

# **ESTUDIO Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA MEZCLA STONE MASTIC ASPHALT (SMA) MEDIANTE UN TRAMO DE PRUEBA**

**ROSA ZÚÑIGA CALDERÓN**

Ingeniero Ejec. Químico

Jefe Subunidad Química y Asfalto

Laboratorio Nacional de Vialidad

**MARCELO AGUILA MOENNE**

Constructor Civil (Memorista)

Universidad Andrés Bello

## **RESUMEN**

El presente artículo se refiere a la evaluación preliminar de la mezcla Stone Mastic Asphalt (SMA) y su desempeño en terreno.

En Chile, el Laboratorio Nacional de Vialidad está desarrollando los estudios relacionados con las mezclas SMA principalmente para definir las especificaciones de construcción técnicas a adoptar en nuestro país. Para esto se confeccionó un tramo de prueba en el Contrato Concesión Autopista Central, en el cual se han realizado mediciones mediante testigos para verificar las características de la mezcla y cumplimiento de los parámetros de diseño. Adicionalmente se ha efectuado una auscultación superficial y profunda de este tramo con mediciones como Deflectometría de Impacto, Perfilometría longitudinal, medición del Índice de Regularidad Superficial IRI, mediciones de Fricción y Textura entre otros.

## **SUMMARY**

The present article refers to the preliminar evaluation of Stone Mastic Asphalt (SMA) Mix, and its performance in Situ.

In Chile, The National Road Laboratory is developing studies related with SMA mixes mainly to define the technical construction specifications to be adopted in our country. With this purpose, a test road sector was made in Concesión Autopista Central, in which have been made pavement samples measurements to verify mix characteristics and accomplishment of design parameters. In addition, a superficial and deep auscultation was made in this test road sector, with measurements such as IRI, FWD, longitudinal profilometry, Texture and Friction measurements, among other test.

## INTRODUCCION

Este tipo de construcción se desarrolló en Alemania a mediados de los años sesenta. La particularidad de esta mezcla asfáltica, cuyo prototipo se denominó “Mastimac”, consiste en el hecho de revestir y aglutinar con un mortero rico en ligante, una cantidad elevada de gravilla triturada, de bajo desgaste y a prueba de impacto. Las grandes cantidades de ligante asfáltico empleadas, del orden de 6,5 a 8 % en peso, que aseguran una vida útil muy prolongada de este tipo de construcción requieren de la adición de un sustrato fibroso, para evitar la segregación del material y el drenaje del asfalto en la mezcla puesta en terreno.

De acuerdo a la experiencia en países que han utilizado este tipo de mezclas se puede decir que:

- SMA es una mezcla asfáltica de excelente desempeño a largo plazo, específicamente debido a su alta resistencia a la deformación permanente bajo un tráfico pesado.
- La cantidad y calidad de los agregados son esenciales. La granulometría discontinua del agregado es importante para lograr un esqueleto de piedras altamente resistente lo que redundará en la alta estabilidad del SMA evitando deformaciones permanentes.
- Un alto contenido de ligante asfáltico reduce el envejecimiento y agrietamiento, por tanto es otra base para una larga vida útil.
- Para una buena homogeneidad de la mezcla y evitar segregación y drenaje del ligante asfáltico se recomienda el uso de fibras de celulosa como aditivo estabilizador.
- La SMA debe ser colocada y compactada a temperaturas mayores a las mezclas tradicionales ya que el entrelazado de partículas se rigidiza en exceso con temperaturas menores.

En Chile, el Laboratorio Nacional de Vialidad comenzó desarrollando todos los estudios relacionados con las mezclas SMA. Estos se enmarcan dentro del programa de innovación tecnológica. Actualmente en conjunto con Autopista Central se realizó un tramo experimental, donde se pudo evaluar sus características como mezcla asfáltica, en términos de parámetros superficiales y otros.

## **1. REQUISITOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DEL TIPO SMA**

Estas mezclas asfálticas deben cumplir con una serie de exigencias relacionadas con el tipo y calidad del agregado pétreo, de las fibras celulósicas, del ligante y del riego de liga. A continuación se detallan las exigencias que deben cumplir cada uno de estos materiales.

### **1.1. Agregados Pétreos**

Tasa de trituración:	100% al menos una cara y mínimo 90 % dos caras.
Forma:	Índice de lajas menor del 25% ( NLT 354/91)
Resistencia:	Desgaste de los Angeles, menor del 30% (AASHTO T-96).
Pulido:	Coefficiente de pulimento acelerado mayor de 0,50 (NLT 174/72)
Limpieza:	Equivalente de arena de la fracción que pasa el tamiz N° 4 mayor del 50% (ASTM D2419).
Durabilidad:	En Sulfato de Sodio menor del 15% (ASTM C88)
Adhesividad:	Mayor del 95% (ASTM D3625-96)
Absorción de agua:	Menor del 2% (ASTM C 127 y ASTM C128)

## 1.2. Fibras Celulósicas

Es uno de los componentes que forman parte del mortero, junto con el ligante asfáltico y filler. No se establecen condiciones especiales para la calidad del tipo y contenido del mortero. Por tanto deben ser fibras de reconocido comportamiento en servicio y calidad comprobada. Se requiere de un certificado de calidad del producto antes de su uso y durante la obra.

## 1.3. Granulometría

La granulometría de los agregados pétreos se basa en la norma alemana ZTV Asphalt – StB 01. Los límites granulométricos, incluyendo el relleno mineral deberán estar comprendidos dentro de los siguientes valores:

**Tabla N° 1:** Especificación Granulométrica de SMA.

Tamiz	% Que Pasa
¾	100
½	45 a 60
3/8	30 a 45
N° 4	20 a 25
N° 8	16 a 23
N° 200	9 a 13

## 1.4. Ligante Asfáltico Convencional

El grado debe indicarse en función de las condiciones de clima, tránsito y estructura del proyecto.

Por cada envío se debe solicitar a la refinería un certificado de calidad según Norma LNV-28, el cual además debe incluir:

- Ductilidad después de la Película Delgada Rotatoria
- Índice de Pfeiffer (IP)
- Índice de Durabilidad (ID)
- Punto de Ablandamiento
- Perfil de Viscosidades
- Viscosidad a 170°C después del ensayo de Película Delgada Rotatoria
- Rango de Temperaturas de Mezclado y Compactación
- Temperatura Máxima de Calentamiento
- La viscosidad rotacional a 60°C del asfalto envejecido en el ensayo de película delgada rotatoria dividido por la viscosidad rotacional a 60° C del asfalto original debe ser menor o igual a 3.

## 1.5. Riego de liga

### Emulsión Asfáltica Modificada\*

- Viscosidad Saybolt Furol a 50°C : mayor de 40 sSF
- Carga de partícula : positiva.
- Sedimentación a 7 días, menor del 5%
- Ensayo de Tamiz (850 micrones), menor del 0,10 %
- Contenido de hidrocarburos destilados, menor del 2%
- Residuo Asfáltico, mayor del 67%
- Penetración del residuo (25°C/5s/100gr) entre 50 y 90 décimas de mm.
- Recuperación elástica torsional a 25° C del residuo, mínimo 15%

\* En el caso de no emplear la emulsión modificada, se puede emplear en su reemplazo una emulsión asfáltica catiónica de quiebre rápido CRS-1, pero se recomienda la indicada anteriormente, dado su mayor poder adherente.

## 2. DISEÑO DE LA MEZCLA

Los métodos de dosificación tienen como fin determinar el porcentaje de asfalto óptimo para una combinación determinada de agregados. En el caso de las mezclas SMA como en la mayoría de los casos de mezclas tradicionales, el método de diseño a utilizar será el Marshall.

A continuación, la Tabla 2 muestra los parámetros de diseño:

**Tabla N° 2:** Parámetros de diseño.

Compactación Marshall	50 golpes por cara
Compactación Superpave	75 a 100 giros dependiendo del proyecto.
Vacío de aires totales	2% para climas fríos. 4% para climas templados y cálidos.
VAM	No inferior al 17%
VCA mezcla, %	Menor que VCA varillado
Contenido de ligante en peso total de la mezcla.	Mínimo 6,5%
Contenido de fibras celulósicas en peso del total de la mezcla.	Mínimo 0,3%
Escurrimiento de ligante a la temperatura de Mezclado	Máximo 0,3%

VCA: Porcentaje vacíos de la fracción gruesa.

La composición de las mezclas 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 (áridos gruesos) son 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 mastic bituminoso está compuesto por un alto contenido de asfalto (mayor a 6,5%), agregado fino, filler y fibras estabilizadoras.

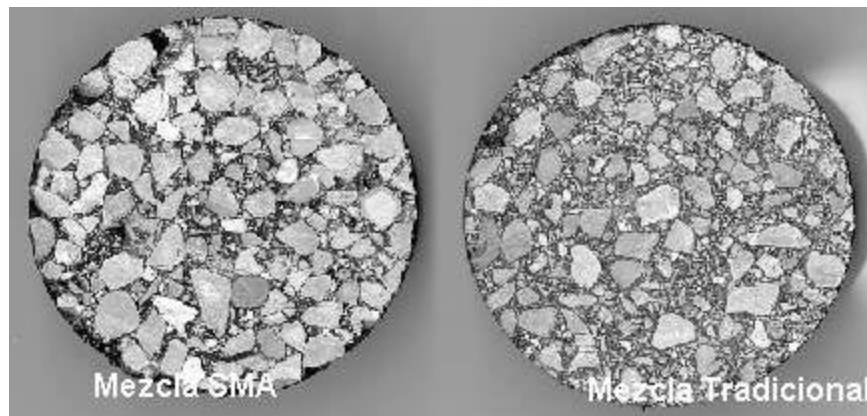
Debido a que éstas mezclas presentan un esqueleto pétreo de áridos de alta calidad, donde se asegura un contacto de piedra con piedra, se logra un incremento de la fricción interna y de resistencia al corte, lo que origina una estabilidad de la mezcla extremadamente elevada.

También esta estructura entrega una mayor profundidad en la textura superficial, por tanto entrega una excelente resistencia al deslizamiento, reduce el hidroplaneo, mejora la visibilidad de las demarcaciones del camino y reduce los ruidos del tráfico.

La gran cantidad de asfalto presente en estas mezclas asegura un bajo contenido de vacíos de aire totales, lo que le confiere una buena impermeabilidad y le provee buena resistencia al envejecimiento y a la humedad, lo que eleva la durabilidad.

Estas características antes mencionadas han demostrado que el uso de la mezcla SMA es una excelente alternativa para ser utilizada como carpeta de rodadura en:

- Rutas de elevado tránsito
- Elevada frecuencia de tránsito pesado
- Autopistas
- Zonas en pendientes
- Playas de estacionamiento
- Áreas residenciales



**Figura 1:** Probeta SMA y Probeta Tradicional



**Figura 2: Mezcla SMA en terreno.**

### **3. TRAMOS DE PRUEBA**

#### **3.1. Antecedentes del Contrato:**

Se ha construido un tramo de prueba en el Contrato Concesión Autopista Central para la evaluación a escala real de la mezcla Stone Mastic Asphalt (SMA). El Tramo comprende desde el Km 2420 hasta el Km 3008 ,en las pistas 2,4, y 6. Las pistas tienen un ancho de 3.5m cada una. Un tramo se realizó sobre estructura de hormigón antiguo (Pistas 2 y 4) y otro sobre nueva estructura de asfalto (Pista 6).

En este tramo se han realizado Mediciones de IRI, Deflectometría, Mancha de arena, Scrim, Péndulo, y extracción de testigos para medición de densidad y módulo. Además, durante la colocación de la mezcla se realizó un muestreo para realizar análisis de laboratorio.

#### **3.2. Tramos construidos :**

##### **3.2.1. Tramo sobre estructura de hormigón .**

Corresponde a las pistas 2 y 4.

Estructura :

Subrasante	CBR $\geq$ 20 %	
Subbase	CBR $\geq$ 50 %	18-25 cm.
Hormigón		20 cm
Binder		7 cm
Carpeta SMA		6 cm

### 3.2.2. Tramo sobre la nueva estructura de asfalto:

Corresponde a la pista 6.

Estructura:

Subrasante	CBR $\geq$ 20 %	
Subbase Granular	CBR $\geq$ 50 %	15 cm
Base Granular	CBR =100%	15 cm
Base Asfáltica		10 cm
Binder		7 cm
Carpeta SMA		6 cm



**Figura 3: Tramo de prueba en Autopista Central.**



**Figura 4: Compactación tramo de prueba en Autopista Central.**



**3.3. Cemento Asfáltico:** Se realizó un análisis al Cemento Asfáltico con aditivo mejorador de adherencia utilizado en el Estudio de Mezcla Stone Mastic Asphalt, SMA.

Los análisis fueron realizados según especificaciones del Laboratorio Nacional de Vialidad correspondientes a AASHTO, más las exigencias de Índice de Pfeiffer, Índice de Durabilidad (capilar y rotacional) y resultados de ensayos rotacionales.

**Tabla N° 3:** Análisis del Cemento Asfáltico

Ensayes	Cemento Asfáltico
Penetración, 100 g, 25°C, 5 seg, 0.1 mm	62
Punto de Ablandamiento, °C	49
Viscosidad Absoluta, 60°C, 300 mm Hg, Poises	3050
Viscosidad Cinemática, 135°C, cSt	455
Viscosidad Rotacional, 60°C, Poises	3044
<b>Película Delgada Rotatoria:</b>	
Ductilidad, 25°C, cm	+150
Viscosidad Absoluta, 60°C, 300 mm Hg, Poises	7742
Viscosidad Cinemática, 170°C, cSt	140
Viscosidad Rotacional, 60°C, Poises	7693
Índice de Durabilidad Capilar	2.5
Índice de Durabilidad Rotacional	2.5
Índice de Pfeiffer	-0.4

### 3.4. Dosificación:

Se realizó una dosificación en el LNV , de la cual se obtuvieron los siguientes valores:

Gravilla ¾"	:	68 %
Gravilla ½"	:	8 %
Polvo Roca +Filler	:	24 %
%Fibra	:	0.6 %
% Asfalto	:	6.5 %
% Huecos	=	4 %
Densidad	=	2271 (Kg/m <sup>3</sup> )

#### Notas:

- Polvo de roca y Filler están mezclados en proporciones de 61% y 39%, respectivamente.
- El % Fibra está referido a la mezcla total.
- El % de asfalto está referido a la mezcla total.

### 3.5. Análisis de laboratorio:

Se realizaron pruebas a probetas confeccionadas en el Laboratorio Nacional de Vialidad, con mezcla SMA tomada de la Autopista Central.

La dosificación de la mezcla usada en terreno es:

Gravilla ¾´	65%
Gravilla ½´	7%
Polvo Roca +Filler	28%
% Fibra	0.6%
%Asfalto	6.5%
%Huecos	4%
Densidad	2285(Kg/m <sup>3</sup> )

#### Notas:

- Polvo de roca y Filler están mezclados en proporciones de 61% y 39%, respectivamente.
- El % Fibra está referido a la mezcla total.
- El % de asfalto está referido a la mezcla total.

Los análisis se presentan a continuación:

**Tabla N° 4** : Análisis a probetas confeccionadas con mezcla SMA, muestreadas el 30/07/2002.

<b>Probeta</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Temperatura Ambiente °C	20.6	19.3	20
Altura Probeta (mm)	59.2	58.5	58.6
% Asfalto en extracción	7,3 % Ref. al agregado.		
Análisis Fibra	No se aprecian alteraciones.		

### 3.6. Extracción de Testigos.

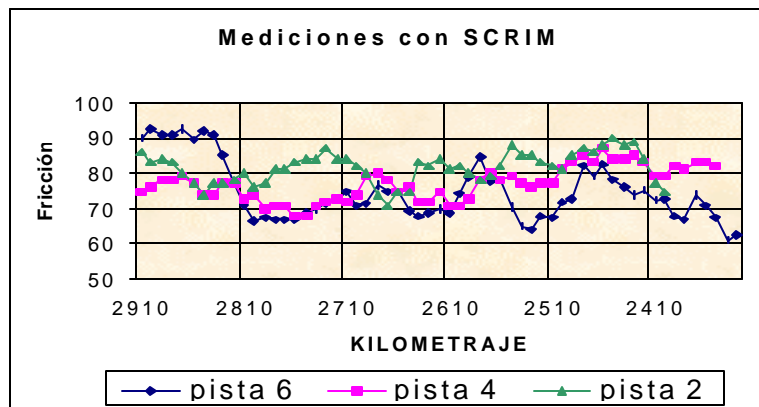
Se tomaron testigos en las tres pistas experimentales. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla N° 5 : Análisis a Testigos**

Testigo N°	Km	Pista	Densidad Kg/m <sup>3</sup>
1	2895	6	2279
2	2840	6	2245
3	2700	6	2271
4	2500	6	2257
5	2400	6	2229
6	2300	6	2224
7	2400	4	2179
8	2300	4	2208
9	2895	2	2299
10	2620	2	2308
11	2520	2	2302
12	2400	2	2281
13	2300	2	2291

### 4. Auscultación superficial del tramo de prueba:

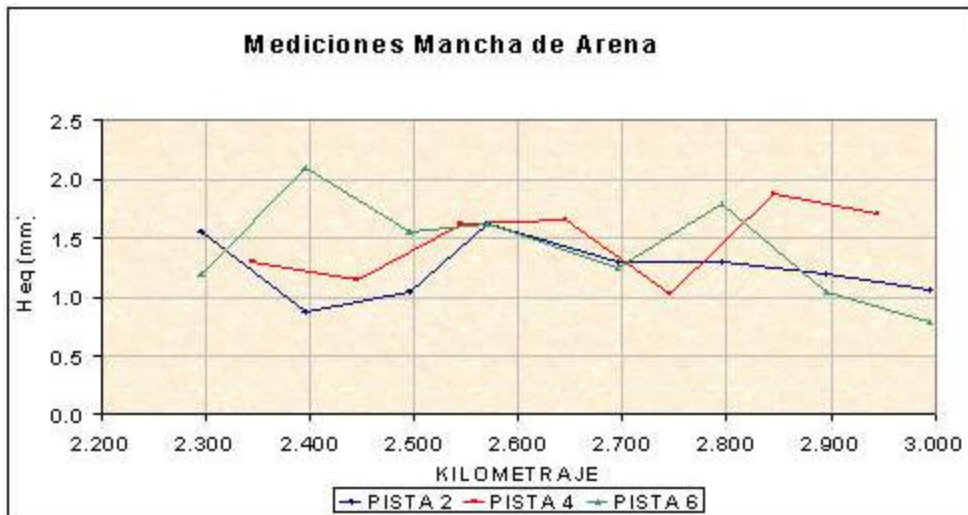
Las mediciones realizadas en el tramo de prueba en la Autopista Central se detallan a continuación:



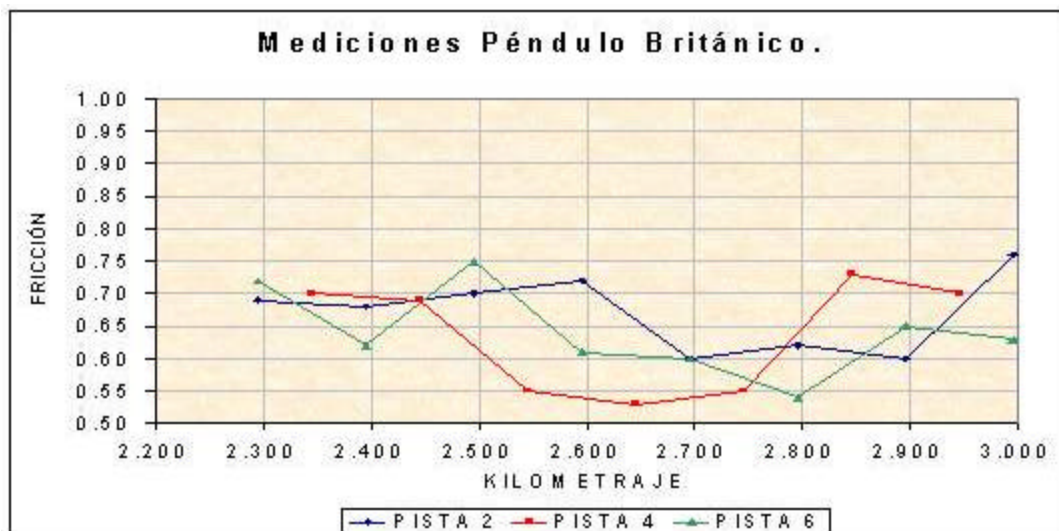
**Gráfico N°1: SCRIM (Fricción)**

**Nota:** Pista 2, fecha de colocación de la mezcla: 30 de Julio de 2002.

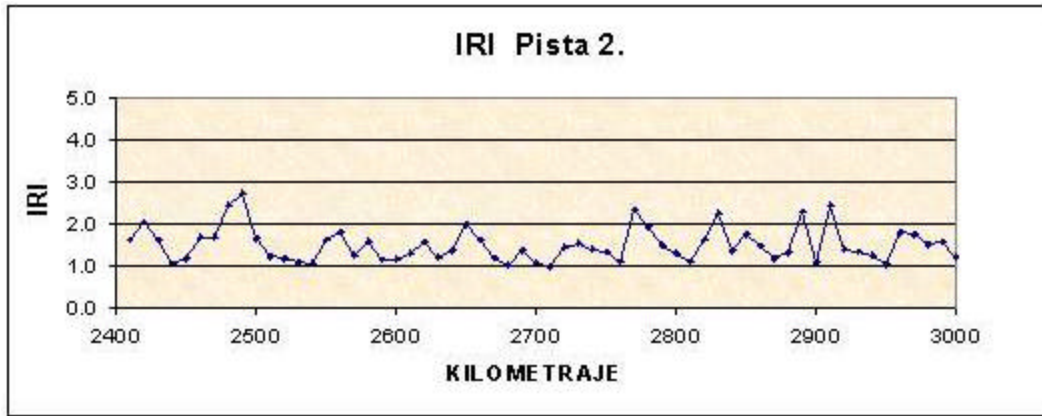
Pistas 4 y 6, fecha de colocación de la mezcla: 2 de Agosto de 2002.



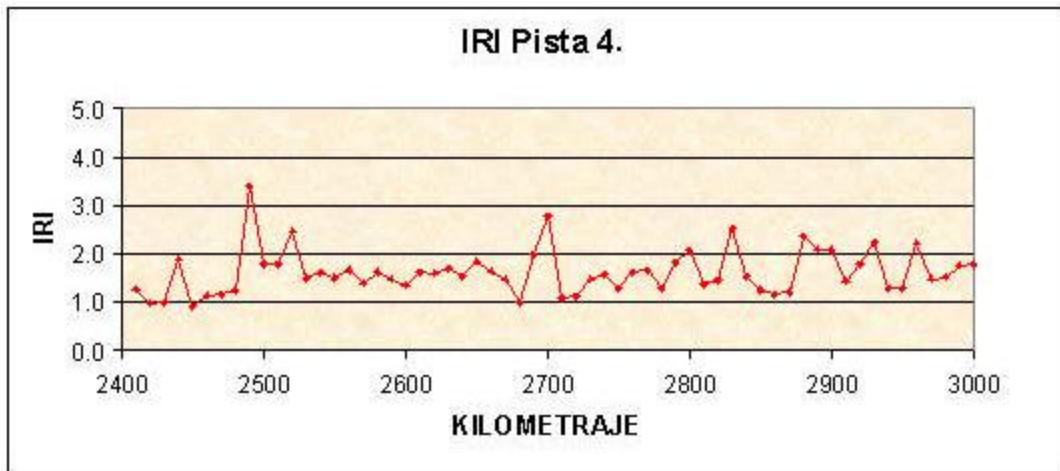
**Gráfico N° 2: Mancha de Arena (Textura)**



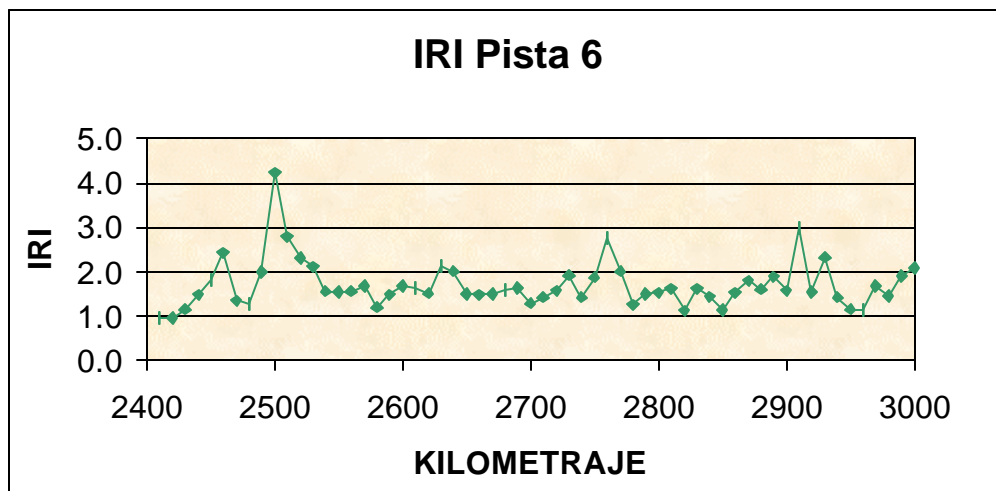
**Gráfico N° 3: Péndulo Británico (Fricción)**



**Gráfico N°4: Resultados IRI Pista 2.**



**Gráfico N°5: Resultados IRI Pista 4.**



**Gráfico N°6: Resultados IRI Pista 6.**

## 5. COMENTARIOS.

1. Las Mezclas SMA presentan:

- Mayor durabilidad por su alto porcentaje de asfalto.
- Mayor estabilidad por el tipo de agregado.
- Más resistencia a la fatiga por el tipo de Mastic asfáltico.
- Más resistente al envejecimiento por el tipo de asfalto.
- Más costo-efectiva por su mayor vida útil.
- Menor ruido y mejores propiedades friccionales, dando mayor seguridad al usuario.

2. La SMA requiere de un agregado con al menos el 90% del árido con dos o más caras fracturadas.

3. La compactación se realiza con rodillo metálicos estático de 10 a 15 Toneladas. No se usa rodillo neumático. Los rodillos deben ir bien cerca de la terminadora.

4. Se debe dejar pasar un tiempo prudente para que la mezcla se enfríe antes de dar a tránsito.

5 Las superiores características superficiales de las mezclas SMA se ven reflejadas en los valores obtenidos de las mediciones realizadas en terreno.

Los valores de fricción medidos con Scrim están sobre los valores exigidos actualmente (0,4 en recta y 0,5 en curva ).

Los valores de Mancha de arena reflejan la excepcional macrotextura, con valores de altura equivalente de entre 0,8 y 1,2 mm que indican textura profunda, y mayores a 1,2 mm textura muy profunda.

Los valores de IRI tienen un valor promedio de 1.5 con desviación estándar de 0.4 y Coeficiente de Variación de 27.13 para la pista 2, y un valor promedio de 1.6 con desviación estándar de 0.47 y Coeficiente de Variación de 29.41 para la pista 4, y de 1.7 con desviación estándar de 0.54 y Coeficiente de Variación de 32.12 para la pista 6. Los puntos de IRI alejados del promedio corresponden a sectores donde el camino fue interrumpido por trabajos sobre la ruta.

6. La vida útil de una mezcla SMA según la literatura es de un 40 a 80% mayor que una mezcla tradicional.

Este trabajo de investigación es parte de una memoria de Título que está siendo guiada por la Sra. Rosa Zuñiga C. , y está siendo desarrollada con la valiosa cooperación de las Empresas Autopista Central S.A. e Importadora de fibras de celulosa Mathiesen S.A.C.

## **6. REFERENCIAS**

- “SMA en la Repavimentación de la AU Ricchieri”; Pablo Bolzan; Simposio de Tecnología SMA, Buenos Aires, Argentina. (2000)
- “Stone-Mastic Asphalt and Micro-SMA as Premium Overlay Asphalt mixtures on the Ricchieri Highway in Argentina”; Pablo Bolzan.
- “Development of a Mixture design Procedure for Stone Matrix Asphalt (SMA)” ; E.R.Brown, J.E. Haddock; NCAT Report N°97-3.
- “Development, principles and Long-Term performance of Stone Mastic Asphalt in Germany” ; Peter Bellin ; Seminario del SCI&IAT (1997).