

CAPITULO 4

PRUEBAS DE LABORATORIO

4.1 PRUEBAS PARA LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Según Olivera (1994), estas pruebas se realizan para conocer las características de los materiales. Las pruebas pueden ser de clasificación, de control y de proyecto. Con las pruebas de clasificación se decide si los materiales se pueden utilizar en las capas estructurales. Con las pruebas de control se verifica que la obra cumpla con la estructuración racional de la sección transversal.

4.1.1 Pruebas de clasificación

Las pruebas de clasificación que se realizan en los materiales pétreos y suelos son: granulometría, plasticidad, resistencia, expansión, valor cementante, densidad, adherencia con el asfalto y dureza. Para los productos asfálticos, las pruebas más comunes son: destilación, penetración, viscosidad, punto de encendido, asentamiento, demulsibilidad, carga de la partícula y acidez. A continuación, se describe en que consiste cada prueba.

4.1.1.1 Granulometría

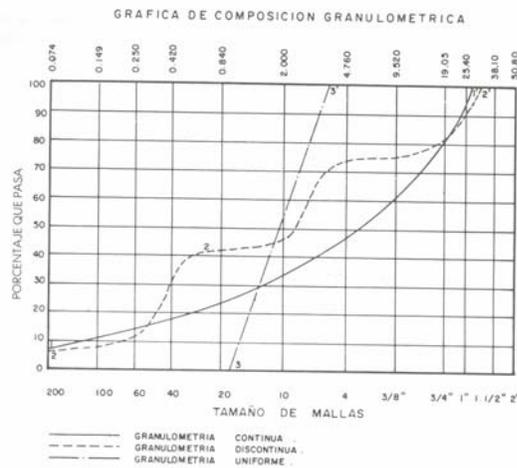
Esta prueba, sirve para determinar el porcentaje en peso, de las partículas de diferentes tamaños que forman un material (Ing. Carlos Crespo). Para realizar la prueba se hace uso de mallas o tamices de distintos tamaños por los que pasa el material. Se pesan las partículas que se retienen en cada

una de las mallas y se encuentra el porcentaje con relación al peso seco total. Posteriormente, se calcula el porcentaje que pasa por las diferentes mallas.

La denominación de las mallas se hace de dos maneras; En la primera, se indica la separación interior que hay entre los alambres y se usa para las mallas de 3 plg a las de ¼ plg. En la segunda, se asigna un número, el cual indica la cantidad de alambres que se tienen en una pulgada y se usa para las mallas del número 4 al número 200.

Para hacer esta prueba, se tamiza el material entre las mallas 4 a la 200. El resultado se presenta en la figura 4.1. Si la curva resultante es parecida a la curva 1, la granulometría es continua. Si se parece a la curva 2, se tiene una granulometría discontinua. La curva 3, indica una granulometría uniforme.

Figura 4.1: Zona de especificación granulométrica.



Fuente: Olivera ,1994 p. 70

No siempre se busca un material que coincida con una de las tres curvas. Hay veces que se necesitan materiales con características de la curva 1 pero otras, con características de cualquiera de las otras dos.

4.1.1.2 Plasticidad

Olivera (1994), define a la plasticidad como la facilidad de un material a remodelarse sin cambio de volumen y teniendo un mínimo de resistencia al corte. Intervienen factores como la humedad y el peso volumétrico. Para poder determinar la plasticidad se realizan pruebas al material que pasa la malla número 40. Las pruebas más comunes son: los límites de Atterberg y la de contracción lineal.

4.1.1.2.1 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg, corresponden a la humedad, es decir, al porcentaje de agua con respecto al peso de los sólidos, en el cual los finos de los materiales pasan de una consistencia a otra (Juárez y Rico, 1986).

El límite líquido es la humedad correspondiente al límite entre el estado semilíquido y plástico. El material tiene una resistencia mínima al esfuerzo cortante de 25 g/cm². Para situar el material en el límite líquido se utiliza la copa de Casagrande.

El límite plástico es la humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y el semisólido. Para que el material alcance el límite plástico, se elaboran rollos de material y cuando comienzan a agrietarse significa que ya lo alcanzaron. El índice plástico es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

4.1.1.2.2 Prueba de contracción lineal

De acuerdo con Juárez y Rico (1986), en la prueba de contracción lineal se obtiene una relación de longitud. El material con humedad correspondiente

al límite líquido, se coloca en un molde de 2 x 2 x 10 cm. y se introduce en un horno. En este periodo sufre una disminución de longitud. El porcentaje de acortamiento con respecto a la longitud inicial, es la contracción lineal. Esta prueba es más exacta ya que la variabilidad es menor que la del límite plástico (Olivera, 1994).

$$\% \text{ Contracción Lineal} = \frac{(\text{Long. Inicial} - \text{Long. Final})}{\text{Long. Final}} * 100$$

4.1.1.3 Resistencia y expansión

Para medir la resistencia y la expansión se utiliza la prueba Porter estándar. Con esta prueba se obtiene el peso volumétrico seco máximo (PVSM), la humedad óptima (W_o), la expansión (E) y el valor relativo de soporte (VRS).

4.1.1.3.1 Peso volumétrico seco máximo y humedad óptima

Para realizar esta prueba, se colocan 4 Kg. de material húmedo en un molde metálico de 15 cm. de diámetro y aplicar una presión estática con una placa de 140.6 Kg. /cm². Cuando se termina de aplicar la presión, se observa la base, si está ligeramente húmeda, se dice que el peso volumétrico seco obtenido es el máximo (PVSM) y la humedad correspondiente es la óptima (W_o). Si no se humedece, se necesita mayor humedad.

4.1.1.3.2 Expansión

El espécimen utilizado para la prueba del PVSM y W_o se introduce en un tanque de saturación y se le coloca un extensómetro. Se toma una lectura

inicial. Mientras más plástico es el material, más se expande por la acción del agua y así aumenta su volumen. Tiene que estar mínimo 72 horas (Olivera, 1994).

Cuando las lecturas del extensómetro sean casi iguales de un día a otro se toma la lectura final para ver el porcentaje de expansión.

$$\% \text{ Expansión (e)} = [(Lectura \text{ Inicial} - Lectura \text{ Final}) / Lectura \text{ Inicial}] * 100$$

4.1.1.3.3 Valor relativo de soporte

El valor relativo de soporte es la relación de las resistencias en porcentaje del material en estudio y de un material estándar a ser penetrados por un cilindro metálico de 19.35 cm². El material estándar es una caliza triturada, para la cual ya se tienen las resistencias.

Se coloca un espécimen en una prensa, haciendo lecturas de las cargas en Kg. correspondientes a las penetraciones de 1.27, 2.54, 3.81, 5.08, 7.62, 10.16 y 12.70 mm. Se elabora una gráfica en la que en las abscisas se coloca la penetración y en las ordenadas las cargas. Si la curva no sufre cambios bruscos, el valor relativo de soporte se calcula con la carga correspondiente a la penetración de 2.54 mm. dividida entre 1,360 que es la resistencia en kilogramos del material estándar y multiplicada por 100.

4.1.1.4 Valor cementante

El valor cementante es la capacidad de aglutinamiento de un material. Los materiales que conforman la base y la sub – base deben dar un confinamiento adecuado para que las carpetas asfálticas sean eficientes. El aglutinamiento puede producirse incorporando al material inerte algún material

natural de baja plasticidad como los limos o arenas arcillosas cuyos límites plásticos sean menores del 18 % y su contracción lineal menor al 6.5 %. Teniendo suficiente aglutinamiento se cumplen requisitos como resistencia y plasticidad.

La prueba de valor cementante se realiza con material que pasa la malla número 4 en un molde cúbico de 7.5 cm. Se colocan tres capas de material con una determinada cantidad de agua suficiente para que cerrando el puño este material se humedezca ligeramente. A cada capa se le dan 15 golpes con una placa de 900 g. desde una altura de 50 cm. Los especímenes con todo y molde se meten en un horno hasta que se secan. Se retiran del horno, se sacan del molde y son llevados a la falla por medio de compresión sin confinar. El valor cementante se calcula dividiendo la carga de ruptura entre el área.

4.1.1.5 Adherencia de materiales pétreos con el asfalto

Los materiales que van a estar en contacto con el asfalto deben tener buena adherencia a él. La adherencia se puede ver afectada por el agua y las pruebas que generalmente se hacen son: La prueba de desprendimiento por fricción prueba de pérdida de estabilidad por inmersión en agua, y la prueba inglesa.

4.1.1.5.1 Prueba de desprendimiento por fricción

En la prueba de desprendimiento por fricción, se colocan 50 g. de mezcla asfáltica en un frasco y se deja reposar por 24 hrs. Posteriormente, se agita tres veces por periodos de 5 min. Al finalizar el agitado, se saca la mezcla del frasco y se observa el porcentaje de desprendimiento de asfalto que sufrió el

material pétreo. Si el porcentaje de desprendimiento es de 25% o menos, se considera que el material tiene adherencia aceptable.

4.1.1.5.2 Prueba de pérdida de estabilidad por inmersión en agua.

En la prueba de pérdida de estabilidad por inmersión en agua, se debe colocar la mezcla asfáltica en un molde de 10 cm. de diámetro y 12 cm. de altura, se compacta con una presión de 40 Kg. /cm². Se elaboran dos cilindros; Uno se deja reposar y el otro se sumerge en agua por tres días. Ambos se llevan a la ruptura por medio de compresión sin confinar. La pérdida de estabilidad se calcula como la resistencia del espécimen sin saturar menos la resistencia del espécimen saturado dividido entre la resistencia del espécimen sin saturar por 100. Si el valor es menor a 25% se tiene un material con adherencia aceptable.

4.1.1.5.3 Prueba inglesa

Para poder realizar la prueba inglesa, se necesita formar una capa de aproximadamente 1.5 mm. Posteriormente, se coloca encima una capa de agua de 2.5 cm. a la temperatura del asfalto. Se coloca la charola sobre un recipiente de mayor tamaño que también contenga agua a la misma temperatura. Se toman seis partículas de material de ½ plg. a ¾ plg. Se sumergen y se mantienen presionados contra el asfalto durante 10 min. Si el promedio de las 6 partículas tiene un porcentaje de cubrimiento mayor al 90% la adherencia es aceptable.

4.1.1.6 Dureza

Para conocer la dureza se utilizan diferentes pruebas como la de desgaste, de densidad y de forma partícula.

4.1.1.6.1 Desgaste

Estas pruebas consisten en colocar al material dentro de un cilindro de acero hueco junto con bolas de acero. Se hace girar un determinado número de vueltas y al final se ve la cantidad de partículas finas. Con esto se calcula el porcentaje de desgaste.

4.1.1.6.2 Forma de la partícula

Se realiza esta prueba para determinar el porcentaje de partículas en forma de aguja, o de laja ya que estas al recibir cargas tienden a romperse con facilidad y afectan de manera negativa a la resistencia (Olivera, 1994).

4.1.1.6.3 Densidad

Si un material tiene una densidad menor a 1.8 es decir un peso volumétrico suelto menor a 1500 Kg. /cm². presenta problemas al ser utilizado en las capas de una vía terrestre. Son de baja resistencia y presentan rebote, lo cual genera deformaciones y agrietamientos en la superficie de rodamiento (Ing. Carlos Crespo).

4.1.1.7 Destilación

Esta prueba se realiza en asfaltos rebajados y emulsiones. Para poder realizar esta prueba se coloca el material en un recipiente que se conecta a un refrigerante. El recipiente se calienta y los materiales más volátiles se evaporan. Al pasar por el refrigerante se condensan y se dirigen a una probeta. Debe tener un termómetro para ver la temperatura al caer la primera gota, y luego se conoce el volumen que ha caído mediante determinadas temperaturas. Con esto se conoce el tipo de rebajado.

4.1.1.8 Penetración

Se realiza en cementos asfálticos con un penetrómetro que pesa 200 g. y en el extremo inferior tiene una aguja. El material asfáltico debe de estar en una cápsula a una temperatura de 25 °C. Se pone en contacto la aguja con el material y después de 5 segundos se revisa la penetración de la aguja.

4.1.1.9 Viscosidad

Esta prueba se realiza a emulsiones, rebajados y cementos asfálticos. Sirve para conocer la dificultad de un producto asfáltico a pasar por un orificio de características especificadas. Se efectúa con el viscosímetro, para ver el tiempo que tarda el producto asfáltico en llenar un matraz aforado de 60 cm³. después de pasar a la temperatura de prueba. Este tiempo en segundos se denomina grados de viscosidad.

4.1.1.10 Punto de inflamación

Olivera (1994), dice que el punto de inflamación sirve para los cementos y los rebajados asfálticos. A partir de esta prueba se deduce el tipo de solventes que contiene el producto. Se utiliza la copa Tag o la copa Cleveland. En ellas se calienta el producto hasta que se inflama al pasar por la superficie un mechero. Se reporta la temperatura de la primera flama y de la inflamación.

4.1.1.11 Asentamiento

La prueba del asentamiento sirve para saber si las emulsiones son estables. Para realizar esta prueba, se necesitan 500 g. de emulsión en una probeta que se tapa herméticamente y se deja reposar durante 5 días. Al término de los 5 días con una pipeta se extraen 50 g. y por evaporación se calcula el porcentaje de cemento asfáltico. Se tiran 400 g. de muestra y con los últimos 50 g. se realiza el mismo procedimiento que con los primeros 50 g. la diferencia de los contenidos de asfalto de la parte inferior y superior es el asentamiento.

4.1.1.12 Acidez y carga de la partícula

Para saber si las emulsiones son aniónicas o catiónicas. Se realizan dos pruebas diferentes. En la primera se utiliza papel tornasol. En la segunda se hace pasar una corriente eléctrica por la emulsión por medio de un potenciómetro.

4.1.2 Pruebas de control

Las pruebas de control permiten verificar la calidad de las obras y se utilizan las mismas pruebas que las de clasificación. Sin embargo también hay pruebas específicas de control para conocer el grado de compactación en las diferentes capas de una estructura vial. Es importante conocer los pesos volumétricos de campo y los pesos volumétricos de laboratorio.

4.1.3 Compactación

Según Juárez y Rico (1986), la compactación es un proceso mecánico para reducir el volumen de los materiales, con el fin de que sean resistentes a las cargas. La reducción de volumen del suelo se lleva a cabo utilizando maquinaria especializada.

Una vez terminada la compactación de alguna capa de la sección estructural es necesario verificar si se alcanzó el peso volumétrico marcado en el proyecto. El grado de compactación es la forma de medir la compactación alcanzada. Se define como la relación en porcentaje del peso volumétrico seco que se tiene en la obra y el peso volumétrico seco máximo que se obtiene en el laboratorio. Por lo tanto es necesario efectuar pruebas de campo y de laboratorio. Por lo regular el cuerpo del terraplén tiene que alcanzar una compactación mínima de 90% y las capas subyacentes un mínimo de 95%.

4.1.3.1 Pruebas de compactación en el campo

Las pruebas de campo sirven para encontrar el peso volumétrico seco alcanzado en la obra. Se realiza un sondeo a cielo abierto con una profundidad igual al espesor de la capa y con un ancho igual a 3 ó 4 veces del tamaño máximo del agregado. El material que se extrae se coloca en una charola para

conocer el peso húmedo y se toma otra pequeña muestra para conocer su humedad. Con estos datos se obtiene su peso seco. Se tiene que calcular el volumen vaciando arena con granulometría uniforme en el lugar del sondeo. Teniendo el peso seco y el volumen se calcula el peso volumétrico seco.

4.1.3.2 Pruebas de compactación de laboratorio

Para encontrar el grado de compactación se requieren los datos de laboratorio para ser comparados contra el peso volumétrico seco encontrado en el campo.

Las pruebas hechas en laboratorios son de dos tipos: estáticas y dinámicas. Las pruebas estáticas son aquellas en las que se compacta el espécimen con una presión por medio de una placa que cubre toda la superficie del molde. Las pruebas dinámicas son aquellas en las que el espécimen se elabora compactando el material por medio de pisones con un área menor a la sección del molde (Olivera, 1994).

4.1.4 Equivalente de arena

Esta prueba, sirve para conocer la presencia de materiales finos en el suelo. Al realizar esta prueba, se encuentra el porcentaje de materiales finos indeseables, principalmente de arcillas que en contacto con el agua provoca daños en el pavimento.

4.1.5 Prueba Marshall

La prueba Marshall, se utiliza para encontrar el contenido óptimo de asfalto. Al realizar la prueba se obtienen datos para formar graficas. En el eje de las abscisas se encuentra el porcentaje de asfalto y en el de las ordenadas se encuentra el peso volumétrico, la relación de vacíos, la estabilidad y el flujo. Teniendo estas graficas se puede encontrar el contenido óptimo de asfalto.

4.1.6 Pruebas de proyecto

Sirven para dimensionar las diferentes partes que constituyen las secciones de una vía terrestre desde un punto de vista de las cargas de tránsito. Se utilizan pruebas de resistencia para dimensionar las capas superiores y las inferiores solamente se revisan.

4.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados de laboratorio tienen como finalidad comprobar la calidad de los materiales y de los procesos constructivos en la obra.

Se tomó en cuenta las características de los materiales en sus diferentes capas empezando por el terraplén y terminando en la base. Al mismo tiempo se probó que la compactación tanto del terreno natural, de la subrasante, de la sub – base, la base y la carpeta asfáltica alcanzaran los niveles deseados.

De la misma manera se llevó un control del riego de sello, se determinó la permeabilidad de la carpeta asfáltica, se analizaron los materiales pétreos para el concreto asfáltico y se controló el tendido del concreto asfáltico. Se analizaron las características de la emulsión utilizada y se recopilaron datos

sobre el riego de impregnación y el riego de liga. Se realizó un ensaye de calidad en el cemento asfáltico modificado con polímero.

Para controlar el concreto que se utilizó en las guarniciones se hicieron pruebas a compresión de cilindros de concreto hidráulico.

A la tubería de 3" de diámetro, se le realizó la prueba de hermeticidad a tubo para comprobar que no hubiera fugas y que alcanzara una presión deseada.

Los resultados de las pruebas obtenidas del laboratorio, se presentan en la parte del anexo A.