

Título trabajo: **“SELLADORES ASFÁLTICOS DE PRODUCCIÓN NACIONAL”**.

Autores: Gerardo Botasso ¹, Ruben González ² y Pablo Rodríguez ³

Dirección: UTN Calle 60 Esq. 124 - La Plata – Teléfono / fax: +54-221-4890413.

Dirección: SIKa Dr. Wenceslao de Tata N° 5251 - Caceros - Bs. As.

Tel.: +54-11-47343500 – Fax.: +54-11-47343555.

e-mail: lemac@frlp.utn.edu.ar

Entidad u organismo a que pertenece: Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional La Plata - LEMaC - Área Materiales Viales.

1- Director del LEMaC, Investigador Categoría B, Docente UTN, Experto PNUD.

2- Responsable Área Materiales Viales, LEMaC-UTN FRLP.

3- Jefe laboratorio Químico, Sika Argentina S.A.I.C.

RESUMEN

El sellado de juntas, fisuras y grietas es un procedimiento muy utilizado en el mantenimiento preventivo de pavimentos asfálticos. Como resultado de esta técnica se puede reducir el deterioro, restringiendo la penetración del agua superficial a las capas subyacentes de la base y de la subbase, y aumentar la vida útil de la estructura en períodos comprendidos entre dos y cuatro años.

Los productos utilizados en nuestro país, con reconocida respuesta, han sido generalmente originados en el exterior. La realidad que nos toca vivir, de público conocimiento, ha incentivado a empresas locales a producir selladores asfálticos para el mercado nacional e internacional, de similares características.

Actualmente el IRAM, a través de la Norma IRAM 6838, regula los requisitos de distintos selladores, tendiendo a cubrir las distintas necesidades y garantizando la calidad del producto final.

Ante esta realidad, y en el marco del programa de integración Universidad-Empresa, gestado por el LEMaC, se ha desarrollado entre la Empresa Sika y la UTN Facultad Regional La Plata, un sellador del tipo SA-50, de gran utilidad en la obra vial de nuestro país, debido fundamentalmente a su grado de performance, tanto a altas como a bajas temperaturas, cumpliendo con la normativa vigente.

1. INTRODUCCIÓN.

La formación de fisuras en los pavimentos es quizás algo inevitable durante la prestación que brinda el mismo. Las fisuras del tipo superficial, fácilmente distinguibles en cualquier operatoria de evaluación, se constituyen en la primera manifestación del agotamiento de parte de la sección resistente.

Esta situación, generada en principio en forma superficial, puede ir avanzando, provocando la reducción de la sección resistente y ampliando los tipos de deterioro en superficie. No es de extrañar que a la aparición de una fisura le sucedan desprendimientos, ahuellamientos, deformaciones y hasta baches. Todo ello evidencia que neutralizar el efecto de las fisuras es una tarea que debe integrar todo sistema de mantenimiento. Si hablamos de mantenimiento, debemos también incorporar el término oportunidad, es decir la oportunidad de mantenimiento. En este sentido, las principales estrategias fijadas en cualquier sistema o política por cualquier empresa u organismo, revisten el carácter de “preventivo”, vale decir la oportunidad de la operatoria se adelanta al proceso de deterioro descrito.

Cualquier metodología de cálculo incluye en sus consideraciones básicas de diseño el uso de materiales que prestan sus servicios con sectores en estado de fisuración. En cada caso las observaciones fundamentales tienden a valorar los siguientes aspectos:

- 1- La agresividad del medio.
- 2- El ancho característico de la fisura.
- 3- Permanencia del estado de sollicitación.
- 4- Temperatura característica, y/o media mensual o anual.

El mecanismo por el cual pueden aparecer las fisuras en general son:

- Agotamiento por fatiga.
- Envejecimiento del material (ligante asfáltico).
- Deformación plástica.

La relación carga-temperatura (magnitud-permanencia) acrecienta los riesgos de fisuración.

Asumida esta realidad, podemos decir que en un pavimento flexible, calculado para una vida útil en particular, se contemplará durante este período la aparición de fisuras.

La interacción consistirá en neutralizar la acción de la fisura en forma "preventiva". Si la acción se desarrolla de esta forma, la curva de crecimiento del deterioro tendrá una pendiente menor, disminuyendo las dispersiones del sistema y ampliando la confiabilidad del pavimento en cuanto a su prestación, siendo esta última variable de suma importancia en un sistema de gestión.

Por todo lo expuesto podemos decir que el **objetivo** de un sellador será:

- 1- Impedir la filtración de sustancias del medio y neutralizar la agresividad del mismo (acción física).
- 2- Acompañar en servicio (bajo sollicitación tránsito-ambiental), las deformaciones del pavimento en el grado de performance requerido según diseño (temperatura).

Para cubrir estos dos aspectos el sellador deberá demostrar:

a). En una prestación en servicio

- La menor susceptibilidad térmica y adecuado comportamiento a baja y altas temperaturas.
- Adecuada resistencia al envejecimiento.
- No degradable por agentes climáticos.
- No abrasivo, resistente a la abrasión.

- Mantenerse adherido a las paredes de las fisuras y superficie del pavimento.
- Poseer un stiffness (relación tensión-deformación) frente al esquema de servicio.

b). En su fabricación y manipuleo.

- De simple fabricación.
- Ajustable a la tecnología disponible.
- Ser una dispersión estable.
- Procesable en piezas de fácil manipuleo.
- Temperaturas de trabajo compatibles con sistemas de calentamiento (no pasar por procesos de envejecimiento).

2. LA NORMATIVA NACIONAL.

En nuestro país la evolución de estos materiales ha sido importante, comenzando en 1992 con los primeros trabajos de investigación con asfaltos modificados, hasta que, luego de años de trabajo, se cuenta hoy día con una Norma Nacional, la **IRAM 6838, "Selladores asfálticos para juntas, fisuras y grietas de pavimentos"**. En ésta se establece la tipificación y los requisitos de los selladores asfálticos con sus aplicaciones y características de comportamiento, abarcando los climas de nuestro país. Presentamos a continuación las exigencias de dicha Norma:

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	Tipo de sellador								Método de ensayo
		SA - 30		SA - 40		SA - 50		SA - 60		
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Punto de Ablandamiento (A y B)	°C	80	----	85	----	105	----	95	----	IRAM 115
Punto de Inflamación (Cleveland, Vaso abierto)	°C	230	----	230	----	230	----	230	----	IRAM-IAP A 6555
Penetración (25 °C, 150 grs, 5 s)	0,1 mm	35	50	35	55	35	50	60	80	5.1. IRAM 6576 Y ASTM D 217
Recuperación Elástica por Torsión a 25 °C	%	60	----	80	----	90	----	90	----	IRAM 6830
Ensayo de Adherencia	a - 7 °C	Cumplirá el ensayo		Cumplirá el ensayo		Cumplirá el ensayo		----		ASTM D 5329
	a - 15 °C	----		----		----		Cumplirá el ensayo		
Resiliencia	%	35	----	40	----	50	----	55	----	
Viscosidad Dinámica a 170 °C	mPas	Lo declarado por el fabricante								IRAM 6837

3. DESARROLLO

Los requisitos anteriores, nos llevan a la utilización de ligantes asfálticos modificados.

Para el cumplimiento de las especificaciones actuales, se trabajará en “adicionar” productos al ligante asfáltico, para obtener de esta forma un sellador conforme a lo especificado. Dentro de las “adiciones” más comunes, encontramos:

- Polímeros.
- Caucho molido.
- Cargas (filler).

Estas pueden estar solas o combinadas, dependiendo del tipo de sellador que se desea conseguir y conforme a la Normativa de referencia.

El proceso de obtención del sellador puede involucrar, la intervención de agentes aromáticos y es de suma importancia la energía de mezclado utilizada en el proceso.

En la etapa de Laboratorio se trabajará en el “modelo de laboratorio”, el que será trasladado a la etapa de fabricación, “modelo de fabricación”, en la que se reproducirá a escala mayor lo realizado en el laboratorio.

4. MATERIALES.

POLIMEROS:

Son sustancias de elevado peso molecular, existen en una gran variedad, entre los que se encuentran:

- 1- Termoplásticos (Polietileno-PE, Polipropileno-PP, Etileno-acetato de vinilo-EVA, Policloruro de vinilo-PVC)
- 2- Termoendurecidos (Poliuretanos, Resinas Epoxi, Resinas de Poliéster)
- 3- Elastómeros o cauchos, son polímeros lineales amorfos (Caucho Natural-NR, etileno-propileno-EPDM, Butadieno-estireno-SBR)
- 4- Elastómeros termoplásticos, combinación de elastómeros y termoplásticos y sus características combinadas, (Estireno-butadieno-estireno-SBS, lineales o radiales, SIS-estireno-isopreno-estireno), .

No todos los polímeros se pueden incorporar a todos los ligantes asfálticos. Dependerá del tipo de polímero, del tipo de ligante (sobre todo del Índice de Inestabilidad Coloidal, que expresa la presencia de maltenos), aromaticidad de los maltenos y el contenido de asfaltenos. Se realizan distintos tipos de ensayos destinados a evaluar la afinidad entre el ligante y el polímero, los cuales se verán mas adelante.

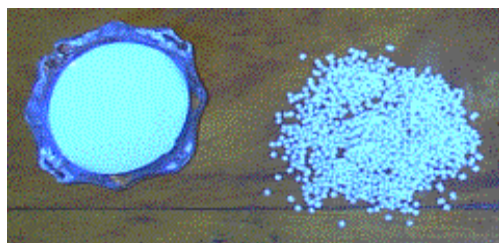
Existen en el mercado distintos polímeros (Dexco, Taipol, Kraton, Dynasol, etc.). Dentro de estos encontramos una gama de precios importante y a su vez varía el tipo de "pelets" (tamaño de producción). Se buscará entonces el material que proporcione la respuesta costo-beneficio acorde.

Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases.

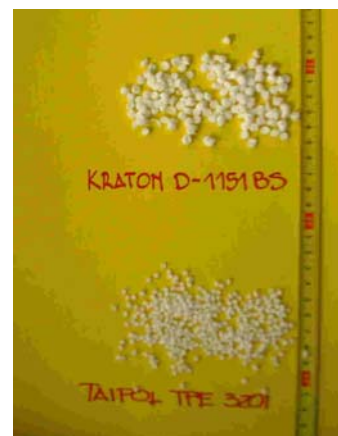
Son entonces materiales ampliamente utilizados en la aditivación de ligantes asfálticos, dándole a estos mejores propiedades respecto del ligante base. Se muestran a continuación, características de algunos polímeros.

POLIMERO I	UNIDAD	VALOR
Styrene-butadiene-styrene block.		70/30
Materia Volátil	%	0.5
Densidad		0.94
Gel	%	0.10

POLIMERO I	UNIDAD	VALOR
Látex de Estireno/butadieno, Líquido homogéneo blanco, con reflejos azules.		
Material no volátil.	%	51.0 ± 1.5
PH		9 ± 1
Aspecto película 75 micr.		seca no pegajosa, transparente
Densidad 25 °C	g/cm ³	1.02 ± 0.01
Tiempo de secado al tacto 75 micr.		15-20 min.



Distintos tipos de polímeros y sus tamaños



CAUCHO RECUPERADO DE NEUMÁTICOS:

Los neumáticos son hoy día un desecho, por lo cual generan un problema ambiental en el mundo. Si bien ofrecen una amplia gama de posibilidades de reutilización o reciclaje, no son generalmente recuperados. El crecimiento del parque automotor y la falta de programas de recuperación, hacen que este problema se vea agravado día a día. Existen pocos países con reglamentaciones y exigencias que consideran la utilización de los neumáticos convenientemente trabajados.

"Químicamente el caucho es un polímero: un compuesto constituido por macromoléculas formadas por la unión de varias moléculas más pequeñas y sencillas que se repiten una y otra vez. Este mismo principio de unión —denominado polimerización— sirve de base para la fabricación de una enorme gama de plásticos por parte de la industria química".

Los neumáticos, cualesquiera que sean y estén en las condiciones de desgaste y/o rotura que sea, deberían ser recuperados para su reutilización o reciclaje.

Según el Manual de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, "el proceso de regeneración de la goma implica la separación de la goma vulcanizada de los demás componentes, y su digestión con vapor y productos químicos, como álcalis, mercaptanos, aceites minerales. El producto de esta digestión es refinado en molinos hasta la obtención de un manto uniforme, para obtener un material granulado. La goma regenerada se usa en compuestos destinados a productos con menor exigencia en cuanto desempeño, tales como alfombras, protectores, suelas de calzados, neumáticos industriales y para bicicletas. Hoy día se lo incorpora al ligante para ser utilizado en las mezclas asfálticas y en los selladores".

Para utilizar al caucho recuperado como material incorporado al ligante asfáltico, se lo somete al proceso de criogénesis. El mismo consiste en la molienda del "neumático recuperado" a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, de esta forma se pueden obtener fracciones que pasan el Tamiz N° 100 en un 100 %.

Al ser el caucho un polímero recuperado, su envejecimiento suele suplirse con la incorporación de agentes rejuvenecedores que se incorporan en la molienda, dependiendo de ésta para que actúe como carga y como agente, existiendo siempre una acción combinada.

La adición de caucho recuperado en porcentajes mayores al 7 %, nos permite obtener valores de modificación en el entorno mostrado en la tabla siguiente:

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALORES
Punto de Ablandamiento (A y B)	°C	66
Punto de Inflamación (Cleveland, Vaso abierto)	°C	236
Penetración (25 °C, 150 grs, 5 s)	0,1 mm	47
Recuperación Elástica por Torsión a 25 °C	%	45
Ensayo de Adherencia	a - 7 °C	---
	a - 15 °C	---
Resiliencia	%	-----
Viscosidad Dinámica a 170 °C	mPas	-----

FILLER:

El filler mineral es utilizado para actuar como espesante, formando parte del mastic asfáltico en las mezclas. Reduce el endurecimiento por envejecimiento y la fragilidad. También es útil para mejorar la cohesión de materiales inertes secundarios.

La cal por ejemplo, suma los efectos químicos que reducen la probabilidad de separación y el envejecimiento, causado por el endurecimiento por oxidación. El efecto filler mejora la resistencia a las altas temperaturas y confiere resistencia a las fracturas a bajas temperaturas. Por tanto, considerando todas estas ventajas multi-funcionales, la cal es claramente un aditivo fundamental para el asfalto mezclado en caliente.

Resumiendo, una de las principales acciones del filler es modificar la relación ligante-filler, frente a los esfuerzos, comportándose el mismo como un material menos deformable para un trabajo de aplicación de carga y una determinada temperatura. La incorporación de filler al sistema permite que la mezcla resultante ocupe mayores espacios.

Sin embargo el exceso de filler en los ligantes, puede fragilizar el sistema y endurecer al mismo dejando un material poco flexible y comprometiendo su comportamiento a bajas temperaturas.

Se ve como posible la incorporación de estos materiales en la fabricación de selladores, cuidando la concentración crítica filler/ligante. Los resultados obtenidos con la incorporación de un filler, son los siguientes:

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALORES
Punto de Ablandamiento (A y B)	°C	68
Punto de Inflamación (Cleveland, Vaso abierto)	°C	239
Penetración (25 °C, 150 <u>grs.</u> , 5 s)	0,1 mm	46
Recuperación Elástica por Torsión a 25 °C	%	10
Ensayo de Adherencia	a - 7 °C	---
	a - 15 °C	---
Resiliencia	%	----
Viscosidad Dinámica a 170 °C	<u>mPas</u>	-----

Otros

Propiedades Talco	Unidad	Valor
Polvo fino claro, homogéneo, seco, libre de sustancias extrañas, constituido esencialmente por silicato de magnesio hidratado.		
Suma de óxidos de silicio y magnesio.	%	Mín. 75 %
Suma de óxidos de aluminio y hierro.	%	Máx. 6 %
Volátiles a 100 °C.		Máx. 1 %
Residuo sobre tamiz IRAM 325 (44 mic.)	%	Máx. 2 %
Residuo sobre tamiz IRAM 200 (74 mic.)	%	Nulo (cero)
Pérdida por calcinación	%	Máx. 7 %
Solubles en agua	%	Máx. 1 %
Absorción de aceite	%	30-50 %

AROMATIZADORES:

Son productos comercializados por las petroleras que, incorporados al ligante, mejoran la compatibilidad con ciertos polímeros, dejando que los mismos se humecten con mayor facilidad.

Dependiendo del tipo de ligante y del polímero, se puede evaluar su inclusión en el sistema.

5. MODELO DE LABORATORIO

El proceso de fabricación de un material con adiciones, en este caso se trata de un sellador asfáltico, es la etapa de mayor importancia y es en esta fase donde se deben extremar los cuidados en pos de una producción sin sobresaltos.

Se analizarán los tiempos totales de duración del proceso de fabricación, los tiempos de adición de los distintos productos y las temperaturas de mezclado.

Como primera medida, se deberá fijar el tiempo total que puede durar el proceso. Se valora el máximo tiempo de mezclado "tolerable" por el Ligante Asfáltico, que será aquel para el cual el Ligante Asfáltico conserve sus propiedades básicas de consistencia (penetración, punto de ablandamiento, etc.). Establecido éste, se está en condiciones de comenzar a realizar las aditivaciones.

La determinación del tiempo antes mencionado no reviste complejidad, pero sí debe realizarse con sumo cuidado. En primer lugar debe tenerse caracterizado el ligante a utilizar para luego fijar tiempos de mezcla, en función de la experiencia que el operador tenga con el equipo.

Con los tiempos de mezclado establecidos y manteniendo fijas las RPM, se coloca en el recipiente la cantidad de ligante a utilizar en una aditivación normal y se procede a realizar un simulacro de mezcla, no utilizándose en esta etapa ningún aditivo. Cumplimentados los tiempos prefijados, se procede a determinar las propiedades mencionadas anteriormente.

Los resultados obtenidos serán indicadores que nos orienten pudiendo ser factible modificar los tiempos, o no; de ser modificados, se realiza nuevamente el proceso, realizándose las determinaciones ya mencionadas. Esta metodología de trabajo, nos da la posibilidad de establecer el tiempo buscado. El procedimiento nos indica que el tiempo de mezclado no debe superar tantos minutos, restará analizar si para el número de RPM escogido en el análisis se logra la dispersión correcta del polímero; este punto es factible de análisis mediante observación por microscopía óptica de fluorescencia por reflexión y con el ensayo de estabilidad al almacenamiento.

La primera técnica consiste en iluminar con luz ultravioleta la muestra, de manera tal que el polímero disperso en el ligante emite una luz visible de mayor longitud de onda (fluorescencia), generalmente de color amarillo, mientras que el ligante no emite fluorescencia alguna, lo que permite observar la micromorfología de la muestra.

La estabilidad al almacenamiento, evalúa la posible desestabilización producida por falta de compatibilidad entre polímero y ligante, por dispersión incorrecta del polímero o porque el sistema y las condiciones de mezclado son ineficientes.

FUNCIONAMIENTO DEL DISPERSOR:

Para la interpretación de la forma de trabajo del equipo consideremos las tres etapas del ciclo de mezclado:

Etapa 1:

Los materiales son colocados por succión en el fondo del cabezal de trabajo y sometidos a una intensa acción de mezclado por la rotación a alta velocidad de las hojas en el espacio cerrado.

Etapa 2:

Durante la expulsión desde el cabezal de trabajo, las hojas del rotor dan al material una intensa acción de corte a alta velocidad, lo que garantiza una rápida y total disolución. El cabezal desintegrador asiste al proceso, disolviendo aglomerados, removiendo grandes tamaños de partículas de manera que produce dispersiones homogéneas en minutos, dando la posibilidad de trabajar con tamaños de partículas variables, con el único cambio del anillo del cabezal (ranuras u orificios).

Etapa 3:

Los materiales procesados son luego expedidos con gran fuerza y velocidad dentro del cuerpo de la mezcla. Al mismo tiempo el material nuevo ingresa a la base del cabezal mezclador. Esta entrada y salida de las mezclas indica un patrón de circulación que dependerá del tamaño del tanque y del tipo de cabezal o equipamiento utilizado.

El total de la mezcla pasa a través del cabezal mezclador cientos de veces durante el proceso. El tiempo máximo del proceso está en relación directa con el cambio de propiedades en el ligante base y con la observación por microscopía óptica de fluorescencia por reflexión, permitiendo ésta observar la homogeneidad y estructura de las mezclas, técnica descrita anteriormente.

La utilización de polímeros en porcentajes altos es inminente para el caso de desarrollar selladores asfálticos. Tengamos presente que para bajos porcentajes de polímero, el ligante presenta la fase continua; el polímero se hincha por las fracciones más ligeras del ligante, produciéndose un aumento de la elasticidad y la resistencia al flujo.

Al aumentar el contenido de polímero, caso de los selladores asfálticos, se observa una inversión, a partir de la cual es la fase polímero quien constituye la fase continua, acompañada esta transición por una modificación importante de las propiedades físicas de la mezcla, que tienden a alcanzar las del polímero.

Si bien la observación por microscopía óptica de fluorescencia por reflexión no nos da la calidad final de la mezcla, se cuenta con una batería de ensayos que proporciona importante información para entender el sistema y los parámetros que pueden influir.

A través de este ensayo podemos observar la existencia o no del sistema bifásico, forma y tamaño de las partículas de polímero y de los globulos de ligante, proporciones relativas de cada fase, finura total de la dispersión, etc.

La combinación de las tres etapas del ciclo, dan como resultado un mezclado controlado y eficiente, para lo cual la acción de la máquina debe ser suave, libre de vibraciones y de las innecesarias y no deseables características de turbulencias contra todo otro tipo de mezcladores de alta velocidad. Todas las partes de trabajo están construidas en acero inoxidable con excepción de los bujes autolubricados. El equipo es de fácil limpieza, con poco o nulo mantenimiento.



**EQUIPO DISPERSOR
DE LABORATORIO**



6. PRODUCTO OPTIMIZADO.

Con los materiales citados y del análisis de las distintas mezclas (ligante + adiciones), surgen las cantidades definitivas, lográndose así un producto conforme a Norma.

Los valores de caracterización del ligante base se indican a continuación:

Ligante Asfáltico

Propiedades	Unidad	Valor
Penetración 25 °C, 5 100 g, seg.	0.1 mm	83
Pto. De Ablandamiento	°C	43
Viscosidad	Poises	660
IP	---	-1.9

Para el análisis final del sellador y como hemos mostrado anteriormente, se anexan otro tipo de ensayos a los ya conocidos para ligantes asfálticos convencionales. Atendiendo a la alta incorporación de polímero (> 8 %) será de interés conocer el comportamiento de estos materiales a bajas y altas temperaturas, siendo importantes propiedades como: su elasticidad (recuperación elástica por torsión), la variación en la consistencia (penetración -cono de penetración y punto de ablandamiento-recomendamos utilizar el anillo grande Tipo B, descrito en la IRAM 6841), la adherencia a bajas temperaturas (-7 °C o -15 °C, varía la temperatura según el tipo de sellador en estudio) y la resiliencia, determinar además la viscosidad a altas temperaturas (170 °C) para establecer condiciones de manejo y aplicación (en este caso está especificado en la Normativa que este valor sea declarado por el fabricante).

Para este caso presentamos los resultados obtenidos para un sellador del Tipo SA-50, conforme a la Normativa IRAM 6838:

CARACTERÍSTICAS		SA-50 IRAM 6838	UNIDAD	VALORES
Punto de Ablandamiento (A y B)		Mín. 105	°C	136
Punto de Inflamación (Cleveland, Vaso abierto)		Mín. 230	°C	235
Penetración (25 °C, 150 grs, 5 s)		Min. 35-Máx. 50	0,1 mm	38
Recuperación Elástica por Torsión a 25 °C		Mín. 90	%	98
Ensayo de Adherencia	a - 7 °C	Cumplirá.	---	Cumple
	a - 15 °C	-----	---	-----
Resiliencia		Mín. 50	%	80
Viscosidad Dinámica a 170 °C		Declara el fabricante.	Poises	

De lo realizado, se observa que es posible elaborar en nuestro país, conforme la Normativa IRAM vigente, un sellador para fisuras y grietas que cumpla con los requerimientos mencionados anteriormente.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- IRAM 6838 – Asfaltos para uso vial, Selladores asfálticos para juntas, fisuras y grietas de pavimentos.
- 2- ASTM D5329 – Método de ensayo normalizado para selladores y rellenos, aplicados en caliente, para juntas y grietas en pavimentos asfálticos y de cemento portland.
- 3- Selladores asfálticos: Evolución y Normativa en la Republica Argentina, Lic. José Julián Bonetto.
- 4- Nuevas tecnologías y equipos para ser utilizados en el mantenimiento y preservación de pavimentos flexibles y rígidos, Patricia Erica Irrgang.