

## **V. - Pruebas en Emulsiones Asfálticas**

### **5.1. - Generalidades**

Los métodos de prueba que se describen a continuación se realizan en las propias emulsiones, en su residuo asfáltico o bien en mezclas de las emulsiones con materiales pétreos o con agua; unas pruebas sirven para clasificar las emulsiones, como son la de la carga eléctrica de la partícula, la determinación del potencial hidrógeno (pH), y las pruebas de velocidad de rompimiento, siendo éstas últimas la de demulsibilidad, la de miscibilidad con cemento Portland y la de cubrimiento del agregado; otras pruebas permiten conocer la composición de las emulsiones como la determinación del residuo por evaporación, del residuo por destilación y de los contenidos de agua y de disolventes; otras más se utilizan para estimar el comportamiento de las emulsiones, como las pruebas de viscosidad Saybolt-Furol, asentamiento, retenido en la malla Núm. 0.850, miscibilidad con cemento Portland y cubrimiento del agregado. Además, se incluyen las pruebas de peso específico relativo o densidad de las emulsiones y otras que permiten evaluar algunas características del residuo asfáltico. Los resultados de todas estas pruebas ayudan a conocer el probable comportamiento de las emulsiones en la obra y a controlar la calidad durante la construcción.

#### **5.1.1 – Preparación de la Muestra.**

La preparación de las muestras se describe en cada una de las pruebas y se refiere fundamentalmente a los procedimientos previos para uniformizarlas, mediante agitación moderada con una varilla de vidrio que estará limpia para evitar el rompimiento de la emulsión; así mismo, se cuidará que siempre se almacenen perfectamente tapadas y en lugares frescos no sujetos a cambios bruscos de temperatura.

### **5.2 - Carga Eléctrica de la Partícula.**

Primeramente se describe la prueba para determinar la carga eléctrica de las partículas, que tiene por objeto identificar las emulsiones a través de la polaridad eléctrica de sus glóbulos de asfalto. Cuando dichos glóbulos tienen carga eléctrica negativa, las emulsiones se clasifican como aniónicas, y cuando tienen carga eléctrica positiva se identifican como emulsiones catiónicas.

#### **a).- El equipo para efectuar esta prueba es el siguiente:**

Aparato que proporcione una corriente eléctrica directa de (12) doce voltios, provisto de una resistencia variable y un miliamperímetro.

Dos electrodos formados cada uno por una placa de acero inoxidable, de (100) cien milímetros de longitud, (25) veinticinco milímetros de ancho y (3) tres milímetros de espesor, aproximadamente. Los electrodos estarán aislados entre sí y sostenidos rígida y paralelamente, distando uno del otro (13) trece milímetros.

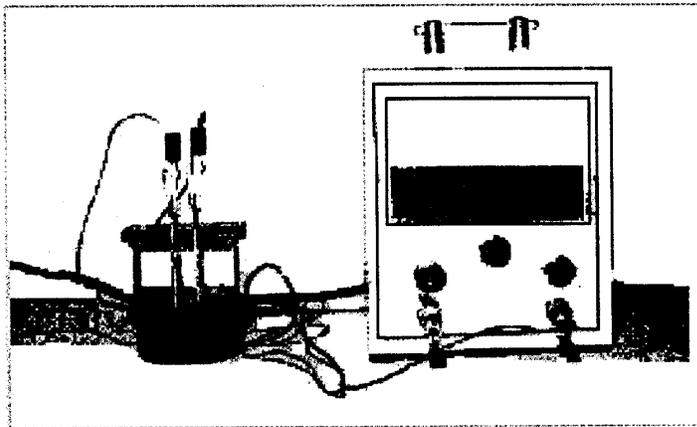
Vaso de precipitado, de vidrio, de (150 a 250) ciento cincuenta a doscientos cincuenta centímetros cúbicos de capacidad.

Cronómetro con aproximación de (0.2) cero punto dos segundos.

**b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:**

b1).- De una muestra de emulsión asfáltica previamente preparada, se vierte en el vaso una cantidad de emulsión suficiente para que los electrodos puedan sumergirse (25) veinticinco milímetros aproximadamente dentro de la emulsión, sin tocar el fondo del vaso.

b2).- Se conectan al dispositivo de corriente los electrodos limpios y secos, y en seguida se introducen en la emulsión hasta que en una longitud de (25) veinticinco milímetros queden sumergidos, sin tocar las paredes ni el fondo del vaso, Fig. No. 5.2.1



**Fig. No. 5.2.1 Dispositivo para Determinar la Carga Eléctrica de la Partícula**

b3).- Se conecta la corriente eléctrica, se mueve el botón de ajuste para tener una intensidad de (8) ocho miliamperios y en éste momento se acciona el cronómetro.

b4).- Cuando haya transcurrido un tiempo de (30) treinta minutos de aplicación de la corriente o bien, cuando se reduzca la intensidad de la misma a (2) dos miliamperios, se acciona el interruptor, se desconectan los electrodos, se retiran de la emulsión y se lavan con agua de la llave.

b5).- Normalmente después de éste proceso se habrá adherido una capa de asfalto en uno de los electrodos; de no ser así, se repetirán en la misma muestra los pasos indicados en los incisos b2) a b4) de ésta prueba, aplicando una mayor intensidad de corriente, sin rebasar la capacidad máxima del miliamperímetro, para lograr que se adhiera asfalto en uno de los electrodos.

b6).- Se observa en cuál de los electrodos se encuentra adherido el asfalto; las emulsiones aniónicas depositan una capa apreciable de asfalto sobre el ánodo o electrodo positivo, mientras que el cátodo o electrodo negativo, se conservará relativamente limpio; lo contrario ocurre con las emulsiones catiónicas.

**c).- Resultados:**

c1).- Se reportan los resultados de la prueba en términos de la polaridad determinada a los glóbulos de asfalto de emulsión; como positiva si el asfalto se ha depositado en el cátodo o como negativa si las partículas quedan adheridas en el ánodo. Cuando para realizar la prueba se utiliza una intensidad de corriente mayor de (8) ocho miliamperios, también se reportará esta otra intensidad de la corriente.

**d).- En ésta prueba se tendrán las siguientes precauciones:**

d1).- Verificar que la emulsión empleada para las pruebas sea homogénea.

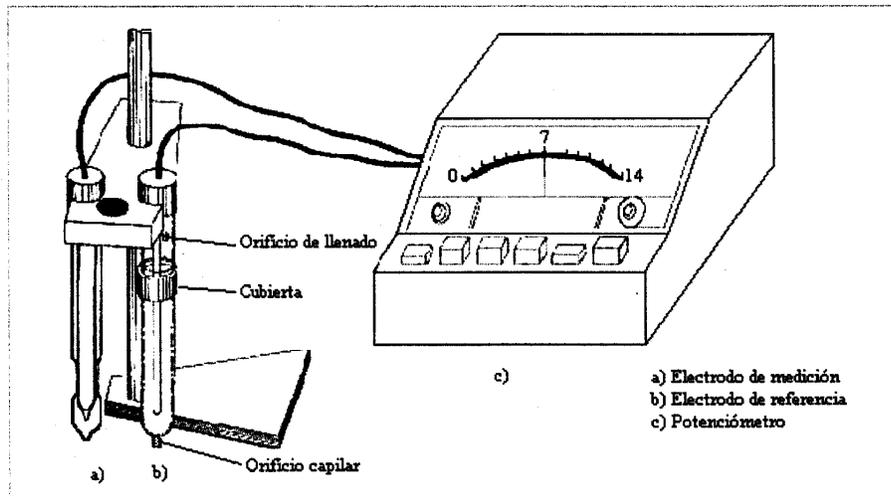
d2).- No mover el vaso con la emulsión cuando esté circulando la corriente eléctrica.

### **5.3 - Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH).**

En éste inciso se describe la prueba para determinar en las emulsiones asfálticas el potencial hidrógeno (pH), que es un valor numérico empleado para expresar el grado de acidez o de alcalinidad de la fase acuosa y representa la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) que está contenida en ellas. La prueba sirve para identificar el tipo de emulsión como aniónica o catiónica tomando en cuenta que las emulsiones catiónicas son de tipo ácido; también se pueden tener indicaciones respecto al comportamiento de las emulsiones con los materiales pétreos. El procedimiento consiste en colocar en un recipiente una muestra de emulsión asfáltica, en donde se sumergen los electrodos de un potenciómetro que registra la concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ), expresándola como unidades de pH.

a).- El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:

\* Potenciómetro que permita hacer lecturas tanto en la escala ácida como en la alcalina, con aproximación de (0.1) cero punto uno pH, equipado con un dispositivo para hacer correcciones por temperaturas, un electrodo de referencia con orificio capilar, conteniendo calomel y solución acuosa saturada de cloruro de potasio, y otro electrodo de vidrio para medición, con el que se determina el pH, Fig. No. 5.3.1



**Fig. No. 5.3.1 Equipo para la Determinación del pH**

- \* Vasos de precipitado de vidrio de (100) cien centímetros cúbicos de capacidad.
- \* Vaso de aluminio de (1) un litro de capacidad.
- \* Pipeta de vidrio.
- \* Termómetro con escala de (0 a 50°C) cero a cincuenta grados centígrados con (1°C) un grado centígrado de aproximación.
- \* Solución Buffer para calibrar el potenciómetro, con pH a (25°C) veinticinco grados centígrados, de (4.01) cuatro punto cero uno, de (6.86) seis punto ochenta y seis y de (9.18) nueve punto dieciocho.
- \* Tetracloruro de carbono o disolvente de asfalto para limpieza.
- \* Agua destilada.
- \* Paño absorbente.

**b).- El montaje y calibración del potenciómetro y de los electrodos consiste en lo siguiente:**

b1).- Se conecta el potenciómetro y se deja en funcionamiento durante (15) quince minutos aproximadamente; a continuación se comprueba que el indicador esté exactamente sobre la marca de (7) siete en la escala de pH, lo cual corresponde al punto neutro; de no ser así, se ajusta para lograr ésta condición.

b2).- Se instalan los electrodos en su base y se sujeta ésta al soporte vertical, Fig. No. 5.3.1.

b3).- Se lavan los electrodos y los vasos de precipitado, utilizando agua destilada, secándolos con un paño limpio y absorbente, los electrodos se secan cuidadosamente con movimientos hacia su punta.

b4).- Se vierten en un vaso de precipitado (75) setenta y cinco centímetros cúbicos, aproximadamente, de una solución Buffer y se toma su temperatura, la que deberá estar comprendida entre (20 y 30°C) veinte y treinta grados centígrados; a continuación se ajusta el dispositivo compensador de temperaturas del potenciómetro, fijando en aquél la temperatura de la solución.

b5).- Se descubre el orificio de llenado del electrodo de referencia y se observa que la solución dentro del mismo se encuentra a su nivel correcto.

b6).- Se sumergen ámbos electrodos (3) tres centímetros, aproximadamente, en la solución Buffer contenida en el vaso, evitando el contacto de los electrodos entre sí y con el vaso. En seguida se hace funcionar el potenciómetro, y si el pH registrado no coincide con el de la solución, se ajusta el potenciómetro para que éste indique el valor correcto.

b7).- Se retira el vaso conteniendo la solución Buffer y, sin desmontarlos, se lavan los electrodos con agua destilada utilizando para ello la pipeta.

b8).- A continuación se verifica que el potenciómetro quede correctamente calibrado, utilizando para ello otra solución Buffer; si la lectura no es congruente, deberá revisarse que el ajuste de temperaturas esté bien hecho y si el error persiste, se revisará que las soluciones Buffer no hayan sufrido alteraciones y que los electrodos funcionen correctamente. Una vez calibrado el potenciómetro y si no se va a utilizar en varias horas, se cubre el orificio de llenado del electrodo de referencia.

**c).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:**

c1).- Se vierten en un vaso de precipitado (75) setenta y cinco centímetros cúbicos, aproximadamente, de la solución Buffer cuyo pH se asemeje más al del producto por analizar y se verifica que la temperatura esté comprendida entre (20 y 30°C) veinte y treinta

grados centígrados, registrándola para luego ajustar el compensador del potenciómetro a dicha temperatura.

c2).- Se descubre el orificio de llenado del electrodo de referencia y se verifica que la solución dentro del mismo se encuentre a su nivel correcto.

c3).- Se sumergen ámbos electrodos (3) tres centímetros, aproximadamente, en la solución Buffer contenida en el vaso, evitando el contacto de los electrodos entre sí y con el vaso. En seguida se hace funcionar el potenciómetro, se toma y registra la lectura inicial como  $pH_i$ , con aproximación de (0.1) cero punto uno.

c4).- Se retira el vaso conteniendo la solución Buffer y sin desmontar los electrodos se lavan con agua destilada utilizando la pipeta y a continuación se secan perfectamente.

c5).- De una muestra de emulsión asfáltica debidamente preparada, se vierte en un vaso de precipitado una porción representativa de (150 a 250) ciento cincuenta a doscientos cincuenta centímetros cúbicos. La temperatura de esta muestra de prueba y la de la solución Buffer seleccionada debe ser la misma, con una variación de ( $\pm 2^\circ C$ ) más menos dos grados centígrados.

c6).- Inmediatamente después se introducen los electrodos (3) tres centímetros en la muestra de prueba y se dejan reposar durante (10) diez segundos, aproximadamente. En seguida se hace funcionar el potenciómetro, se toma su lectura y se registra como  $pH$ , con aproximación de (0.1) cero punto uno.

c7).- Se retira la muestra de prueba, se lavan los electrodos con agua destilada y si quedan huellas de producto asfáltico adherido a dichos electrodos, se lavan primero con disolvente y luego con agua destilada y se secan perfectamente.

c8).- A continuación se efectúa una nueva medición en la solución Buffer empleada, según se indica en el Inciso c1) y la lectura obtenida se registra como  $pH_f$ , con aproximación de (0.1) cero punto uno.

c9).- Finalmente se retira la solución Buffer, se lavan los electrodos con agua destilada y se secan perfectamente con el paño absorbente. Cuando no se realicen en varias horas mediciones de  $pH$ , se cubre el orificio de llenado del electrodo de referencia.

**d).- Cálculos:**

d).- Se reporta como potencial hidrógeno de la emulsión asfáltica la lectura  $pH$ , siempre que la diferencia de lecturas  $pH_i - pH_f$  no exceda de ( $\pm 0.3$ ) más menos cero punto tres de  $pH$ ; de lo contrario deberá a repetirse la prueba.

**e).- Al efectuar esta prueba se tomarán las siguientes precauciones:**

e1).- Manejar los electrodos cuidadosamente y guardarlos limpios y secos cuando no se utilicen; el paño empleado para secarse no contendrá jabón, ácidos u otra sustancia que pueda alterar el resultado de la prueba.

e2).- Mantener los electrodos limpios sumergiéndolos en agua destilada, entre una solución y otra, cuando se realicen varias mediciones en forma consecutiva, procurando que no hagan contacto con el vaso que contiene el agua.

e3).- Tapar con su cubierta el orificio de llenado del electrodo de referencia, cuando no se esté usando.

#### **5.4. – Demulsibilidad.**

A continuación se describe la prueba para determinar la demulsibilidad de las emulsiones asfálticas, lo cual permite estimar la facilidad con que rompen y dan una idea del tiempo disponible para incorporar la emulsión durante la elaboración de las mezclas asfálticas.

**a).- El equipo y los materiales necesarios para efectuar ésta prueba son los siguientes:**

\* Tres (3) tramos de malla de alambre núm. 1.40 de (15) quince centímetros por lado y sin marco.

\* Tres (3) vasos de aluminio de (600) seiscientos centímetros cúbicos de capacidad.

\* Tres (3) varillas de vidrio de (8) ocho milímetros de diámetro, aproximadamente, con los extremos redondeados.

\* Bureta de vidrio de (50) cincuenta centímetros cúbicos con graduaciones de (0.1) cero punto un centímetro cúbico.

\* Solución (0.02 N) dos centésimos normal de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ). Se prepara disolviendo (1.11) uno punto once gramos de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en un litro de agua destilada.

\* Solución (0.10 N) décimo normal de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ). Se prepara disolviendo (5.55) cinco punto cincuenta y cinco gramos de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en un litro de agua destilada.

**b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:**

b1).- Se determina por destilación el contenido de residuo asfáltico de la emulsión (Prueba de residuo por destilación), y se designa su valor como R, en por ciento.

b2).- Se pesa cada conjunto de vaso de aluminio, varilla de vidrio y el tramo de malla de alambre y se anota cada peso como  $W_t$  en gramos.

b3).- De una muestra de emulsión asfáltica, se vierten en el vaso de cada conjunto  $(100 \pm 0.1)$  cien más menos cero punto un gramos de emulsión asfáltica, después de lo cual se ajusta la temperatura del contenido de cada vaso a  $(25 \pm 0.5^\circ\text{C})$  veinticinco más menos cero punto cinco grados centígrados.

b4).- Se agregan con la bureta en cada uno de los vasos y en un tiempo aproximado de (2) dos minutos, (35) treinta y cinco centímetros cúbicos de la solución de cloruro de calcio (0.02 N) dos centésimos normal en el caso de emulsiones de rompimiento rápido o bien, (50) cincuenta centímetros cúbicos de la solución (0.10 N) décimo normal, cuando se trate de emulsiones de rompimiento medio. La solución agregada estará a la misma temperatura que la contenida en los vasos y mientras se está vertiendo en cada uno, se agita con la varilla de vidrio, en forma continua y vigorosa, amasando contra la pared del vaso los grumos formados; después de haber agregado toda la solución, se continúa el mezclado por un lapso de (2) dos minutos más.

b5).- Se decanta el líquido de cada uno de los vasos sobre el tramo de malla correspondiente y se lavan el vaso, la varilla y el contenido de cada conjunto utilizando agua destilada, al mismo tiempo que se continúa el amasado durante esta operación para romper todos los grumos; a continuación, el producto del lavado se vacía sobre el tramo de malla mencionado. Este procedimiento se repite hasta que el agua de lavado salga limpia.

b6).- A continuación se colocan en el horno a una temperatura de  $(163^\circ\text{C})$  ciento sesenta y tres grados centígrados cada vaso con la varilla, malla y su contenido asfáltico correspondiente y se dejan secar hasta peso constante, anotando este peso como  $W_f$  en gramos.

c).- Se calcula y reporta la demulsibilidad por medio de la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\Sigma (W_f - W_t)}{3R} \times 100$$

En donde:

- D** es la demulsibilidad, en por ciento.
- W<sub>f</sub>** es el peso del vaso, accesorios y residuo asfáltico de cada conjunto, en gramos.
- W<sub>t</sub>** es el peso del vaso y accesorios, de cada conjunto, en gramos.
- R** es el residuo por destilación de la emulsión, en por ciento.

**d).- Precauciones.**

d1).- En esta prueba se tendrá la precaución de verificar que la solución de cloruro de calcio utilizada, tenga la concentración adecuada para el tipo de la emulsión que se está analizando.

**5.5.- Miscibilidad con Cemento Portland.**

La siguiente prueba es la de miscibilidad con cemento Portland de las emulsiones asfálticas de rompimiento lento, la cual permite estimar la estabilidad de estos productos al mezclarse con un material fino. La prueba consiste en incorporar a la emulsión una cantidad determinada de cemento Portland, efectuar un proceso de mezclado durante el cual se le incorpora también agua destilada y transcurrido el tiempo establecido para dicho proceso, determinar la proporción de cemento asfáltico que proviene del rompimiento de la emulsión y queda retenido en la malla Núm. 1.40.

**a).- El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:**

- \* Mallas Núms. 0.180 y 1.40.
- \* Fondo para mallas.
- \* Recipiente metálico de forma cilíndrica, de bordes bajos, con capacidad de (500) quinientos centímetros cúbicos.
- \* Varilla metálica para agitado, con extremos redondeados y diámetro de (13) trece milímetros, aproximadamente.
- \* Probeta de vidrio graduada con capacidad de (100) cien centímetros cúbicos.
- \* Balanza con capacidad mínima de (500) quinientos gramos y aproximación de (0.1) cero punto un gramo.

\* Cemento Portland Tipo III, con una superficie específica mínima de (1,900) mil novecientos centímetros cuadrados por gramo, determinada con el turbidímetro de Wagner.

**b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:**

b1).- De una muestra de emulsión asfáltica de rompimiento lento, se toman (200) doscientos centímetros cúbicos y se diluyen en la cantidad de agua necesaria para que se obtenga un residuo asfáltico de (55%) cincuenta y cinco por ciento. Para calcular dicha cantidad de agua, previamente se determina en otra muestra de la emulsión, el residuo asfáltico por destilación o por evaporación, métodos que se describen posteriormente. El porcentaje de residuo de la emulsión diluida se verificará mediante la prueba correspondiente de destilación o evaporación que se citan en éste capítulo.

b2).- Se criba una porción de cemento Portland a través de la malla Núm. 0.180, se toman (50±0.1) cincuenta más menos cero punto un gramos de la fracción que pasa por dicha malla y se colocan en el recipiente metálico. Se ajusta la temperatura, tanto del recipiente con su contenido como de la emulsión diluida, a (25°C) veinticinco grados centígrados aproximadamente, y a continuación se agregan (100) cien gramos de ésta al cemento Portland contenido en el recipiente, y a la vez se mezclan con la varilla metálica, efectuando movimientos circulares a una velocidad de (60) sesenta vueltas por minuto, aproximadamente. Una vez transcurrido el primer minuto de agitado, se agregan a la mezcla de cemento y emulsión (150) ciento cincuenta centímetros cúbicos de agua destilada y se prosigue el mezclado durante (3) tres minutos.

b3).- A continuación, se pasa la mezcla a través de la malla Núm. 1.40 cuyo peso, incluyendo el de su fondo, se habrá determinado previamente, registrándolo como  $W_t$ , en gramos; para efectuar este cribado de la mezcla se lava varias veces con agua destilada el material contenido y el recipiente en que se hizo la mezcla y se pasa al producto del lavado a través de la malla, que también se lava dejándole caer el agua destilada desde una altura de (15) quince centímetros, con objeto de no forzar el paso de los grumos retenidos; el lavado se suspende cuando el agua salga clara.

b4).- Se instala el fondo a la malla que contiene el residuo asfáltico y se colocan en el horno a una temperatura de (163°C) ciento sesenta y tres grados centígrados, para secar el conjunto hasta que (2) dos pesadas sucesivas no difieran en más de (0.1) cero punto un gramo, después de lo cual se registra el peso como  $W_r$  en gramos.

**c).- A continuación se realiza el siguiente cálculo:**

c1).- Se calcula el peso del material retenido en la malla núm. 1.40 y en su fondo, mediante la siguiente expresión:

$$M = W_r - W_t$$

En donde:

$M$  es el peso del material retenido en la malla y en el fondo, en gramos.

$W_r$  es el peso de la malla, fondo y material retenido, en gramos.

$W_t$  es el peso de la malla y fondo en gramos.

**d).- Resultados:**

d1).- Se reporta como miscibilidad con cemento Portland el valor de  $M$ , expresado como por ciento de los (100) cien gramos de la emulsión empleada.

**e).- Precauciones:**

e1).- En esta prueba se tendrá la precaución de usar siempre el cemento Portland con la finura indicada y que no presente hidratación.

**5.6.- Cubrimiento del Agregado.**

La prueba de cubrimiento del agregado nos sirve para estimar las características de estabilidad de las emulsiones durante el proceso de elaboración de las mezclas, relacionando dicha estabilidad con la facilidad de incorporación de la emulsión al material pétreo, cuando lo cubre formando una película asfáltica resistente al mezclado, y terminado éste, soporte la acción del agua. El procedimiento consiste en someter a una mezcla de emulsión y material pétreo, preferentemente de origen calizo, preparada bajo ciertas condiciones, en húmedo o seco al medio ambiente, a un proceso de lavado con agua y estimar el cubrimiento final del material pétreo con el asfalto. La prueba, mediante el rompimiento de la emulsión, permite identificar el tipo de ésta, y puede también utilizarse para conocer las características de adhesividad de las emulsiones con otros materiales pétreos de diversos orígenes.

**a).- El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:**

\* Recipiente metálico de forma cilíndrica, esmaltado en color blanco y de bordes bajos, de (3) tres litros de capacidad, aproximadamente.

\* Espátula con hoja de acero de (5) cinco de ancho por (15) quince centímetros de longitud o bien, cuchara chica de albañil.

\* Mallas Núms. 19.0 y 4.75.

\* Dispositivo para regar, con depósito de carga hidráulica constante de (77.5) setenta y siete punto cinco centímetros, Fig. No. 5.6.1

\* Termómetro de inmersión total, con graduaciones que abarquen de (-2 a + 80°C) menos dos a más ochenta grados centígrados y aproximación de (0.2°C) cero punto dos grados centígrados.

\* Balanza con capacidad mínima de (1,000) mil gramos y (0.1) cero punto un gramo de aproximación.

\* Pipeta con capacidad de (10) diez centímetros cúbicos y aproximación de (0.1) cero punto un centímetro cúbico.

\* Muestra de material pétreo calizo para referencia, que pase la malla Núm. 19.0 y se retenga en la Núm. 4.75.

\* Carbonato de calcio precipitado y químicamente puro, para emplearse como polvo en los agregados calizos. Esta sustancia no será necesaria cuando la prueba se realice en materiales pétreos no calizos.

\* Agua limpia cuyo contenido de carbonato de calcio no sea mayor de (250) doscientos cincuenta partes por millón, o bien agua destilada.

**b).- El procedimiento de prueba es el siguiente:**

b1).- De la muestra de material pétreo calizo que se utiliza como referencia, se toma una porción representativa con peso de (1,000) mil gramos aproximadamente, la cual se lava sobre la malla Núm. 4.75 y a continuación se deja secar en el medio ambiente, después de lo cual se adapta su temperatura a la de prueba, que es de (25±5°C) veinticinco más menos cinco grados centígrados, y en seguida se colocan en el recipiente metálico (461) cuatrocientos sesenta y un gramos de dicha porción; o bien, (465) cuatrocientos sesenta y cinco gramos, cuando no sea calizo el material pétreo que se utilice como referencia, en cuyo caso tampoco deberá lavarse ni secarse al aire.

b2).- Se agregan (4) cuatro gramos de carbonato de calcio en polvo al material contenido en el recipiente metálico y se mezclan ámbos materiales con la espátula durante un minuto aproximadamente, tratando de cubrir uniformemente con el carbonato de calcio las partículas del material pétreo. Cuando no se utilice material calizo como referencia no se empleará carbonato de calcio.

b3).- De una muestra de emulsión obtenida y acondicionada a una temperatura de (25±5°C) veinticinco más menos cinco grados centígrados, se agregan (35) treinta y cinco gramos al material contenido en el recipiente metálico y se mezclan vigorosamente, durante (5) cinco minutos, moviendo la espátula en trayectorias elípticas. Al final de éste

mezclado se inclina el recipiente metálico y se elimina por escurrimiento la emulsión que no esté depositada sobre el material pétreo.

b4).- Se coloca la mitad de la mezcla aproximadamente, sobre un papel absorbente y en estas condiciones se registra el cubrimiento del material pétreo, estimándolo como un porcentaje de la superficie total del agregado sin considerar la correspondiente a los poros y a las aristas agudas.

b5).- Inmediatamente después se da un riego ligero de agua a la mezcla sobrante en el recipiente metálico, colocándolo de tal manera que la mezcla quede aproximadamente a (14) catorce centímetros abajo de la regadera del dispositivo; se abre totalmente la válvula para dejar salida libre al agua y cuidando que la carga hidráulica total sea de  $(90 \pm 2)$  noventa más menos dos centímetros. En seguida se escurre cuidadosamente el agua del recipiente metálico y se continúa aplicando el riego a la mezcla y escurriendo el agua hasta que ésta salga completamente limpia.

b6).- Utilizando la cuchara, se coloca sobre un papel absorbente la mezcla contenida en el recipiente e inmediatamente después se estima y registra el cubrimiento del material pétreo, de acuerdo con lo indicado en el Inciso b4) de ésta prueba; a continuación, se deja secar la mezcla sobre el papel absorbente, a la temperatura ambiente y se determina nuevamente el cubrimiento del material. Se requiere un secado rápido de la mezcla se puede usar un ventilador.

b7).- Cuando la prueba se efectúa con el agregado pétreo húmedo, se procede como se indica en los Incisos b1) y b2) de éste párrafo y a continuación, se agregan con la pipeta (9.3) nueve punto tres centímetros cúbicos de agua al material pétreo contenido en el recipiente metálico y se mezcla éste para que el agua se distribuya uniformemente; efectuado lo anterior se continúa el procedimiento de prueba como se describe en los Incisos b3) a b6) de éste párrafo.

#### **c).- Resultado:**

c1).- En ésta prueba y tanto para las muestras de materiales pétreos secos, como para materiales pétreos húmedos, se reporta como cubrimiento de la superficie del agregado con el asfalto de la emulsión, el valor más bajo de los registrados en los Incisos b4) y b6) de éste párrafo, agregando alguna indicación referente a las condiciones de la prueba con que fué obtenido.

### **5.7.- Residuo , Contenido de agua y Disolvente por Destilación.**

A continuación se describe la prueba para determinar el residuo por destilación, el contenido de agua y el contenido de disolventes que existen en las emulsiones asfálticas aniónicas; el procedimiento consiste esencialmente en efectuar la destilación de una muestra de emulsión asfáltica, hasta la temperatura máxima de  $(260^{\circ}\text{C})$  doscientos sesenta grados centígrados para separar la emulsión en agua, disolventes y residuo asfáltico; en éste último se realizan otras pruebas que ayudan a identificar la emulsión y cuando se requiera

también identificar los disolventes, se separa de ellos una porción representativa de tamaño suficiente.

**a).- El equipo necesario para efectuar esta prueba, es el siguiente:**

- \* Alambique cilíndrico, de aleación de aluminio
- \* Quemador anular de gas de (127.0) ciento veintisiete punto cero milímetros de diámetro interior, con perforaciones en el contorno interior.
- \* Unidad de condensación integrada por un adaptador, tubo de conexión con camisa de lámina y refrigerante recto provisto de camisa metálica, todos ellos adaptados para conectarse como se muestra en la Fig. No. 5.7.1
- \* Probeta de (100) cien centímetros cúbicos de capacidad, con graduaciones de (1.0) uno punto cero centímetros cúbicos.
- \* Termómetro de inmersión total, con escala que abarque de  $(-2a+300^{\circ}\text{C})$  menos dos a más trescientos grados centígrados y aproximación de  $(1^{\circ}\text{C})$  un grado centígrado.
- \* Mechero de gas del tipo Bunsen
- \* Malla Núm. 0.300.
- \* Balanza con capacidad mínima de (3,500) tres mil quinientos gramos y aproximación de (0.1) cero punto un gramo.

**b).- El procedimiento para efectuar esta prueba es el siguiente:**

b1).- De una muestra de emulsión, se pesan  $(200\pm 0.1)$  doscientos más menos cero punto un gramos en el alambique cilíndrico, previamente tarado, incluyendo su tapa, abrazadera, termómetros y demás accesorios y se registra el peso total de estos elementos más el de la emulsión como  $W_1$ , en gramos. Se ajusta perfectamente la tapa del alambique utilizando su tornillo de presión y colocando entre ésta y el alambique un empaque de papel impregnado con aceite. 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) seis milímetros del fondo del alambique y el bulbo del otro quede a (165) ciento sesenta y cinco milímetros aproximadamente de dicho fondo.

b2).- Se monta el equipo, conectando el alambique con el refrigerante y se le coloca el quemador de gas anular, de manera que diste (15) quince centímetros del fondo del alambique, se enciende el quemador, se ajusta con flama baja y se registra el tiempo en que se inicie la aplicación de calor; también se aplica suficiente calor con el mechero Bunsen al tubo de conexión, para evitar la condensación de agua en éste. Por otra parte, se vigilará que

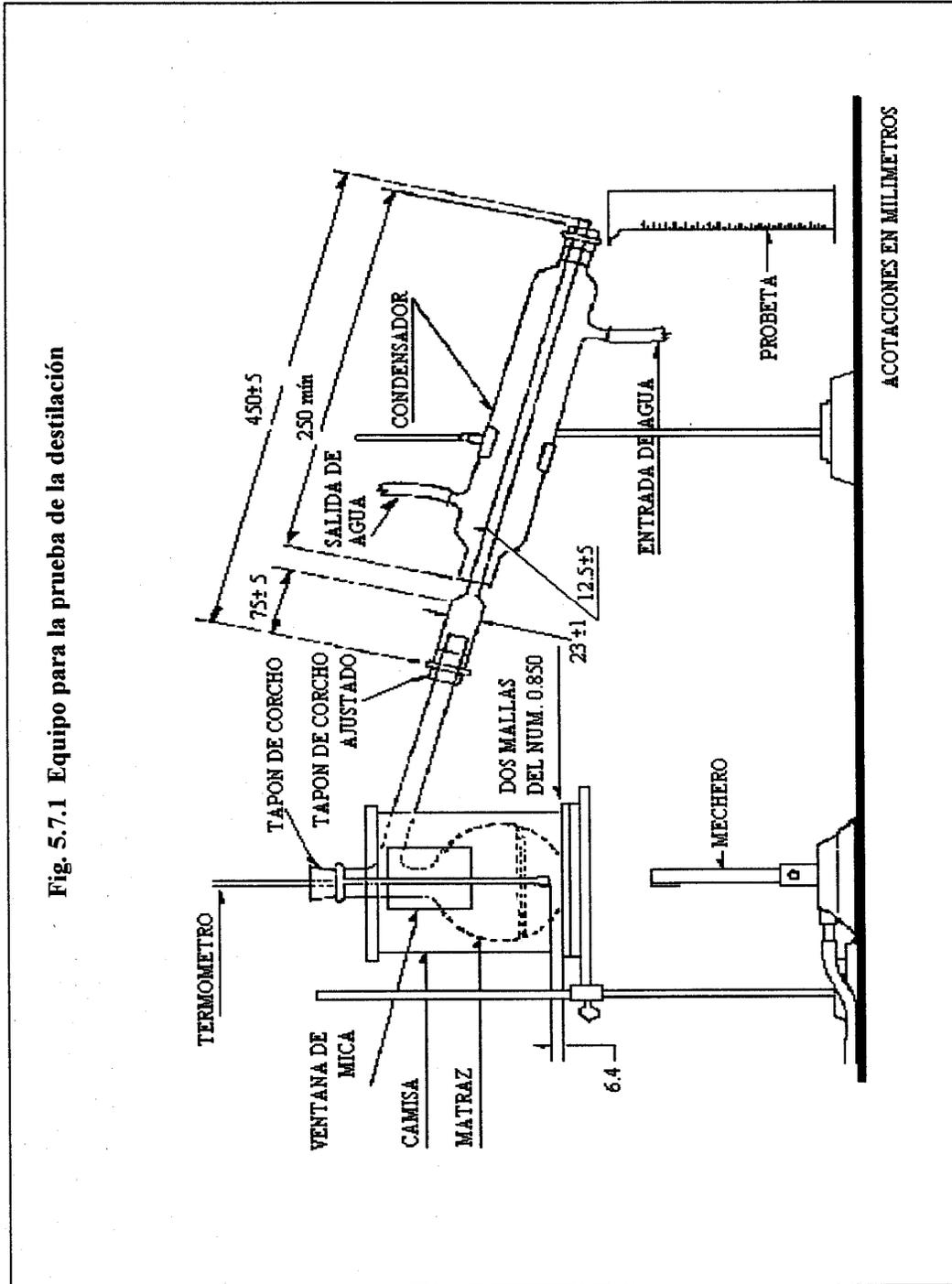


Fig. 5.7.1 Equipo para la prueba de la destilación

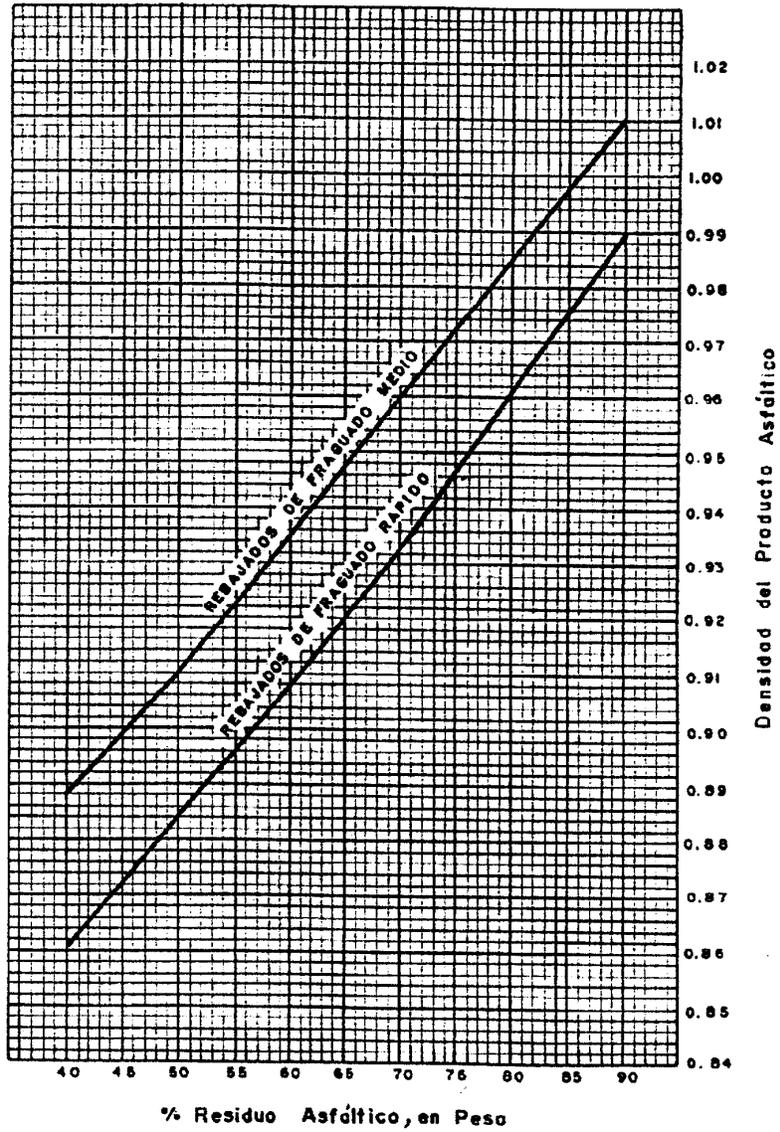


Fig. No 5.7.1 Gráfica para calcular la densidad de los asfaltos rebajados

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.

b3).- Cuando la temperatura de la muestra pueda ser leída en el termómetro más bajo, lo que ocurre a (215°C) doscientos quince grados centígrados aproximadamente, se baja el quemador anular al nivel del fondo del alambique y se eleva la temperatura de la muestra hasta (260°C) doscientos sesenta grados centígrados manteniendo esta temperatura durante un lapso de (15) minutos.

b4).- 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 sus accesorios, se agrega a este peso (1.5) uno punto cinco gramos, para compensar la flotación del alambique caliente y se anota este peso como  $W_f$  en gramos. El tiempo total que dure la destilación será de (60±15) sesenta más menos quince 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 centímetros cúbicos y el nivel superior de agua en la probeta anotando dicha lectura  $V_w$  en centímetros cúbicos. Los niveles mencionados se pueden definir al ocurrir la separación del disolvente y el agua, por su diferencia de densidades.

b5).- A continuación, si el residuo va a emplearse para efectuar otras pruebas, se destapa el alambique, se homogeneiza su contenido con la espátula y se vierte a través de la malla Núm. 0.300, en los moldes o recipientes apropiados para efectuar las pruebas de penetración, ductilidad, solubilidad en tetracloruro de carbono y otras que deben realizarse. En caso de ser necesario analizar o identificar el destilado, éste se colocará en recipientes adecuados que impidan su alteración.

**c).- En ésta prueba se calcula y reporta lo siguiente:**

c1).- El residuo de la destilación expresándolo como un porcentaje en peso con respecto al inicial de la muestra, empleando la fórmula siguiente:

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

En donde:

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

$W_i$  es el peso del alambique y sus accesorios más el inicial de la muestra, en gramos.

$W_f$  es el peso del residuo asfáltico, más el del alambique y sus accesorios calientes, más la corrección por temperatura, en gramos.

c2).- En contenido del agua obtenida en la destilación con respecto al volúmen total de la muestra de emulsión, utilizando la siguiente fórmula:

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

En donde:

$C_w$  es el contenido del agua obtenida en la destilación, en por ciento, con respecto al volúmen de la emulsión.

$V_w$  es el volúmen del agua obtenida en la destilación, en centímetros cúbicos.

$S_e$  es el peso específico relativo de la emulsión.

$\gamma_o$  es el peso específico del agua, considerado de un gramo por centímetros cúbico.

c3).- El contenido de disolventes en por ciento, respecto al volúmen de la muestra de emulsión, aplicando la siguiente fórmula:

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

En donde:

$C_d$  es el contenido de disolvente, en por ciento con respecto al volúmen de la emulsión.

- $V_{dw}$  es el volúmen correspondiente al nivel superior del destilado, en centímetros cúbicos.
- $V_w$  es el volúmen correspondiente al nivel superior del agua depositada en la probeta, en centímetros cúbicos.
- $S_e$  es el peso específico relativo de la emulsión.
- $\gamma_o$  es el peso específico del agua, y se considera de un gramo por centímetro cúbico.
- 200 es el peso de la muestra de emulsión, en gramos.

### 5.8.- Residuo por Evaporación.

En éste inciso se describe la prueba para determinar el contenido de residuo por evaporación en las emulsiones asfálticas o sea, la proporción de material asfáltico que se obtiene a someter a la emulsión a un proceso de evaporación en un horno. En el residuo así obtenido se pueden efectuar pruebas de penetración y ductilidad, aún cuando en general den valores más bajos que los determinados en el residuo obtenido por destilación; sin embargo, estos resultados pueden servir para dar una idea de las características de dicho residuo.

#### a).- El equipo para efectuar esta prueba es el siguiente:

- \* Tres (3) vasos de precipitado, de vidrio refractario o aluminio, con capacidad de (600) seiscientos o (1,000) mil centímetros cúbicos.
- \* Tres (3) agitadores de vidrio con extremos redondos, de (6.4) seis punto cuatro milímetros de diámetro y (18) dieciocho centímetros de longitud.
- \* Balanza de (500) quinientos gramos de capacidad y aproximación de (0.1) cero punto un gramo.
- \* Horno provisto de termostato que mantenga temperaturas hasta de (175°) ciento setenta y cinco grados centígrados, con aproximación de (2°C) dos grados centígrados.
- \* Malla Núm. 0.300.

#### b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:

- b1).- Se pesa cada uno de los (3) tres vasos de precipitado, con su correspondiente varilla de vidrio y se anota cada peso como  $W_t$ , en gramos.

b2).- De una muestra de emulsión asfáltica, previamente homogeneizada, se vierten  $(50 \pm 0.1)$  cincuenta más menos cero punto un gramos en cada uno de los vasos de precipitado.

b3).- Se introducen al horno los vasos con su contenido y varilla, teniéndolos durante (2) dos horas a una temperatura de  $(163 \pm 3^\circ\text{C})$  ciento sesenta y tres más menos tres grados centígrados.

b4).- Transcurrido este lapso se retiran los vasos del horno, se uniformiza el contenido de cada uno agitándolo con la correspondiente varilla de vidrio, y se vuelven a colocar en el horno durante (1) una hora más, a la misma temperatura.

b5).- A continuación se sacan del horno los vasos con su contenido y varilla, se dejan enfriar a la temperatura ambiente, se pesa cada conjunto y se registra su respectivo peso como  $W_f$  en gramos. Si el residuo va a emplearse para efectuar otras pruebas, nuevamente se introducen al horno los vasos con su contenido, dejándolos durante (15 a 30) quince a treinta minutos, para que el residuo asfáltico se fluidifique y en esta forma se vierta a través de la malla Núm. 0.300, en los moldes y recipientes apropiados para efectuar las pruebas de penetración, ductilidad, solubilidad o las que deban de realizarse.

**c).- En ésta prueba se calcula y reporta lo siguiente:**

c1).- Se calcula el contenido de residuo asfáltico de la emulsión, correspondiente a cada una de las (3) tres muestras de prueba, expresándolo como porcentaje del peso inicial de la muestra, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$R = 2 \times (W_f - W_t)$$

En donde:

$R$  es el contenido de residuo asfáltico en la emulsión, en por ciento.

$W_f$  es el peso del vaso con el residuo asfáltico y la varilla correspondiente, en gramos.

$W_t$  es el peso del vaso y la varilla, en gramos.

c2).- Se reporta como residuo por evaporación de la emulsión asfáltica el promedio de los resultados obtenidos en las (3) tres determinaciones.

### 5.9.- Viscosidad Saybolt – Furol.

La siguiente prueba es el método para conocer la viscosidad Saybolt-Furol en las emulsiones asfálticas aniónicas, la cual permite controlar su consistencia mediante sus características de flujo a las temperaturas de (25 y 50°C) veinticinco y cincuenta grados centígrados, pudiéndose realizar ésta prueba a otras temperaturas con objeto de estudiar la susceptibilidad al calor de las emulsiones asfálticas. La prueba consiste fundamentalmente en determinar el tiempo que tardan en pasar (60) sesenta centímetros cúbicos de emulsión asfáltica a través de un orificio Furol, instalado en un tubo de viscosidad Saybolt y en posición vertical bajo condiciones de carga especificada.

#### a).- Equipo:

a1).- El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los mismos que se utilizan para la prueba de viscosidad en asfaltos, con las modificaciones siguientes: Se requieren además un vaso de precipitado, de vidrio refractorio de (400) cuatrocientos centímetros cúbicos de capacidad, así como también dos termómetros de inmersión total con escalas que abarquen de (19 a 27°C) diecinueve a veintisiete grados centígrados y de (49 a 57°C) cuarenta y nueve a cincuenta y siete grados centígrados respectivamente, ámbos con aproximación de (0.1°C) cero punto un grado centígrado; éstos últimos en lugar del termómetro de (95 a 155°C) noventa y cinco a ciento cincuenta y cinco grados centígrados. En lugar del embudo para filtrado se requiere una malla Núm. 0.850 ó tela de alambre del calibre mencionado, montada en un marco. El líquido que se utilizará para llenar el baño, en lugar de ser aceite SAE40, será el que corresponda de acuerdo con la temperatura de prueba, como sigue:

Temperatura de prueba	Líquido para llenado del baño
25°C	Agua
50 a 60°C	Agua, o un aceite con viscosidad Saybolt-Furol de (12 a 15) doce a quince segundos, a la temperatura de (38°C) treinta y ocho grados centígrados.

#### b).- Preparación:

b1).- La preparación de la muestra consiste en uniformizarla mediante agitación moderada, evitando la formación de burbujas de aire y en verter de ella, (100) cien centímetros cúbicos en el vaso de precipitado.

#### c).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:

c1).- Para el caso en que el procedimiento se realice a (25°C) veinticinco grados centígrados, se adapta a esta temperatura el baño de agua y se coloca en éste durante (30) treinta minutos, el vaso de precipitado conteniendo la muestra de emulsión de manera que

el fondo del vaso quede abajo del nivel del agua (5) cinco centímetros aproximadamente, y se agita periódicamente su contenido, con movimientos circulares del termómetro a razón de (60) sesenta revoluciones por minuto aproximadamente, evitando la formación de burbujas. Transcurrido el lapso mencionado se sigue el procedimiento descrito en el inciso c) de la prueba de viscosidad en asfaltos descrito en un capítulo posterior, excepto en lo que se refiere a la temperatura de prueba que será la indicada en éste subpárrafo.

c2).- Para el caso en que la prueba se realice a (50°C) cincuenta grados centígrados, se adapta la temperatura del baño a (60±3°C) sesenta más menos tres grados centígrados y se coloca en éste el vaso de precipitado conteniendo la muestra de emulsión asfáltica de manera que el fondo del vaso quede abajo del nivel del agua (5) cinco centímetros aproximadamente y se agita periódicamente su contenido, con movimientos circulares del termómetro a razón de (60) sesenta revoluciones por minuto aproximadamente, evitando la formación de burbujas. En las condiciones mencionadas se mantiene la muestra hasta que alcance una temperatura de (51.4±0.3°C) cincuenta y uno punto cuatro más menos cero punto tres grados centígrados. Una vez alcanzada esta temperatura se aplica el procedimiento de prueba descrito en el inciso c) de la prueba de viscosidad en asfaltos descrito en un capítulo posterior, excepto que la temperatura de prueba será a (50±0.1°C) cincuenta más menos cero punto un grado centígrado.

d).- El reporte de los resultados de ésta prueba y las precauciones que deberán tenerse al efectuarla, son como se describe en los párrafos d) y e) de la prueba de viscosidad en asfaltos, descrita posteriormente.

### **5.10.- Asentamiento.**

La prueba de asentamiento que se efectúa a las emulsiones asfálticas, para conocer el grado de homogeneidad que conservan durante períodos de almacenamiento prolongados y consiste en dejar en reposo muestras de emulsión, para después de un tiempo especificado determinar la diferencia de concentración de asfalto que presenten a diferentes niveles.

**a).- El equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente:**

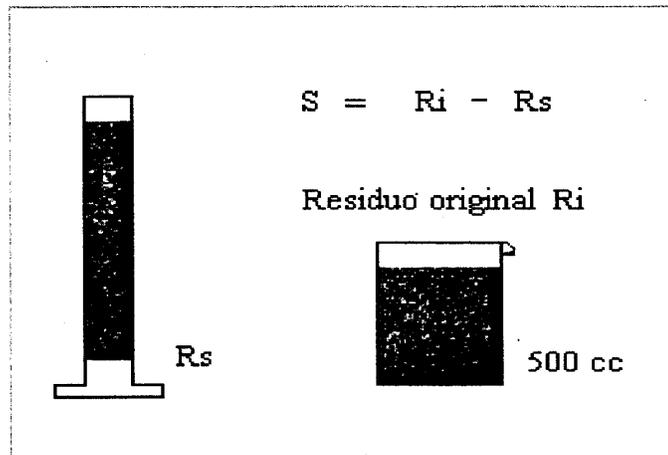
\*Dos (2) probetas de vidrio, de base ensanchada, provistas de tapón de corcho o de vidrio, con diámetro exterior de (50±5) cincuenta más menos cinco milímetros y capacidad de (500) quinientos centímetros cúbicos.

\* Pipeta de vidrio de (60) sesenta centímetros cúbicos de capacidad.

\*Además, el equipo que se requiere para efectuar la prueba de residuo por evaporación, descrita anteriormente.

**b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:**

b1).- De una muestra de emulsión debidamente homogeneizada, se vierten (500) quinientos centímetros cúbicos en cada una de las probetas, después de lo cual se tapan y en lugar libre de vibraciones, se dejan en reposo durante (5) cinco días a la temperatura ambiente Fig. No 5.10.1.



**Fig. No. 5.10.1 Esquema de la Prueba de Asentamiento en Emulsiones**

b2).- Transcurrido el período de reposo y utilizando la pipeta, se extraen de la parte superior (55) cincuenta y cinco centímetros cúbicos de cada una de las muestras contenidas en las probetas, cuidando de no perturbar el resto del contenido y se depositan cada una de éstas porciones en su respectivo vaso de los que se utilizan para efectuar la prueba de residuo por evaporación; se homogeneizan utilizando la varilla de vidrio y se ajusta su peso para que cada porción sea de (50) cincuenta gramos.

b3).- A continuación se eliminan, utilizando la pipeta, los siguientes (390) trescientos noventa centímetros cúbicos de cada una de las muestras contenidas en las probetas, cuidando de no perturbar la parte restante en cada una de ellas.

b4).- En seguida se uniformiza por agitado la porción restante en cada una de las probetas y se toma de cada una de ellas una muestra de (50) cincuenta gramos, depositándola en su respectivo vaso, de los utilizados para la prueba de residuo por evaporación.

b5).- Se determina en cada una de las porciones de (50) cincuenta gramos, el contenido de residuo asfáltico por evaporación, siguiendo el procedimiento descrito en dicha prueba anteriormente.

**c).- En ésta prueba se calcula y reporta lo siguiente:**

c1).- Los promedios de los contenidos de residuo asfáltico por evaporación, correspondientes a la parte superior y a la inferior de las respectivas muestras, designando cada promedio como  $R_s$  y  $R_i$  en el orden indicado.

c2).- Se calcula y reporta el asentamiento de la emulsión, utilizando la siguiente fórmula:

$$S = R_i - R_s$$

En donde:

$S$  es el asentamiento de la emulsión, en por ciento.

$R_i$  es el contenido promedio de residuo por evaporación, de las porciones inferiores de las muestras contenidas en las probetas, en por ciento.

$R_s$  es el contenido promedio de residuo por evaporación, en las porciones superiores de las muestras contenidas en las probetas, en por ciento.

**5.11.- Retenido en la Malla No. 0.850**

La siguiente prueba que se describe, es aquella que se usa para determinar el retenido en la malla Núm. 0.850, que presentan las emulsiones asfálticas cuando tienen glóbulos relativamente grandes; el procedimiento consiste esencialmente en hacer pasar una cantidad de emulsión a través de la malla mencionada y cuantificar en por ciento el asfalto que se retiene en dicha malla. El resultado de ésta prueba permite estimar la uniformidad de la emulsión.

**a).- El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:**

\* Malla Núm. 0.850.

\* Fondo para mallas.

\* Vaso de precipitado de vidrio o vaso de aluminio, con capacidad de (1,000) mil centímetros cúbicos.

\* Solución de oleato de sodio al (2%) dos por ciento, que se prepara disolviendo (2) dos gramos de oleato de sodio puro en (100) cien centímetros cúbicos de agua destilada.

\* Balanza con capacidad de (2,000) dos mil gramos y aproximación de (0.1) cero punto un gramo.

**b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:**

b1).- Se pesan la malla Núm. 0.850 y el fondo, y se registra este peso como  $W_t$ , en gramos.

b2).- De una muestra de emulsión obtenida como se indica en la cláusula, debidamente homogeneizada, se vierten en el vaso (1,000) mil gramos y a continuación se hacen pasar por la malla Núm. 0.850, para separar el retenido en dicha malla, la que previamente se humedece aplicándole una capa delgada de la solución de oleato de sodio.

b3).- En seguida se lavan el vaso y la malla con la solución de oleato de sodio, hasta que dicha solución salga limpia.

b4).- Se inserta el fondo en la malla que contiene el retenido y se secan en el horno durante (2) dos horas a una temperatura de (105°C) ciento cinco grados centígrados, después de lo cual se sacan del horno, se dejan enfriar a la temperatura ambiente y se pesan anotando su peso como  $W_r$  en gramos.

**c).- En ésta prueba se calcula y reporta el retenido en la malla Núm. 0.850, utilizando la siguiente fórmula:**

$$R = \frac{W_r - W_t}{10}$$

En donde:

**R** es el material asfáltico retenido en la malla Núm. 0.850, en por ciento.

**$W_r$**  es el peso de la malla con su retenido y el fondo, después de secarse en el horno, en gramos.

**$W_t$**  es el peso de la malla y el fondo, en gramos.