

ÍNDICE

PRÁCTICA #1	Equivalente de arena	1
PRÁCTICA #2	Valor relativo de soporte modificado	4
PRÁCTICA #3	Desgaste de los Ángeles	7
PRÁCTICA #4	Intemperismo acelerado	9
PRÁCTICA #5	Afinidad	12
PRÁCTICA #6	Pruebas en asfaltos	15
PRÁCTICA #7	Prueba Marshall	23
PRÁCTICA #8	Contenido asfalto en una mezcla	28
PRÁCTICA #9	Permeabilidad en carpetas asfálticas	29

PRÁCTICA # 1.

EQUIVALENTE DE ARENA

Objetivo:

Determinar la calidad que tiene un suelo que se va emplear en las capas de un pavimento; esta calidad es desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables de naturaleza plástica.

Definición:

Este método cuantifica el volumen total de material no plástico deseable en la muestra, fracción gruesa, denominando su proporción volumétrica como equivalente de arena.

Equipo y material que se utiliza:

- Probetas de lucita o acrílico transparente, con escala de alturas graduada y con tapón de hule.
- Tubo irrigador de acero inoxidable, provisto de un tramo de manguera de hule y con un sifón.
- Pisón metálico con peso de 1000 ± 5 gr.
- Cápsulas metálicas de 57 mm de diámetro, con capacidad 85 ± 5 cm³
- Embudo de vidrio o plástico, de boca ancha, de 10 cm de diámetro.
- Cronómetro.
- Dos botellas de vidrio o de plástico con capacidad mínima de 3.78 litros
- Agitador metálico manual que permita oscilaciones con amplitud de 20 cm de la probeta instalada, o agitador automático con la misma amplitud de oscilación y que opere con una frecuencia de 175 ± 2 ciclos/min.
- Balanza de 2 kg. de capacidad y 0.1 gr. de aproximación.
- Horno con termostato que mantenga una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Guantes de hule.
- Papel filtro con velocidad de filtrado rápida.

Solución de reserva. Se prepara disolviendo 454 gr. de cloruro de calcio en 1.89 litros de agua destilada; como al preparar esta solución se genera calor, se le deja enfriar y se hace pasar a través del papel filtro; a continuación se agregan 47 gr. de solución volumétrica al 40% de formaldehído R.A. (solución comercial) y 2050 gr. de glicerina U.P.S. (glicerina normalizada), se mezcla el total y se agrega agua destilada hasta completar 3.78 lt; finalmente se agita toda la solución para homogenizarla.

Solución de trabajo. Se prepara colocando en la botella 3.78 lt de capacidad, 85 ± 5 cm³ de la solución de reserva, se llena con agua destilada y se agita para obtener una solución homogénea. En lugar de agua destilada puede utilizarse agua limpia de la llave, siempre y cuando al hacerse pruebas comparativas con la misma muestra de suelo, se obtenga resultados prácticamente iguales en el equivalente de arena.

Procedimiento:

a) Preparación de la muestra

1. De la muestra total se toma por cuarteo la porción necesaria para obtener aproximadamente 500 gr. de material que pasa por la malla No. 4.75.
2. Se hace pasar el material así obtenido tomando las precauciones necesarias para evitar la pérdida de finos, pudiendo requerirse para esto último humedecerlo

ligeramente. Si la fracción retenida en la malla No. 4.75, contiene partículas con fino adherido, se frota vigorosamente con las manos cubiertas con guantes y el polvo resultante se agrega al material que inicialmente paso la malla No. 4.75.

3. Se homogeniza perfectamente la mezcla con las manos enguantadas, se llena una cápsula, se golpea esta en su base contra la mesa de trabajo con el fin de acomodar las partículas y finalmente se enrasa.
4. El efectuar esta prueba con muestras humedecidas implica un ahorro considerable de tiempo, pero generalmente se obtienen valores del equivalente de arena inferiores a los que resultan empleando muestras secas; por lo tanto cuando el valor del equivalente de arena del material este por debajo o muy cerca del mínimo especificado, se remitirá la prueba por triplicado, empleando muestras secadas al horno hasta peso constante a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, en cuyo caso el peso del material que deberá emplearse en cada cápsula llena será el mismo.

b) Pasos a seguir:

1. Se coloca la botella con la solución de trabajo en una repisa que estará a una altura de 905 ± 25 mm, sobre el nivel de la mesa de trabajo.
2. Se instala l sifón en la botella, el cual se llena soplando por el tubo corto y manteniéndolo abierta la pinza de que está provisto el tubo largo.
3. Se vierte en la probeta, utilizando el sifón, solución de trabajo hasta una altura de 101.5 ± 2.5 mm.
4. Se coloca en la probeta la muestra previamente preparada, usando el embudo para evitar perdidas de material. Se golpea firmemente varias veces la base de la probeta contra la palma de la mano, para remover las burbujas de aire que hubieran quedado atrapadas y facilitar el humedecimiento del material.
5. Se deja reposar la muestra durante 10 ± 1 minutos, procurando no mover la probeta. A continuación se coloca el tapón de hule en la probeta y se afloja el material del fondo de esta inclinándola y agitándola simultáneamente.
6. Se agita la probeta en la forma que se indica a continuación:
Mediante agitación manual, para lo cual deberá sostenerse la probeta por sus extremos y agitarla vigorosamente con un movimiento lineal horizontal, hasta completar 30 ciclos en 30 seg. con una carrera aproximada de 20 cm, entendiéndose por ciclo un movimiento de oscilación completo.
Para agitar satisfactoriamente la probeta, el operador deberá mover solamente los antebrazos relajando el tronco y en especial los hombros.
7. Una vez efectuada la operación de agitado, se destapa la probeta, se coloca sobre la mesa de trabajo, se introduce en ella el tubo irrigador y se acciona de manera que al bajar, se vayan lavando las paredes de la probeta; se lleva el tubo hasta el fondo de la misma. Efectuando ligeramente sobre el un ligero picado al material, acompañado de movimientos rotatorios alternativos del tubo alrededor de su eje y trasladándolo por el contorno interior de la probeta. Esta acción tiene por objeto separar el material fino de las partículas gruesas con el fin de dejarlo en suspensión.
8. Cuando al nivel del liquido llegue a 15 pulgadas se saca lentamente el irrigador de la probeta sin cortar el flujo de la solución, de manera que el líquido se mantenga aproximadamente al mismo nivel. Se regula el flujo un poco antes de que el tubo este afuera y se ajusta el nivel al final en la probeta a 15 pulgadas.

9. Se deja la probeta en reposo durante 20 minutos ± 15 seg., contados a partir del momento en que se haya extraído el tubo irrigador.
10. Transcurrido el periodo de reposo se lee en la escala de la probeta el nivel superior de los finos en suspensión, el cual se denominara “lectura de arcilla” o altura total.
11. Después de hacer la lectura de arcilla, se introduce lentamente el pisón en la probeta, hasta que por su propio peso el pisón descansa en la fracción gruesa, teniendo cuidado de no perturbar los finos en suspensión. Mientras desciende el pisón, se conserva uno de los vértices ochavados en su pie en contacto con la pared de la probeta, en las proximidades de la escala de graduación. Cuando el pisón se detenga al apoyarse en la fracción gruesa, se hace la lectura del nivel superior del indicador, y se registra como “lectura de arena”.
12. Cuando el nivel de la fracción fina o de la gruesa queden entre dos divisiones de la escala de graduación, deberá registrarse las lecturas correspondientes a la división superior.
13. Se calcula el equivalente de arena con la siguiente formula:

$$EA = \frac{\text{Lectura.de.arena}}{\text{Lectura.de.arcilla}} \times 100$$

Esta prueba se realiza por duplicado y en cada caso al valor de equivalente de arena se aproxima al entero superior. Si los dos valores obtenidos no discrepan significativamente, se reportara el promedio aritmético como el valor de equivalente de arena; en caso contrario se repetirá la prueba y se promediaran únicamente los resultados congruentes de todas las determinaciones.

PRÁCTICA # 2.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE MODIFICADO (V.R.S. mod.)

Objetivo:

Determinar el V. R. S. Modificado, valor que se emplea en revisión y diseño de espesores de pavimentos.

Definición:

Esta prueba se lleva a cabo en materiales de terracerías, principalmente en la capa sub-rasante y se lleva a cabo en especímenes con diferentes grados de compactación y en condiciones de humedad estimadas como más desfavorables que se considere pueden alcanzar dichos suelos durante la operación de la obra.

Esta prueba tiene 3 variantes, según las cuales los especímenes correspondientes se elaboran ya sea con material que contenga la humedad óptima, con humedad igual o superior a la óptima, o con la humedad natural.

La variante que se describe a continuación es la variante 1, la cual se aplica al estudio de terracerías con drenaje adecuado, construidas en lugares de precipitación baja a media, que son las condiciones que imperan en el Estado de Chihuahua.

Equipo y material que se utiliza:

- Todo el equipo que se requiere para la prueba de compactación correspondiente para el suelo en estudio, para obtener el peso volumétrico seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x.}$) y la humedad óptima ($\omega_{\acute{o}pt.}$).
- Prensa con capacidad de 5,000 Kg.
- Cilindro de penetración
- Placa de acero, de un área ligeramente menor al área del molde de compactación.
- Agua

Procedimiento:

1. A la muestra del material por estudiar, se le determina el peso volumétrico seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x.}$) y la humedad óptima ($\omega_{\acute{o}pt.}$), de acuerdo al tipo de material y el procedimiento de prueba que le corresponda.
2. Se determina el contenido de agua al suelo en estudio.
3. Se pesa una muestra de suelo de 5.5 Kg. la cual se anota como (W_m), en grs. y se le agrega la cantidad de agua necesaria para que alcance su humedad óptima de compactación, la cual se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$A = W_m \frac{W_2 - W_1}{100 + W_1}$$

donde:

A = Volumen de agua por agregar, en cm^3

W_m = Peso de la muestra con la humedad inicial, en gramos.

W_2 = Humedad óptima, en porcentaje.

W_1 = Humedad inicial del material, en porcentaje.

4. Inmediatamente después se mezcla convenientemente el material y se pesa la muestra de prueba que se requiere para llenar el molde sin la extensión, determinando dicha cantidad para una compactación de 100 % , con la siguiente fórmula:

$$P_w = \frac{C}{100} \times \frac{\gamma_d}{1000} \times \frac{100 + W_2}{100} \times V$$

donde:

P_w = Peso de la muestra de prueba en estado húmedo, en kgs.

C = Grado de compactación con el que se va elaborar el espécimen, en porcentaje.

γ_d = Peso volumétrico seco máximo del material, en kg/m^3 .

W_2 = Humedad óptima, en porcentaje.

V = Volumen del cilindro de prueba sin collarín, en decímetros cúbicos.

5. Se coloca la muestra en 3 capas, dentro del molde con el collarín instalado, acomodando cada capa con 25 golpes de la varilla metálica, procurando que no haya pérdida del material ni de humedad.
6. Se instala el molde en la máquina de compresión y se compacta la muestra en forma lenta y uniforme, debiéndose retirar la carga momentáneamente, a cada 5 toneladas, para dar tiempo a que el material se acomode; en esta forma se continúa la aplicación de la carga hasta que el espécimen tenga la altura del cilindro sin el collarín y en el momento en que esto ocurre se sostiene la última posición durante un minuto. Si se presente expulsión de agua antes de tener el espécimen la altura del molde, se mantiene la carga que se esté aplicando en ese momento, hasta que disminuye notablemente la salida del agua y cuando esto ocurre, se da un pequeño incremento de carga, repitiendo esta operación no más de 3 veces para que el espécimen tenga la altura fijada, de lo contrario la muestra deberá desecharse.
7. Se retira lentamente la carga al espécimen, se mide con éste el incremento de altura que experimenta y se le aplica nuevamente carga hasta que la cara superior del espécimen baje el doble del incremento citado.
8. A continuación se colocan las 2 placas de carga, en medio de estas se coloca el cilindro de penetración.
9. Se coloca el extensómetro que va indicar las penetraciones estandarizadas para esta prueba; estas son:
 - 1.27 mm.
 - 2.54 mm
 - 3.81 mm.
 - 5.08 mm.
 - 7.62 mm.
 - 10.16 mm y
 - 12.70 mm

10. Se aplica una precarga de 10 kgs. e inmediatamente después, sin retirar la carga, se ajusta el extensómetro en cero, para iniciar la penetración vertical del pistón de penetración.
11. Se aplica carga para que el pistón penetre al espécimen a una velocidad de 1.27 mm./min., anotando las cargas necesarias para obtener cada una de las penetraciones descritas anteriormente.
12. Los resultados se llevan a la gráfica (penetraciones contra carga), obteniéndose la llamada curva de valor relativo de soporte y se obtiene finalmente el resultado de este con la siguiente fórmula:

$$V.R.S. = \frac{C_{2.54}}{1360} \times 100$$

Donde:

$C_{2.54}$ = Carga correspondiente a la penetración de 2.54 mm. en kgs.

1360 = Equivale a la carga que presentaría un material de buena calidad, para esa penetración, por ejemplo: una caliza triturada.

13. Se repiten en nuevas muestras de material los pasos descritos anteriormente, variando el grado de compactación de los especímenes, a valores de 95%, de 90% y a los demás porcentajes a que se requiera estudiar el material.

PRÁCTICA # 3.

DESGASTE DE LOS ÁNGELES

Objetivo:

Determinar la dureza de los materiales pétreos que se emplean en mezclas asfálticas, carpetas por riegos, riegos de sello, material de balasto, etc.

Definición:

Este ensaye es para estimar el efecto perjudicial que origina a los materiales su grado de alteración, su baja resistencia estructural, planos de debilitamiento, planos de cristalización, forma de las partículas, etc.

Equipo y material:

- Máquina de abrasión Los Ángeles.
- Esferas de acero con diámetro de 47.6 mm, con peso comprendido entre 390 y 445 grs. cada una.
- Mallas: 3", 2.5", 2.0", 1.5", 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{4}$ ", No. 4, No. 10 y No.12.
- Horno de termostato que mantenga una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Balanza de capacidad de 20 kg y aproximación de 1 gr.
- Charolas de lamina rectangulares.

Procedimiento:

a) Preparación de la muestra

1. De la muestra de material pétreo obtenida, se toma por cuarteo una porción representativa de 20 Kg. y aproximación de 1 gr.
2. Se determina el peso específico o volumétrico del material seco y suelto γ_d , así como la composición granulométrica de la muestra de 20 Kg.
3. Se criba la muestra por la malla No. 12 y se lavan sobre dicha malla las partículas retenidas, pudiendo evitarse el lavado cuando se observan limpias.
4. Se seca en el horno la fracción retenida en la malla No. 12 a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener peso constante.
5. Se selecciona en la tabla correspondiente el tipo de muestra y demás requisitos de la prueba, en función de la granulometría de proyecto, la granulometría que corresponde al material de acuerdo con el uso que se pretenda dar o bien, a la de la muestra original; en cada caso se selecciona el tipo de muestra que se apegue mas a la composición granulométrica del material por ensayar.
6. De acuerdo con el tipo de muestra seleccionado se clasifica el material retenido de la malla No. 12, cribándolo por las mallas correspondientes; a continuación, se pesan y mezclan las fracciones respectivas para integrar la muestra de prueba y se registra su peso total como W_i en gramos.

b) Pasos a seguir

1. Se determinan mediante la tabla el número de esferas que forman la carga abrasiva, tomando en cuenta el tipo de la muestra de prueba seleccionado.
2. A continuación se coloca dentro del cilindro de la máquina de los Ángeles la muestra de prueba con peso W_i determinado y con la carga abrasiva correspondiente; se instala su cubierta y se cierra esta herméticamente.

3. Se hace funcionar la máquina para que gire a una velocidad uniforme de 30 a 33 rev/min, hasta completar 500 revoluciones en el caso de muestras de los tipos A, B, C y D, y de 1000 revoluciones para los de tipo E, F y G.
4. A continuación se saca la muestra del cilindro, se vacía en una charola y se criba por la malla No. 12; se pesa la fracción retenida en dicha malla y se registra su peso como W_f en grs.
5. El porcentaje de desgaste del agregado pétreo se calcula por medio de:

$$D = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

donde:

D = Desgaste del material pétreo, en %.

W_i = Peso inicial de la muestra de prueba, en gr.

W_f = Peso final de la muestra de prueba, en gr.

PRÁCTICA # 4.

INTEMPERISMO ACELERADO

Objetivo:

Determinar la susceptibilidad del material pétreo a los agentes del intemperismo, como es la lluvia, las heladas, cambios de temperatura, etc.

Definición:

Esta prueba permite estimar la alteración que pueden sufrir los materiales pétreos al estar expuestos a la acción del intemperismo.

Equipo y material:

- Mallas de diferente abertura, de acuerdo a la granulometría del material en estudio (se consulta tabla de recomendación de mallas y pesos retenidos).
- Horno de termostato que mantenga una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Densímetro calibrado de 1.0 a 1.4
- Charolas metálicas rectangulares.
- Charolas metálicas redondas.
- Recipiente de plástico con tapa, capacidad 1 lt.
- Recipiente de plástico con tapa, capacidad 12 lt.
- Balanza de 5 kg. de capacidad y 0.1 gr. de aproximación.
- Balanza de 2 kg. de capacidad y 0.1 gr. de aproximación.
- Siete canastillas de malla metálica de latón o bronce, con aberturas equivalentes a la malla No. 8 con capacidad 2.5 lt aproximadamente.
- Siete canastillas de malla metálica de latón o bronce, con aberturas equivalentes a la malla No. 100 con capacidad 100 cm³ aproximadamente.
- Vasos de aluminio con capacidad de 1 lt.
- Recipientes de plástico con tapa, con capacidad de 20 lt y con forma adecuada para introducir las canastillas.
- 20 lts. de solución de sulfato de sodio que se prepara vaciando en un recipiente de plástico 19 lts. de agua limpia a 30 grados centígrados, adicionando por cada litro de agua 350 grs. de Sulfato de sodio anhidro o bien 750 gr. de Sulfato de sodio cristalino decahidratado, ambos de calidad industrial con dichas cantidades se asegura la saturación de la solución, lo cual se manifiesta por la presencia de cristales en la misma; para llevar a cabo la disolución se agita vigorosamente el agua durante la adición de la sal. A continuación se deja en reposo la solución hasta que adquiera la temperatura de $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ manteniéndola en estas condiciones durante 48 hrs. como mínimo, antes de utilizarla.
- 20 lt de solución de Sulfato de magnesio preparada en sustitución de la de Sulfato de sodio y en forma similar a esta, utilizando por cada litro de agua 350 gr. de sulfato de magnesio anhidro o bien 1400 gr. de Sulfato de magnesio eptahidratado o sal Epsom, ambos cuando menos de calidad industrial.

Procedimiento:

a) Preparación de la muestra

1. Para la preparación de las fracciones de prueba de la porción gruesa se determina su composición granulométrica, utilizando las mallas de 3", 2.5", 2.0", 1.5", 1", $\frac{3}{4}$ ",

- $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ " y No. 4. Se anotan los retenidos parciales en porcentajes con respecto al peso total de la porción, y se procede como se indica a continuación:
2. Se lava la porción gruesa por la malla No. 4 hasta que el agua al pasar por la malla salga clara; a continuación se vierte en una charola el material lavado y se seca en el horno hasta peso constante a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, se saca del horno y se deja enfriar a la temperatura ambiente.
 3. A continuación se obtienen mediante cribado, para cada tamaño nominal, las fracciones de prueba con los pesos de material indicados en la tabla I, anotando estos pesos como W_j en gramos, con excepción de los retenidos parciales que representan menos del 5 % en peso de la porción gruesa, los cuales se eliminan.
 4. Se vacían por separado cada una de las fracciones de prueba en las canastillas como aberturas equivalentes a la malla No. 8.
 5. Se agita vigorosamente la solución de Sulfato de sodio o de magnesio para homogenizarla y enseguida se determina, con el densímetro, su peso específico relativo, el cual debe estar comprendido entre 1.151 y 1.174; se vierten en cada uno de los recipientes de plástico con capacidad de 20 lt, cantidades suficientes de la solución para que al introducir las canastillas con material pétreo, este quede cubierto con un tirante mínimo de 2 cms. También se pueden utilizar charolas de aluminio, para saturar el material.
 6. Se sumergen en su respectivo recipiente de plástico con solución cada una de las canastillas que contienen las diferentes fracciones de prueba del material, y se mantienen durante estas condiciones durante 16 a 18 hrs. a una temperatura de $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$, permaneciendo tapados los recipientes para reducir la evaporación y evitar la introducción de partículas extrañas.
 7. A continuación se extraen de la solución las canastillas conteniendo las fracciones de prueba que se dejan escurrir durante 15 ± 5 minutos, se introducen en el horno y se secan hasta peso constante a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, terminada esta se sacan del horno en sus respectivas canastillas y se dejan enfriar a la temperatura ambiente, con lo cual concluye el primer ciclo de la prueba.
 8. Se repiten 4 veces mas las operaciones indicadas en los pasos 2 y 3, en todas las muestras contenidas en las canastillas.
 9. Terminado este último ciclo se lavan con agua todas las fracciones para eliminarles el sulfato remanente; de la última porción del agua de lavado se toma una muestra en un tubo de ensaye y se agregan 2 gotas de la solución de Cloruro de bario acidulada y si aparece un precipitado blanco lechoso, se continuará lavando la muestra hasta que el precipitado no aparezca.
 10. Se colocan en recipientes por separado cada una de las fracciones de prueba contenidas en las casillas y se secan en el horno a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta peso constante, después de lo cual se sacan del horno y se dejan enfriar a la temperatura ambiente.
 11. Se criba cada una de las fracciones de prueba, por la malla correspondiente de las indicadas en alguna tabla (tabla II) y de acuerdo con el tamaño nominal; se determina el peso del retenido en cada una de las mallas mencionadas y se anota como W_f en gramos.
 12. Se calcula el % en peso que pierde la porción gruesa en cada tamaño nominal, aplicando la siguiente formula:

$$P = \frac{W(W_i - W_f)}{W_i}$$

en donde:

P = Pérdida de peso que presenta cada tamaño nominal de las porciones en %

W = Porcentaje en peso que la porción, representando el tamaño nominal considerado, ya corregido para tomar en cuenta únicamente las fracciones que representan más del 5% de la porción gruesa

W_i = Peso inicial de la fracción de prueba, seca, en gramos.

W_f = Peso final de la fracción de prueba, seca, después del quinto ciclo, en gramos.

PRÁCTICA # 5.

AFINIDAD

Objetivo:

Determinar si el material pétreo tiene buenas características de afinidad o de adherencia con el asfalto.

Definición:

En esta prueba se determina si el material pétreo que se pretende usar en la construcción de mezclas asfálticas, tiene características hidrofílicas o hidrofóbicas; Si el material es hidrofóbico indicará que tiene más afinidad con el asfalto que con el agua, si el material es hidrofílico, sucederá lo contrario.

Equipo y material que se utiliza:

- Dispositivo mecánico para realizar el agitado de las mezclas de prueba, consistente en una barra giratoria porta-frascos, en la cual estos se encuentran sujetos de dos a cada lado y perpendicularmente a dicha barra, la que esta apoyada en soportes de baleros y accionada por un motor eléctrico provisto de un reductor de velocidad, para que los frascos giren a razón de 40 a 50 rev/min.
- Frasco de vidrio de 500 cm³, de 6.5 cm de diámetro y 16 cm de altura, de boca ancha y tapa hermética.
- Balanza de 2 kg. de capacidad y 0.1 gr. de aproximación.
- Horno con termostato que mantenga una temperatura de 20 a 150 C°, con aproximación de 1 C°.
- Mallas de las siguientes designaciones: de $\frac{1}{2}$ ", No. 10, No. 40.
- Baño de agua con temperatura controlable de 20 a 50 C°.
- Charolas de lamina.
- Cuchara de albañil chica.
- Lupa de 4 a 5 aumentos, con diámetro aproximado de 75 mm.
- Agua destilada o potable.

Procedimiento:

a) Preparación de la muestra.

1. De una muestra de material pétreo obtenida, se toma por cuarteo una porción de 3 Kg.
2. A continuación se criba dicha porción por las mallas $\frac{1}{2}$ ", $\frac{1}{4}$ ", No. 10 y No. 40 para obtener las fracciones que quedan comprendidas entre dichas mallas y las que pasan la malla No. 40. La fracción que retiene la malla de $\frac{1}{2}$ " se elimina.
3. De acuerdo con la parte correspondiente de la granulometría de proyecto se calculan las cantidades necesarias de material pétreo para formar una muestra con peso aproximado de 500 g.
4. De las fracciones separadas como se indico en el paso 2 se pesan en una charolas las cantidades calculadas para formar dos muestras, las cuales se mezclan por separado. Cuando la prueba se efectúe con cemento asfáltico solo se formará una muestra de material pétreo.
5. Cuando los agregados vayan a utilizarse con cemento asfáltico, se calienta en el horno la muestra de material pétreo a una temperatura de 135 ± 5 C°.

6. Si la prueba se va a efectuar con asfalto rebajado o con una emulsión asfáltica, se sumerge una de las dos muestras en un vaso de aluminio que contenga agua a la temperatura ambiente y se deja saturar durante 16 a 20 horas; al finalizar este periodo, se eleva la temperatura del agua a 40°C y se mantiene esta temperatura durante 1 hora. A continuación se vacía la muestra en una charola, se decanta el agua y se oreo moviéndola periódicamente, hasta que presente un color opaco, estando húmeda, considerando que en estas condiciones el material contiene aproximadamente su humedad de absorción. La otra muestra de material pétreo, que no se sujeta a saturación, se calentará a 40°C cuando la mezcla se elabore con asfaltos rebajados y no se calentará cuando se utilicen emulsiones.
7. Se prepara una muestra de producto asfáltico del tipo que pretenda usarse en la obra con peso aproximado de 200 g y se calienta a la temperatura recomendable.

b) Pasos a seguir:

1. Inmediatamente después de preparados los materiales y tratándose de mezclas asfálticas, se agrega a cada una de las dos muestras, la cantidad de material asfáltico correspondiente al porcentaje de proyecto; en el caso de que no se conozca el porcentaje de proyecto para las mezclas o se trate de materiales pétreos sobre los que se aplicaran tratamientos asfálticos, se agregará a dicha muestras la cantidad de material asfáltico correspondiente al contenido mínimo determinado, mas el 1%. Si los materiales pétreos por ensayar se van a emplear en la construcción de carpetas por el sistema de riegos o para riego de sello, se les agregará a las muestras correspondientes una cantidad de material asfáltico suficiente para lograr con facilidad el cubrimiento de las partículas sin que haya exceso de asfalto.
2. A continuación se mezclan con una cuchara de albañil las muestras preparadas, hasta lograr un cubrimiento completo y uniforme de las partículas con asfalto; si después de aproximadamente 10 minutos de mezclado no se logra el cubrimiento, se verifica la temperatura y en su caso, se calienta cada una de las mezclas a 40°C , siempre que se usen asfaltos rebajados o bien, a 120°C cuando se utilicen cementos asfálticos; se continúa el mezclado a dichas temperaturas hasta que se observe que ya no se mejora el cubrimiento obtenido. Las mezclas elaboradas con emulsión así como las de los agregados que contienen la humedad de absorción, no deberán calentarse ni remezclarse.
3. Se colocan las mezclas dentro del horno y se dejan en este durante 15 horas aproximadamente, a una temperatura de 60°C cuando se utilicen asfaltos rebajados o emulsiones asfálticas que contienen solventes, o bien, a 135°C durante 2 horas si se trata de emulsiones prácticamente sin solventes, eliminando en este caso el agua libre mediante decantación. Cuando las mezclas se hayan elaborado con cemento asfáltico no se introducen en el horno y únicamente se dejan enfriar a la temperatura ambiente durante 2 horas.
4. Al terminar el proceso de curado de las muestras en el horno, se sacan de el e inmediatamente se remezclan cada una de ellas en su charola respectiva, durante 2 minutos, después de lo cual se dejan enfriar a la temperatura ambiente por un lapso de 2 horas mínimo.
5. Se seleccionan de cada una de las mezclas, 2 porciones de 50 g aproximadamente, constituida la primera por material de tamaños comprendidos entre 5 y 10 mm y la segunda por partículas de tamaño inferior a 5 mm.

6. Se colocan en los frascos de vidrio cada una de las porciones seleccionadas, se agregan 200 cm³ del agua destilada o potable a cada frasco y se tapan herméticamente.
7. Se sumergen los frascos, con su contenido, en el baño de agua a 25 C°, se dejan en este durante un lapso de 16 a 20 horas y se observa el desprendimiento ocurrido.
8. Se sacan los frascos del baño, se instalan en la máquina de agitación y se someten a 4 periodos consecutivos de agitación de 15 minutos cada uno; en caso de que no se disponga de este aparato el agitado se hará manualmente durante 3 periodos de 5 minutos cada uno, efectuándose este proceso con los brazos al frente y flexionados, moviendo los frascos hacia los lados del operador en un espacio de 50 cm., a razón de 60 ciclos por minuto.
9. Al concluirse el último periodo de agitación se retiran los frascos del aparato, se destapan y se escurre el agua que contienen; se vacía cada muestras sobre una hoja de papel blanco y se acomodan estas sobre una mesa de trabajo, suficientemente iluminada para observar y estimar con la ayuda de una lupa, el porcentaje de superficie de las partículas en que haya ocurrido el desprendimiento de asfalto.
10. Se registra el porciento de desprendimiento estimado en cada una de las dos fracciones de cada muestra ensayada y se reporta el mayor valor obtenido, tanto para condiciones húmedas como para condiciones secas. Si el desprendimiento ocurrido es mayor de un 25% se considera que el material no cumple el requisito de afinidad con el asfalto indicado en las especificaciones de la Secretaría.

PRÁCTICA # 6.

PRUEBAS EN ASFALTOS.

Determinar las diversas pruebas a los materiales asfálticos y definir las características que debe cumplir un asfalto de calidad; esto se obtendrá al comparar los resultados con las normas o especificaciones.

6.1 Destilación de Emulsiones asfálticas

Objetivo:

Determinar la cantidad de residuo por destilación, el contenido de agua y el contenido de disolventes que existen en las emulsiones asfálticas catiónicas.

Definición:

Esta prueba consiste esencialmente en efectuar la destilación de una muestra de emulsión asfáltica, hasta la temperatura máxima de 260 grados centígrados, para separar el agua de la emulsión, disolventes y residuo asfáltico.

Equipo y material que se utiliza:

- Alambique cilíndrico
- Quemador anular de gas de 127.0 mm. de diámetro interior.
- Unidad de condensación integrada por un adaptador, tubo de conexión con camisa de lamina y refrigerante recto provisto de camisa metálica.
- Probeta de 100 cm³
- Termómetros de inmersión total, con escala hasta de 300 grados centígrados.
- Mechero a gas del tipo Bunsen.
- Malla No. 50
- Balanza con capacidad de 3,500 grs. y una aproximación de 0.1 gr.

Procedimiento:

1. Se pesan 200.0 grs. de emulsión en el alambique cilíndrico, previamente tratado, incluyendo su tapa, abrazadera, termómetros y demás accesorios y se registra el peso total de estos elementos más el de la emulsión como **Wi**, en grs.
2. Se ajusta perfectamente la tapa del alambique utilizando su tornillo de presión y colocando entre esta y el alambique un empaque de papel impregnado con aceite.
3. Se insertan los termómetros introduciéndolos en los respectivos orificios de la tapa, con su correspondiente tapón de corcho ajustado y sujetándolos de tal manera que el bulbo de uno de ellos quede a 6 mm. del fondo del alambique y el bulbo del otro quede a 165 mm. aproximadamente de dicho fondo.
4. Se monta el equipo, conectando el alambique con el refrigerante y se coloca el quemador de gas anular, de manera que diste 15 cms. del fondo del alambique, se enciende el quemador, se ajusta con flama baja y se registra el tiempo en que se inicia la aplicación de calor; también se aplica suficiente calor con el mechero al tubo de conexión, para evitar la condensación de

agua en éste. Por otra parte, se vigilará que no se registren cambios bruscos de temperatura en el termómetro superior, lo que indicará que la espuma producida alcanzó la parte superior del alambique y para controlarla será necesario disminuir la aplicación de calor.

5. Cuando la temperatura de la muestra pueda ser leída en el termómetro más bajo, lo que ocurre a 215 grados Centígrados aproximadamente, se baja el quemador anular al nivel del fondo del alambique y se eleva la temperatura a 260 grados Centígrados, manteniendo esta temperatura por 15 minutos.
6. Inmediatamente después se suspende la aplicación de calor, se registra el tiempo total transcurrido desde su primera aplicación, se desconecta el alambique, se pesa con todos los accesorios, se le agrega a este peso 1.5 grs., para compensar la flotación del alambique caliente y se anota este peso como **Wf**, en grs. El tiempo total que dure la destilación será de 60 ± 15 minutos. También se leen en la escala de la probeta y se registran, el nivel superior del destilado anotando dicha lectura como **V_{dw}**, en cm^3 y el nivel superior del agua en la probeta anotando dicha lectura como **V_w**, en cm^3 . Los niveles mencionados se pueden definir al ocurrir la separación del disolvente y el agua, por diferencia de densidades.
7. En esta prueba se calcula y se reporta lo siguiente:
El residuo de la destilación expresándolo como un porcentaje en peso con respecto al inicial de la muestra, empleando la fórmula siguiente:

$$R = \frac{200 - (W_i - W_f)}{200} \times 100$$

R = Es el contenido de residuo asfáltico por destilación, en por ciento con respecto al peso de la emulsión.

W_i = Al peso del alambique y sus accesorios más el inicial de la muestra, en grs.

W_f = Al peso del residuo asfáltico, más el alambique y sus accesorios calientes, más la corrección por temperatura.

8. El contenido de agua obtenida en la destilación con respecto al volumen total de la muestra de emulsión, utilizando la siguiente fórmula:

$$C_w = \frac{V_w \gamma_o S_e}{200} \times 100$$

donde:

C_w = Contenido de agua obtenida en la destilación, en por ciento, con respecto al volumen de la destilación.

V_w = Al volumen del agua obtenida en la destilación, en cm^3

S_e = Al peso específico relativo de la emulsión.

γ_o = Peso específico del agua, considerado de 1 gr/cm³

9. El contenido de disolventes en por ciento, respecto al volumen de la muestra de emulsión, aplicando la siguiente fórmula:

$$C_d = \frac{(V_{dw} - V_w)S_e \gamma_o}{200} \times 100$$

donde:

C_d = Contenido de disolvente, en por ciento con respecto al volumen de la emulsión.

V_{dw} = Al volumen correspondiente al nivel superior del destilado, en cm^3 .

V_w = Al volumen correspondiente al nivel superior del agua depositada en la probeta, en cm^3 .

200 = Al peso de la muestra de emulsión, en grs.

6.2 Viscosidad

Objetivo:

Determinar el grado de fluidez de un asfalto a las temperaturas que se especifican.

Equipo y material utilizado:

- Viscosímetro
- 2 termómetros
- Estufa o placa de calor
- Producto asfáltico en estudio

Procedimiento:

1. Se calienta el aceite del viscosímetro a una temperatura de 0.5°C mayor que la temperatura de prueba; debe lograr la temperatura especificada media hora antes del ensaye.
2. Se colocaran en un vaso de 150 grs. aproximadamente el producto asfáltico y se calentará en una parrilla hasta un temperatura de 5°C mayor que la temperatura de prueba, agitando durante el calentamiento hasta que la temperatura sea uniforme.
3. Se vacía el producto en un tubo de viscosímetro hasta el nivel de derrame, se tapa y se mantiene durante 15 minutos hasta alcanzar una temperatura de prueba
4. Se abre el obtulador y se empieza a contar el tiempo en segundos que tarda el producto en llenar el matraz de 60 cm^3 pasando a través del tubo Furol. Este tiempo expresará la viscosidad del producto a la temperatura de prueba.

6.3 Penetración

Objetivo:

Determinar el grado de dureza del residuo de la destilación de los asfaltos a la dureza del cemento asfáltico original.

Equipo y material utilizado:

- Equipo de penetración (penetrómetro)
- Cápsula de aluminio
- Termómetro
- Baño de agua
- Papel absorbente

Procedimiento:

1. El residuo de la destilación se vacía en una cápsula hasta llenarla procurando que no quede aire atrapado.
Si el asfalto que se va a ensayar es un cemento asfáltico, este se calienta hasta que pueda ser vaciado en la cápsula.
2. Se deja enfriar el espécimen hasta que adquiera la temperatura ambiente y luego se coloca en un baño de agua a una temperatura de 25C° manteniéndolo así el tiempo necesario para que el producto asfáltico adquiera dicha temperatura
3. Se coloca el espécimen bajo el aparato de penetración, se pone la aguja en contacto con la superficie del asfalto y se ajusta la carátula a cero.
4. Se deja caer libremente la aguja durante 5 seg. al cabo de los cuales se medirá en la carátula la distancia penetrada.
5. Se hacen unas 4 penetraciones, teniendo cuidado de limpiar bien la aguja después de cada ensaye y se toma el promedio de dichas penetraciones como el valor correcto. Si una de las lecturas discrepa mucho se desecha para el cálculo del promedio.
6. La penetración se expresa en décimos de milímetros que se denominan grados de penetración.

6.4 Punto de Encendido o de Ignición**Objetivo:**

Determinar la temperatura mínima a la cual se producen flamas instantáneas al someter al cemento asfáltico a un calentamiento gradual.

Definición:

Representa la temperatura critica arriba de la cual deberá tomarse precauciones para eliminar los peligros de incendio durante el calentamiento y manipulación del mismo.

Equipo y material utilizado:

- Copa abierta de Cleveland
- Termómetro
- Placa de calor
- Producto asfáltico en estudio
- Gas

Procedimiento:

1. Se llena la copa abierta de Cleveland hasta la marca interior con el producto asfáltico, previamente calentado hasta hacerlo fluido, para poderlo vaciar.

2. Con una llama o con la placa de calor especial para esta prueba, se calentará la parte inferior de la copa en tal forma que la temperatura del asfalto suba en una relación aproximada de 1.5°C por minuto.
3. Se agita el asfalto con un termómetro a intervalos durante la prueba para uniformar la temperatura.
4. A intervalos de cada grado centígrado se pasará una pequeña flama de aproximadamente 4 mm. de diámetro, de forma horizontal por los bordes de la copa y se observa si se producen unas pequeñas chispas. Se anota la temperatura que marca el termómetro cuando esto ocurra, que será el punto de ignición del producto que se ensaya.

6.5 Punto de Reblandecimiento o de Fusión

Objetivo:

Determinar la temperatura a la cual fluye un asfalto hasta cierto grado. Esta prueba permite estimar la consistencia de los cementos asfálticos.

Definición:

El punto de reblandecimiento es la temperatura en la cual el asfalto cambia repentinamente de sólido a líquido; esto para ayudar a que el asfalto fluya mas fácilmente.

Equipo y material que se utiliza:

- Vaso de precipitado
- Termómetro
- 2 Esferas de 9.5 mm. de diámetro y 3.5 grs. de peso.
- 2 Anillos de latón de 15.88 mm. de diámetro interior y de 6.35 mm. de altura.
- Soporte de los anillos, el cual debe tener una ménsula a 2.54 cms. debajo de los anillos.
- Fuente de calor regulable, la cual puede ser un mechero.
- Placa de apoyo, que puede ser de latón o bronce.
- Gas
- Agua a 5 grados centígrados.

Procedimiento:

1. Sobre una placa de bronce que haya sido previamente amalgamada, se colocan los anillos, en posición invertida y se llenarán con asfalto, el cual haya sido previamente calentado y se dejará enfriar durante una hora.
2. Se quita el exceso de asfalto con una espátula caliente.
3. Se pueden presentar los siguientes casos:
 - a) Si se trata de asfaltos cuyo punto de fusión es menor de 80°C , se vaciará en el vaso hasta una altura de 8.25 cm, agua destilada a 5°C . Se introducen las esferas de $3/8"$ y los anillos con sus respectivas guías, en el agua dejándola descansar en el fondo del vaso y se suspenderá el termómetro de manera que el bulbo queda a la misma altura que la cara inferior del anillo y a una separación de 6.35 mm. se mantendrá la temperatura del agua a 5°C durante 15 min. y con unas pinzas adecuadas se tomarán las esferas y se colocaran cuidadosamente en el centro de las guías. Ya colocadas las esferas se elevará la temperatura del agua en una relación de 5°C por minuto. La temperatura que marque el termómetro en el

instante en que el asfalto toque la ménsula, se reportará como Punto de Fusión o de Reblandecimiento del asfalto.

- b) Si se trata de asfaltos con punto de fusión mayor de 80 C° se sigue el mismo procedimiento anterior solo que se utilizara glicerina químicamente pura en lugar de agua y la temperatura inicial será de 32 C°. La flama se colocará a la mitad de la distancia comprendida entre el centro del vaso y al pared mas distante de los anillos.

6.6 Ductilidad

Objetivo:

Determinar si el cemento asfáltico o el residuo de la destilación tienen la ductilidad que marcan las especificaciones.

Definición:

Es la distancia a que puede estirarse, sin romperse, una muestra patrón de asfalto a la temperatura de 25 C°, una ductibilidad alta es deseable en caminos para que no se agriete la carpeta al presentarse algún desplazamiento.

Equipo y material que se utiliza:

- Ductilómetro
- Briquetas
- Placa de cobre o latón
- Crema para la piel
- Estearato de zinc
- Agua
- Alcohol

Procedimiento:

1. Se amalgamarán dos piezas laterales removibles del molde de latón para formar la briqueta de prueba y la placa de cobre para evitar que se adhiera el asfalto.
2. Se aplicará una capa crema y encima otra de Estearato de zinc.
3. Se colocará el molde encima de la placa en posición horizontal y se vaciará el asfalto que será previamente fundido a la temperatura mas baja posible, hasta alcanzar un nivel ligeramente mayor que el de enrase
4. Se deja enfriar a temperatura ambiente durante 40 min.
5. Se quitarán las piezas laterales y la placa de cobre e inmediatamente después, se sumerge la briqueta en el aparato de prueba, debiendo quedar el nivel de agua a no menos de 2.5 cm de la cara superior de la briqueta.
6. Se pone en marcha el aparato y se mide la distancia a que se ha desalojado la mordaza hasta que se rompa la briqueta. Esta distancia en centímetros expresa **la ductilidad** del asfalto.

6.7 Pérdida por calentamiento y penetración retenida.

Objetivo:

Determinar la pérdida en porcentaje que sufre un cemento asfáltico, al someterlo a calentamiento a temperatura de 163 grados centígrados, por un período de 5 hrs.

Con es asfalto sometido a lo antes descrito se determina la una prueba de penetración, para obtener la penetración retenida.

Equipo y material que se utiliza:

- Horno eléctrico, que permita mantener una temperatura hasta 180 grados centígrados como mínimo.
- Termómetro con escala mínima de 170 grados centígrados, con aproximación de un grado centígrado.
- Balanza con capacidad de 150 gramos y aproximación de 0.01 grs.
- Charolas redondas de fondo plano, de aluminio o acero inoxidable, de 14 cms. de diámetro y 9.6 mm. de altura, de tal manera que al colocar en ellas 50 cm³ de asfalto, se forme una película de 3 mm. de espesor.
- Placas de asbesto
- Cápsulas metálicas para la prueba de penetración.

Procedimiento:

1. Se someten 2 charolas con 50 cm³ de cemento asfáltico a un calentamiento de 5 hrs. a una temperatura de 163 C°, por un período de 5 hrs.
2. Se prepara una muestra de cemento asfáltico en una cápsula para la prueba de penetración.
3. Finalizando el calentamiento, se saca la cápsula del horno, y una ves enfriada se pasa nuevamente para calcular las pérdidas debidas a la volatilización, se calcula de la siguiente forma y se reporta como porcentaje del peso original de la muestra:

$$Wc = \frac{Wi - Wf}{Wi} \times 100$$

donde:

Wc = Pérdida por calentamiento del cemento asfáltico, en porcentaje.

Wi = Peso inicial de la muestra, en gramos.

Wf = Peso final de la muestra, en gramos.

4. De las charolas con asfalto que se sometieron a calentamiento, se enfrían y se someten a calentamiento nuevamente a la temperatura de 163 grados centígrados, por 15 minutos.
5. A continuación se sacan las charolas del horno, se vierte el contenido de ambas con ayuda de una espátula, en una cápsula de aluminio para la prueba de penetración.
Si el asfalto pierde fluidez podrá calentarse en una placa de calor.
6. Se determina la penetración de residuo así obtenido y la de la muestra original que se preparó en el paso No. 2.
7. La penetración retenida, expresada en porcentaje de la penetración original, mediante la siguiente fórmula:

$$Pr = \frac{Pf}{Pi} \times 100$$

donde:

Pr = Penetración retenida por la muestra de cemento asfáltico, en porcentaje.

Pi = Penetración de la muestra original, en décimos de mm.

Pf = Penetración de la muestra después de haber sido sometida al proceso de calentamiento, en décimos de mm.

PRÁCTICA # 7.

PRUEBA MARSHALL

Objetivo:

Diseñar una mezcla asfáltica, obteniendo como resultado una granulometría idónea y el contenido óptimo de asfalto.

Equipo y material que se utiliza:

- Seis moldes metálicos para compactación, con diámetro interior de 101.6 mm y altura de ochenta y siete punto tres (87.3) mm.
- Extensión o collarín y una placa de base.
- Pedestal de compactación consistente en un bloque de madera, con peso específico relativo aproximado de 0.72, con sección de 20 por 20 cms. y altura de 45 cms., llevando sujeta en su parte superior una placa metálica cuadrada de 2.5 cms. de espesor y 30 cms. por lado, teniendo el pedestal en su parte inferior dispositivos de anclaje para fijarlo en posición vertical sobre una losa rígida de concreto, de tal manera que la placa metálica permanezca en posición horizontal.
- Sujetador metálico para los moldes de compactación.
- Pisón de compactación con superficie circular apisonado de 98.4 mm. de diámetro.
- Máquina prueba Marshall con capacidad de 3,000 kgs. accionada con motor eléctrico.
- Extensómetro para medir la deformación vertical o flujo del espécimen.
- Dispositivo para extraer los especímenes del molde.
- Mezclador mecánico, con tazones de dos (2) litros de capacidad como mínimo y agitadores de espátula.
- Baño de agua o tanque de saturación con control termostático que mantenga una temperatura entre 20-80 grados centígrados.
- Acondicionador ambiental para mantener la temperatura 25 grados centígrados.
- Horno con temperatura controlable hasta 200 grados centígrados.
- Parrilla eléctrica con capacidad para calentar las muestras de agregados hasta 150 C°, con control termostático.
- Balanza de 2 kgs. de capacidad y de 0.1) gramos de sensibilidad.
- Balanza de 20 kgs. de capacidad y sensibilidad de 1 gramo.
- Termómetro con cubierta de metal para registrar temperaturas de 10 a 200 C°.
- Termómetro para el baño de agua que registre temperaturas de 20 a 70 C°.
- Calibrador tipo máuser, con aproximación de 0.1 mm.
- Equipo de uso general como charolas rectangulares, charolas redondas, cucharas de albañil, cucharones, espátulas, pinzas para vasos, guantes de hule y guantes de asbesto.
- Estearato de zinc, parafina, crayones.
- Papel filtro de forma circular con diámetro ligeramente menor que el molde de compactación.

Procedimiento:

1. Previamente a la preparación de las mezclas se determina el peso específico relativo aparente por inmersión en cemento asfáltico, del material pétreo seleccionado, así como, del cemento asfáltico.

2. La preparación de las mezclas de prueba para fines de diseño, se lleva a cabo con la cantidad necesaria de material pétreo para que el espécimen tenga una altura aproximada de 63.5 mm; 1,100 gr. de material pétreo generalmente pueden resultar adecuados. Las proporciones de cemento asfáltico que se deben utilizar para elaborar estas mezclas se definen con base al contenido óptimo aproximado.
3. Las mezclas se preparan por triplicado cada una para elaborar el espécimen, con los siguientes contenidos de cemento asfáltico:

Contenido óptimo aproximado, -1.0%

Contenido óptimo aproximado, -0.5%

Contenido óptimo aproximado, + 0.5%

Contenido óptimo aproximado, + 1.0%

Contenido óptimo aproximado, + 1.5%

Contenido óptimo aproximado, + 2.0%

4. Al terminar la operación de mezclado se tendrá en la mezcla la temperatura de compactación, pudiendo, para lograrlo aplicar calor mediante el mezclado, y además, en el caso de rebajados, se tendrá una relación solvente de cemento asfáltico (K) de cero punto cero ocho (0.08) para rebajados de fraguado rápido y de cero punto doce (0.12) para rebajados de fraguado medio. Cuando se trate de mezclas elaboradas con emulsiones, se mezclarán lo suficiente para homogenizarlas, verificando frecuentemente el peso de la mezcla, a fin de lograr que por decantación y evaporación sucesiva se elimine el ochenta por ciento (80%), aproximadamente, del agua y solventes que originalmente tenía la emulsión agregada. La humedad que conserve la mezcla será cercana a la óptima de compactación y se precisará elaborando la respectiva curva peso volumétrico de la mezcla – humedad.
5. Se limpian la placa de compactación del pisón y los moldes de compactación y junto con el collarín, la espátula y placa de base respectivos, se calientan a 90 C° utilizando para ello un recipiente con agua calentada a dicha temperatura.
6. Se prepara una de las mezclas de prueba de uno de los contenidos de asfalto seleccionados y estando a la temperatura de compactación indicada, se saca del baño o recipiente con agua a 90 C°, un molde con su collarín y base, se secan rápidamente y se arma sobre una mesa, poniendo en el fondo una de las hojas de papel filtro circular. Se vacía dentro del molde la mezcla asfáltica elaborada y se acomoda con la espátula, previamente calentada, introduciéndola 15 veces en la parte cercana al contacto de la mezcla con el molde, y 10 veces en la porción central de la misma, para acomodarla sin que se clasifique. Por último, se acomoda la parte superior del espécimen procurando dejarle la superficie ligeramente ablandada, sobre la cual se coloca otra de las hojas de papel filtro circular.

7. A continuación se coloca el molde con su base y collarín montados, conteniendo la mezcla de prueba sobre el pedestal de compactación y se ajusta el dispositivo de este que sostiene el molde; se aplican con la pesa deslizante del pisón de compactación 50 golpes, o bien, 75 golpes, dependiendo de lo que especifique el proyecto para el tipo de tránsito considerado. La altura de caída de la pesa será de 457 mm., debiendo mantenerse el eje del pisón en posición normal a la base del molde.
8. Una vez aplicando el número de golpes de compactación establecido se libera el molde de la sujeción y se remueve el collarín, se invierte el molde conteniendo el espécimen y se ajusta sobre la placa de base, se vuelven a colocar el collarín y el dispositivo que sostiene el molde y enseguida se aplica la otra cara del espécimen el mismo número de golpes que en la cara primeramente mencionada.
9. Se determina con el calibrador la altura del espécimen dentro del molde, y se anota esta en milímetros en la columna de la hoja del registro, si dicha altura no es de 63 ± 3 mm., la cantidad de mezcla empleada en la elaboración del siguiente espécimen deberá corregirse aplicando la siguiente fórmula:

$$P'_e = \frac{63P_e}{H_e}$$

donde:

P'_e = Peso corregido de la mezcla para elaborar uno de los nuevos especímenes, en gramos.

P_e = Peso del espécimen elaborado, en gramos.

H_e = Altura del espécimen elaborado, en milímetros

10. Se separan del molde que contiene el espécimen, la placa de base y su collarín y se deja enfriar dicho espécimen en el molde el tiempo necesario para que al ser sustraído no sufra deformaciones para lo cual se introduce en caso necesario, durante una hora, en un baño de aire o ambiente con aire acondicionado a 25°C ; a continuación, utilizando el extractor de especímenes, se saca cuidadosamente el espécimen del molde y se le coloca sobre una superficie plana y horizontal en donde permanecerá en reposo a la temperatura ambiente, antes de ser probadas, durante 24 horas aproximadamente contadas a partir de su elaboración.
11. Se moldean sucesivamente cada uno de los especímenes restantes del contenido de asfalto con que se inicio la prueba siguiendo lo pasos descritos y después, en la misma forma, los demás especímenes de cada uno de los contenidos de asfalto considerados en el estudio.
12. Transcurrido el periodo de enfriamiento se determina el peso volumétrico de cada uno de los especímenes de prueba, utilizando el método de la parafina. Los datos obtenidos se anotan en la hoja de registro.
13. A continuación se sumergen todos los especímenes en el baño de agua, a una temperatura de $60 \pm 1^\circ\text{C}$ durante un lapso 30 a 42 minutos, excepto en el caso de mezclas elaboradas con asfaltos rebajados o emulsiones, en que

los especímenes antes de ser probados se colocan en un ambiente con aire a una temperatura de 25 ± 1 °C permaneciendo en estas condiciones mediante dos horas. La determinación de la estabilidad y flujo se iniciará a los treinta minutos de inmersión, para lo cual se va extrayendo sucesivamente los especímenes del baño, debiendo sacar y probar el último a los cuarenta y dos minutos de haber sido introducido en el baño.

14. Se lubrican las guías de los cabezales de prueba, se limpian sus superficies interiores y se mantienen estos a una temperatura de 35 ± 3 °C, en el caso de mezclas con cemento asfáltico y de 25 ± 3 °C, en el caso de mezclas con rebajados o emulsiones. Se verifica que el extensómetro del anillo de carga instalado en la máquina de compresión marque cero cuando no se esté aplicando carga.
15. Se saca un espécimen del baño de agua o del acondicionador de ambiente y se le elimina la humedad superficial que presente, se coloca sobre el cabezal inferior y se centra en el mismo; se monta y coloca sobre el espécimen el cabezal superior y en esta forma se lleva el conjunto a la máquina de compresión, en donde se coloca y se centra. Se instala sobre la varilla guía el extensómetro para medir el flujo, se ajusta a cero su carátula y durante la aplicación de la carga se sujeta por el casquillo, oprimiéndolo contra el cabezal.
16. Se aplica carga al espécimen a una velocidad de deformación constante, de 50.8 mm por minuto, hasta que se presenta la carga máxima o sea la necesaria para producir la falla del espécimen a la temperatura de prueba; dicha carga es el valor de **estabilidad Marshall** y se anotará en kilogramos en la columna de la hoja de registro. Como antes se indicó, mientras la carga se está aplicando se sostiene firmemente el extensómetro medidor de flujo sobre la varilla guía y al presentarse la carga máxima se toma la lectura correspondiente y se registra con aproximación de 0.1 mm. La deformación del espécimen en milímetros es el valor del flujo, el cual se anota en la columna de la hoja de registro. Todo el procedimiento para efectuar las pruebas de estabilidad y flujo del espécimen deberá completarse en un periodo de 30 segundos contados a partir del momento en que el espécimen se retire del baño.
17. Se determina sucesivamente la estabilidad y flujo de cada uno de los especímenes restantes del contenido de asfalto con que se inició la prueba, después de los cuales, aplicando este mismo procedimiento, se determinan los valores correspondientes a los especímenes de cada uno de los demás contenidos de asfalto considerados en el estudio.
18. Se verifica en forma sucesiva en cada espécimen del estudio el porcentaje de asfalto que realmente contiene, de no requerirse mucha precisión, se restará 0.3% a cada uno de los contenidos de asfalto considerados al elaborar las mezclas, para corregir dichos contenidos por pérdidas durante el mezclado. Los contenidos de cemento asfáltico así corregidos se anotan en la hoja de registro.
19. Se calculan todas las columnas de la hoja de registro, de donde se dibujarán las gráficas que se indican a continuación:
 Contenido de asfalto – Peso volumétrico
 Contenido de asfalto – % de vacíos de la mezcla

- Contenido de asfalto – % de vacíos del material pétreo
 - Contenido de asfalto – Estabilidad
 - Contenido de asfalto – Flujo
20. De cada gráfica se define cual es el contenido de asfalto que mejor satisface los requisitos de proyecto para cada una de las características que se graficaron y se promedian dichos contenidos.

PRÁCTICA # 8.

CONTENIDO ASFALTO EN UNA MEZCLA

Objetivo: Determinar el contenido de residuo o cemento asfáltico en las mezclas, expresándolo como porcentaje en peso respecto al del material pétreo seco.

Definición:

Para obtener el contenido de cemento asfáltico en la mezcla ya elaborada se emplea un aparato llamado Rótarex o extractor centrífugo, que proporciona un medio útil para comprobar el porcentaje de cemento asfáltico presente en la mezcla. Además permite el efectuar un análisis granulométrico del agregado al finalizar la prueba de extracción del cemento asfáltico.

Equipo y material que se utiliza:

- Rótarex
- Cuchara chica
- Balanza con capacidad 1 kg., con aproximación a 0.1 gr.
- Parrilla o fuente de calor similar.
- Charolas de lamina.

Procedimiento:

1. Se calienta la mezcla para que sea desmenuzable y de esta, se pesan 500 grs. y se vacían en la taza del extractor.
2. Se le vierte un disolvente adecuado, como puede ser el tetracloruro de carbono o gasolina, en la taza, se tapa el extractor en forma segura y se hace girar hasta que el disolvente haya salido por el orificio de descarga.
3. Esta operación de lavado se repite hasta que hayan desaparecido todos los restos de cemento asfáltico, lo cual se nota cuando el disolvente salga de color claro o limpio.
4. Se retira la tapadera y se pone a secar la muestra, ya sea al horno o a la estufa a fuego bajo.
5. Cuando la muestra se ya secado, se pesa junto con el material fino que se haya quedado adherido al papel filtro. En el caso de que el papel filtro siga teniendo aumento de peso sobre el peso original, este aumento se debe a la impregnación del polvo y por lo tanto debe sumársele al peso de la muestra seca y la cantidad total se resta del peso original de la muestra, obteniéndose de esta manera el peso del cemento asfáltico extraído.
6. Dividiendo el peso del cemento asfáltico entre el peso del material pétreo y multiplicándolo por 100, da el porcentaje de cemento asfáltico presente en la mezcla ensayada.

Fórmula:

$$\% \text{ de cemento asfáltico} = \frac{\text{Peso}_{\text{del asfalto}}}{\text{Peso}_{\text{del pétreo}}} \times 100$$

PRÁCTICA # 9.

PERMEABILIDAD EN CARPETAS ASFÁLTICAS

Objetivo:

Determinar si una carpeta asfáltica cumple con la impermeabilidad requerida por las normas, para que no haya infiltraciones de agua que dañen las capas inferiores.

Equipo y material que se utiliza:

- Aro de lamina galvanizada del Num. 16, de 250 mm. de diámetro interior y 50 mm de altura.
- Cono de bronce de 25.4 mm de altura y base de 20 mm de diámetro.
- Probetas graduadas.
- Cronómetro con aproximación de 1 segundo.
- Fuente de calor de flama abierta
- Recipiente para agua
- Sellador constituido por mastique, plastilina, parafina o mezcla de parafina y brea en partes iguales.

Procedimiento:

1. Se seleccionan en la superficie de la carpeta del subtramo por estudiar, zonas que se aprecien con la textura mas abierta, que por su acabado o irregularidades de tendido pueden presentar problemas de permeabilidad; en estas zonas se ubican los lugares de prueba, separándolos entre si a una distancia del orden de 200 m. y procediendo con ellos en forma sucesiva.
2. Se fija el aro de lamina en posición horizontal sobre la carpeta, en uno de los sitios escogidos para hacer la prueba, procediendo a tapar la parte exterior de la junta entre la carpeta y el aro con el sellador, cuya consistencia se adecuará para aplicarlo en forma de un cordón de dos centímetros de diámetro, aproximadamente; se presiona el cordón con los dedos para obturar debidamente las oquedades entre el aro y la carpeta.
3. Se coloca el cono en el centro de la carpeta delimitada por el aro y en seguida se vierte rápidamente suficiente agua para cubrir dicho cono hasta el vértice; en ese instante se acciona el cronómetro y se agrega mas agua, midiéndola con las probetas graduadas, en la cantidad necesaria para compensar la que se infiltra a través de la carpeta y mantener constante durante 10 minutos el nivel inicial de prueba indicado por el vértice del cono.
4. Al completarse dicho lapso se suspende la adición del agua de compensación y se registra el volumen de la misma, en centímetros cúbicos.
5. En esta prueba se calcula y reporta el índice de permeabilidad de la carpeta asfáltica en la ubicación seleccionada para la prueba, aplicando la siguiente fórmula:

$$I_p = \frac{V_i}{V_t} \times 100$$

donde:

I_p = Índice de permeabilidad en el lugar de prueba, en por ciento.

V_i = Volumen de agua infiltrada en la carpeta durante el tiempo de prueba, en cm^3 .

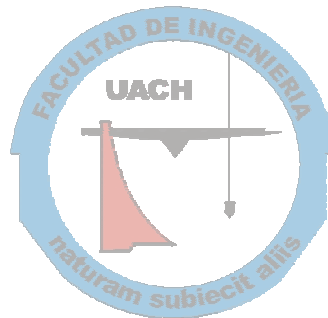
V_t = Volumen delimitado en el interior del aro, por la altura del cono, cuyo valor es de $1,247 \text{ cm}^3$.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Instructivo para efectuar pruebas en materiales de Pavimentación. De: SAHOP ó SCT
2. Normas para muestreo y pruebas de los materiales, equipos y sistemas, Tomo I y II. De: S.C.T.
3. Especificaciones generales en materiales de construcción. De: S.C.T.
4. Vías de comunicación. De: Carlos Crespo Villaláz



Universidad Autónoma de Chihuahua. FACULTAD DE INGENIERÍA



Manual de Prácticas de Laboratorio de Pavimentos.