

ASIGNATURA / CURSO DE CAPACITACIÓN

FCEIA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO imæ

LIGANTES ASFÁLTICOS

Docentes
Ing. Jorge A. Páramo (director) Montevideo, - Uruguay mayo 2010
Ing. Hugo E. Poncino

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS	Imæ
LIGANTES HIDROCARBONADOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Son productos orgánicos y relativamente inertes, contrariamente a los ligantes hidráulicos, de origen mineral, que necesitan desarrollar "cementación" (fraguado) por reacción química en presencia de agua. • Cuando los ligantes negros se mezclan con áridos, confieren a la mezcla una cierta cohesión y por consecuencia resistencia a la tracción, a la compresión y al corte. 	


T04 LIGANTES ASFÁLTICOS	Imæ
LIGANTES HIDROCARBONADOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Para obtener estos resultados se utilizan dos propiedades bien específicas: su poder de adherencia a los áridos y su consistencia variable con la temperatura. • Son productos visco-elásticos que van a conducir a la obtención de materiales "flexibles" por oposición a las capas de pavimentos tratadas con ligantes hidráulicos, calificadas como "rígidas". • Son denominados ligantes "asfálticos o bituminosos" cuando son derivados del petróleo. 	


T04 LIGANTES ASFÁLTICOS	Imæ
LIGANTES BITUMINOSOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Son derivados del petróleo, es decir provienen del tratamiento natural o industrial del petróleo bruto. • El petróleo, por su parte, resulta de una lenta transformación a escala geológica de depósitos lacustres o marinos de origen animal. • La destilación del petróleo permite separar las diferentes fracciones en función de su punto de ebullición. • Las fracciones más pesadas que se obtienen de esta operación, realizada en destilería o naturalmente, son los <u>betunes o asfaltos</u>. • Soluble en sulfuro de carbono. 	

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS	Imæ
ASFALTOS	
<p>Betunes sólidos y semi sólidos, de color negro o castaño oscuro.</p> <p>Asfaltos naturales: formados por proceso natural (decantación, evaporación o absorción). Asfaltita: asfalto sólido, quebradizo, de fractura conoidal y muy alta temperatura de ablandamiento.</p> <p>Asfalto de petróleo: obtenido en refinería mediante un proceso de destilación de un crudo de petróleo.</p>	

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS	Imæ
TIPOS DE ASFALTOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Ligante básico: cemento asfáltico. • Ligantes derivados: emulsiones asfálticas, asfaltos diluidos, asfaltos fluxados • Ligantes especiales: asfaltos modificados, asfaltos compuestos, asfaltos fillerizados. 	

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS	Imæ
PROPIEDADES	
<p>Las propiedades y características de los asfaltos dependen de su estructura y composición química, las que a su vez dependen de la naturaleza del crudo de origen y del proceso de obtención.</p>	


T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 


COMPOSICIÓN QUÍMICA 

Están constituidos fundamentalmente por una mezcla de hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos, aunque contienen también pequeñas proporciones de azufre, oxígeno y nitrógeno.

Sometidos a precipitación con pentano (hidrocarburo saturado de bajo peso molecular) se obtiene una fracción soluble (maltenos) y una insoluble (asfaltenos)

Los asfaltenos son los componentes de mayor peso molecular y tienen una notable influencia en las características adherentes y en el comportamiento reológico.


T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 


COMPOSICIÓN QUÍMICA 

Los maltenos se separan a su vez en fracciones de aceites que son los constituyentes de menor peso molecular y representan entre el 40 y el 60% en peso del asfalto; y de resinas de peso molecular más alto, mayor polaridad y muy susceptibles a la temperatura (comportamiento vítreo a bajas temperaturas)

```

    graph TD
      ASFALTO -- Insoluble --> ASFALTENOS
      ASFALTO -- Soluble --> MALTENOS
      MALTENOS -- Benceno + Metanol --> RESINAS
      MALTENOS -- Pentano --> ACEITES
  
```

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

COMPOSICIÓN QUÍMICA 

Sistema Coloidal

Los asfaltos son sistemas coloidales constituidos por una dispersión de micelas de asfaltenos, peptizadas por las resinas en un medio aceitoso. Por lo tanto: asfaltenos (fase dispersa), aceites (fase continua) y resinas (coloides protectores alrededor de las micelas evitando la precipitación y coagulación).

El tipo de sistema coloidal dependerá de las proporciones relativas de los tres componentes (asfaltenos, resinas y aceites) y de la compatibilidad de los mismos.

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

COMPOSICIÓN QUÍMICA 

Sistema Coloidal

Pueden clasificarse en:

Tipo SOL: micelas bien peptizadas por las resinas y capas de transición con las moléculas de aceite.

Tipo GEL: gran proporción de micelas e insuficiente de resinas, no hay buena dispersión tendencia a formar estructura continua micelar.



Entre estos dos tipos extremos existen toda una gama de estructuras intermedias.

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

PROCESO DE OBTENCIÓN 

De acuerdo al proceso de obtención utilizado en refinería los asfaltos pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

Asfaltos de destilación directa  

Asfaltos de destilación a vacío, (residuo de destilación)

Asfaltos de destilación a vacío, (residuo de destilación)

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

PROCESO DE OBTENCIÓN 

Asfaltos de destilación a vacío  Se obtienen del crudo reducido o del residuo del crudo sopladado, haciendo pasar una corriente de aire a través de su masa a alta temperatura.

Se producen reacciones de deshidrogenación y polimerización.

Las propiedades dependerán del crudo y del proceso (caudal de aire y temperatura)

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

PROCESO DE OBTENCIÓN

Asfaltos sopladados y reconstituídos → Consiste en soplar un residuo de destilación para aumentar su consistencia (penetración del orden de 10). Luego se lo mezcla con otros residuos más blandos para obtener una gama de distintas penetraciones

Asfaltos reconstituídos → Mezcla de extractos aromáticos, procedentes de la refinación de los aceites lubricantes, con disolventes selectivos con los residuos pesados de destilación o con el residuo desfaltado con propano.




T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

PROPIEDADES MÁS IMPORTANTES

Susceptibilidad Térmica
Carácter termoplástico, por aumento de la temperatura su consistencia debe disminuir y así desarrollar capacidad para "mojar" y envolver los áridos. Al enfriarse deben volver a su consistencia original y dar cohesión a la mezcla.

Adhesividad
Debe poder adherirse de manera fuerte y durable con los áridos a los que va a estar asociado.




T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

PROPIEDADES MÁS IMPORTANTES

Comportamiento mecánico
Su comportamiento mecánico y reológico debe conferir cohesión y flexibilidad a la estructura de la mezcla asfáltica para que pueda resistir las tensiones impuestas por el tránsito.

Resistencia al envejecimiento
Debe conservar sus propiedades en el tiempo, frente a las acciones de los agentes atmosféricos y las condiciones ambientales.




T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

El comportamiento reológico de los asfaltos es de fundamental importancia para su empleo vial, tanto para conseguir una correcta manipulación y puesta en obra en la etapa constructiva, como para valorar su comportamiento en servicio.

Los asfaltos presentan un comportamiento reológico muy complejo que depende de la temperatura, de la carga y del tiempo de aplicación. A temperaturas bajas y cortos intervalos de tiempo el asfalto tiene carácter elástico, mientras que a temperaturas moderadamente elevadas o tiempos de aplicación largos el asfalto se deforma permanentemente y fluye, carácter viscoso.



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

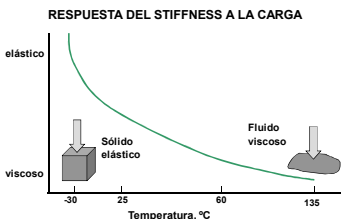





T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico





T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

ENSAYO DE PENETRACIÓN

Norma IRAM 6576 - 1975

Mide la consistencia a 25°C. Sirve de base en un gran número de especificaciones.



Después de 5s.

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

CARACTERIZACIÓN


Comportamiento Mecánico - Reológico

ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO

Norma IRAM 115 - 1959

Mide en forma indirecta la consistencia y equivale a una temperatura de equiviscosidad.



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

ÍNDICE DE PENETRACIÓN


Norma IRAM 6604 - 1983

Fue establecido por Pfeiffer y Van Doormal a partir de los valores de penetración a 25°C y del punto de ablandamiento. Es una medida de la susceptibilidad térmica. Su valor da una indicación de la estructura coloidal y del comportamiento reológico.

$$IP = \frac{30}{1+90B} - 10$$

$$\beta = \frac{\log 800 - \log P}{1.8 T_a - 45}$$

Penetración (IRAM 6576)	Punto de ablandamiento (IRAM 115)				
	50	52	54	56	
60	-0.8	-0.3	+0.2	+0.7	
70	-0.4	+0.1	+0.6	+1.1	
80	0.0	+0.5	+1.0	+1.5	
90	+0.4	+0.9	+1.4	+1.9	

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

ÍNDICE DE PENETRACIÓN

Norma IRAM 6604 - 1983


Fue establecido por Pfeiffer y Van Doormal a partir de los valores de penetración a 25°C y del punto de ablandamiento. Es una medida de la susceptibilidad térmica. Su valor da una indicación de la estructura coloidal y del comportamiento reológico.

$$IP = \frac{30}{1+90B} - 10$$

$$\beta = \frac{\log 800 - \log P}{1.8 T_a - 45}$$

Asfaltos con IP < -1 → son muy susceptibles


Asfaltos con IP > +1 → son poco susceptibles

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

CARACTERIZACIÓN

Temperaturas de utilización

TIPOS DE ASFALTO	PENET. en 1/10mm	PUNTO DE ABLANDAMIENTO (°C)	TEMP. DE BOMBEO (°C)	TEMP. DE MEZCLADO (°C)	PUNTO DE INFLAMACION (°C)	DENSIDAD MEDIA A 25°C (Kg/Dm³)
I	10-50	47-60	125	170	250	1.05
II	50-60	44-56	120	165	240	1.05
III	70-100	41-51	115	155	230	1.03
IV	150-200	33-43	105	145	230	1.03

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

ENSAYO DE DUCTILIDAD

Norma IRAM 6579 - 1966

Es un ensayo de alargamiento a velocidad constante.


Existen dudas sobre su significado, aunque en general los asfaltos más susceptibles son los que presentan valores más altos, por el contrario valores muy bajos indican falta de cohesión y de adhesividad.

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

ENSAYO DE PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS



Mide en forma empírica la fragilidad a bajas temperaturas de los asfaltos y equivale a una temperatura de equiviscosidad para condiciones de fragilidad.

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

ENSAYO DE VISCOSIDAD BROOKFIELD

Norma IRAM 6837 - 2000

- El viscosímetro Brookfield es del tipo rotacional.
- Mide la fuerza de torque requerida para girar un cilindro coaxial (rotor) sumergido en el asfalto.
- El rotor es accionado por un motor a través de un resorte calibrado, el cual sufre el resorte es medida en unidades de torque.
- Utilizando una transmisión múltiple de rotores intercambiables es posible medir en un amplio rango.



(PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL VISCOSÍMETRO BROOKFIELD)

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Comportamiento Mecánico - Reológico

ENSAYO DE VISCOSIDAD BROOKFIELD



- El equipo cuenta con un accesorio de control de temperatura "Thermosel" que puede mantener la temperatura entre 38 y 260°C.
- Operando a una temperatura dada, con un determinado rotor y a diferentes velocidades de rotación, el aparato calcula automáticamente las velocidades de flujo, los esfuerzos de corte y las viscosidades correspondientes.
- Graficando en coordenadas logarítmicas los esfuerzos de corte en función de las velocidades es posible calcular el índice de flujo complejo y de esta manera conocer el comportamiento reológico.

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Adherencia con los áridos

En el comportamiento de una mezcla asfáltica se considera de vital importancia que el ligante moje al árido y lo recubra totalmente (Etapas constructiva).



También, que exista resistencia al desplazamiento del ligante por la acción combinada del agua y el tránsito (Etapas de vida de servicio).

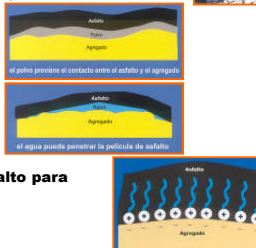
T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Adherencia con los áridos

Un buen contacto entre el asfalto y los áridos dependerá de:

- Limpieza superficial del árido.
- Ausencia de humedad en la superficie del árido.
- Reducida consistencia del asfalto para conseguir que "moje" al árido.



el polvo previene el contacto entre el asfalto y el agregado

el agua puede penetrar la partícula de asfalto


T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Adherencia con los áridos

COMO SE EVALÚA ?

- Inmersión estática
- Inmersión mecánica
- Inmersión dinámica
- Inmersión con tránsito



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Adherencia con el asfalto


COMO SE EVALÚA ?

Inmersión estática

Una cantidad determinada de áridos, de tamaño uniforme y envueltos con el asfalto se sumergen en agua durante 48 horas, se evalúa visualmente el porcentaje de superficie descubierta.

Con árido de referencia de comportamiento conocido es posible evaluar la adherencia de un ligante determinado.

Valores admisibles > 95%



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Adherencia con el asfalto

COMO SE EVALÚA ?

Inmersión mecánica

Se evalúa el efecto de la inmersión en agua por pérdida de una propiedad mecánica determinada.

- Estabilidad Marshall Remanente. Norma de Ensayo VN - E 32 67
- Inmersión - Compresión
- Inmersión - Tracción Indirecta

Valores admisibles > 80%



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERÍSTICAS

Adherencia con el asfalto

COMO SE EVALÚA ?

Inmersión mecánica

Se evalúa la inmersión en agua por pérdida de una propiedad determinada.

- Estabilidad Marshall Remanente. Norma de Ensayo VN - E 32 67
- Inmersión - Compresión
- Inmersión - Tracción Indirecta

Valores admisibles > 80%



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Adherencia con los áridos

COMO SE EVALÚA ?

Ensayo Vialit

Se incrustan 100 áridos sobre una película de asfalto de 2mm de espesor extendida sobre una placa metálica.

Se invierte la placa y se deja caer una bola de acero desde una altura determinada.

Se calcula un índice a partir del número de piedras desprendidas

Valores admisibles > 90%



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Resistencia al envejecimiento

Envejecimiento: cambios en las propiedades de los materiales que ocurren en periodos de tiempo más o menos prolongados y que originan la degradación parcial o total de los mismos.

En los asfaltos el envejecimiento es un fenómeno químico que consiste en la pérdida de los componentes volátiles y en un proceso de oxidación.

Por lo tanto depende de la composición y estructura química del asfalto y de otros parámetros inherentes a la mezcla asfáltica (vacíos, espesor de la película de asfalto), así como de las condiciones ambientales (temperatura, radiación solar, humedad)




T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

CARACTERIZACIÓN

Resistencia al envejecimiento

Estas variaciones (oxidación) se traducen en un aumento de la consistencia (endurecimiento) y consecuentemente de la fragilidad y en una pérdida de la capacidad adherente. Se producen en tres periodos bien diferenciados:

- Transporte, almacenamiento y manipuleo en planta.
- Elaboración y colocación de la mezcla.
- Vida en servicio



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

CARACTERIZACIÓN
Resistencia al envejecimiento

ENSAYO DE PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO EN PELÍCULA DELGADA ROTATIVA (RTFOT).
Norma IRAM 6839 - (En estudio)

1- Se somete la muestra de asfalto al efecto de calor. El asfalto en condición de película delgada.

2- Se gira en forma continua y se insufla una corriente de aire caliente a un caudal determinado.

3- El ensayo durante 85 minutos.

Este ensayo simula el envejecimiento que sufre el asfalto durante su vida en servicio.





ENSAYO RTFOT: Simula el envejecimiento del ligante asfáltico sometido, por ejemplo, luego del mezclado. (ENFC-25 minutos)

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

CARACTERIZACIÓN
Resistencia al envejecimiento

ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO A PRESIÓN (PAV)

1- El asfalto en condición de película delgada se somete durante 20 horas a condiciones de alta presión y elevada temperatura.


2- La temperatura de ensayo es de entre 90 y 110 °C.

3- La presión es de 2070 kPa.

Este ensayo simula el envejecimiento que sufre el asfalto durante su vida en servicio.



ENSAYO PAV: El asfalto se deja durante 20 horas en una bomba a alta presión y temperatura elevada. Simula el envejecimiento luego de 2 a 10 años.

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 


CARACTERIZACIÓN
Resistencia al envejecimiento

ENSAYO DE PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO EN PELÍCULA DELGADA (TFOT).
Norma IRAM 6582

1- Se somete la muestra de asfalto al efecto de calor en una estufa provista de una placa giratoria, durante 5 horas a 163°C, en condición de película delgada, 3,2mm.

2- Se valora la pérdida de volátiles y la oxidación.


3- Guarda relación con las alteraciones del asfalto durante el proceso de mezclado con los áridos en caliente.



T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

LAS NORMAS IRAM Y SUS MODIFICACIONES
IRAM 6604 – 1983 – Clasificación por Penetración


Características	Unidad	Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Penetración a 25°C, 5 seg. 100g	0,1 mm	40	50	50	60	70	100	150	200	200	300
Punto de inflamación Cleveland vaso abierto	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	180	-
Solubilidad en tricloroetano	% V	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-
Olefinis	-	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Índice de penetración	-	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5
Densidad a 25°C / 25°C	-	0,9	9	0,9	9	0,9	9	0,9	8	0,9	8
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min	cm	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-
Ensayo s/ el residuo de Pérdida por calentamiento - TFOT											
Penetración retenida a 25°C	% P	50	-	50	-	50	-	40	-	35	-
Pérdida por calentamiento	%	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,5	-	1,5
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min	cm	50	-	50	-	75	-	75	-	100	-

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

LAS NORMAS IRAM Y SUS MODIFICACIONES
Modificaciones Introducidas por la subcomisión de asfaltos del IAPG a partir de febrero de 2001.

IRAM-IAPG 6604* 2002 – Clasificación por Penetración

Características	Unidad	Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Penetración a 25°C, 5 seg. 100g	0,1 mm	40	50	50	60	70	100	150	200	200	300
Punto de inflamación Cleveland vaso abierto	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-
Solubilidad en tricloroetano	% V	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-
Olefinis	-	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Índice de penetración	-	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5
Densidad a 25°C / 25°C	-	0,9	9	0,9	9	0,9	9	0,9	8	0,9	8
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min	cm	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-
Ensayo s/ el residuo de Pérdida por calentamiento - RTFOT											
Penetración retenida a 25°C	% P	50	-	50	-	50	-	40	-	35	-
Pérdida por calentamiento	%	-	0,8	-	0,8	-	0,8	-	0,8	-	0,8
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min	cm	50	-	50	-	75	-	75	-	100	-

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS 

LAS NORMAS IRAM Y SUS MODIFICACIONES
IRAM 6835 – 1998 – Clasificación por Viscosidad

Características	Unidad	CA 5		CA 10		CA 20		CA 30		CA 40	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Viscosidad a 60°C	Poises	400	800	800	1600	1600	2400	2400	3600	3600	4800
Viscosidad a 135°C	cSt	175	-	250	-	300	-	350	-	400	-
Punto de inflamación Cleveland vaso abierto	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	180	-
Solubilidad en tricloroetano	g/100g	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-
Olefinis	-	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Índice de penetración	-	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5
Ensayo s/ el residuo de Pérdida por calentamiento - TFOT											
Viscosidad a 60°C	Poises	-	2500	-	5000	-	10000	-	15000	-	20000
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min	cm	100	-	75	-	50	-	40	-	25	-

T04 LIGANTES ASFÁLTICOS imæ

LAS NORMAS IRAM Y SUS MODIFICACIONES

Modificaciones Introducidas por la subcomisión de asfaltos del IAPG a partir de febrero de 2001.

IRAM-IAPG 6835* - 2002 - Clasificación por Viscosidad

Características	Unidad	CA 5		CA 10		CA 20		CA 30		CA 40	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Viscosidad a 60°C	Poise	400	800	800	1600	1600	2400	2400	3600	3600	4800
Viscosidad a 135°C	cSt	175	-	250	-	300	-	350	-	400	-
Punto de inflamación Cleveland vaso abierto	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	180	-
Solubilidad en tricloroetano	g/100g	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-
Olefinis	-	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Índice de penetración	-	1,5	+ 0,5	1,5	+ 0,5	1,5	+ 0,5	1,5	+ 0,5	1,5	+ 1,5
Ensayo s/ el residuo de Pérdida por calentamiento RTFOT											
Índice de durabilidad	-	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min	cm	100	-	75	-	50	-	40	-	25	-

