

“REOLOGÍA DE LIGANTES ASFALTICOS MEDIANTE EL VISCOSIMETRO BROOKFIELD”

Becario: García Eiler Luciana Martina.

Tutor: Ing. Cecilia Soengas.

Área: Materiales Viales.

Año 2009.

I. Introducción

El conocimiento de la consistencia de los materiales a través de determinaciones de viscosidad es uno de los parámetros principales cuando se quiere medir el comportamiento al flujo de fluidos líquidos o semisólidos, entre los cuales podemos citar a los asfaltos.

Además, conocemos que el asfalto es una suspensión coloidal en la cual los asfaltenos están rodeados por una fase estabilizada de resinas polar formando una miscela compleja dispersa en una fase oleosa malténica; ofreciendo diferentes comportamientos *reológicos* según la naturaleza de esta.

Al igual que otros materiales fluidos que necesitan ser bombeados, mezclados, vertidos, etc. también en los asfaltos es de relevante importancia el estudio de la consistencia de los mismos en función del tiempo, de la temperatura y del esfuerzo al cual se encuentran sometidos.

La consistencia del asfalto decrece a medida que aumenta la temperatura, por lo cual deben ser estudiados como materiales termoplásticos. A muy bajas temperaturas se comporta como un sólido rígido, a temperaturas medias tiene un comportamiento visco-elástico y a altas temperaturas es un líquido viscoso.

I. A. Conceptos de Reología

La reología se define como la ciencia que estudia la deformación y el flujo de la materia. Esto explica cómo un material responde a fuerza.

Es la ciencia de flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos.

Estudia la respuesta mecánica de un material, cuyas propiedades varían en función de la temperatura y al tiempo de aplicación de una carga, excluyéndose los fenómenos de rotura.

I. B. Conceptos de Viscosidad

La viscosidad se puede definir como una medida de la resistencia a la deformación del fluido. Este concepto relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación.

$$\tau: \mu \cdot D$$

Donde:

τ : esfuerzo cortante

μ : viscosidad

D : velocidad de deformación

Nomenclatura para el análisis dimensional:

L unidades de longitud

M unidades de masa

T unidades de tiempo

F unidades de fuerza

$$\mu: \frac{\tau}{D} = \frac{\tau}{\frac{du}{dn}} = \frac{\frac{F}{L^2}}{\frac{\frac{L}{T}}{L}} = \frac{F \cdot T}{L^2} = \frac{N \cdot s}{m^2} = Pa \cdot s \text{ o } mPa \cdot s$$

$$\tau: \mu \cdot D = \frac{F \cdot \cancel{L}}{L^2} \cdot \frac{\frac{L}{\cancel{T}}}{L} = \frac{F}{L^2} = \frac{N}{m^2} = Pa \text{ o } mPa$$

$$D: \frac{\tau}{\mu} = \frac{\frac{F}{L^2}}{\frac{F \cdot T}{L^2}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{s}$$

Existen 3 tipos de viscosidad: la dinámica, la cinemática y la aparente:

- Viscosidad dinámica (μ): representando la curva de fluidez (esfuerzo cortante frente a velocidad de deformación) se define como la pendiente en cada punto de dicha curva.
- Viscosidad cinemática (ν): relaciona la viscosidad dinámica con la densidad del fluido utilizado.
- Viscosidad aparente (μ): se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. La viscosidad para fluidos no newtonianos, esta denominación se explica en el siguiente punto:

En el Gráfico N° 1 se puede apreciar la representación de la viscosidad dinámica y aparente.

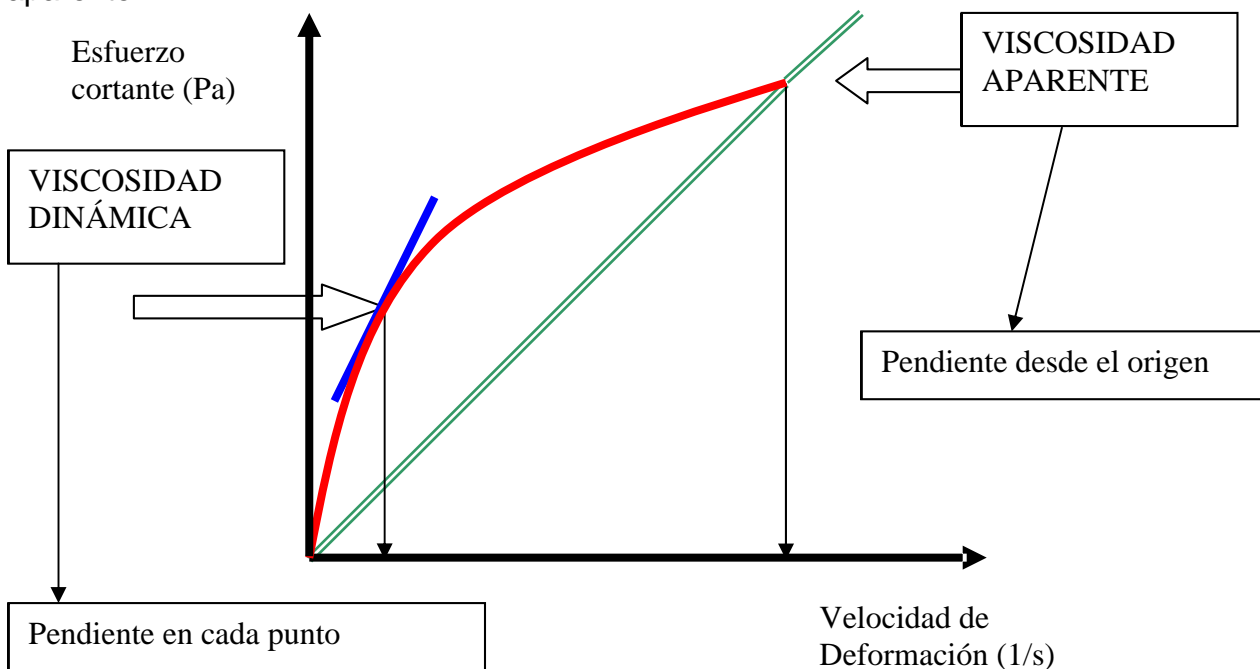


Gráfico N° 1: Curva de fluidez

I. C. Tipos de fluidos

Existen tres tipos de fluidos: newtonianos, no newtonianos y viscoelásticos:

- **Newtonianos**; proporcionalidad entre el esfuerzo de cortante y la velocidad de deformación.
- **No Newtonianos**; no hay proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación.
- **Viscoelásticos**; se comportan como líquidos y sólidos, presentando propiedades de ambos.

La relación entre el esfuerzo cortante aplicado y la velocidad de deformación viene dada por la Ley de viscosidad de Newton la cual responde a la ecuación:

$$\tau_{xy} = \mu \cdot \frac{du}{dt}$$

Siendo:

τ_{xy} = esfuerzo cortante (mPa)

μ = viscosidad dinámica del fluido (mPa·s)

du/dy = velocidad de deformación del fluido (s⁻¹) = D

Estas unidades son obtenidas por el análisis dimensional de la pag.2 siendo las más utilizadas en reología.

En el Cuadro N° 1 se pueden apreciar los distintos tipos de fluidos.



Cuadro N° 1: Tipos de Fluidos

I. C. 1. Fluidos newtonianos

Este se caracteriza por cumplir la Ley de Newton, es decir, que existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. Si por ejemplo se triplica el esfuerzo cortante, la velocidad de deformación se va a triplicar también. Esto es debido a que el término μ (viscosidad) es constante para este tipo de fluidos y no depende del esfuerzo cortante aplicado.

Hay que tener en cuenta también que la viscosidad de un fluido newtoniano no depende del tiempo de aplicación del esfuerzo, aunque sí puede depender tanto de la temperatura como de la presión a la que se encuentre.

I. C. 2. Fluidos no newtonianos

Son aquellos en los que la relación entre esfuerzo cortante y la velocidad de deformación no es lineal. Estos fluidos a su vez se diferencian en *dependientes e independientes del tiempo*.

I. C. 2. 1. Fluidos independientes del tiempo de aplicación:

Estos fluidos se pueden clasificar dependiendo de si tienen o no esfuerzo umbral, es decir, si necesitan un mínimo valor de esfuerzo cortante para que el fluido se ponga en movimiento.

I. C. 2. 1. a. Fluidos sin esfuerzo umbral:

▪ Fluidos pseudoplásticos:

Este tipo de fluidos se caracterizan por una disminución de su viscosidad, y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación.

▪ Fluidos dilatantes:

Estos son suspensiones en las que se produce un aumento de la viscosidad con la velocidad de deformación, es decir, un aumento del esfuerzo cortante con dicha velocidad.

El fenómeno de dilatación se produce debido a la fase dispersa del fluido. En dicho fluido tiene lugar un empaquetamiento de las partículas, dejando a la fase continua casi sin espacio.

Si a continuación se aplica un esfuerzo, el empaquetamiento se altera y los huecos entre las partículas dispersas aumentan. Además, conforme aumenta la velocidad de deformación aplicada, mayor turbulencia aparece y más difícil es el movimiento de la fase continua por los huecos, dando lugar a un mayor esfuerzo cortante (la viscosidad aumenta).

I. C. 2. 1. b Fluidos con esfuerzo umbral, llamados también plásticos

Este tipo de fluido se comporta como un sólido hasta que sobrepasa un esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral) y a partir de dicho valor se comporta como un líquido.

Los fluidos plásticos, a su vez, se diferencian en la existencia de proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, a partir de su esfuerzo umbral. Si existe proporcionalidad, se denominan fluidos plásticos de Bingham y si no la hay, se denominan solo plásticos.

I. C. 2. 2. Fluidos dependientes del tiempo de aplicación:

Este tipo de fluidos se clasifican en dos tipos: los fluidos *tixotrópicos*, en los que su viscosidad disminuye al aumentar el tiempo de aplicación del esfuerzo cortante, recuperando su estado inicial después de un reposo prolongado, y los fluidos *reopécticos*, en los cuales su viscosidad aumenta con el tiempo de aplicación de la fuerza y vuelven a su estado anterior tras un tiempo de reposo.

I. C. 2. 2. a. Fluidos tixotrópicos

Estos se caracterizan por un cambio de su estructura interna al aplicar un esfuerzo. Esto produce la rotura de las largas cadenas que forman sus moléculas.

Dichos fluidos, una vez aplicado un estado de cizallamiento (esfuerzo cortante), sólo pueden recuperar su viscosidad inicial tras un tiempo de reposo.

I. C. 2. 2. b. Fluidos reopécticos

Los fluidos reopécticos, se caracterizan por tener un comportamiento contrario a los tixotrópicos, es decir, que su viscosidad aumenta con el tiempo y con la velocidad de deformación aplicada y presentan una histéresis inversa a estos últimos.

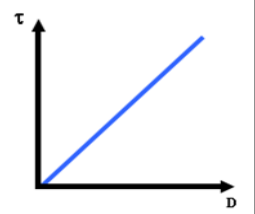
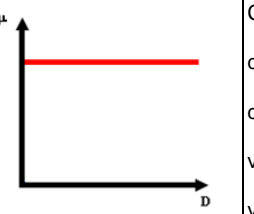
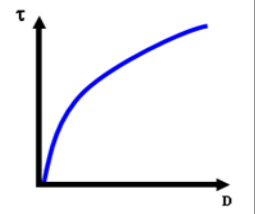
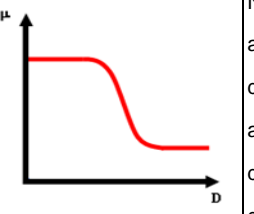
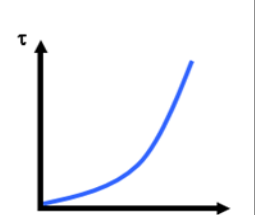
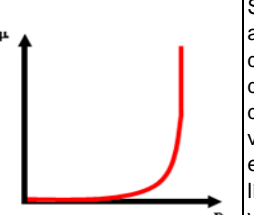
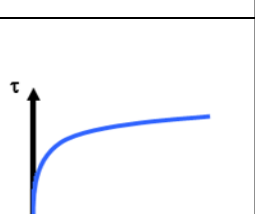
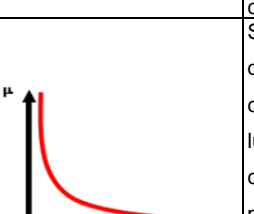
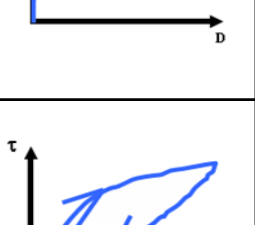
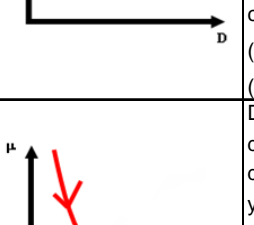
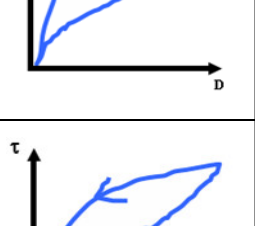
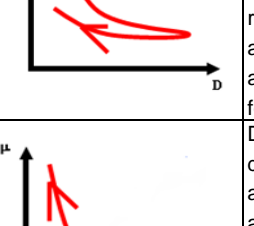
Esto es debido a que si se aplica una fuerza se produce una formación de enlaces intermoleculares conllevando un aumento de la viscosidad, mientras que si cesa ésta se produce una destrucción de los enlaces, dando lugar a una disminución de la viscosidad.

I. C. 3. Fluidos viscoelásticos

Los fluidos viscoelásticos se caracterizan por presentar a la vez tanto propiedades viscosas como elásticas. Esta mezcla de propiedades puede ser debida a la existencia en el líquido de moléculas muy largas y flexibles o también a la presencia de partículas líquidas o sólidos dispersos.

I. D. Cuadro de fluidos

Para una mejor comprensión de los tipos de fluidos se representan dos tipos de gráficas, la “Curva de Fluidez” y la “Curva de Viscosidad”. En la Curva de Fluidez se grafica el esfuerzo cortante frente a la velocidad de deformación (τ vs. D), mientras que en la Curva de Viscosidad se representa la viscosidad en función de la velocidad de deformación (μ vs. D) y ejemplos de cada uno de ellos, los cuales se pueden observar en el Cuadro N° 2:

TIPO DE FLUIDO	CURVA DE FLUIDEZ	CURVA DE VISCOSIDAD	COMPARACIÓN	EJEMPLOS
NEWTONIANOS			Con el aumento de la velocidad de deformación aumenta el esfuerzo de corte en forma proporcional. La viscosidad se mantiene constante ya que es la tg de dicha recta.	agua, aceite, asfaltos convencionales a altas temperaturas , etc.
NO NEWTONIANOS PSEUDOPLÁSTICOS			No dependen del tiempo de aplicación de la fuerza. Dependen de la velocidad de deformación. Al aumentar la velocidad de deformación disminuye el esfuerzo de corte y por ende la viscosidad.	kétchup, mostaza, algunas clases de pinturas, suspensiones acuosas de arcilla, asfaltos modificados con polímeros a altas temperaturas , etc.
NO NEWTONIANOS DILATANTES			Son independientes del tiempo de aplicación. Se produce un aumento de la viscosidad con la velocidad de deformación, es decir, un aumento del esfuerzo de corte con dicha viscosidad. Con velocidades bajas el fluido se comporta como un líquido de baja viscosidad y con velocidades de deformación altas como un sólido.	harina de maíz, disoluciones de almidón muy concentradas, arena mojada, dióxido de titanio, etc.
NO NEWTONIANOS PLÁSTICOS			Se comporta como un sólido hasta que sobrepasa un esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral), luego de este valor se comporta como un líquido. Pueden ser proporcionales el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación (fluidos plásticos de Bingham) o no (fluidos plásticos).	chocolate, arcilla, mantequilla, mayonesa, pasta de dientes, emulsiones, espumas, etc.
NO NEWTONIANOS TIXOTRÓPICOS			Dependen del tiempo de aplicación de la fuerza. La viscosidad va disminuyendo al aplicar una fuerza y acto seguido vuelve a aumentar al cesar dicha fuerza debido a la reconstrucción de sus estructuras y al retraso que se produce para adaptarse al cambio. Aparece el fenómeno de histéresis.	pinturas, yogurt, tintas de impresión, salsa de tomate, aceites del petróleo, nylon, etc.
NO NEWTONIANOS REOPÉPTICOS			Dependen del tiempo de aplicación de la fuerza. La viscosidad va aumentando al aplicar una fuerza y acto seguido vuelve a disminuir al cesar dicha fuerza. Comportamiento contrario a los tixotrópicos. Aparece el fenómeno de histéresis.	yeso, etc.

Cuadro N° 2: Curvas de los distintos tipos de fluidos

II. Ligantes Asfálticos

II. A. Definición de ligante asfáltico

El asfalto puede definirse como un ligante hidrocarbonado sólido o semisólido, natural o preparado a partir de hidrocarburos naturales por destilación, oxidación o cracking, que contienen una baja proporción de productos volátiles.

Los cementos asfálticos provenientes del petróleo están formados por compuestos de alto peso molecular. Estos compuestos son de estructura muy compleja, siendo

hidrocarburos y hetero compuestos formados por carbono e hidrógeno acompañados de pequeñas fracciones de nitrógeno, azufre y oxígeno y frecuentemente de Ni, V, Fe, Mg, Cr, Ti, Co, etc.

Los tipos de hidrocarburos que intervienen en su composición son:

- Parafínicos.
- Nafténicos.
- Aromáticos.

Existe una primera destilación mediante precipitación con hidrocarburos saturados de bajo peso molecular (pentano y heptano). Conviven así dos fracciones:

A. La fracción insoluble, que se la denomina asfaltenos.

B. La fracción soluble, que se la denomina maltenos.

Los asfaltenos a temperatura ambiente son un cuerpo sólido, negro y frágil; son hidrocarburos aromáticos. Estos ejercen gran influencia sobre las características adhesivas y aglomerantes. Su contenido varía entre el 5% y el 25% dependiendo del crudo y del proceso de obtención.

Los maltenos, fracción soluble en heptano, son de aspecto aceitoso. Entre ellos se encuentra el malteno aromático; son los de menor peso molecular en el asfalto y representan entre el 40% y el 60% del ligante.

De acuerdo a la estructura coloidal los asfaltos se pueden clasificar en:

- TIPO SOL: Suficiente contenido de resina y aceite.
- TIPO GEL: Escaso contenido de resina y aceite.

La estructura coloidal está relacionada con las propiedades de los betunes asfálticos, en especial con las reológicas.

Así aparecen asfaltos con comportamiento newtoniano, como los tipos sol, y los viscoelásticos, como los tipos gel.

II. B. Ligantes asfálticos modificados

Es un asfalto al cual se le ha añadido de manera homogénea y estable, en un cierto porcentaje previamente analizado, algún tipo de aditivo para mejorar sus propiedades reológicas. El asfalto es un material muy susceptible a los cambios de temperatura, sufre envejecimiento por intemperismo, es afectado por la oxidación y fotodegradación.

Sus propiedades mecánicas son muy pobres: es quebradizo a bajas temperaturas y fluye un poco arriba de la temperatura del medioambiente, además de tener una baja recuperación elástica, lo que limita ampliamente su rango de utilidad.

Por estas razones el material asfáltico, en ocasiones, tiene que ser modificado mediante la adición de un agente químico para mejorar sustancialmente sus propiedades reológicas, es decir, que mejoren su comportamiento para una amplia gama de condiciones de temperatura o de aplicación de las cargas (altos desempeños en su funcionamiento al momento de estar en servicio, recibiendo las cargas del tráfico y soportando los posibles gradientes de temperatura).

El término aditivo es general y puede referirse a muy diversos materiales. Con el rápido desarrollo de la tecnología existen en el mercado numerosos productos que pueden tener efectos beneficiosos, aunque deban usarse con prudencia y con el pleno conocimiento de su comportamiento.

Los principales tipos de adiciones de un cemento asfáltico son las siguientes:

- Mejoradores de adherencia: son agentes de superficie, que incorporados al asfalto optimizan la interacción de éste con los áridos.
- Filler: polvos calcáreos o espesantes: El aporte de finos a las mezclas asfálticas hace que se conforme con el ligante asfáltico, el denominado masic asfáltico, que es el encargado de aglomerar los agregados gruesos de las mezclas asfálticas y dar las características de micro asperezas a efectos de disminuir la distancia de frenado. El pasante por el tamiz N° 200 de ASTM califica al filler, y mediante la determinación de la

concentración crítica de filler se puede estimar la máxima admisión del polvo de aportación.

- **Asfaltitas:** Es un asfalto natural en estado sólido. Poseen un alto contenido de asfaltos en aproximadamente un 95% y se incorporan con muy baja energía, con un simple mezclado. Tiene así el sistema un óptimo comportamiento a altas temperaturas ambientes, una mala performance a bajas temperaturas rigidizando las mezclas.
- **Fibras:** El objeto de su adición es lograr mezclas con mayor capacidad de retención de asfalto a efectos de dotar a las mismas de mayor durabilidad y brindar mayor impermeabilidad a la estructura del pavimento protegiendo las capas ligadas de aporte estructural.
- **Polímeros:** Con la incorporación de polímeros se busca contar con ligantes mas viscosos a temperaturas elevadas para reducir las deformaciones permanentes de las mezclas que componen las capas de rodamiento, aumentando la rigidez y por otro lado disminuir el fisuramiento por efecto térmico a bajas temperaturas y por fatiga, aumentando su elasticidad. Finalmente permite disponer de un ligante de mejores características adhesivas y de mayor durabilidad.

II. C. Clasificación de asfaltos para uso vial por viscosidad

Los asfaltos se clasifican por viscosidad mediante la Norma IRAM 6835. Esta norma establece las características de los asfaltos normales clasificados mediante la viscosidad a 60°C; siendo la clasificación detallada en el Cuadro N° 3:

Clase	Ámbito de viscosidad
	(dPas)
CA - 5	400 - 800
CA - 10	800 - 1600
CA - 20	1600 - 2400
CA - 30	2400 - 3600
CA - 40	3600 - 4800

Cuadro N° 3: Clasificación de ligantes por viscosidad

III. Viscosímetros

III. A. Viscosímetros capilares:

Se realiza la viscosidad de asfaltos convencionales a 60 °C. Los dos tipos más comunes en uso son el viscosímetro de vacío del Asphalt Institute y el viscosímetro de vacío Cannon – Manning, los cuales se pueden ver en la Figura N° 1. Se calibran con aceites normalizados. Para cada viscosímetro se obtiene un “factor de calibración”. Generalmente, los viscosímetros vienen calibrados por el fabricante quien suministra estos factores.

El viscosímetro se monta en un baño de agua a temperatura constante, controlado termostáticamente. Se vuelca asfalto precalentado en el tubo grande hasta que alcanza el nivel de la línea de llenado. El viscosímetro lleno se mantiene en el baño por un cierto tiempo hasta que el sistema alcance la temperatura de equilibrio de 60 °C (140 °F).

Se aplica un vacío parcial en el tubo pequeño para inducir el flujo, porque el cemento asfáltico a esta temperatura es muy viscoso para fluir fácilmente a través de los tubos capilares del viscosímetro. También se conecta al sistema una bomba de vacío.

Luego que el baño, viscosímetro y el asfalto se han estabilizado en 60 °C (140 °F), se aplica vacío y se mide con un cronómetro el tiempo, en segundos, que tarda el cemento asfáltico en fluir entre dos de las marcas. Multiplicando este tiempo por el factor de calibración del viscosímetro se obtiene el valor de la viscosidad en poises, la unidad patrón para medir viscosidad absoluta.

El viscosímetro de vacío del Asphalt Institute tiene muchas marcas para medir el tiempo. Seleccionando el par apropiado, se puede usar para asfaltos con una amplia variación de consistencias.

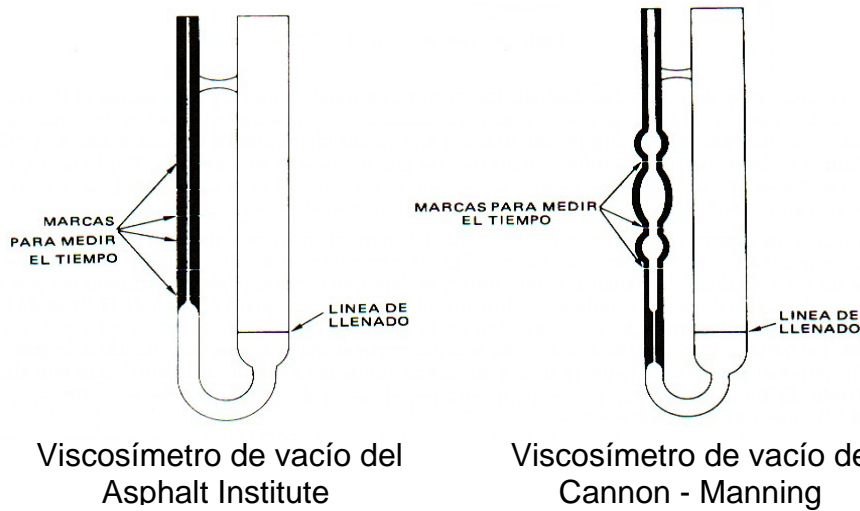


Figura N° 1: Viscosímetros de Vacío

III. B. Viscosímetros rotacionales:

Estos se clasifican en: Analógicos denominados con la letra T y digitales denominados con las letras DV.

III. B. 1. Analógicos: Este tipo de viscosímetro solo mide torque, el cual multiplicado por un factor (depende de la aguja y de la velocidad) da como resultado la viscosidad.

III. B. 2. Digitales: Posee una pantalla en la cual leemos directamente la viscosidad, el torque, etc.

Para medir viscosidades en ligantes asfálticos se pueden utilizar tanto los viscosímetros analógicos como los digitales aunque en la actualidad solo se utilizan para este tipo de ensayos los viscosímetros digitales debido a que nos brindan más datos que los viscosímetros analógicos y nos da la posibilidad mediante la incorporación de un software se obtener gráficos de las viscosidades obtenidas.

Hay distintos modelos dependiendo del rango de las viscosidades a medir, en el Cuadro N° 4 está la clasificación.

Tipo de Viscosidad	Modelos
Baja	LV
Media	RV
Alta	HA y HB

Cuadro N° 4: Clasificación de modelos de viscosímetros

Para la obtención de las viscosidades de ligantes asfálticos se pueden utilizar todos los modelos mencionados anteriormente.

IV. Viscosímetro BROOKFIELD

En el LEMaC contamos con un Viscosímetro Brookfield RVDV – II + Pro con cámara termostatzada de tipo Brookfield Thermosel.

El viscosímetro Brookfield DV-II+Pro mide la viscosidad de fluidos a rangos de corte dados. Este aparato ofrece una versatilidad excepcional en las modalidades permitidas

por la operación tradicional, la operación automática a través de programas brindadas desde la PC o por el control completo por PC usando el software Brookfield Wingather. Lo principal operación del viscosímetro DV – II + Pro es guiar una aguja (que esta sumergida en el líquido a ensayar) a través de un resorte calibrado. El arrastre debido a la viscosidad del fluido contra la aguja, esta medido por la deflexión del resorte. La deflexión del resorte está medida por un transductor giratorio. El principio de medida se basa en aplicar una velocidad de giro constante y medir la resistencia (par de torsión) que ofrece la muestra al giro de la aguja. Se dispone además de un horno eléctrico cerámico controlado por un programador de temperaturas para la medida de la viscosidad a varias temperaturas.

La cámara termostatazada tipo Brookfield Thermosel dispone de un recipiente térmico, un controlador de temperaturas, un juego de rotores, cámaras de muestra, gradilla para las cámaras de muestreo, un tapón aislante y alicates de extracción.



Foto N° 1: Viscosímetro Brookfield con cámara termostatazada de tipo Brookfield Thermosel.



Foto N° 2: Cámara de muestra y juego porta aguja – alargador - aguja.

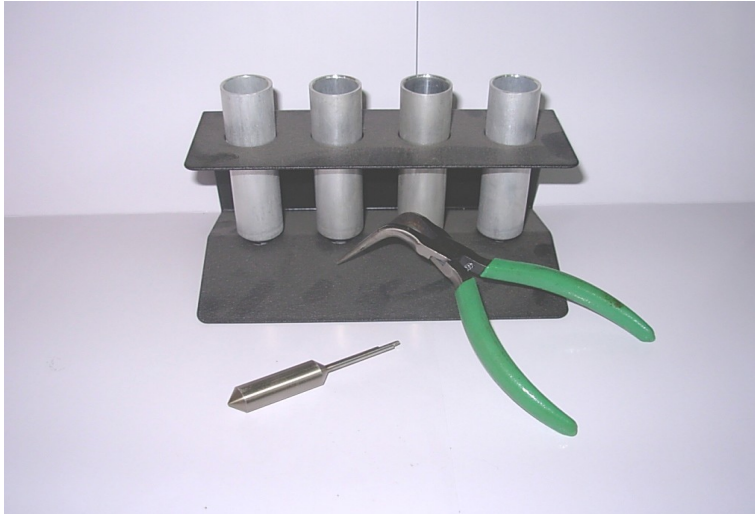


Foto N° 3: Soporte de cámaras de muestra, aguja y pinza de extracción.

V. Norma IRAM 6837:

Determinación de la viscosidad mediante un viscosímetro rotacional con cámara termostatzada, de tipo Brookfield Thermosel o de características similares.

Esta norma describe un procedimiento para la medición de la viscosidad aparente del asfalto en un ámbito de temperatura entre 38 °C y 200 °C, empleando un viscosímetro rotacional con cámara termostatzada, de tipo Brookfield Thermosel o características similares.

V. A. Procedimiento de ensayo:

- Calentar el asfalto a una temperatura de aproximadamente 80 °C mayor que el punto de ablandamiento o hasta que esté lo suficientemente fluido como para poder ser vertido en el cono.
- Colocar la cantidad de asfalto necesaria.
- Seleccionar la temperatura de ensayo con el controlador de temperaturas y encenderlo.
- Presionar cualquier tecla para tarar en cero el equipo (autocering).
- Colocar el juego porta aguja – alargador - aguja en el cabezal del eje del viscosímetro.
- Seleccionar el número de aguja y las revoluciones por minuto para comenzar el ensayo.
- Colocar la cámara dentro del horno del thermosel.
- Bajar la aguja hasta que haga tope la guía de ensayo sobre la base del horno.
- Colocar la tapa del thermosel y esperar 30 minutos para que se establezca la temperatura.
- Luego encender el Brookfield. Pasados los 60 segundos tomar la viscosidad que indica la pantalla.
- Son aceptados los valores en los cuales el torque sea mayor o igual al 10% y menor que el 98%, de no ser así variar las R.P.M.
- Repetir la operación con las nuevas R.P.M.
- En el caso de fluidos newtonianos tomar los valores de SS (esfuerzo de corte) y SR (índice de corte) para luego graficarlos.

V. B. Determinación de Viscosidades en Asfaltos Convencionales

En los asfaltos convencionales se determina la viscosidad para establecer los siguientes parámetros:

- Para clasificarlos según la Norma IRAM 6835. Se realiza la viscosidad a 60° como se ve en el Cuadro N° 5.

VISCOSIDAD BROOKFIELD IRAM 6835					
TEMPERATURA	VISCOSIDAD	RPM	SS	SR	TORQUE
°c	Cp				%
60	426000	0,6	637,5	0,15	25,5
60	427000	1,5	1495	0,375	64,1
60	427000	2	2135	0,5	85,4

Cuadro N° 5: Viscosidad de asfalto convencional

Debido a que e esa temperatura el fluido es newtoniano se promedian las viscosidades tomadas a diferentes R.P.M. siendo esta 426667Cp, lo que lo clasifica como un CA- 40.

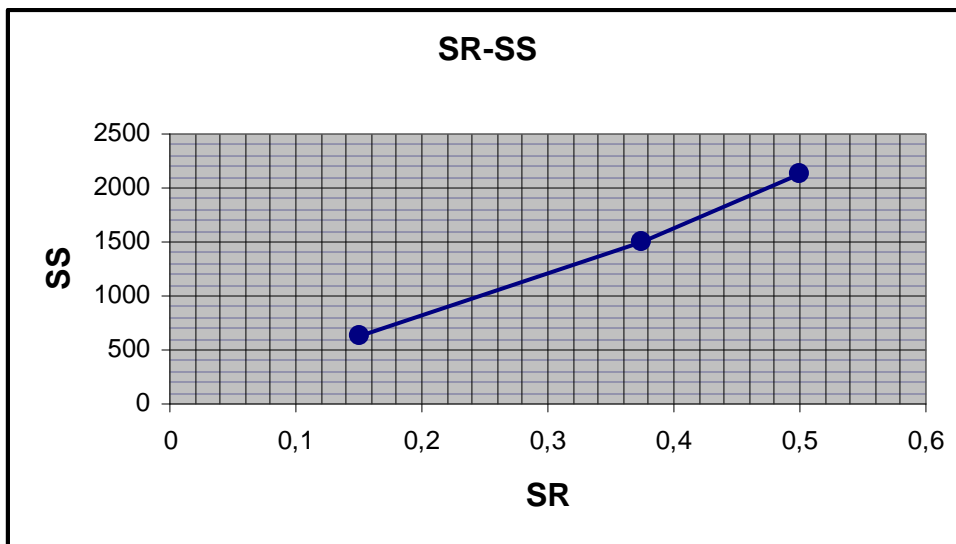


Gráfico N° 2: SR-SS

▪ Para determinar las temperaturas de mezclado y compactación de las mezclas asfálticas. Se realiza la viscosidad a 135° C, 150° C, 170° C y 190° C. Se grafica la curva de calentamiento entre las viscosidades obtenidas a las temperaturas dadas. Se considera temperatura de mezclado la que se obtiene para una viscosidad de 0,17+0,02 Pa s y la temperatura de compactación para una viscosidad de 0,28+0,03 Pa s. En el Cuadro N° 6 se observan las viscosidades obtenidas.

TEMPERATURA	VISCOSIDAD
(°C)	(cP)
135	582
150	283
170	129
190	67

Cuadro N° 6: Viscosidad-Temperatura Asfalto Convencional

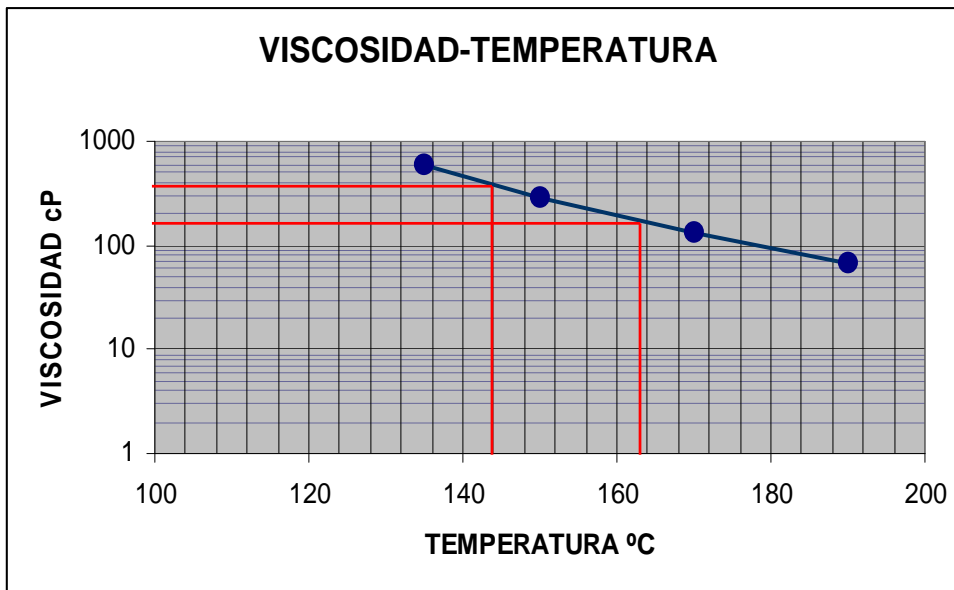


Gráfico N° 3: Viscosidad-Temperatura Asfalto Convencional

Por los resultados obtenidos del ensayo se considera temperatura de mezclado de la mezcla 163°C y temperatura de compactación 144°C como se observa en el Gráfico N° 3.

V. C. Determinación de Viscosidades en Asfaltos Modificados

Para asfaltos modificados la viscosidad se realiza a una determinada temperatura especificando las R.P.M y la aguja utilizadas durante el ensayo, debido a que su comportamiento es no newtoniano. Se grafican las temperaturas en el eje x y las viscosidades obtenidas en el eje y.

Se miden las propiedades del asfalto modificado a altas temperaturas para determinar las características de mezclado y compactación.

Al igual que en los asfaltos convencionales se considera temperatura de mezclado la que se obtiene para una viscosidad de 0,17+0,02 Pa s y la temperatura de compactación para una viscosidad de 0,28+0,03 Pa s.

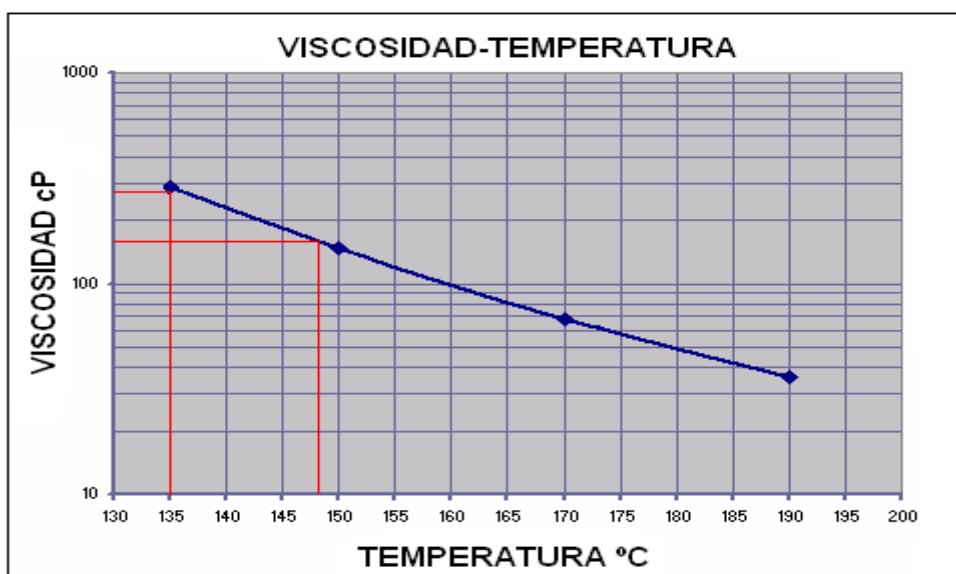


Gráfico N° 4: Viscosidad-Temperatura Asfalto Modificado

Como se observa en el cuadro la temperatura de mezclado de este asfalto modificado es de 148 °C y la de compactación de 135°C como se observa el Gráfico N° 4.

Bibliografía

- Norma IRAM 6835 Asfaltos para uso vial- Clasificados por viscosidad- Requisitos
- Norma IRAM 6837 Determinación de la viscosidad mediante un viscosímetro rotacional con cámara termostatzada, de tipo Brookfield Thermosel o de características similares
- Tesis Ing. Hugo Gerardo Botasso “Inclusión del Caucho Reciclado en Mezclas Asfálticas” UTN FRLP
- Tesis Becario de Investigación Gisela Catriel “Reología en Ligantes Asfálticos” LEMaC UTN FRLP
- BROOKFIELD THERMOSEL ACCESSORY Operating Instructions

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.