

Titulo Trabajo:

"Obtención de Cementos Asfálticos Modificados con incorporación de Asfaltita y Caucho Reciclado de Neumáticos". Equipamiento, Manufactura y Especificaciones Técnicas.

1º Autor: **Ing. Gustavo Carlos Bacchetta**

Dirección: Portela 501 (1407) Ciudad de Buenos Aires Argentina

Telfs.: 005411-4612-7248 Mail: info@e-asfalto.com

Entidad u Organismo al que pertenece: Manager www.e-asfalto.com

El Ingeniero Químico Gustavo C. Bacchetta ha trabajado en funciones relacionadas a derivados del petroleo de la siguiente manera:

- * Tecnico Laboratorio Lubricantes, Asesor Tecnico Asfaltos, Representante de Ventas, Gerente de Asfaltos Shell Argentina: 1.984 -1.994
 - * Estudio Mercado de Asfaltos Argentina PECOM: 1.995
 - * Jefe del Departamento de Asfaltos DAPSA Argentina: 1.995 -1996
 - * Estudio Mercado de Asfaltos Argentina para Koch Materials Company: 1.997
 - * Proyecto de Instalacion "Planta de Destilacion de Crudos Pesados para la Obtencion de Asfaltos" en Llanquanelo, Provincia de Mendoza:(Argentina, 1.997)
 - * Obtencion de Asfaltos Multigrados Aplicaciones Viales para Lwart Quimica: (Brazil, 1.997)
 - * Estudio Mercado de Asfaltos Argentina para Petrobras Argentina (1.997)
 - * Estudio Mercado de Asfaltos para Exxon Argentina: (Argentina, 2.001)
 - * Proyecto de Instalacion de Planta de Oxidacion de Asfaltos y Fabricacion de Membranas Asfalticas (México, 2.002)
-

Miembro de:

- * Comision Permanente del Asfalto Republica Argentina desde 1.986
 - * IRAM (Instituto Argentino de Racionalizacion de Materiales) Subcomite de Asfaltos
-

2º Autor: **Ing. Gerardo Lucci**

Dirección: San Martín 205 (2111) Santa Teresa – Santa Fe Argentina

Telfs.: 0054302-492-442 / 00543460-420-612/686 Mail: obradorruta18@steel.com.ar

Entidad u Organismo al que pertenece: Gerente Técnico UNIDAD EJECUTORA

CORREDOR VIAL N° 4 Ruta Provincial N° 18 - Provincia de Santa Fe Consorcio Público

RESUMEN:

El presente trabajo trata sobre la forma de incorporación de asfaltitas y caucho de reciclado de neumáticos en cementos asfálticos convencionales en forma eficiente de mezclado, dispersión y composición final para la elaboración de mezcla asfáltica de aplicación en

caliente en carreteras. Los agentes modificadores utilizados en los asfalto, modifican el comportamiento reológico de los mismos. Se puede decir que un asfalto modificado es un ligante hidrocarbonato resultante de la interacción física y/o química de los polímeros con un betún asfáltico. Un asfalto puede modificarse con rellenos minerales, cauchos plásticos o hidrocarburos naturales. El grado de dispersión que se obtendrá por la incorporación de agregados al ligante, dependerá del tipo de polímero a utilizar, su concentración y su compatibilidad con el asfalto base.

A su vez depende de:

- * Temperatura de Disolución
- * Esfuerzo de corte ejercido
- * Aromaticidad de la fase malténica en el asfalto base
- * Proporción de asfaltenos presentes

En general un agente modificador logra:

- * Disminuir la susceptibilidad térmica
- * Aumentar la cohesión interna
- * Mejorar la elasticidad y flexibilidad a bajas temperaturas
- * Mejorar el comportamiento a fatiga
- * Aumentar la resistencia al envejecimiento

El uso de caucho recuperado de cubiertas:

El polvo de caucho de neumáticos no es 100% recuperable. Una de las maneras más discutibles para usar los desechos de neumáticos, es como modificador de aglutinante de asfalto en carreteras y autopistas. Para esta aplicación los neumáticos son pulverizados o triturados en polvos de caucho y añadidos directamente al asfalto en caliente. Existe la creencia que es posible incorporar el polvo de caucho directamente a la planta asfáltica. De esta forma no es posible lograr una fina dispersión y disolución del caucho, mas bien es incorporado con un relleno o filler.

El uso de la Asfaltita:

Las asfaltitas son sustancias bituminosas naturales, sólidas, de color negro brillante, de aspecto resinoso y fractura conoidal en las formas frescas, dotadas de un punto de fusión elevado, superior a 110° C. Químicamente están constituidas por hidrocarburos muy pobres en oxígeno y parafinas cristalizables, siendo compuestos de alto peso molecular. Según Abraham, su origen es debido a la metamorfosis de un petróleo asfáltico que, debido a cambios de temperatura y presión creciente, seguiría los pasos siguientes:

En este trabajo a presentar, realizado íntegramente en Argentina, se podrá observar lo siguiente:

1) Manufactura de las Instalaciones Industriales Necesarias

Este equipamiento fue realizado para un concesionario vial que solicitó la provisión de equipamiento industrial para la modificación de cementos asfálticos con la siguiente premisa:

- * Permitir la total disolución y dispersión de aditivos, los cuales podrán ser:
- * Caucho molido (pasante tamiz 16, equivale a 1,19 mm) hasta 20 %,
- * Asfaltita hasta 8%,
- * Polímeros (SBS) ó (EVA) hasta 10%.

Las variables a tener en cuenta para dimensionar motores y dispersores fueron:

- * Temperatura de trabajo en el asfalto: 190°C.
- * Capacidad del tanque: 6000 lts., con las siguientes características:

Estructura y tanque vertical construido en chapa con el espesor suficiente para absorber las tensiones generadas por el dispersor, calefaccionado por aceite térmico mediante una camisa circular y aislado por lana mineral revestido exteriormente con chapa de acero. Acceso a la parte superior del tanque mediante escalera, pasarela y baranda, que permita la incorporación manual de aditivos.

- * Viscosidad del producto: 2500 cp. A 190°C
- * Recirculación en el tanque con bomba de asfaltos calefaccionada para carga, recirculación y derivación a tanque de almacenamiento futuro, con un caudal mínimo de 10.000 litros/hora.
- * El aceite térmico para el calentamiento del asfalto deberá estar conectado al circuito de la caldera existente y se proveerá de un sistema auxiliar de calefacción para alcanzar temperaturas de hasta 200 Grados Centígrados en el asfalto, con un dispositivo que asegure el arranque del motor que accionan al dispersor cuando la temperatura del asfalto sea la que logre la viscosidad mínima de trabajo (2100 cp).

2) Teoría de la Dispersión de Polímeros:

Para que esto sea efectivo, práctico y económico, debe cumplirse con lo siguiente:

- ❖ Costo adecuado
- ❖ Ser rápidamente disponible
- ❖ Mezclarse con el asfalto
- ❖ Resistente a la temperatura de trabajo
- ❖ Mejorar la resistencia a fluir

El asfalto modificado debe presentar las siguientes características:

- ❖ Mantener sus propiedades durante el almacenamiento, aplicación y servicio.
- ❖ Capaz de ser procesado por medios convencionales
- ❖ Ser física y químicamente estable durante el almacenamiento, aplicación y servicio
- ❖ Lograr una viscosidad de riego o spray a temperaturas normales

3) Influencia de la Constitución del Asfalto en la Mezcla:

El asfalto en una mezcla compleja en la cual sus componentes pueden ser agrupados en:

- ❖ Saturados
- ❖ Aromáticos
- ❖ Resinas
- ❖ Asfaltenos

Los polares aromáticos son responsables de las propiedades visco elásticas del asfalto a temperatura ambiente. Esto se debe a la asociación de moléculas polares que forman estructuras más largas, en algunos casos tridimensionales. El grado en el cual se produce esta asociación depende de la temperatura, distribución del peso molecular, la concentración de polares aromáticos y el poder solvente de los saturados y aromáticos en la fase maltenos. Si la concentración y el peso molecular de los asfaltenos son relativamente bajo el asfalto será del tipo SOL. La adición de polímeros termoplásticos con pesos similares al de los asfaltenos afecta el equilibrio. El polímero y los asfaltenos compiten por el poder solvente de los maltenos y si los maltenos son insuficientes se produce una separación de fases. Esta incompatibilidad se pone de manifiesto cuando el producto se almacena. Los principales factores que influyen en la estabilidad en el almacenamiento son:

- ❖ Concentración y Peso Molecular de los Asfaltenos
- ❖ Aromaticidad de los Maltenos
- ❖ Concentración de Polímero
- ❖ Peso Molecular y Estructura del Polímero

Los parámetros que influyen en el proceso de mezclado pueden ser definidos de la siguiente manera:

- ❖ Naturaleza del polímero

- ❖ Forma física del polímero
- ❖ Naturaleza y grado del asfalto
- ❖ Rango de tiempo y temperatura durante la mezcla

Este último no es estrictamente una variable independiente, pero es importante en el contexto de la performance de la mezcla.

4) Naturaleza del polímero

Para unas dadas condiciones de mezclado sobre una planta determinada, el tiempo requerido para asegurar una mezcla homogénea de polímero y asfalto variará con el peso molecular del polímero, el cual se reflejara de alguna manera en la viscosidad final de la mezcla.

5) Forma física del polímero

La forma física de los polímeros toma influencia en los procesos de mezclado en dos maneras. Cuanto menor es el tamaño de la partícula del polímero, menor es la reducción requerida en el paso del proceso de desintegración. En adición, cuanto menor es el tamaño de la partícula significa grandes áreas superficiales por unidad de masa de polímero. La penetración del asfalto y el derretimiento del polímero es facilitado y se asegura una rápida disolución. Los polímeros en polvo se dispersarán y disolverán mas rápidamente que los pellets porosos. En consecuencia, puede ser posible mezclar polímeros en polvo con asfalto empleando solamente equipamiento de bajo esfuerzo de corte sin necesidad del paso de desintegración.

6) Naturaleza y grado del asfalto

El asfalto juega un complejo rol en el proceso de mezclado dado que su composición y su viscosidad afectan la mezcla en más de una manera. Asfaltos de alto contenido de maltenos o altos aromáticos disuelven los polímeros más rápidamente que aquellos con alto contenido de asfaltenos. Dado que esto es una ventaja y que depende del equipamiento utilizado por ejemplo, un excesivo derretimiento inicial reducirá el efecto de molienda sobre el polímero cuando este pase a través del mezclador de alto corte. A veces se puede recurrir a equipamientos que tengan una dispersión del polímero en el asfalto con tiempos más cortos. En consecuencia, si un polímero en polvo esta siendo utilizado, con mezclado de bajo esfuerzo de corte, un rápido derretimiento será beneficioso. Asfaltos de baja viscosidad ayudaran a elevar la velocidad de penetración y derretimiento de las partículas de polímero Si la viscosidad a temperatura de mezclado es baja, el efecto de desintegración sobre el

pasaje a través del molino se mejorara y resultara una más rápida reducción del tamaño de la partícula. No debe solamente seleccionarse un asfalto sobre las bases de su curva viscosidad-temperatura o su velocidad de penetración sobre el polímero; los aspectos de actuación de la mezcla final serán los factores dominantes para la elección del asfalto, y el proceso de mezclado será hecho a medida de la formulación.

7) Tipo de Equipamiento

Aunque existen una gran variedad de mezcladores y dispersores, estos pueden ser divididos en aplicaciones de **bajo** y **alto** esfuerzo de corte. En la forma, típicamente paletas o tipo propulsores, la reducción del tamaño de la partícula no toma lugar, la acción es realizada por el derretimiento y disolución en el asfalto. El mezclador sirve para mantener la homogeneidad de la composición y la uniformidad de la temperatura, proveyendo un pequeño aumento en si mismo. En el último caso, existe un paso en el cual las partículas de polímero son físicamente reducidas en tamaño por el corte mecánico/hidrodinámico con la combinación del rotor/estator acompañado por un pequeño aumento de la temperatura por la energía de mezclado. Tales equipamientos, aun funcionando con tamaño de partículas superiores a pellets, proveen rápida y eficiente dispersión y mezclado del polímero en el asfalto. Equipamiento de alto esfuerzo de corte existen de tres maneras diferentes:

7.1) Dispensor Desintegrador Homogenizador de Inmersión Vertical

El vertical, el rotor/estator esta montado sobre una plataforma e inmerso en un tanque de material, dependiendo del cabezal mezclador para circular la mezcla y asegurar homogeneidad. La función del Cabezal Desintegrador es fundamentalmente dar una intensa acción de mezcla para dispersar masas de sólidos que normalmente tienden a permanecer no mezclados in pellets o pequeñas aglomeraciones. La segunda función es desintegrar materiales sólidos de partícula mayor al tamaño de polvo de todo tipo, mineral, vegetal, animal o sintético, tal como minerales, gomas, maderas, fibras, asfaltos, neoprenos caucho butílico, etc. Si el material sólido es soluble, el resultado es una solución sin la ayuda del calentamiento y si es insoluble, este es reducido a una suave pulpa o suspensión. La entrada continua de sólidos en el cabezal mezclador da una progresiva reducción del tamaño de la partícula mientras el batch entero se mantiene en circulación y la sedimentación no ocurre.

7.2) Molino Coloidal con Bomba Retromezcladora en Recirculacion

En este caso, un molino coloidal se encuentra a la salida de tanque en forma vertical y

directa al mismo, provocando que todo la mezcla pase a travez del equipo dispersor. Una bomba de recirculacion asegura que toda la mezcla se incorpore nuevamanente al tanque, realizando esta operación repetidas veces. El principio básico consiste en la acción que produce un rotor estriado al girar de 1.500 a 5.600 rpm contar un estator fijo también estriado, siendo sometido el producto a procesar a fuertes acciones de corte y rozamiento. Los conos de especial diseño son construidos en acero, cromo níquel, acero inoxidable 304 a 420 templados o SAE 52100. La regulación de los conos se efectúa mediante un volante que permite graduar la separación y aproximación entre los conos. El diseño de un disco centrifugador hace el efecto de bomba impulsando el producto a través de cañerías pudiendo elevarlo hasta una altura determinada funcionando el molino como bomba.

7.3) Dispersor Desintegrador Homogenizador de Mezclado en Línea

El caso del mezclado en línea, la combinación del mezclado entre dos tanques unidos por un molino coloidal.

8) Requerimientos de temperatura – tiempo durante el mezclado

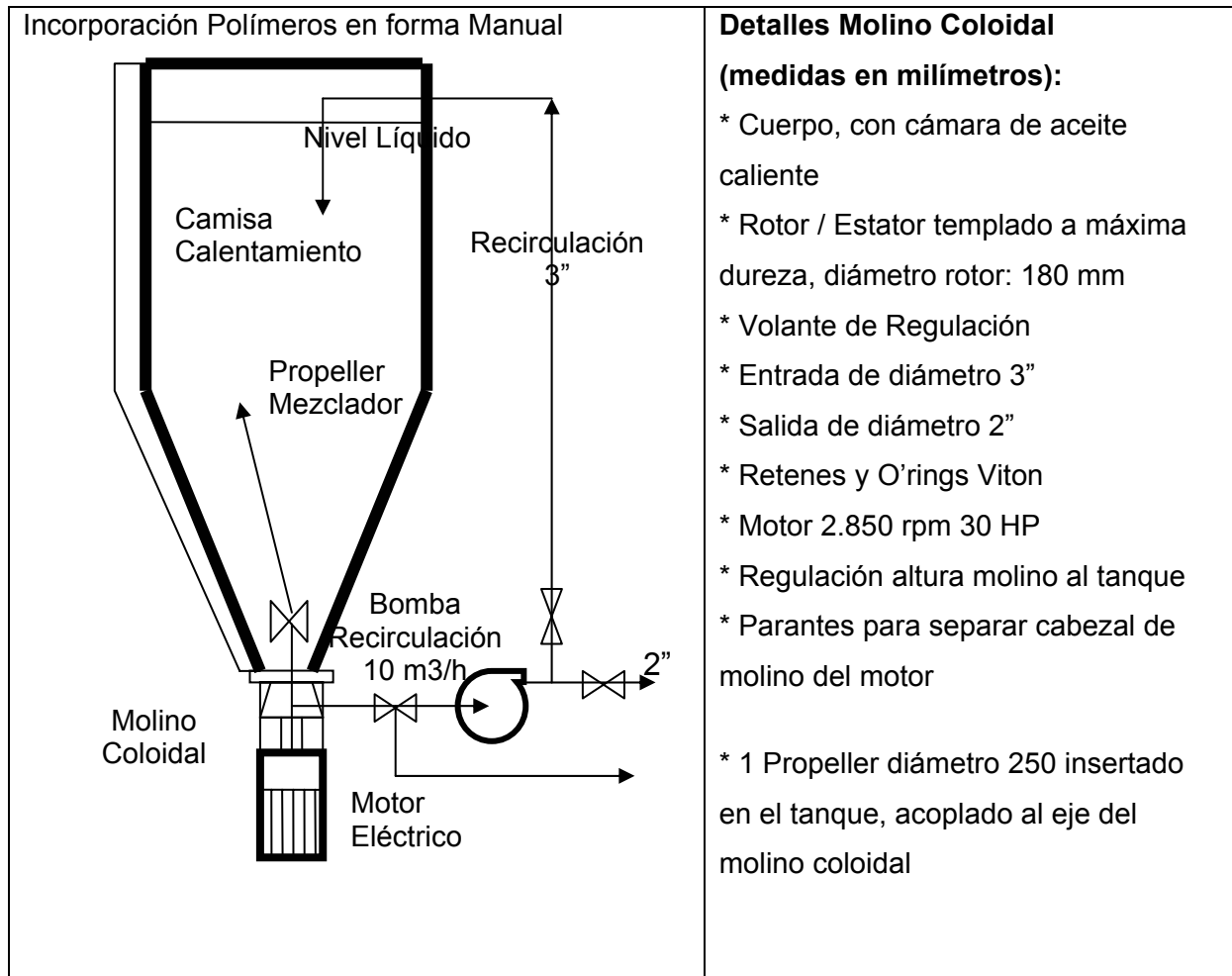
El proceso ideal de mezclado debería envolver la mínima temperatura posible y el tiempo mas corto (compatible con la completa incorporación del polímero) desde el punto de vista económico y para minimizar algún cambio en el asfalto o en los polímeros resultado del efecto térmico de la creación de la mezcla). En consecuencia, empíricamente, se ha encontrado que para asfalto de pavimentación en combinación con polímeros, una temperatura del orden de los 170-190 °C es generalmente satisfactoria. Temperaturas superiores deben ser evitadas.

9) El proceso de mezclado

Del resultado de las discusiones sobre este tema, está muy claro que el proceso y tipo de mezclado esta definido por el estado físico del polímero en si. Todo equipamiento de alto esfuerzo de corte es, en principio, similar a aquellas partículas suspendidas en un líquido y que pasan a través de un “paso” entre uno o más estatores anulares a alta velocidad de rotación. Estos tienen especies de “dientes” con tamaños, formas y número determinado, desarrollados en forma empírica. Dependiendo de la configuración del rotor/estator y del ancho del paso, la desintegración de la partícula será una combinación de la acción mecánica y el esfuerzo hidrodinámico. Pequeños “pasos” anchos darán altos cortes (y también elevación de la temperatura y consumo de energía), mientras que pasos mas anchos brindaran resultados mas positivos.

10) Diseño del Equipamiento:

Molino Coloidal con Bomba Retro Mezcladora en Recirculación



10.1) La elección del diseño de equipo de mezclado fue realizada por los siguientes motivos:

- Utilización de un solo tanque (para almacenamiento de asfalto, disolución del polímero y almacenamiento de la mezcla terminada y posterior bombeo a producción de mezcla asfáltica en planta)
- Evitar la instalación del motor en la parte superior del tanque, dificultando su mantenimiento preventivo.
- Economía en la utilización de piezas y peso del mismo
- Modificación original del ángulo cónico del tanque de 30° a 45° para mejorar el efecto de vórtice y efecto de recirculación.

11) Control de Mezclado

Para estos sistemas descritos, o para cualquier otro equipamiento, habrá siempre que establecer empíricamente las condiciones para una particular formulación. En orden a esto, un método para determinar el progreso de la dispersión y disolución del polímero es requerido. El método más simple es la visualización sobre la superficie del asfalto/mezcla con polímero como pequeños puntos sobre una fina película de la mezcla colocada sobre una superficie transparente con luz a través. Otros métodos más sofisticados están disponibles, como por ejemplo la fluorescencia microscópica o viscosímetro rotacional, ambos utilizados para asegurar la homogeneidad de la mezcla. Estos últimos métodos pueden ser necesarios para determinar el tiempo de duración del mezclado del polímero en el asfalto. Adicionalmente, en el laboratorio, puede utilizarse para comparar, el cambio de la viscosidad durante el mezclado de una formulación dada., por ejemplo un viscosímetro y establecer un orden de la velocidad de mezclado. En consecuencia, no se puede trasladar tiempos de mezclado de alguna instalación industrial hacia otra, debido a que cada caso debe tratarse en particular.

12) Estabilidad de la mezclas

En general, todos los polímeros, y en particular, los SBS, mantenidos a altas temperaturas por periodos prolongados, tendrán los siguientes problemas:

- ❖ Incremento del peso molecular, quizás llevando a un proceso de “gelacion”, causado por una ruptura de las ligaduras no saturadas en los cauchos termoplásticos.
- ❖ Inducción de Oxígeno
- ❖ Polimerización
- ❖ Reacciones de ruptura de las moléculas de los polímeros

Adicionalmente, los asfaltos están sujetos al endurecimiento a altas temperaturas prolongadas. Todas estas reacciones pueden ser minimizadas manteniendo el control operacional de la temperatura y tiempos de residencia en el equipamiento de mezclado. Métodos adicionales pueden ser utilizados incluyendo antioxidantes.

13) Limpieza

La limpieza del equipamiento es muy importante para el material fabricado. Residuales en las paredes del tanque, líneas de llenado, sobre válvulas, etc., tenderán a producir material gelificado o coquificado, el cual puede actuar como agente nucleante para futuras gelificaciones. En consecuencia, para bajos contenidos de polímeros, raramente se producen procesos de gelificación. Mezclas fabricadas con altos contenidos de polímeros, o

con altos contenidos de asfaltenos o asfaltos incompatibles, necesitaran especial atención. Buenas operaciones en práctica harán la prevención de la “gelacion” en tales formulaciones.

14) Formulaciones Realizadas Selladores para Pavimentos

14.1) Generalidades

Los selladores de juntas están formulados a partir de mezclas de asfaltos seleccionados con polímeros elastoméricos. Durante el proceso de elaboración el asfalto y el polímero elastomérico reaccionan para formar un compuesto muy adherente y flexible, que a través de una apropiada aplicación es capaz de sellar eficientemente juntas y grietas tanto en pavimentos de hormigón como de concreto asfáltico. Asimismo, estos selladores están expresamente indicados para el tratamiento de fisuras y micro fisuras, presentando menor viscosidad a la temperatura de empleo, siendo su aplicación más sencilla. Poseen gran flexibilidad a bajas temperaturas e intensa resistencia al arrastre en épocas estivales.

14.2) Caracterización del asfalto base

Se analizan dos de las variables que se modifican con las adiciones de polímero, penetración y punto de ablandamiento, registrando las variaciones en estas propiedades, se arribará a una dosificación primaria sobre la cual se realizará una caracterización completa según norma.

MÉTODO	ANÁLISIS	UNIDAD	EXIGENCIAS	VALOR
IRAM 6576	Penetración a 25 °C, 100g, 5seg	0,1 mm	50 – 60	54
IRAM 115	Punto Ablandamiento	°C	Min. 49	49
	Recuperación Elástica por torsión	%		7

14.3) Incorporación de polímeros y aditivos:

Se realizaron formulaciones de laboratorio que luego se llevaron a la práctica a escala industrial con los siguientes guarismos:

- * Caucho molido (pasante tamiz 16, equivale a 1,19 mm) entre 15 - 20 %,
- * Asfaltita entre 1-3 %,
- * Aceite usado de motor entre 1-3%,
- * Resto para llegar a 100%, cemento asfáltico de penetración 50/60

Encontrándose los siguientes valores finales:

Ensayo	Unidad	Valores
Penetración a 25 °C, 100g, 5seg	0,1 mm	40-45
Punto de ablandamiento	°C	60-62
Recuperación elástica	%	38

15) Formulaciones Realizadas Mezclas SMA

15.1) Histórico

La mezcla SMA para pavimento fue desarrollada en Alemania a finales de los años 60. Se deseaba obtener un pavimento de máxima resistencia al desgaste y deterioro causado por los neumáticos de clavos en las rutas europeas. Una empresa de pavimentos, STRABAG, con la colaboración de J. Rettenmaier (líder en Tecnología de Fibras) desarrolló la mezcla SMA. Después de la prohibición del uso de neumáticos de clavos, se verificó que el pavimento SMA aseguraba pavimentos durables que exhibían una muy elevada resistencia al desgaste en las rutas de alto tránsito. Como consecuencia de ello, en 1984 se normalizó el sistema SMA en Alemania. Luego comenzó a ser utilizado en otros países de Europa, Estados Unidos y Asia Pacífica. Muchos países han establecido sus propias normas para SMA, y la CEN (Comisión de Standards Europeos) está en proceso de fijar un norma europea estandarizada.

15.2) Performance SMA

Buena estabilidad a elevadas temperaturas:

La mezcla de SMA presenta un esqueleto pétreo de áridos de alta calidad que provee un incremento en la fricción interna y resistencia al corte dando así una estabilidad extremadamente elevada.

Buena flexibilidad a bajas temperaturas:

SMA utiliza un mastic rico en mortero que ofrece propiedades superiores a las de un concreto denso en caliente en sus características de resistencia al fisuramiento térmico.

Elevada resistencia al desgaste:

SMA tiene bajo contenido en vacíos de aire totales que le confiere impermeabilidad y le provee buena resistencia al envejecimiento, a la humedad y eleva la durabilidad.

Elevada capacidad adhesiva entre los agregados y el bitumen:

Estas mezclas SMA tienen una gran cantidad de filler y asfalto, las fibras celulósicas se agregan como estabilizante. Ello se hace para absorber bitumen, espesar la película bituminosa y mejorar la adhesión bitumen / áridos.

Una mezcla que no tiende a separarse:

Se obtiene una eficiente estabilización del mastic para evitar la separación de las partículas áridas gruesas.

Buena resistencia al deslizamiento:

Debido a la profundidad de su textura superficial y al uso de áridos gruesos, se obtiene una excelente resistencia al deslizamiento.

Salpicado reducido:

Debido a la profundidad de textura superficial hay menos salpicado de agua y, de noche, es menor el reflejo de la superficie y se mejora la visibilidad de las demarcaciones del camino.

Menos ruido de tráfico:

SMA presenta generalmente disminución de ruidos debido a las propiedades de textura conseguidos.

15.3) Composición SMA

Se caracteriza por su alto contenido en áridos gruesos y su distribución en un esqueleto de estructura controlada. Los vacíos de la matriz estructural están llenados por un mastic bituminoso de alta viscosidad. El elevado contenido de agregados – de por lo menos 70% - asegura un contacto perfecto entre las partículas después de la compactación. El grado de viscosidad del mastic se obtiene por el agregado de arena triturada.

15.4) Incorporación de polímeros y aditivos:

Se realizaron formulaciones de laboratorio que luego se llevaron a la práctica a escala industrial con los siguientes guarismos:

- * Caucho molido (pasante tamiz 16, equivale a 1,19 mm) entre 7 - 12 %,
- * Asfaltita entre 1-3 %,
- * Resto para llegar a 100%, cemento asfáltico de penetración 50/60

Encontrándose los siguientes valores finales del ligante asfáltico:

Ensayo	Unidad	Valores
Penetración a 25 °C, 100g, 5seg	0,1 mm	45
Punto de ablandamiento	°C	55
Recuperación elástica	%	25

Se incorporó a la mezcla asfáltica, en el tambor mezclador, polvo de caucho reciclado de neumáticos seco en una cantidad del 0,75 al 1% sobre el total de la mezcla asfáltica.

15.5) Datos Operacionales y de Control:

Temperatura de incorporación del ligante: **170°C**

Temperatura de producción: **160°C**

Contenido de Asfalto: **5,2%**

Ensayo Marshall, realización de 3 probetas a 50 golpes

Estabilidad Corregida: **940 Kg.**

Fluencia: **4.2 mm**

Densidad Teórica Máxima (DTM): **2.58**

Peso Unitario (PU): **2.44**

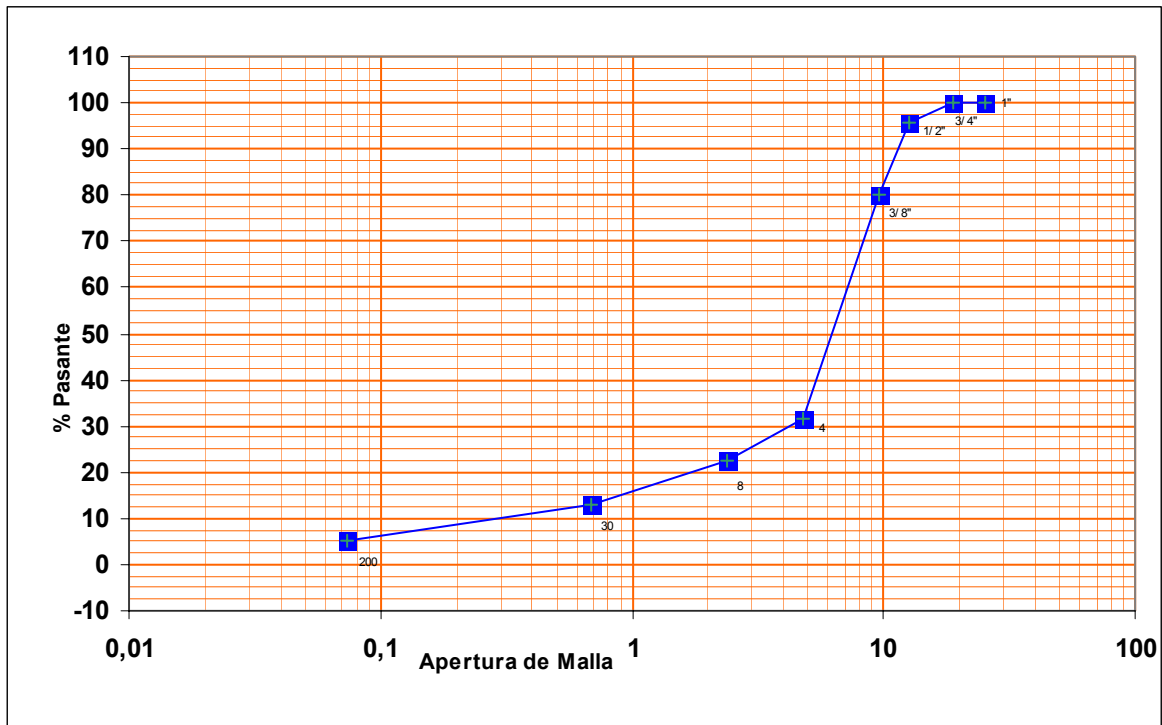
% Vacíos Mezcla Asfáltica: **5.47**

% V.A.M. (Vacíos Agregado Mineral): **18.13**

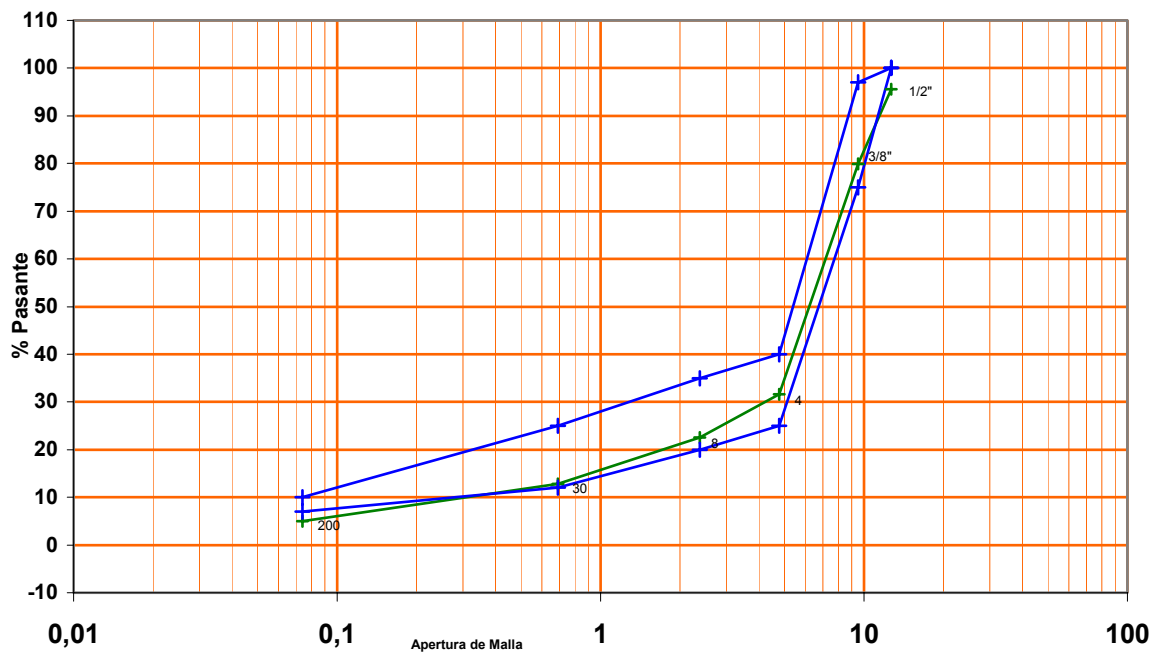
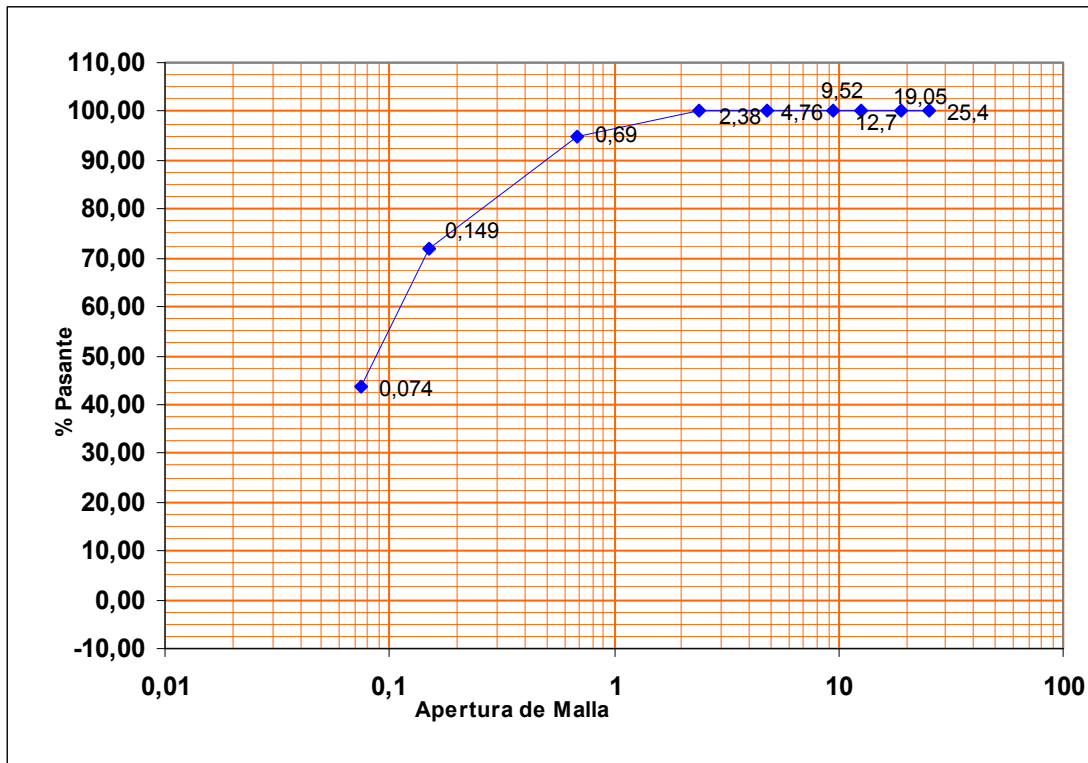
Relación Betún - Vacíos: (RBV): **69.8**

Curva Granulométrica Agregados Pétreos

U.E.C.V. N°4 LABORATORIO		ENSAYO DE GRANULOMETRIA			
MATERIAL:	Inertes	LUGAR DE EXTRACCION:		planta propia	
PESO DE ENSAYO: [Gr.]		1138	PESO DE ENSAYO: [Gr.]		
Apertura (mm.)	TAMIZ	Pasante [Gr.]	Pasante (%)	% Inter. Mezcla	% Resultante
25,4	1	1138	100,00	100	100,00
19,05	3/4	1138	100,00	100	100,00
15,87	5/8		0,00	100	-
12,7	1/2	1087,3	95,54	100	95,54
9,52	3/8	909,9	79,96	100	79,96
6,35	1/4		0,00	100	-
4,76	4	360,2	31,65	100	31,65
3,175	1/8		0,000	100	-
2,38	8	257,1	22,592	100	22,59
2	10		0,000	100	-
1,19	16		0,00	100	-
0,841	20		0,000	100	-
0,69	30	146,2	12,847	100	12,85
0,425	40		0,000	100	-
0,297	50		0,000	100	-
			0,000	100	-
0,149	100		0,000	100	-
0,074	200	57,3	5,035	100	5,04
VIA SECA					



U.E.C.V. Nº4 LABORATORIO		ENSAYO DE GRANULOMETRIA			
MATERIAL:	Cal	LUGAR DE EXTRACCION:			
PESO DE ENSAYO: [Gr.]	491	PESO DE ENSAYO: [Gr.]			
Apertura (mm.)	TAMIZ	Pasante [Gr.]	Pasante (%)	% Inter. Mezcla	% Resultante
25,4	1	491	100,00	0	0
19,05	3/4	491	100,00	0	0
15,87	5/8		0,00	0	0
12,7	1/2	491	100,00	0	0
9,52	3/8	491	100,00	0	0
6,35	1/4		0,00	0	0
4,76	4	491	100,00	0	0
3,175	1/8		0,000	0	0
2,38	8	491	100,000	0	0
2	10		0,000	0	0
1,19	16		0,000	0	0
0,841	20		0,000	0	0
0,69	30	465,7	94,847	0	0
0,425	40		0,000	0	0
0,297	50	410,5	83,605	0	0
0,25	60		0,000	0	0
0,149	100	352,7	71,833	0	0
0,074	200	214,55	43,697	0	0
VIA SECA					



Las mezclas obtenidas de esta manera, no tuvieron segregación de ligante.

De esta forma también se comprobó la utilización de caucho reciclado de com filler mineral y aglutinante en reemplazo de las fibras vegetales.