

**IAG32-01-2013**  
**MODIFICACIONES FÍSICO QUÍMICAS EN LOS LIGANTES**  
**ASFÁLTICOS DURANTE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE**  
**MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**  
**FÍSICAS MODIFICAÇÕES QUÍMICAS NOS FICHÁRIOS DO ASFALTO**  
**DURANTE OS PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE MISTURAS**  
**ASFÁLTICAS QUENTES.**

Rebollo, Oscar Raúl  
LEMaC, Centro de Investigaciones Viales  
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata  
Calle 60 y 124, La Plata, Buenos Aires, Argentina  
[orrebollo@hotmail.com](mailto:orrebollo@hotmail.com) Tel: +54-221-4890413

Catriel Gisela (\*\*); Botasso, Hugo Gerardo (\*);  
Soengas, Cecilia Judit (\*)  
(\* ) Docentes Investigadores - (\*\*) Becaria de Investigación  
LEMaC, Centro de Investigaciones Viales  
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata  
Calle 60 y 124, La Plata, Buenos Aires, Argentina  
[lemac@utn.frlp.edu.ar](mailto:lemac@utn.frlp.edu.ar) Tel: +54-221-4890413

## **Resumen**

Los asfaltos experimentan cambios físicos y químicos durante su manipulación desde el traslado de la refinería hacia la planta asfáltica hasta su colocación en la obra. Normalmente las condiciones de aceptación que se fijan en las especificaciones técnicas, exigen que el ligante asfáltico cumpla con el rango descrito en las mismas, pudiendo ser por ejemplo que se exija que cumpla con todos los valores de un asfalto CA - 30. El momento y lugar del que se toma la muestra de asfalto no siempre es explicitado como requerimiento, siendo normalmente muestreado al momento que el camión llega a la planta. Es posible que se generen cambios en su composición, sobre todo por la exposición a los prolongados procesos de calentamiento en la cisterna, o en el choque con los áridos o en la extendedora de la mezcla en la obra, generando procesos de oxidación y pérdida de volátiles. Los procesos de oxidación son valorados en general considerando variaciones en los principales indicadores físicos tales como las variaciones de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad. En cuanto a las variaciones composicionales, es cierto que la fracción sólida permanecerá constante, pero el medio en el cual se ven dispersas, puede variar en forma significativa. Por tal razón por medio de análisis cromatográfico se valorarán los hidrocarburos polares aromáticos, los naftenos aromáticos y los saturados. Considerando la expresión del índice de inestabilidad coloidal se pretende observar, en un caso específico de producción de mezcla asfáltica densa en caliente, la variación de este índice, y por consiguiente los posibles cambios del comportamiento del ligante del tipo sol al tipo gel. De esta forma se podrán arribar a conclusiones en cuanto a la oportunidad de las mediciones, límites

exigibles y cuidados en el proceso de manipulación del ligante durante los procesos de fabricación de la mezcla.

## Resumo

Asfaltos experimentar modificações físicas e químicas durante o manipulação desde o transporte da refinaria para a usina de asfalto para ser colocado na obra. Normalmente, as condições de aceitação que são definidos nas especificações técnicas exigem que o ligante asfáltico atende a faixa descrita neles, pode ser, por exemplo, ser obrigado a cumprir com todos os valores de um asfalto CA - 30. O tempo e local a partir do qual uma amostra de asfalto não é sempre expresso como um requisito, sendo geralmente amostrada no momento em que o caminhão atinge na planta. É possível gerar alterações na sua composição, especialmente a exposição prolongada a processos de aquecimento no tanque, ou a colisão com os agregados ou espalhadoras mistura no local, os processos de geração de oxidação e perda de volátil. Processos de oxidação são geralmente avaliados considerando variações de indicadores físicos chave, tais como variações de penetração, ponto de amolecimento e viscosidade. Em termos de variações de composição, é verdade que a fração sólida permanecerá constante, mas o meio em que se encontram dispersos, podem variar significativamente. Por esse motivo, por meio de análise cromatográfica, são medidos os hidrocarbonetos aromáticos polares, naftenos e aromáticos e saturados. Considerando a expressão do índice de instabilidade coloidal é de observar, num caso específico produzindo mistura densa de asfalto, a variação do índice, e, portanto, quaisquer mudanças no comportamento de ligação do sol a gel. Desta forma se podem tirar conclusões quanto à periodicidade das medições, os limites e cuidados necessários no processo de manipulação do aglutinante durante o processo de fabrico da mistura.

## INTRODUCCIÓN

Los asfaltos están compuestos principalmente por asfáltenos y máltenos. Los primeros son compuestos aromáticos polares de alto peso molecular, de color negro que contienen compuestos químicos como nitrógeno, azufre y oxígeno. Los máltenos son sustancias solubles muy polares de color marrón, sólido o semisólido con mayor cantidad de nitrógeno, oxígeno y azufre que los asfáltenos. Además, los máltenos, se dividen en tres fracciones: saturadas, aromáticas y resinas. Los máltenos saturados son aceites viscosos no polares, en general compuestos por cadenas lineales y/o ramificadas de hidrocarburos alifáticos. Las resinas son adhesivas y actúan como dispersantes de los asfáltenos. Los máltenos aromáticos son entre el 40 y el 65 % de la composición total de la mayoría de los asfaltos, siendo fracciones de menor peso molecular; a demás se pueden distinguir los máltenos aromáticos polares se constituyen las resinas del sistema.

Enclavada la problemática de compuestos que intervienen en la formación del asfalto, interesa evaluar ahora sus propiedades. Estas se pueden valorar de diferentes formas siendo las más representativas las valoraciones físicas, químicas y reológicas. Si bien la cantidad de mediciones que se pueden realizar son muchas, tal cual lo reflejan las normas de caracterización de los asfaltos, este trabajo se centrará en seleccionar las principales de cada grupo a efectos de

visualizar los cambios producidos por las variaciones de temperatura. A continuación se detallan las propiedades analizadas:

a) Físicas

- Ensayo de Penetración: Medida de la consistencia del asfalto (Norma IRAM 6576)
- Ensayo de Punto de ablandamiento ó Anillo y Bola: Es la temperatura a la cual el asfalto se vuelve lo suficientemente blando como para comenzar a fluir (Norma IRAM 6841)

b) Reológicas:

- Ensayo de Viscosidad: Se define a la Viscosidad Aparente como la relación entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de cizallamiento de un líquido newtoniano ó no newtoniano (Norma IRAM 6837)

c) Químicas:

- Ensayo de Índice de inestabilidad coloidal: Este ensayo permite separar el asfalto en cuatro fracciones, para luego analizar la composición de cada una de ellas (Norma ASTM D 4124)

Además de la clasificación vista anteriormente, los asfaltos se pueden dividir de acuerdo a la estructura coloidal en:

- Tipo Sol: Suficiente contenido de resinas y aceites.
- Tipo gel: Escaso contenido de resinas y aceites.

La estructura coloidal está relacionada con las propiedades reológicas del asfalto. Así aparecen asfaltos los tipo sol y los tipo gel. Para poder determinar si un asfalto es tipo sol o tipo gel, se utiliza el Índice de Inestabilidad Coloidal (IC) el cual se puede obtener de acuerdo a la Ecuación

$$IC = \frac{\text{Asfaltenos} + \text{Saturados}}{\text{Naftenos Aromáticos} + \text{Polares Aromáticos}} \quad (1)$$

El Índice de Inestabilidad Coloidal, define que si el valor es menor ó igual a 0.6, el asfalto analizado es de tipo sol, mientras que para un valor superior, los asfaltos clasifican como tipo gel. En el desarrollo del presente trabajo se tratará de relacionar el valor de este índice con las propiedades del asfalto.

## PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO DEL ASFALTO

Es sabido que el asfalto se envejece debido a pérdidas de volátiles y oxidación de ciertas moléculas, produciéndose cambios en sus propiedades. En general presentan una gran resistencia al envejecimiento como consecuencia de su naturaleza, fundamentalmente hidrocarbonada de baja radiactividad, pero durante su manipulación y puesta en servicio están sometidos a una serie de factores y agentes externos que originan cambios en su composición y repercuten negativamente sobre sus propiedades. En particular estudiaremos los cambios que se producen en el asfalto cuando se utiliza como material aglomerante de una mezcla de áridos.

Para la confección de una mezcla asfáltica en caliente se hace necesario considerar que el asfalto para poder mezclarse con los áridos, debe tener una viscosidad cercana a los 2 poises utilizando los criterios de equiviscosidad considerando que los áridos deberán estar a la misma temperatura.

Los pasos principales en el proceso de construcción y colocación de una mezcla asfáltica en caliente, son los siguientes:

a) Traslado desde la refinería

El asfalto que se obtiene de la torre de destilación en vacío de la destilería, es trasladado al obrador de la empresa constructora para su utilización. Fotografías 1 y 2.

**Fotografías 1 y 2: Destilación y traslado del asfalto a la planta asfáltica**



En estas fases, el asfalto que proviene de la destilación del crudo, pasa por temperaturas de hasta 360 °C. En el camión cisterna, es trasladado a temperatura cercana a los 80 °C. Por lo antes mencionado, se van dando modificaciones en el material, de mayor o menor grado según se controlen las temperaturas indicadas tanto en el proceso de obtención como en el proceso de traslado.

b) Almacenamiento en el tanque cisterna

Aquí puede ser el sitio donde más tiempo permanezca el asfalto, dependiendo de la producción de la planta asfáltica. El asfalto aquí almacenado, Fotografías 3 y 4, debe tener muy buen control de temperatura, y evitar que el tanque quede a medio llenar para que sea menor la superficie expuesta a la oxidación.

**Fotografías 3 y 4: Almacenamiento en el tanque cisterna**



c) Planta asfáltica

Hay diferentes tipos de plantas asfálticas, las mismas pueden ser del tipo continuas ó discontinuas. En forma general se puede registrar que el asfalto se incorpore junto con el calentamiento de los áridos en un tambor secador mezclador, o que lo haga en otro sitio. Esta situación última, es más ventajosa, pues así el asfalto no se encuentra en contacto con la llama del tambor secador. Independientemente del tipo de planta utilizada para la construcción de la mezcla asfáltica, es aquí donde se produce el punto más crítico del envejecimiento debido a que el asfalto cubre a los áridos, por medio de una fina película, pudiéndose incorporar oxígeno y perjudicando las propiedades reológicas. En la Fotografía 5, se puede visualizar un tambor secador de una planta asfáltica.

**Fotografía 5: Planta asfáltica**



d) Terminadora

Las terminadoras son las encargadas de extender la mezcla asfáltica en obra, cuentan con planchas calefaccionadas las cuales pueden poseer un sistema de calentamiento con energía de llama o eléctrica. Las primeras producen mayor envejecimiento en la mezcla al momento de extenderla, en comparación de las segundas. En las Fotografías 6 y 7 se puede ver una terminadora, comúnmente utilizadas en obra.

**Fotografías 6 y 7: Terminadoras**



## DESARROLLO EXPERIMENTAL

En base a todo lo expuesto, es intención analizar en el presente trabajo, los efectos producidos en el ligante sometido a los procesos térmicos en las etapas enunciadas, con el fin de valorar el proceso de envejecimiento.

Se comenzó analizando el asfalto extraído del camión cisterna proveniente de la destilería. El mismo, fue trasladado a una temperatura a 80 °C hasta el obrador de la empresa constructora, permaneciendo en el camión de transporte durante 120 minutos aproximadamente. Para poder trasvasar el asfalto del camión al tanque, se debió elevar la temperatura de operación a 140 °C. Se realiza aquí el primer tomado de muestra y se identifica la misma como *Asfalto Camión*.

El ligante asfáltico fue almacenado durante dos días en la cisterna de almacenamiento, para posteriormente ser utilizado en la elaboración de la mezcla. El tanque estuvo durante ese período a 140 °C y se encontraba colmado de asfalto. Se toma en ese momento una muestra a la cual se la denominó *Asfalto Tanque*.

En este caso particular el proceso de fabricación de la mezcla asfáltica, se realizó en una planta del tipo continua a contra flujo, con tambor mezclador externo, donde el asfalto fue incorporado. La temperatura de incorporación del asfalto en ese punto fue de 140°C.

Una vez confeccionada la mezcla asfáltica, se procedió a tomar una muestra en la tolva de descarga, la temperatura en este punto fue de 170 °C, temperatura de trabajo en épocas de invierno. Esta muestra fue denominada *Mezcla Planta*.

La mezcla asfáltica así producida es trasladada en camiones recubiertos con lona hasta la calzada a pavimentar. Una vez la mezcla en obra, se extrajo una muestra luego de ser colocada por la terminadora, encontrándose a una temperatura de 145 °C. El tiempo de traslado de la mezcla desde el obrador hasta la obra fue de aproximadamente 70 minutos. A esta muestra se la denominada *Mezcla Terminadora*.

El asfalto extraído de las mezclas, fueron sometidas a la “Practica Estándar para Recuperación de Asfalto de una Solución Usando el Evaporador Rotatorio (Rotovapor)” según norma ASTM D 5404 – 03. Una vez que se cuenta con todas las muestras de asfalto, las mismas fueron analizadas en laboratorio por medio de los ensayos físicos de Penetración según la norma IRAM 6576 y Punto de Ablandamiento según la Norma IRAM 6841. Para conocer sus propiedades reológicas, se realizó el ensayo de Viscosidad con el viscosímetro rotacional Brookfield Thermosel según la norma IRAM 6837. Para obtener los componentes químicos y determinar el Índice de Inestabilidad Coloidal, se realizó el ensayo de Cromatografía de Capa Delgada, más conocido con las siglas TLC en inglés, según la norma ASTM D4124.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez extraído el asfalto de cada una de las muestras por la técnica anteriormente descripta, las mismas fueron sometidas a la metodología de ensayo ya enunciada.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los ensayos físicos.

**Tabla 1: Ensayos físicos**

Ensayos	Norma de Ensayo	Origen del Asfalto			
		Asfalto Camión	Asfalto Tanque	Mezcla Planta	Mezcla Terminadora
Penetración 25 °C- 100 g -5 s (0,1mm)	IRAM 6576	52	52	48	43
Punto de Ablandamiento (°C)	IRAM 6841	54	55	56	61

Como se observa en la Tabla 1 no se producen cambios de significación entre la valoración de la muestra de asfalto Camión y Asfalto Tanque. Donde se observa una variación de mayor importancia es en las muestras de asfaltos recuperadas de la Mezcla Planta y Mezcla Terminadora. Los valores informados son la media obtenida de un total de 10 determinaciones con una dispersión menor al 3%.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los ensayos químicos.

**Tabla 2: Ensayos químicos**

Ensayos	Norma de Ensayo	Origen del Asfalto			
		Asfalto Camión	Asfalto Tanque	Mezcla Planta	Mezcla Terminadora
Saturados (%)	ASTM D4124	16,9	15,5	14,9	14,4
Nafténico Aromáticos (%)		45,5	45,6	40,8	38,7
Polar Aromáticos (%)		29,1	29,5	33,0	33,0
Asfaltenos (%)		8,5	9,4	11,3	13,9

Como se puede apreciar en los resultados mostrados, el porcentaje de hidrocarburos saturados y nafténicos aromáticos van disminuyendo a medida que el asfalto se ve sometido a la acumulación de exposición a la temperatura de los procesos constructivos. Mientras que el porcentaje de asfaltenos, fracción sólida de la muestra, sube en porcentajes debido a que disminuye la totalidad de la matriz dispersante cuantificada por las tres primeras variables de la tabla.

En la Tabla 3 se vuelcan los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Inestabilidad Coloidal.

**Tabla 3: Comparación del índice de inestabilidad coloidal**

Ensayos	Origen del Asfalto			
	Asfalto Camión	Asfalto Tanque	Mezcla Planta	Mezcla Terminadora

Índice de inestabilidad coloidal	0,34	0,33	0,36	0,39
----------------------------------	------	------	------	------

Las variaciones en este parámetro oscilan entre 0.34 y 0.39, en todos los casos inferior al valor de 0.6 indicado como límite para que un asfalto pase de ser tipo sol a tipo gel.

En la Tabla 4, se vuelcan los datos obtenidos del ensayo reológico de viscosidad.

**Tabla 4: Ensayos reológicos**

Ensayos	Norma	Aguja	Rpm	Origen del Asfalto			
				Asfalto Camión	Asfalto Tanque	Mezcla Planta	Mezcla Terminadora
Viscosidad a 60 °C	IRAM 6837	S27	0.1	3200 (dPa *s)	3292 (dPa *s)	5200(dPa *s)	6120(dPa *s)
			0.2				
			0.3				
			0.4				
Viscosidad a 135 °C	IRAM 6837	S27	60	571 (mPa *s)	597 (mPa *s)	725 (mPa *s)	985 (mPa *s)
			70				
			90				
			100				

Las variaciones registradas en la viscosidad resultan ser coherentes y con la misma tendencia que las registradas en los ensayos físicos y composicionales.

## CONCLUSIONES

Las técnicas constructivas consideradas en el presente trabajo como representativas de las habituales en las prácticas constructivas de la provincia de Buenos Aires, República Argentina producen modificaciones en las propiedades físicas, reológicas y de composición del asfalto utilizado, en entornos de aceptación considerados como óptimos. Se puede decir que mientras exista un control que acote los tiempos de exposición del asfalto a las temperaturas requeridas en el proceso constructivo, con la tecnología representativa de lo disponible en la región, las variaciones registradas en las variables evaluadas, permiten seguir clasificando al ligante como tipo sol.

De esta forma el asfalto está en un entorno de calidad aceptable al momento de entrar en servicio en la calzada.

Sin embargo conviene señalar que los valores obtenidos en todas las tablas en la columna Mezcla Terminadora, resultan ser los valores iniciales de servicio del asfalto. Como se ve, difieren de aquellos controles de aceptación que habitualmente se realizan para calificar al asfalto según la columna 1, Asfalto Camión.

Las determinaciones realizadas se consideran complementarias y necesarias para evaluar la recepción del asfalto, las condiciones de operatividad, de fabricación y compactación, y para recepción de la obra.



Además dicho valor se constituyen en una valoración del envejecimiento a corto plazo, dado mayormente por las pérdidas de los volátiles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Bolzán, P., Balige M. (1990). Sistema de Clasificación de Asfaltos Modificados Basados en sus Propiedades Fundamentales. Reunión Técnica de la Comisión Permanente del Asfalto.

Botasso, H. (2007). Inclusión de Caucho Reciclado en Mezclas Asfálticas. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental.

Cárdenas J., Fonseca E. (2009). Modelación del Comportamiento Reológico de Asfalto Convencional y Modificado con Polímero Reciclado, Estudiada desde la Relación Viscosidad-Temperatura. *Revista EIA, Escuela de Ingeniería de Antioquía*. No. 12 p. 125-137.

Figuroa Infante, A. S.; Fonseca Santanilla E. B.; Reyes Lizcano F. A. (2008). Caracterización físico-química e morfológica de asfaltos modificados con material reciclado. Tesis de Investigación denominada Comportamiento Mecánico de una mezcla asfáltica MDC-2 modificada con polímero y polvo de llanta.

Miro Rocosens, R., Perez Jimenez, F. (1989). Evaluación de la Resistencia al Envejecimiento de los Ligantes Bituminosos Mediante el Método Funcional UCL. Congreso Chileno del Asfalto.

Vargas, X., Reyes F. (2010). El Fenómeno de Envejecimiento de los Asfaltos. *Ingeniería e Investigación*, Vol. 30, No. 3, p. 27-44.