



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:

**“ ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PRUEBAS RELIZADAS DEL
CAMINO NARANJA – PEDREGAL DEL MUNICIPIO DE
ZACAPU , MICHOACAN”**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

DAVID GIL ROMERO

ASESOR:

M. en I. JULIO CHAVEZ CARDENAS

SEPTIEMBRE DEL 2006 MORELIA, MICHOACAN

AGRADECIMIENTOS.

ANTES QUE NADA A DIOS TODO PODEROSO, POR PERMITIRME LLEGAR A ESTE MOMENTO TAN VALIOSO DE MI VIDA!

A MIS PADRES Y HERMANOS QUE CON TANTO CARÍÑO, AMOR, APOYO, CONFIANZA Y PASCENCIA LOGRARON DE MI! UN PROFESIONAL DE PROVECHO!

AL M.en I. JULIO ALEJANDRO CHAVEZ CARDENAS, POR SU APOYO INCONDICIONAL Y POR SU AMISTAD DURANTE LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

AL ING. DANIEL TENA HERNANDEZ POR SU VALIOSA COPERACION Y POR SUS PUNTOS DE VISTA COMPARTIDOS, EN LAS PRUEBAS REALIZADAS.

A MI GRAN AMOR KARINA NARANJO! GRACIAS POR SER ESE RAYO DE SOL EN ESOS DIAS NUBLADOS! TE AMO!

A TODOS LOS PROFESORES, AMIGOS Y COMPAÑEROS QUE HAN COMPARTIDO CONMIGO TODAS SUS VIVENCIAS Y COMENTARIOS PARA SER CADA DIA MEJOR PERSONA.

A LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y A LA UMSNH POR LA FORMACION PERSONAL QUE RECIBI PARA SER UN HOMBRE DE BIEN!.

A TODOS AQUELLOS QUE ME HAN APOYADO DE UNA U OTRA MANERA.

GRACIAS

INDICE.

AGRADECIMIENTOS.	2
INTRODUCCION.	5
ANTECEDENTES.	6
CAPITULO 1	
1.- ESTUDIO GEOTECNICO.	8
1.1.- Definición de estudio geotécnico	8
1.2.- Datos de suelos para el calculo de diagrama de masas	9
1.3.- Tipos de pavimentos	12
1.4.- Funciones de las diferentes capas de un pavimento	12
1.5.- Características fundamentales que debe tener un pavimento como conjunto	14
CAPITULO 2	
2.- MUESTREO.	19
2.1.- Muestras alteradas	19
2.2.- Muestras inalteradas	19
CAPITULO 3	
3.- PRUEBAS DE LABORATORIO.	23
3.1.- Prueba de granulometria	23
3.2.- Prueba de limites de consistencia o de atterberg	27
3.3.- Prueba porter estandar	34
3.4.- Prueba proctor estandar	39
3.5.- Prueba de absorción	43
3.6.- Prueba de la densidad	44
3.7.- Prueba de valor cementante	45
3.8.- Prueba del equivalente de arena	47

CAPITULO 4

4.- OBTENCION DE RESULTADOS DE LOS BANCOS MUESTREADOS. 49

4.1.- Resultados obtenidos en el banco “El Pirul” 50

4.2.- Resultados obtenidos en el banco “El Pedregal” 51

4.3.- Resultados obtenidos en el banco “El Malacate” 52

CAPITULO 5

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 54

BIBLIOGRAFIA 55

GLOSARIO 56

ANEXOS 57

INTRODUCCION.

Es necesario marcar con claridad cuales son los motivos que tuve para proponer como mi tema de tesis el tema “ **ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PRUEBAS REALIZADAS A LOS MATERIALES DEL CAMINO NARAJA – PEDREGAL DEL MUNICIPIO DE ZACAPU, MICHOACAN**”. Estoy convencido de la importancia que tiene para nuestro país el contar con obras de infraestructura, que permitan además de una integración de comunidades aisladas, al desarrollo nacional; la vialidad expedita (fácil) , cuando se trata como en nuestro caso , del paso por ciudades , en donde ocurre que los centros de población en su crecimiento, demandan de nuevas vialidades, para lograr no solo la armonía urbana, que sin duda es importante; sino también solucionar problemas muy localizados.

Toda obra publica debe satisfacer una demanda social , lo que se llama “ obra sentida” como necesaria. Lo anterior que suena lógico y sencillo, en la practica no siempre se presenta así, porque existen muchos factores que son contradictorios entre ellos, por ejemplo, ¿ quienes se benefician realmente ?, ¿ quienes se preocupan por el hecho de su ejecución ? y que consideraciones se hacen por parte de los que hipotéticamente se sienten perjudicados.

A lo largo de este trabajo se describirán paso a paso la metodología de pruebas de laboratorio de Mecánica de Suelos aplicados a los materiales de esta vía, así como también a los bancos de préstamo, no sin antes describir puntos importantes que se deben de tratar para un mejor comprendimiento del mismo.

ANTECEDENTES.

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 tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos 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 la Seda (la más larga del mundo), y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C., y los incas de Sudamérica, que 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 d.C., el geógrafo griego Estrabón registró 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.

De las carreteras aún existentes, las más antiguas fueron construidas por los romanos. La Vía Apia empezó a construirse alrededor del 312 a.C., y la Vía Faminia hacia el 220 a.C. En la cumbre de su poder, el Imperio Romano tenía un sistema de carreteras de unos 80,000 km, consistente en 29 calzadas que partían de la ciudad de Roma, y una red que cubría todas las provincias conquistadas importantes, incluyendo Gran Bretaña.

Las variables más 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 naturaleza del suelo que la sostiene y la composición y espesor de la estructura de pavimentación.

El pavimento puede ser rígido (permitiendo poca latitud de flexión) o flexible. 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 es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tráfico pesado. Los pavimentos rígidos se construyen con una 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.

CAPITULO 1

1.- ESTUDIO GEOTECNICO.

1.1.- Definición de estudio geotécnico.

Un estudio geotécnico aplicado a las vías terrestres es aquel conjunto de estudios hechos en campo y en laboratorio combinados con el análisis y calculo que conducen a recomendaciones necesarias para establecer las normas geotécnicas a cumplir por los procedimientos de construcción en los proyectos de dichas vías.

Todo estudio geotécnico debe mostrar toda información referente al terreno en estudio, señalando los tipos de material a implementar así como el comportamiento y métodos de conservación de los suelos presentes.

Este estudio lo podemos dividir en 2 etapas:

1era	Reconocimiento Exploracion Levantamiento de Datos Pruebas de Laboratorio	
2da	Recopilar informacion disponible Formular recomendaciones	Analizarla Redactar informe

RECONOCIMIENTOS. ZONIFICACION FISIOGRÁFICA Y LITOLÓGICA.

Para facilitar y ordenar los trabajos de campo conviene dividir la zona en que se construirá la futura vía terrestre en zonas de características similares, lo cual se hace a base de la fisiografía, tomando en cuenta características morfológicas. Los aspectos litológicos y de suelos permiten después, hacer una división en subzonas. Cada una de estas subzonas deberá ser descrita con detalle y, puesto que presentaran características mas o menos homogéneas, participaran de la misma clasificación y recomendaciones.

La descripción de cada subzona deberá hacerse verticalmente, clasificando cada una de las capas o estratos que la compongan, para lo que, por lo general, será necesario efectuar sondeos, tomar muestras, efectuar pruebas manuales en el campo y algunas pruebas de laboratorio, sobre todo en el caso

de suelos. En el caso de rocas, será necesario estudiar los afloramientos, establecer su clasificación macroscópica y su estructura.

Para la primera zonificación ha de efectuarse un recorrido por la línea, llenando el cuestionario que figura como anexo **XI-a** al termino de este párrafo, deberá presentarse un cuestionario para cada una de las zonas delimitadas. En este primer caso, entraran en juego los conocimientos geológicos del ingeniero que efectúe el estudio.

ANEXO XI - a

CUESTIONARIO PARA RECONOCIMIENTO DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTECNICO

CARRETERA: FEDERAL # 56 MORELIA – LA BARCA

SUB-TRAMO: ESTATAL # 118 QUIROGA - ZACAPU DE 18 KM.

TRAMO: DE LA CARRETERA NARANJA - PEDREGAL DE 2 KM

DE KM 0 + 000 **A KM** 2 + 000

EN : EL TRAMO EN ESTUDIO

MICHOACAN.

FECHA : AGOSTO DEL
2006.

En el anexo **XI-a**, el tipo de terreno se clasifica de acuerdo con la magnitud de los movimientos de tierra que será preciso efectuar para alojar a la vía terrestre, es decir, la clasificación se basa en las características topográficas del área. En el punto II del Anexo XI-a, podrá detallarse este aspecto, llegando a establecer una serie de subdivisiones de la zona en estudio, de acuerdo con las características litológicas, dentro de las observaciones se incluirá el grado de fracturamiento, el de alteración y toda la información afín pertinente.

En el punto III del Anexo XI-a interesa establecer en forma especial el origen de los suelos y, si es posible, el tipo de acumulaciones que forman (aluvial, abanico aluvial, terraza fluvial, pantano, marisma, deposito lacustre, deposito de talud, etc.)

Al final del Anexo Xi-a aparece una lista indicativa, pero no limitativa, de los principales problemas geotécnicos que es posible encontrar a lo largo de una zona en estudio, la detección de estos problemas es muy importante desde el punto de vista de análisis de alternativas de trazo, que es una etapa que surge siempre en el proyecto de una vía terrestre, además de que, en la etapa de estudios para el proyecto final, cada uno de estos problemas ha de contemplarse en forma especial, considerando sus posibles soluciones, con sus respectivas posibilidades y su costo, para llegar a seleccionar la que finalmente se vea como mas conveniente.

ESTIMACIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS ESPECIALES.

1. Zona lacustre
2. Laderas inestables
3. Mala calidad de materiales de construcción
4. Zonas fuertemente erosionadas
5. Erosiones remontantes
6. Fallas geológicas
7. Inestabilidad de cantiles
8. Zonas pantanosas
9. Zonas de inundación
10. Estratificación o fracturamiento desfavorables.
11. Flujos de agua
12. Nivel freático elevado
13. Otros problemas

1.2.- Datos de suelos para el calculo de diagrama de masas

El correcto calculo de un diagrama de masas: tan importante para definir los procedimientos constructivos, el aprovechamiento de los materiales disponibles y el costo de un proyecto, depende en mucho de consideraciones geotécnicas

y de la información de ese estilo que pueda ofrecerse a los encargados del proyecto geométrico de la vía.

Cada alternativa de trazo en estudio deberá tener su correspondiente perfil de suelos, somero y superficial y deberá llegarse a proponer directrices detalladas sobre uso de materiales y sobre los tratamientos a que convenga someter a estos.

El anexo XI-b, que figura al fin de este capítulo presenta un modo de sistematizar la información a que debe llegarse en estos aspectos.

Uno de los datos de mayor interés que figura en la tabla para el diagrama de masas (anexos XI-b) son los coeficientes de variación volumétrica de los materiales que se utilizaran en la construcción de las terracerías.

El peso volumétrico seco de un material en el lugar de donde ha de ser extraído no será nunca el mismo que el del mismo material colocado ya en el terraplén; cuando el material se excava, es frecuente que su volumen aumente, para reducirse otra vez cuando es compactado en su lugar final, dependiendo esta deducción, obviamente, del grado de compactación que se obtenga. El coeficiente de variación volumétrica es un numero que expresa la relación entre el peso volumétrico seco en estado natural y el mismo concepto cuando el material esta compactado a un cierto grado de compactación.

$$C_{vv} = \frac{(Y_{dn})(Y_{dmax})}{G_c}$$

Donde:

Y_{dn} = Es el peso volumétrico seco del suelo en estado natural, en el lugar del que ha de ser extraído.

$Y_{d \max}$ = Es el máximo peso volumétrico seco que puede obtenerse para ese suelo con la prueba de control de compactación que se este empleando.

G_c = Es el grado de compactación que se especifique para el caso.

El coeficiente de variación volumétrica permite establecer los volúmenes de materias que han de ser excavados y obtenidos en los bancos de préstamo, para llegar al volumen que se requiere en las terracerías, es un dato indispensable para llegar a los verdaderos costos de un proyecto dado.

En el caso de manejar materiales constituidos por fragmentos de roca, la formula (11-14) no puede emplearse, pues estos materiales no puede, por el tamaño de sus partículas, ser sometidos a las pruebas de compactación ordinarias. De esta manera, en esos materiales, el coeficiente de variación

volumétrica ha de ser estimado. La tabla XI-5 presenta, como ilustración para normar criterios, algunos coeficientes de variación volumétrica típicos de algunos materiales, su manejo no debe excluir su cálculo en cada caso específico, pues la influencia de los coeficientes es tal en los movimientos de tierras asociados a un proyecto, que siempre convendrá obtener el valor mas apegado a cada caso particular.

1.3.- Tipos de pavimentos.

Pavimentos rígidos.

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico, con recubrimiento bituminoso o sin el, apoyada sobre una Subrasante o sobre una capa de material seleccionada llamada sub-base (grava-arena). Los concretos utilizados son de resistencia relativamente grande, generalmente comprendida entre los 210 y los 350 Kg/cm², en general se utiliza concreto simple o en ocasiones especiales concreto reforzado.

Pavimentos flexibles.

Los pavimentos flexibles están formados por una capa o carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas La BASE y La SUB-BASE.

En general cualquier suelo natural es aprovechable para terracerías, excepto los suelos orgánicos o suelos expansivos que producirán deformaciones excesivas a las capas subyacentes.

La mejor calidad de las capas superiores del pavimento se debe a la mayor intensidad de los esfuerzos en la superficie del pavimento.

Para cumplir sus funciones un pavimento debe de cumplir dos condiciones básicas.

a).- Ofrecer una buena y resistente superficie de rodamiento, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con la llanta de vehículo y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos.

b).- Debe de tener la resistencia apropiada y las características mecánicas convenientes para soportar las cargas impuestas con el tránsito y con las deformaciones que no sean permanentes.

1.4.- Funciones de las diferentes capas de un pavimento.

Terracerías.- La función de las terracerías es la de dar forma a la obra civil, recibir las cargas disipadas de los vehículos y formar una sustentación adecuada para el pavimento. Se compactan del 90 al 95% de su P.V.S.M.

Subrasante.- Constituye una transición entre el pavimento y la terracería, se exige que los materiales tengan un V.R.S mayor del 5% y una expansión menor del 5%

Debe de recibir y resistir las cargas de transito, que le son transmitidas por el pavimento.

Debe de transmitir y distribuir adecuadamente las cargas de transito al cuerpo del terraplén.

Evitar que el pavimento sea obstruido por las terracerías.

Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.

Economizar espesores del pavimento, en especial cuando los materiales de las terracerías requieren un espesor grande.

Sub base.

Una de sus funciones es economizar, ya que es mas fácil realizar una capa aunque de mayor espesor pero de menor calidad que la base.

La Sub-base, mas base que la fina actúa como un filtro de esta e impide su incrustación en la sub-rasante.

Absorbe deformaciones perjudiciales en la sub-rasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.

Actúa como dren para desalojar el agua del pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base, del agua procedente de la terracería.

Recibir y resistir las cargas de transito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losa).

Base.

Proporcionar un elemento resistente al pavimento para transmitir a la sub-base y ala sub-rasante los esfuerzos de menor intensidad.

Carpeta Asfáltica.

Impedir el paso de agua al interior del pavimento.

Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada.

La capacidad de carga de los materiales friccionantes es baja en la superficie por falta de confinamiento, razón por la cual se necesita que sobre ella exista una capa de materia cohesiva y con resistencia a la tensión. Lo anterior lo proporciona la carpeta asfáltica.

1.5.- Características fundamentales que debe tener un pavimento como conjunto

Resistencia Estructural.

Deformabilidad.

Durabilidad.

Costo.

Los requerimientos de conservación.

La comodidad.

La resistencia estructural.

Un pavimento debe de soportar las cargas impuestas por el transito.

La metodología teórica para el análisis de de la resistencia de un pavimento es proporcionada por la mecánica de suelos, la cual considera que los esfuerzos cortantes son la principal causa de falla desde el punto de vista estructural.

El problema de la resistencia de pavimentos, se plantea desde el punto de vista de la estructura de los materiales del pavimento considerado a la terracería en forma pasiva, sin embargo en muchas de las fallas en los pavimentos se origina probablemente en las terracerías.

Otro factor que influye en la resistencia de los materiales es el tipo de carga que se aplica (cargas móviles y repetitivas) . En la actualidad se determina la resistencia de los pavimentos considerando cargas estáticas y con velocidad de aplicación lenta. El hecho de que las cargas actuantes sean repetitivas afecta a la larga la resistencia de las capas del pavimento de relativa rigidez (es causa de la ruptura de los granos).

La resistencia de los materiales que forman los pavimentos interesa desde 2 puntos de vista.

En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento para soportar adecuadamente las cargas de transito.

En cuanto a la capacidad de carga de la capa sub-rasante, el que constituye el nexo del pavimento y la terracería, para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitirlos a las terracerías.

Una capa delgada puede soportar en si misma las cargas impuestas, pero transmitirá altos esfuerzos a los inferiores, en tanto que una capa gruesa, cuya resistencia mejora un poco en el aumento del espesor, se distinguirá por transmitir esfuerzos menores a las capas subyacente.

Deformabilidad.

En algunos aspectos el problema de la deformabilidad de los pavimentos tiene un planteamiento opuesto al de la resistencia . Dada la naturaleza de los materiales que forman las capas del pavimento, la deformabilidad suele crecer mucho hacia abajo y la terraceria es mas deformable que el pavimento propiamente dicho dentro de este , la sub-rasante, capa inferior es mucho mas deformable que las capas superiores.

Desde el punto de vista la deformabilidad interesa sobre todo a niveles relativamente profundos, pues es fácil que las capas superiores tengan niveles de deformación tolerables, aun para los altos esfuerzos que en ellas actúan.

En los pavimentos las deformaciones interesan desde dos puntos de vista .Por un lado porque las deformaciones excesivas están asociadas a estados de falla y por otro lado es sabido que un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones independientemente de que las deformaciones no hayan conducido a un colapso estructural propiamente dicho, es decir deben de cumplir tanto la condición de falla como la de servicio.

En la actualidad un buen numero de métodos de diseño se basan en mantener a la deformación dentro de limites tolerables.

La Durabilidad.

Es difícil definir cual es la durabilidad deseada que haya de lograrse en cada caso.

Ya que están ligadas a una serie de factores económicos y sociales del propio camino, en una obra modesta la duración del pavimento puede ser mucho menor que la del camino, con tal de que las serie de reconstrucciones que entonces se requieran valgan menos que el costo inicia de un pavimento mucho menos durable, mas el valor que pueda darse a las interrupciones de servicio a que las reconstrucciones den lugar, por el contrario en obras de muy alto transito y gran importancia económica se requieren pavimentos muy durables a fin de no recurrir a costosas interrupciones de un transito importante.

Para lograr la durabilidad deseada una vez fijada, surgen muchas incertidumbres a fin de lograrla, ya que hay que analizar el efecto del clima y del transito, cuya influencia en la vida del pavimento no pueden definirse con exactitud.

El costo.

Como todas las obras en ingeniería un pavimento representa un balance entre la resistencia y la estabilidad contra el costo.

Un diseño correcto es aquel que llegue a satisfacer los requerimientos de un servicio a un costo mínimo.

La primera decisión a tomar es el tipo de pavimento a emplear, es decir si será pavimento rígido o flexible, ya que cada uno de ellos tiene sus ventajas comparativamente hablando.

Por ejemplo los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa, en cambio los rígidos es a la inversa de los flexibles.

Los requerimientos de conservación.- Los factores climáticos influyen decisivamente en la vida de los pavimentos, así como también la intensidad de tránsito futura, también el futuro comportamiento de las terracerías, sus deformaciones, derrumbes, etc, las condiciones de drenaje y sub-drenaje en la vía , por lo que todos estos factores ha de tomarlos el proyecto en consideración para poder preservarlos.

Frecuentemente los pavimentos sufren falta de conservación sistemática, con lo que su vida se acorta. Esto sucede sobre todo invocando escasez de recursos o impostergables necesidades sociales para la construcción de obras nuevas.

El Confort.

Sobre todo en autopistas o caminos de altas especificaciones, las pruebas y los métodos de diseño deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto.

Las deformaciones longitudinales de un pavimento pueden constituir una gran incomodidad par el usuario, aunque desde el punto de vista estructural no representan ningún tipo de falla

Para poder desarrollar una tecnología adecuada de los pavimentos debe de tenerse un sólido conocimiento de lo materiales y las características de resistencia y deformación de los suelos proporcionada por la Mecánica de Suelos.

Tipos de Deformación.

Es indiscutible que una acción de las más importantes sobre la sección estructural de un pavimento es la carga que aplican los vehículos que sobre ella transitan. Estos vehículos transmiten cargas que en casi todos los casos pueden considerarse como instantáneas; los esfuerzos que se producen debido a ellas -y que se disipan gradualmente al profundizar en la sección estructural- provocan deformaciones cuya magnitud no necesariamente disminuye con la profundidad, sino que depende de la relación esfuerzo-deformación de cada uno de los materiales involucrados.

Si la carga es excesiva, sus aplicaciones repetidas ocasionarán agrietamientos que finalmente conducirán a un deterioro total del pavimento. La deformación del pavimento puede originarse por deformación elástica, por consolidación del

terreno de cimentación y la infraestructura o por una combinación de deformación elástica y plástica. A continuación se definen cada una de ellas:

Deformación Elastica.

Ocurre cuando una carga deforma temporalmente los materiales de la cimentación y comprime el aire que llena los huecos de la base, sub-base y sub-rasante. Si la deformación fuera verdaderamente elástica, la superficie regresa a su posición original después de que la carga pasa; de modo que no se produce una falta de uniformidad permanente, aún bajo aplicaciones de carga.

Deformación por consolidación.

Esta ocurre cuando la carga produce una presión suficientemente elevada en los poros del suelo para expulsar parte del aire y del agua y así se consolida el material. Aunque la consolidación que resulta de una aplicación de una carga móvil es pequeña, la deformación es permanente, progresa con las repeticiones adicionales de carga hasta que las capas afectadas se consolidan.

Deformación plastica.

Ocurre cuando la presión del agua y del aire dentro de los poros del material de cimentación u otros, se combinan con fuerzas producidas por la carga para desplazar el material del camino. La deformación resultante es progresiva bajo la repetición de las cargas y constituye una de las causas principales del deterioro y deformación permanente de las superficies del camino.

Todas las capas que conforman la sección estructural del pavimento, incluyendo la cimentación son susceptibles a deformarse; sin embargo, el perímetro a lo largo del cual ocurre el hundimiento tiene menor longitud si la causa tiene lugar en la capa superficial y se hace más grande cuando la causa se encuentra a una profundidad mayor. (Ver figura 1.1).

Los tipos de fallas en los pavimentos son un factor importante en el diseño, desafortunadamente, muchas de ellas son causadas por deficiencias en los procedimientos de construcción, materiales que no cumplen con los requisitos de calidad, mantenimiento inadecuado, etc., y no debido a un mal diseño.

CAPITULO 2

2.- MUESTREO.

El muestreo consistirá en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura terrea o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto. El muestreo además, incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

El muestreo de suelos comprende 2 tipos de muestras:

2.1.- Muestras inalteradas: Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra.

2.2.-Muestras alteradas: Son aquellas que son constituidas por el material disgregado o fragmentado en las que se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual las muestras se envasan y transportan en forma adecuada.

Las **MUESTRAS INALTERADAS** se obtendrán de suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería. La excavación debe ser de tales dimensiones que permitan las operaciones de labrado y extracción de la misma.

En la extracción de muestras inalteradas se emplean herramientas y materiales, tales como picos, barretas, cuchillos, espátulas, cucharas de albañil, machetes, arcos de segueta con alambre de acero, estufa o lámpara para secado, brochas, cinta métrica de lienzo de 20 mts, flexómetro, recipiente metálico, manta de cielo, brea, parafina, cajones de madera.

El procedimiento para su extracción es el siguiente:

Si la muestra va a ser obtenida del piso de una excavación o de una superficie prácticamente horizontal, se marca en un cuadro de 40 cm por lado aprox. Y con el objeto de labrar un cubo de suelo de las dimensiones mencionadas, se excava alrededor de las marcas con la herramienta apropiada, sin dañar la estructura de la muestra ya sea por presión o por impacto; se profundizará lo necesario para poder efectuar un corte horizontal en la muestra, inmediatamente después se cubre con la manta de cielo recién embebida en una mezcla previamente preparada, de 4 partes de parafina, por una parte de brea, licuadas por medio de calor; la manta así preparada quedara bien adherida a la muestra.

Una vez protegidas las 5 caras descubiertas, se procede a preparar la muestra cuidadosamente para no dañarla e inmediatamente después, se cubre su cara inferior con una capa de manta de cielo embebida en la mezcla de brea con parafina, en la forma antes descrita. A continuación, a toda la muestra se le aplica con una brocha otra capa de parafina y brea fundidas y aprovechando la temperatura de la mezcla, se fija la tarjeta de identificación en la cara que originalmente estaba en la parte superior.

Si la muestra va a ser extraída de una pared, se procede a excavar a su alrededor una bóveda, con el objeto de facilitar el labrado de las caras superior y laterales del cubo y poder efectuar el corte horizontal en la parte inferior del mismo. La obtención de la muestra, así como su forma, dimensiones, protección e identificación, son idénticas a lo señalado anteriormente.

Una vez extraída y protegida la muestra se colocará en un cajón de dimensiones adecuadas y relleno los espacios libres con aserrín, paja, papel u otro material similar, a fin de amortiguar el efecto de los golpes que pudieran sufrir durante el transporte.

Las muestras deberán contener los siguientes datos:

- 1.- Obra y localización.
- 2.- Número de sondeo.
- 3.- Ubicación del sondeo.
- 4.- Número de la muestra.
- 5.- Profundidad a la que se tomó la muestra.
- 6.- Espesor del estrato correspondiente.
- 7.- Clasificación de campo.
- 8.- Uso del material.
- 9.- Nombre del operador.
- 10.- Observaciones y fechas.

Las **MUESTRAS ALTERADAS** de suelos podrán obtenerse en una excavación, de un frente, ya sea de corte o de un banco, o bien, de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deberán ser representativas de cada capa que se atravesase, hasta llegar a una profundidad que puede corresponder al nivel más bajo de la explotación, al nivel de aguas freáticas o aquel en la cual sea necesario extender el estudio.

El peso mínimo de la muestra será de 40 kg que es la cantidad de suelo que comúnmente se requiere para realizar las pruebas de materiales de terracerías; esta cantidad deberá obtenerse de una muestra representativa mediante el procedimiento de cuarteo. El espaciamiento de los sondeos y el número de muestras que se tomen deberán estar de acuerdo con la homogeneidad del suelo y el tipo de estudio que se trate. En suelos que presenten pocas variaciones en sus características, el espaciamiento de los sondeos será mayor que los suelos heterogéneos. Igualmente en los estudios preliminares el espaciamiento será mayor que en estudios definitivos.

En préstamos laterales continuos y en préstamos de banco dentro del derecho de vía, que contengan materiales homogéneos, se recomienda que los sondeos se hagan a distancias no mayores de 250 mts y a la profundidad suficiente para definir el espesor del material aprovechable, en el caso de bancos localizados fuera del derecho de vía, se recomienda hacer un sondeo por cada 1600 m² de superficie de acuerdo con el volumen requerido, formando una cuadrícula.

Tratándose de cortes se recomienda hacer 3 sondeos como mínimo, en el sentido del cadenamiento que abarque el ancho de la terracería. Las herramientas y materiales que se emplean en la obtención de muestras alteradas son: picos, palas, barretas, posteadoras, barretas helicoidales, tubos galvanizados para extensiones, llaves Stillson, estufa o lámpara de secado, brochas, bolsas de lona ahulada, frascos o cápsulas de aluminio con tapa, cinta métrica de lienzo de 20 m, cordel, brea, parafina y cinta adhesiva.

Los procedimientos de muestreo, de acuerdo con el lugar donde se obtengan las porciones representativas serán como sigue:

Las muestras superficiales se tomarán a profundidades variables del orden de 1 m, este muestreo puede ser aplicable para los estudios del terreno de cimentación y algunos préstamos o bancos.

En este caso se eliminan primeramente los materiales extraños que existan en la zona elegida y cuando sea necesario también se descartará la parte superficial intemperizada o con un alto contenido de materia orgánica.

Para el muestreo a mayor profundidad que el señalado anteriormente se excava un pozo a cielo abierto y se muestrean los estratos en una de las paredes del mismo o también se puede obtener la muestra o muestras del material que se extraiga al hacer una perforación con herramientas especiales. Estos procedimientos de muestreo son los que comúnmente se emplean para el estudio de bancos de materiales, de cimentaciones superficiales y del terreno en general cuando su naturaleza se los permita.

Las muestras alteradas se envasarán en bolsas de lona, cerrándolas para evitar pérdidas o contaminación y llevarán tarjetas de identificación tanto en su interior como en su exterior, atadas en la parte exterior. Cuando se requiere determinar el contenido de agua del suelo, se envasan en cápsulas de aluminio o bien en frascos de tamaño adecuado y que no propicien la evaporación del agua, cuyas tapas quedarán selladas perfectamente, mediante la aplicación de cinta adhesiva o de un baño de brea y parafina. El transporte de las muestras se hará en forma cuidadosa sin exponerlas a sufrir alteraciones y en el caso de usar frascos de vidrio, a fin de evitar que se rompan, se empacarán en cajas de madera rellendo los espacios libres con aserrín, papel, paja o similar.

CAPITULO 3

3.- PRUEBAS DE LABORATORIO.

3.1.- Prueba de granulometría

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 ultimas sean ocupados por partículas mas finas y así sucesivamente

Equipo.

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

6.- Cepillo de cerdas.

7.- Cepillo de alambre delgado.

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

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

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

Procedimiento.

a) Para suelos gruesos.

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

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

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

b) Para suelos finos.

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

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

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

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

c) Análisis por lavado.

1.- De la fracción de material que pasa por la malla No.4 se toma una muestra de 200 grs.; se pone a secar en el horno a una temperatura de 105 grados centígrados hasta tener un peso constante, una vez obtenido el peso constante el material se pone en un vaso de aluminio y se deja saturando por 24 horas.

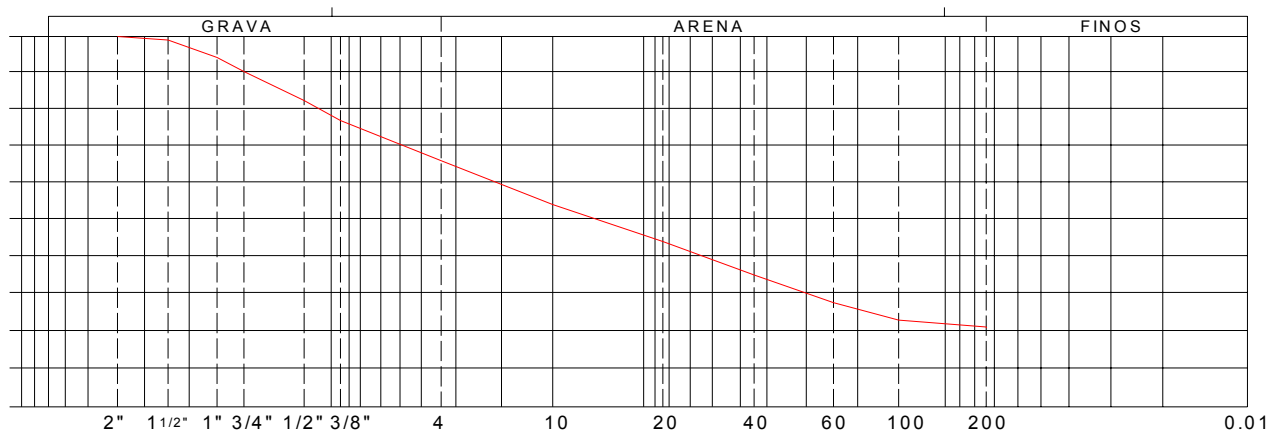
2.- Con una varilla se agita en forma de (8) durante 15 segundos. Se deja reposar durante 30 seg., y se decanta el agua y suelo por la malla No. 200 se repite la operación hasta que esta tenga una tonalidad clara.

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

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

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL EN MALLA No.4				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL gr.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
2"	0	0	0	100
1 1/2"	133	1	1	99
1"	530	5	6	94
3/4"	450	4	40	90
1/2"				
3/8"	1440	13	23	77
1/4"				
No. 4	1240	11	34	66
PASA No. 4	7037	66	100	
SUMA	10830	100		
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO)				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL gr.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
10	36.1	12	12	54
20	29.7	10	22	44
40	27.3	9	31	35
60	19.9	7	38	28
100	13.2	5	43	23
200	6.3	2	45	21
PASA No. 200	60.6	21	66	
SUMA	193.1	66		

DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 4 (POR LAVADO)				
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL gr.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
10	10.5	6	6	96
20	7.0	4	10	90
40	6.8	4	14	86
60	7.1	4	18	82
100	6.7	3	21	79
200	1.0	1	22	78
PASA No. 200	143	78	100	0
SUMA	182.1	100		



Diámetro en mm .

$$\begin{aligned}
 I_{10} &= 0.0 & C_U &= \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{3.1}{0.0} = \infty & > 3" &= 0 \% \\
 I_{30} &= 0.30 & & & G &= 34 \% \\
 I_{60} &= 3.1 & C_C &= \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.30)^2}{[(0.0)(3.1)]} = \infty & S &= 45 \% \\
 & & & & F &= 21 \%
 \end{aligned}$$

LASIFICACIÓN SUCS SM

BSERVACIONES ARENA MAL GRADUADA, MEZCLA DE ARENA, GRAVA Y LIMO

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

Objetivo.

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

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

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

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

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

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

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

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

* **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 ($\frac{1}{8}$ ") es decir (3 mm aproximadamente), de diámetro apoyándose en la placa de vidrio.

b) Se repite éste procedimiento hasta que el rollito empieza 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.

3.- Determinación de la Contracción Lineal (CL)

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

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

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

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

Cálculo.

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

Donde:

CL : Es la contracción lineal , en por ciento

L1 : Longitud interior del molde, en centímetros

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

*** Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.**

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

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

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

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

4.- Determinación de la Contracción Volumétrica (CV)

a) Esta prueba se hace con el material que sobro del ensaye del límite liquido, 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.

$$CV = \% W - \frac{Vi - Vf}{Ps} (100)$$

Donde:

CV : Es la contracción volumétrica, en por ciento.

W: Es la humedad del material, en por ciento.

Vi : Volumen inicial de la muestra, en centímetros cúbicos.

Vf : Volumen final de la muestra, en centímetros cúbicos.

El volumen desalojado se determina con la siguiente expresión:

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

Donde:

P Hg: Es el peso del mercurio desalojado.

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

$$CV = \% W - \frac{Vi - Vf}{Ps} (100)$$

LÍMITE LÍQUIDO

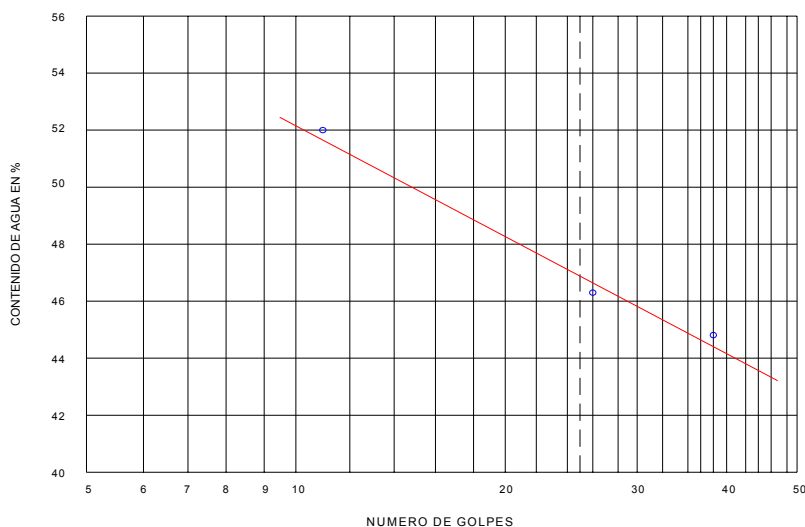
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	NÚMERO DE GOLPES	PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO	PESO CÁPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO DE LA CÁPSULA	PESO DEL SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA (w)
1	53	11	48.13	38.53	9.6	20.08	18.45	52
2	4	26	48.84	39.2	9.64	18.38	20.82	46.3
3	54	38	53.0	42.33	10.67	18.52	23.81	44.81

LÍMITE PLÁSTICO

1	10		22.7	21.67	1.03	18.14	3.53	29.18

HUMEDAD NATURAL

C.V.	13		48.75	39.73	9.02	20.10	19.63	45.95
		WHg (gr)	Vi (cm³)	Vf (cm³)	$C.V. = \omega - \left(\frac{Vi - Vf}{Ws} \right) * 100$			C.V. = 27.10%
		168.84	16.15	12.45				
C.L.	35	Lect. Inicial (cm)	Lect. Final (cm)		$C.L. = \left(\frac{Li - Lf}{Li} \right) * 100$			C.L. = 7.76%
		9.92	9.15					



LL = 46.88 %

LP = 29.18 %

IP = 17.7 %

CLASIF. SUCS :
ML

LIMO DE BAJA

COMPRESIBILIDAD

3.3.- Prueba porter estandar.

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).

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

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

3.- Se obtiene el volumen

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

Donde:

Volumen: Es el volumen, en cm³

Área del molde: Es el área del molde, en cm²

Ar: Es la altura real, en cm

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

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

Donde:

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

Volumen: Es el volumen, en cm³

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

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

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

Donde:

% humedad , en %

Ph: Peso húmedo, en grs.

Ps: Peso seco, en grs.

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

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

Donde:

γ_d máx.: Es el peso especifico 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.

DATOS GENERALES DEL MOLDE						
NÚMERO DE MOLDE ALTURA (cm) ÁREA (cm²) ALTURA BORDE SUP. COLLARÍN A PL. DE CARGA (cm)	10					
	12.72					
	191.10					
	1.415	1.47	1.45	1.41	Prom=	1.436
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (γ _{dm}) kg/m³	1517		HUMEDAD ÓPTIMA : 22.25 %			
HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (ω)	$\omega = \left(\frac{200 - 163 \cdot .6}{163 \cdot .6} \right) * 100$					
ALTURA REAL (cm)	$H_{real}=12.72-1.436=11.284cm^3$					
VOLUMEN (cm³)	$Volumen=191.10*11.284=215637cm^3$					
PVH (gr/cm³)	$PVH=4000/215637=1.855gr/cm^3$					
PVSM (gr/cm³)	$PVSM=1.855/1.2225=1.517gr/cm^3$					

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (kg)						
CONSTANTE DEL ANILLO Y = 8.274X + 66.837	1.27 mm	27	290.24	21		
	2.54 mm	111	985.25	72		
	3.81 mm	202	1738.19	128		
	5.08 mm	258	2201.53	162		
	7.62 mm					
	10.16 mm					
	12.70 mm					
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CORREGIDO :		108%				

3.4.- Prueba proctor estandar

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 específico 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 grs.

Volumen del molde, en cm³

*** Verificar la conversión de unidades al calcular dichos parámetros.**

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

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

Donde:

% humedad, en %.

Ph: Peso húmedo, en grs.

Ps: Peso seco, en grs.

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

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

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

Donde:

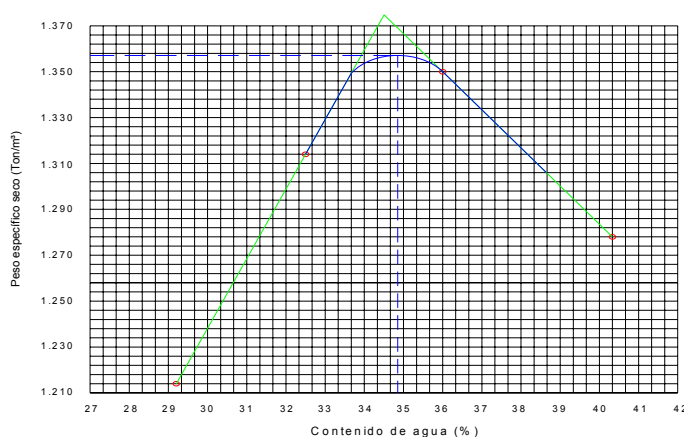
Peso específico seco, en tn/m³.

Contenido de agua, en %.

MOLDE No.	01	VOLUMEN :	943.02 cm³	PESO :	2000 gr.
PESO DEL MARTILLO :	2.5 kg.	ALTURA DECAÍDA :	30.5 cm.		
No. DE CAPAS :	3	No. DE GOLPES POR CAPA :	25		

PRUEBA No.	1	2	3	4	
Agua que se le agregó (ml.)	245	310	375	450	
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	3480	3640	3730	3690	
Peso molde (gr.)	2000	2000	2000	2000	
Peso suelo húmedo (gr.)	1480	1640	1730	1690	
Peso específico húmedo (t/m³)	1.569	1.739	1.835	1.792	
Cálculo de la humedad					
Suelo húmedo (gr.)	200	200	200	200	
Suelo seco (gr.)	154.8	151.0	147.1	142.6	
Peso del agua (gr.)	45.2	49.0	52.9	57.4	
Contenido de agua (%)	29.2	32.45	35.96	40.25	
Peso específico seco (T/m³)	1.214	1.313	1.35	1.277	

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



Observaciones : **Peso Volumétrico**
 Seco Máximo = 1.357 T/m³
 Humedad Óptima = 34.85 %

3.5.- Prueba de absorción

Objetivo.

El objetivo de esta prueba es determinar la capacidad máxima de absorción de agua del material durante (24 hrs.), con respecto al peso seco del mismo expresado en por ciento.

Equipo.

- 1.- Malla no. 19
- 2.- Malla no. 9.5
- 3.- Vaso de aluminio.
- 4.- Charola.
- 5.- Franela.
- 6.- Parrilla.
- 7.- Espejo
- 8.- Bascula de (0.1 grs de aproximación).

Procedimiento.

- a) De una muestra tomada por cuarteo tomamos aproximadamente trescientos cincuenta gramos (350).
- b) Lo cribamos y tomamos la porción de material que pasa la malla no. 19 y lo que es retenido en la malla no. 9.5.
- c) Se satura el material a una temperatura de (15 a 25) grados centígrados durante un periodo de (24 hrs).
- d) Transcurrido el tiempo la muestra la secamos superficialmente con la franela húmeda y registramos su peso.
- e) Posteriormente colocamos el material en la charola para esta ponerla en la parrilla y comenzar a aplicarle calor hasta eliminar toda el agua, para verificar que el material esta completamente seco colocamos un espejo, y si este muestra señales de humedad empañándolo le tendremos que aplicar calor el tiempo necesario hasta que deje de mostrar señales de humedad.

f) Seco el material lo dejamos enfriar para poder pesarlo y registrar su peso, para poder determinar el porcentaje de absorción.

Cálculo.

$$\text{Absorción} = \frac{(W_w - W_s)}{W_s} (100)$$

Donde:

Absorción, en porciento (%).

Ww: Peso de la muestra saturada superficialmente seca, en gramos.

Ws: Peso de la muestra seca, en gramos.

$$\text{Absorción} = \frac{(200 - 189.600)}{(189.600)} (100)$$

$$\text{Absorción} = 10.40\%$$

3.6.- Prueba de la densidad

Objetivo.

Se define como la relación que existe entre un peso de material y el volumen desalojado de agua. Y esta nos sirve para determinar el porcentaje de vacíos de un material.

Equipo.

- 1.- Probeta graduada.
- 2.- Bascula de (0.1 grs) de aproximación.
- 3.- Franela.

Procedimiento.

- a) Mantener sumergidas en agua durante (24 hrs) un número suficiente de material, para hacer una determinación representativa.
- b) A continuación se extrae del agua y se seca superficialmente y se pesa el material.

c) Colocamos el material en la probeta y checamos el volumen desalojado.

d) Determinamos la densidad.

Cálculo.

$$\text{Densidad} = \frac{Ws}{Vd}$$

Donde:

Densidad, en unidades adimensionales.

Ws: Peso del material, en gramos.

Vd: Volumen desalojado, en mililitros.

$$\text{Densidad} = \frac{Ws}{Vd}$$

$$\text{Densidad} = \frac{(189.600)}{(100.00)}$$

$$\text{Densidad} = 1.89$$

3.7.- Prueba de Valor Cementante.

Objetivo.

Esta prueba tiene como principal objetivo conocer la cementación o cohesión del suelo sin confinar, que es la resistencia expresada en (kg / cm²) que tiene el material seco y compactado a la aplicación de una carga dinámica.

Equipo.

1.- Molde metálico cuadrado de (7.62 cm) de lado y (11.43 cm) de largo.

2.- Pisón de (900 grs) con guía de (40 cm).

3.- Espátula.

4.- Placa de (1.27 cm de espesor)

5.- Prensa

6.- Horno

Procedimiento.

- a) Se toman aproximadamente tres 3 kilogramos del material cribado que pasa la malla no. 4, le incorporamos agua, de tal manera de dejarlo lo mas próximo a su humedad óptima.
- b) Procederemos a llenar el molde metálico en tres capas, a cada una de estas capas de material se le dan 15 golpes con el pisón de novecientos (900 grs) dejándolo caer por la guía a una altura de (40) cm.
- c) Una vez terminadas las tres capas retiramos el molde teniendo la precaución de no fracturar el espécimen (por lo regular se elaboran 3 especimenes para promediar el valor obtenido de cada uno de ellos).
- d) Verificando que los especimenes no estén fracturados los metemos al horno por (24 hrs) a una temperatura de ciento cinco (105) grados centígrados.
- e) Transcurrido el tiempo sacamos los especimenes del horno dejándolos enfriar aproximadamente (30 minutos).
- f) Les aplicamos carga hasta que se fracturen, los resultados obtenidos se promedian para así conocer el valor cementante. Después se llena la hoja de registro correspondiente.

Muestra No.	Lados (cm)		Lado promedio (cm)	Área transversal (cm ²)	Lectura del anillo	Carga (kg) Y=8.274X + 66.857	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	a	7.83	7.763	60.26	83	753.579	12.5
	b	7.82					
	c	7.7					
	d	7.7					

Muestra No.	Lados (cm)		Lado promedio (cm)	Área transversal (cm ²)	Lectura del anillo	Carga (kg) Y=8.274X + 66.857	Esfuerzo (kg/cm ²)
2	a	7.7	7.648	50.48	83	753.579	14.93
	b	7.61					
	c	7.67					
	d	7.61					

Muestra No.	Lados (cm)		Lado promedio (cm)	Área transversal (cm ²)	Lectura del anillo	Carga (kg) Y=8.274X + 66.857	Esfuerzo (kg/cm ²)
3	a	7.65	7.635	58.29	83	753.579	12.93
	b	7.5					
	c	7.74					
	d	7.65					

3.8.- Prueba del equivalente de arena.

Objetivo.

Tiene como principal objetivo la determinación del porcentaje de finos o parte de materia orgánica que pueda contener el material, ya que esta origina cambios volumétricos y estos a su vez provocan los baches en la estructura del pavimento.

Equipo.

- 1.- Cloruro de calcio.
- 2.- Glicerina.
- 3.- Agua destilada.
- 4.- Botella con capacidad de (4000 ml).
- 5.- Malla no. 4.
- 6.- 3 probetas de lucita o acrílico graduadas en decimos de pulgada.
- 7.- Pisón.
- 8.- Cápsulas de aluminio.
- 9.- Tabla forrada con goma
- 10.- Agitador mecánico.

Procedimiento.

a) Se procede a elaborar la solución de trabajo la cual es conformada por (454 grs) de cloruro de calcio + (1890 ml) de agua, + (47 grs) de solución volumétrica al 40% de formaldehído + (2050 grs) de glicerina y complementando con agua destilada hasta obtener un volumen de tres mil setecientos ochenta y cinco (3875 ml).

b) En la botella de (4000 ml) colocamos la solución de trabajo en una repisa que se encuentre a una altura de aproximadamente (90 cm).

c) Del material que pasa la malla no. 4 se obtiene por cuarteo (500 grs) depositándolas en las cápsulas de aluminio, una vez el material dentro de las cápsulas procederemos a golpearlo contra la tabla forrada con goma para que este se acomode.

d) Vaciamos el material a las probetas previamente llenadas con solución de trabajo, procurando expulsar las burbujas de aire atrapadas, lo dejamos reposar (10 min); transcurrido el tiempo le colocamos el tapón a las probetas, y

estas las colocamos en el agitador mecánico (puede ser manual), se darán 90 ciclos en (30 seg).

e) Se introduce el tubo irrigador hasta el fondo para remover de esta manera las partículas finas que se encuentran en las paredes de la probeta y a su vez ajustar **un** nivel final de (381 cm³), después lo dejamos reposar un lapso de (20 min).

f) Transcurridos los (30 min) tomamos la lectura de arcilla en la escala de la probeta, después introducimos el pisón procurando no perturbar los finos en suspensión, anotando los datos en la hoja de registro.

Cálculo.

$$\text{Equivalente de Arena} = \frac{\text{Nivel de arena}}{\text{Nivel de arcilla}} (100)$$

Donde:

Nivel de arena, en cms.

Nivel de arcilla, en cms.

Equivalente de arena, en %

Muestra No.	Lectura de Arcilla	Lectura de Arena	Equivalente de Arena %	Promedio %
1	6.55	12.2	34	34
2	7.0	12.3	33	
3	6.5	12.3	35	

*** Causas mas frecuentes de error al efectuar esta prueba.**

1.- Que el agitado se haga en forma inapropiada.

2.- Que se muevan las probetas cuando se encuentran en reposo.

3.- Que al introducir el pizón en la probeta se baje a velocidad excesiva.

CAPITULO 4

4.- OBTENCION DE RESULTADOS DE LOS BANCOS MUESTREADOS.

4.1.- Resultados obtenidos en el banco “El Pirul”

INFORME DE TERRACERIAS				
OBRA	CAMINO NARANJA - PEDREGAL			
LOCALIZACION	ZACAPU, MICHOACAN.			
ENSAYE	UNO 1			
IDENTIFICACION	PROFUNDIDAD MTS	TOMADA DE BANCO		
	ESTACION	0+000		
	CAPA	TERRENO NATURAL		
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL EN ESTUDIO	TAMAÑO MAXIMO	No. 4		
	% RETENIDO EN MALLA 3"	0		
	% RETENIDO EN MALLA No.4	100		
	% RETENIDO EN MALLA No. 40	87		
	% RETENIDO EN MALLA No. 200	73		
	LIMITE LIQUIDO %	41,6		
	INDICE PLASTICO %	20,2		
	CONTRACCION LINEAL %	7,2		
	PE.S KG/M3	892		
	PESO SECO MAXIMO %	1466		
	HUMEDAD OPTIMA %	24,5		
	HUMEDAD NATURAL %	20,6		
	VRS ESTANDAR SATURADO %	1,8		
	EXPANSION %	4,2		
	CLASIFICACION SUCS	CL		
ASSHTO MODIFICADA AL 90%				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	27,5		
	V.R.S. %	1,45		
NOTAS	CL Arcilla Inorgánica de media Plasticidad. El material que forma la superficie del terreno natural presenta escasa resistencia a la plasticidad y expansión considerable por lo que lo clasificamos como un suelo Inestable.			

4.2.- Resultados obtenidos en el banco “El Pedregal”

INFORME DE TERRACERIAS				
OBRA	CAMINO NARANJA - PEDREGAL			
LOCALIZACION	ZACAPU, MICHOACAN.			
ENSAYE	DOS			
IDENTIFICACION	PROFUNDIDAD MTS	0,85		
	ESTACION	0+500		
	CAPA	SUB BASE		
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL EN ESTUDIO	TAMAÑO MAXIMO	No. 4		
	% RETENIDO EN MALLA 3"	0		
	% RETENIDO EN MALLA No.4	40		
	% RETENIDO EN MALLA No. 40	10		
	% RETENIDO EN MALLA No. 200	8		
	LIMITE LIQUIDO %	INAP		
	INDICE PLASTICO %	INAP		
	CONTRACCION LINEAL %	INAP		
	PE.S KG/M3	1250		
	PESO SECO MAXIMO %	1820		
	HUMEDAD OPTIMA %	19.45		
	HUMEDAD NATURAL %	20.3		
	VRS ESTANDAR SATURADO %	110		
	EXPANSION %	NULA		
	CLASIFICACION SUCS	GW		
ASSHTO MODIFICADA AL 90%				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	27,5		
	V.R.S. %	95		
NOTAS	GP GRAVA BIEN GRADUADA			
	EL MATERIAL EMPLEADO ES BUENO PARA EMPLEARSE EN LA CAPA INDICADA			

4.3.- Resultados obtenidos en el banco “El Malacate”

INFORME DE TERRACERIAS				
OBRA	CAMINO NARANJA - PEDREGAL			
LOCALIZACION	ZACAPU, MICHOACAN.			
ENSAYE	TRES			
IDENTIFICACION	PROFUNDIDAD MTS	TOMADA DE BANCO		
	ESTACION	1 + 000		
	CAPA	BASE		
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL EN ESTUDIO	TAMAÑO MAXIMO	No. 25.4		
	% RETENIDO EN MALLA 3"	0		
	% RETENIDO EN MALLA No.4	60		
	% RETENIDO EN MALLA No. 40	20		
	% RETENIDO EN MALLA No. 200	4		
	LIMITE LIQUIDO %	INAP		
	INDICE PLASTICO %	INAP		
	CONTRACCION LINEAL %	INAP		
	PE.S KG/M3	1245		
	PESO SECO MAXIMO %	1345		
	HUMEDAD OPTIMA %	23.4		
	HUMEDAD NATURAL %	20,6		
	VRS ESTANDAR SATURADO %	136		
	EXPANSION %	NULA		
	CLASIFICACION SUCS	GW – SW		
ASSHTO MODIFICADA AL 90%				
	HUMEDAD DE PRUEBA %	27,5		
	V.R.S. %	128		
NOTAS	GW – SW GRAVA BIEN GRADUADA COON CONTENIDOS DE ARENA BIEN GRADUADA			
	El material CUMPLE CON LO ESPECIFICADO PARA EMPLEARSE EN ESTA CAPA.			

CAPITULO 5

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.- Se recomienda elaborar un estudio geotécnico a detalle para mejor visualización del las pruebas elaboradas.
- 2.- La ampliación se recomienda en los hombros derechos para tener una mejor estabilidad de taludes.
- 3.- La distribución que se presenta esta dada por parámetros establecidos en las normas vigentes del ASTM.
- 4.-Se deben tomar en cuenta los criterios de autogeneración para la recuperación de asfalto en ciertas zonas.
- 5.-Verificar que el proyecto geométrico se lleve a cabo de manera adecuada y correcta tomando en cuenta todo lo que se tenga a la expectativa para ser analizado.
- 6.- Para realizar cualquier obra civil es recomendable que se le encargue a un laboratorio el llevar a cabo el control de calidad de los materiales utilizados en la obra, analizando los materiales antes y durante la construcción de ésta, pues con esto tendremos mayor certeza de que se están utilizando los materiales adecuados y se está haciendo un buen trabajo, y por lo tanto la obra tendrá una mayor vida útil.
- 7.- Pudimos observar que los materiales empleados, aunque tienen alta porosidad, tienen buenas características en cuanto a su VRS y de acuerdo a los resultados de las pruebas son aceptables para su utilización en el camino en estudio.

BIBLIOGRAFIA.

- * Juárez Badillo y Rico Rodríguez (1981) “ Mecánica de Suelos “ Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Tomo 1. Tercera Edición, Editorial Limusa.

- * Rico Rodríguez A; Del Castillo H. (1976) “ La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas)”, Tomo 1. Primera Edición, Editorial Limusa.

- * Rico Rodríguez A; Del Castillo H. (2002) “ La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas)”, Tomo 2. Décimo quinta Edición, Editorial Limusa.

- * Crespo Villalaz C. (1976) “ Mecánica de Suelos y Cimentaciones “ Cuarta Edición, Editorial Limusa.

- * Manual de la SCT, M-MMP-1-03/03, Secado, Disgregado y Cuarteo de Muestras, p.p.1-6.

- * Manual de la SCT, M-MMP-1-07/03, Límites de Consistencia.

- * Manual de la SCT, M-MMP-1-09/03, Compactación AASHTO, p. 4.

GLOSARIO.

Acicular: En forma de punta o aguja.

Humedad optima: la que se encuentra entre el estado semiliquido a liquido.

Porter: Prueba de tipo estático.

Proctor: Prueba de tipo dinámico.

Solución de trabajo: la que se emplea para realizar el equivalente de arena.

V.R.S.: Siglas representativas del valor relativo de soporte.

ANEXOS

A continuación se muestran las fotos de las pruebas realizadas.



Foto 1.- Tendido y secado del material



Foto 2.- equipo empleado para la granulometria



Foto 3.- Juego de tamices empleados en la granulometria.



Foto 4.- juego de taras empleadas para diferentes pruebas.

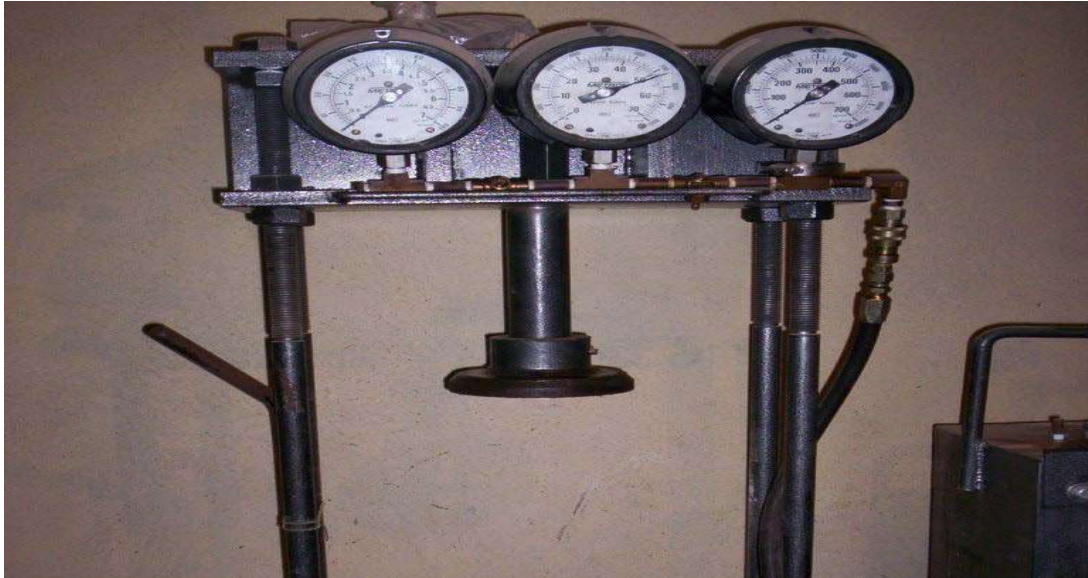


Foto 5.- Prensa porter empleada tambien para realizar el VRS.



Foto 6.- Espécimen porter sujeto a la penetración del valor relativo de soporte



Foto 7.- Análisis granulométrico mediante lavado.



Foto 8.- Realización del ensaye proctor.



Foto 9.- Material empleado para la absorción por humedad.



Foto 10.- Instrumental empleado para determinar el valor cementante.



Foto 11.- Determinación del limite liquido.



Foto 12.- Determinación del equivalente de arena.