

INFLUENCIA DE LA EDAD Y DEL TIPO DE MEZCLA BITUMINOSA EN LA DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN UN MEDIO URBANO.

A. París¹, J. Feroso², M. Hurtado³, R. Rodriguez ⁴, M. Gomez⁵ E. Martínez⁶, F. Cutillas⁷, J.M. Baena⁸, V. Carrera⁹, V. Contreras¹⁰

- (1) Ingeniero de Montes. Asfaltos y Construcciones Elsan.
- (2) Ingeniero Químico, Centro Tecnológico CARTIF.
- (3) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Asfaltos y Construcciones Elsan.
- (4) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Asfaltos y Construcciones Elsan.
- (5) Licenciada en Ciencias Químicas, Centro Tecnológico CARTIF.
- (6) K
- (7) K
- (8) U
- (9) U
- (10)

Autor de contacto: aparis@parmaingenieria.com

Resumen:

El proyecto LIFE EQUINOX ha estudiado el comportamiento de un tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio para la reducción de contaminantes atmosféricos (específicamente óxidos de nitrógeno) en varias calles de Madrid.

Para estudiar el efecto del tipo de pavimento sobre el comportamiento del tratamiento fotocatalítico, el producto se ha aplicado tanto sobre **mezclas bituminosas ya existentes** como sobre **mezclas de nueva extensión** de varias calles del barrio de Arapiles. Las mezclas nuevas seleccionadas han sido una **mezcla tipo AC 16 surf S** y una **mezcla tipo SMA 11**. El tratamiento se ha aplicado sobre un total de 73.700 m² de pavimento ya existente y sobre 21.400 m² de mezcla nueva.

En esta comunicación se presentarán los resultados correspondientes a la actividad del producto descontaminante por cada tipo de mezcla y la comparación de actividades entre mezclas de nueva aplicación y mezclas existentes.

Palabras clave: Pavimento, fotocatalítico, contaminantes atmosféricos, durabilidad.

Summary:

Key words: word 1, word 2,, word n

1. INTRODUCCIÓN

Esta comunicación tiene como objetivo presentar resultados del Proyecto **LIFE EQUINOX “LIFE12 ENV/ES/000749 Surface treatment for asphalt pavements to nitrogen oxides removal in urban environments”**. Este Proyecto de demostración cofinanciado por la Unión Europea han participado el Centro Tecnológico **CARTIF** (beneficiario coordinador), las empresas **Asfaltos y Construcciones ELSAN S.A.** y **REPSOL S.A.** y el **Ayuntamiento de Madrid**.

El proyecto ha desarrollado nuevos pavimentos descontaminantes de aplicación en ciudades a través de un tratamiento de aplicación en pavimentos asfálticos para la eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x).

Este tratamiento se ha aplicado 95.100 m² de pavimento en el distrito madrileño de Chamberí.

Los resultados de su aplicación han sido monitorizados durante más de dos años para comprobar la reducción efectiva de la contaminación producida por los tubos de escape de los vehículos de combustión.

El proyecto se ha dividido en dos fases:

En la primera fase se aplicó el tratamiento sobre pavimentos bituminosos existentes en las calles de Madrid y en la segunda fase se ha aplicado sobre pavimentos de nueva construcción.

En la segunda fase del proyecto LIFE EQUINOX la actuación realizada ha sido la siguiente:

- El diseño, en laboratorio, de una mezcla bituminosa capaz de proporcionar una mayor durabilidad al tratamiento fotocatalítico.
- La fabricación de la mezcla bituminosa en la planta asfáltica.
- La puesta en obra de la mezcla bituminosa.
- La aplicación del tratamiento fotocatalítico
- La Extracción de los testigos para comprobar la actividad del tratamiento.

En la tabla 1 se recogen las superficies previstas de aplicación en cada uno de los tramos de ensayo en las dos fases de ejecución previstas. La fase 1 se realizó durante el mes de agosto de 2016 y la fase 2 se realizó en junio de 2017.

Tabla 1. Superficies de los tramos de ensayo en las dos fases de ejecución.

Id.	Vía	Fase 1 (m²)	Fase 2 (m²)
1	Bravo Murillo	7.500	-
2	Fuencarral	3.500	-
3	Carranza	5.300	5.300
4	Alberto Aguilera	11.400	11.400
5	Blasco de Garay	6.400	-
6	Galileo	5.300	-
7	Vallehermoso	7.700	-
8	Cea Bermúdez	9.600	-
9	Fernández de los Ríos	4.300	-
10	Fernando el Católico	3.500	-
11	Arapiles	1.200	-
12	Quevedo	3.300	-
13	Ruiz Jiménez	4.700	4.700
		73.700	21.400

El área de demostración del proyecto en el distrito de Chamberí, comprende calles tan transitadas como Alberto Aguilera o Cea Bermúdez y las glorietas de Quevedo o Ruiz Jiménez, por lo que se considera un escenario ideal para comprobar de manera efectiva si el tratamiento fotocatalítico desarrollado es efectivo.

Para establecer el funcionamiento del tratamiento fotocatalítico se han analizado los niveles de dióxido de nitrógeno, registrados antes y después de su aplicación, y se han comparado estas variaciones frente a los valores registrados en una zona en la que no se ha aplicado el tratamiento y frente los valores registrados en las estaciones de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de Madrid.

En el proyecto de ejecución se diseñaron las mezclas tipo SMA. Teniendo en cuenta que el Ayuntamiento de Madrid utiliza generalmente en la construcción de sus vías mezclas bituminosas de porosidad cerrada, y la importancia de la naturaleza del asfalto en las propiedades finales del producto fotocatalítico se decidió llevar a cabo un estudio sobre la influencia del tipo de mezcla en las propiedades mecánicas y en la resistencia de los materiales a la rodadura en la segunda fase del Proyecto.

Así se diseñó para la segunda fase, la mezcla de hormigón bituminoso tipo AC 16 surf S, que se aplica habitualmente en las calles de Madrid, y que se extendió en la calle Carranza y por otro lado una mezcla abierta tipo SMA 11 que se proyectó y se diseñó especialmente para esta obra y que se extendió en la Glorieta Ruiz Jiménez y en la calle Alberto Aguilera.

Ambas mezclas se aplicaron en toda la superficie de la calzada por donde circulan los vehículos.

En la siguiente figura se muestra el mapa de aplicación del tratamiento fotocatalítico en Madrid.

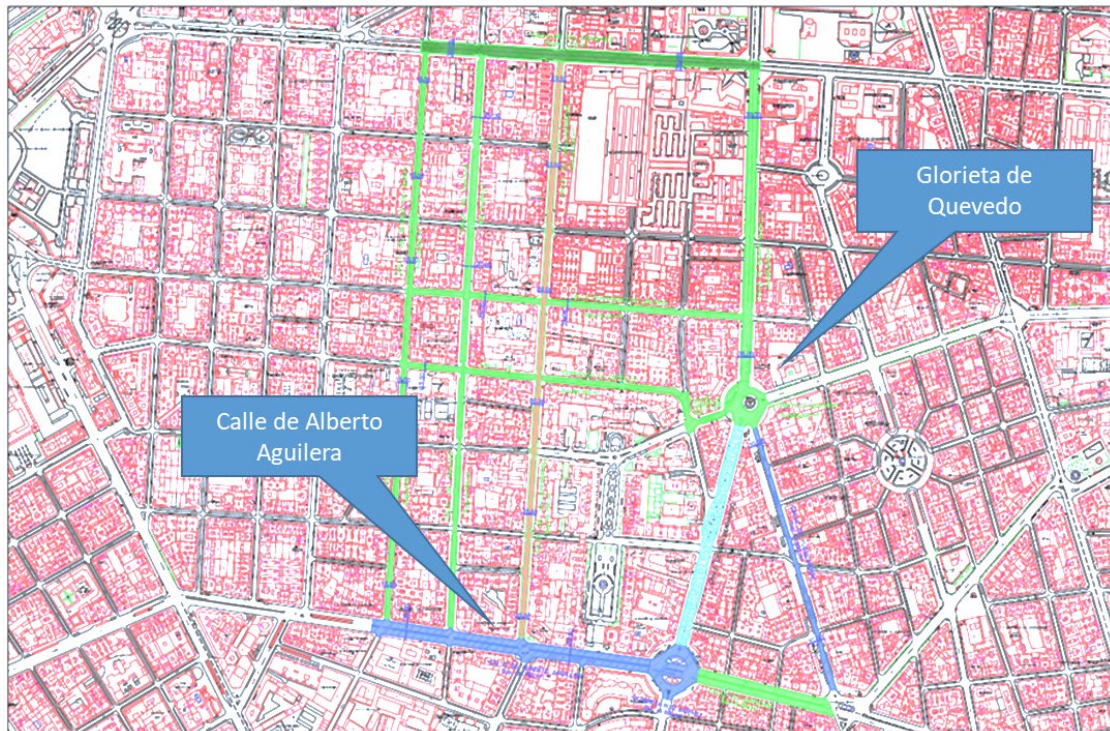


Figura 1. Mapa de Actuación

2. LAS MEZCLAS SMA

El diseño de la mezcla SMA, y su puesta en obra, tenía la dificultad añadida de que en España no existe un Pliego de Especificaciones Técnicas que especifiquen las condiciones de fabricación, puesta en obra y los controles de calidad en la ejecución, y de producto terminado, para este tipo de mezcla. Por este motivo, en la realización de la fórmula de trabajo para el proyecto LIFE EQUINOX, se llevaron a cabo una serie de ensayos de caracterización adicionales distintos a los que se realiza en una mezcla convencional (abierta o cerrada) de las especificadas en los pliegos.

En la relación de normas que han aparecido con el Mercado CE, y que enumeran los diferentes tipos de mezclas bituminosas en caliente, se encuentra incluida la norma UNE EN 13108-5 donde se describen las características de las mezclas bituminosas denominadas Stone Mastic Asphalt (SMA).

Estas mezclas, conocidas en España pero poco empleadas, sí son muy utilizadas en otros países de Europa y América.

Las mezclas SMA presentan características que contribuyen con la sostenibilidad en aspectos como:

- π Durabilidad: El mayor contenido de betún en el diseño de estas mezclas les proporciona una mayor durabilidad en el tiempo respecto a las mezclas bituminosas convencionales lo que contribuye a reducir las actuaciones de conservación y la necesidad de rehabilitación.
- π Seguridad: su mayor textura le confiere una mejor adherencia en el contacto neumático-pavimento proporcionando una mejora en la seguridad para el usuario. Las características principales que presentan este tipo de mezclas se basan en su alto contenido de ligante

combinado con un buen esqueleto mineral, una alta proporción de filler y sobre todo, para los más altos contenidos de ligante, la adición de aditivos especialmente del tipo de fibras de celulosa. Todo ello proporciona unas propiedades muy interesantes a tener en cuenta con respecto a las mezclas habitualmente empleadas en España.

La elevada textura presentada por las mezclas SMA nos decantó en su elección, ya que se supuso que esta morfología favorecería la permanencia del producto fotocatalítico en el pavimento.

Las características superficiales de esta mezcla, asociadas a una mayor durabilidad del producto fotocatalítico, y su capacidad para la disminución del ruido de rodadura (aspecto importante para un pavimento urbano), fueron los factores clave por los que se decidió su empleo en el estudio como mezcla más adecuada para las calles de Madrid.

3. ELABORACIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO EQUINOX

Los requisitos a determinar para elaborar una fórmula de trabajo de este tipo de mezclas se encuentran especificados en forma de categorías a partir de las cuales se seleccionan las características más adecuadas en cada caso para estas mezclas, entre las que se describen:

- π Composición granulométrica donde se definen unos límites dentro de los cuales se incluye la curva granulométrica para los diferentes tamices pertenecientes tanto de la serie básica +1 y la serie básica +2. En este trabajo se ha tomado como referencia la serie básica +1 tal y como se ha establecido en España para todas las mezclas normalizadas.
- π Contenido de ligante: con unos valores mínimos comprendidos entre 5-7,6 % con la posibilidad de corrección en función de la densidad de las partículas de los áridos.
- π Se describe la posibilidad de la incorporación de aditivos para los que es necesario definir cantidad y tipo.
- π Contenido de huecos en mezcla comprendidos entre 3-8% para los valores máximos y 1,5-6% para los mínimos. También se definen categorías para huecos rellenos de betún comprendidos entre 77-92% como límite máximo y 71-86% para el límite mínimo.
- π Dado que este tipo de mezclas se caracteriza por su alto contenido de ligante uno de los parámetros sobre los que se definen una serie de categorías es la determinación del escurrimiento de ligante estableciendo como intervalo valores máximos entre 0,3-1%.
- π Evaluación de su comportamiento frente al agua a través del ensayo de sensibilidad al agua de obteniendo un intervalo con valores entre 90-60%.
- π Otra de las características definidas es su comportamiento frente a las deformaciones plásticas estableciendo como intervalo máximo para el ensayo de pista de laboratorio (WTS) valores 0,03-1,0 mm .

Una vez establecidos todos los parámetros y definidos los materiales, así como las características de textura y sonoridad, se realizó la fórmula de trabajo de lo que sería la mezcla denominada Mezcla Equinox para extenderla en las calles de Madrid y sobre la que se aplicaría el producto fotocatalítico.

En primer lugar, una vez definidos los materiales, se realizaron todos los ensayos prescritos

en los pliegos, para su validación se realizó lo que sería la fórmula de trabajo de la mezcla Equinox.

Es decir el establecimiento de la granulometría de los áridos, el contenido de betún sobre mezcla y sobre árido, el porcentaje de huecos, de la densidad de la mezcla, su sensibilidad al agua y la resistencia a las deformaciones plásticas.

Finalmente se realizaron los ensayos de escurrimiento del ligante y de rigidez.

3.1 Materiales

Los materiales especificados han sido los siguientes:

Tabla 2. Características de los materiales empleados en la fabricación de una mezcla SMA.

ÁRIDOS

<u>FRACCIÓN</u>	<u>NATURALEZA</u>	<u>PROCEDENCIA</u>
Arena 0/2 mm.	CALIZA	Canteras de caliza de Calcasa en Arganda del Rey (Madrid)
Gravilla 4/12 mm.	PÓRFIDO	Canteras de pórfido de CYCASA en Avila
Polvo mineral recuperación	CALIZA	Planta de fabricación
Polvo mineral aportación	CALIZA	Tricalsa

BETÚN

<u>TIPO</u>	<u>PROCEDENCIA</u>
PMB 45/80-65	Repsol y Proas

OTROS COMPONENTES

<u>MATERIAL</u>	<u>NATURALEZA</u>	<u>PROCEDENCIA</u>
Estabilizante	Fibras celulosa	Rettenmaier y Campi y Jové

3.1.1 ENSAYOS SOBRE LOS MATERIALES: ÁRIDOS.

Sobre los áridos se han realizado los ensayos siguientes:

- Granulometría de los áridos (UNE EN 933-1).

- Equivalente de arena (UNE EN 933-8).
- Azul de metileno (UNE EN 933-9).
- Índice de Lajas (UNE EN 933-3).
- Partículas trituradas (UNE EN 933-5).
- Desgaste de Los Ángeles (UNE EN 1097-2).
- Densidad y absorción (UNE EN 1097-6).
- Limpieza superficial, UNE 146130:2000.
- Ensayo de Coeficiente Pulimento Acelerado de los áridos (UNE-EN 1097-8).

3.1.1.1 Granulometría de los áridos según UNE-EN 933-1

La granulometría del árido grueso se realiza en seco mientras que la granulometría de la fracción fina se efectuó tras lavado.

La tabla siguiente especifica la granulometría de los cuatro tipos de materiales que la componen con la serie de tamices de una mezcla tipo SMA.

Tabla nº 3: Granulometría de los áridos

Materiales	0/2 caliza	4/12 pórfido	Polvo aportación	Polvo recuperación
<i>Tamices</i>	<i>% que pasa</i>			
16		100		
11,2		92		
8		42		
4	100	1		
2	98			
0,5	49		100	100
0,063	18,1	0,3	95	78

3.1.1.2 Equivalente de arena según UNE 933-8

Tabla 4. Equivalente de arena

Fracción	0/2 mm. caliza
Valor SE	55

3.1.1.3 Ensayo de azul de metileno según UNE 933-9

Tabla 5: . Ensayo de azul de metileno

Dato	0/2 mm. caliza
AM (gramos AM para 1000 gr de muestra)	1,7

3.1.1.4 Índice de Lajas 933-3

Tabla 6: Ensayo de Índice de Lajas

Tamices	4/12 mm. pórfido
Valor IL, %	6,9

3.1.1.5 Partículas trituradas 933-5.

Tabla 7:.. Ensayo de Partículas trituradas.

Partículas	4/12 mm. pórfido
Redondeadas	0 %
Totalmente redondeadas	0 %
Trituradas	100 %
Totalmente trituradas	100%

3.1.1.6 Desgaste de Los Ángeles 1097-2.

Tabla 8:.. Ensayo de Desgaste de los Ángeles

Tamices	4/12 mm. pórfido
Valor LA, %	12

3.1.1.7 Densidad y Absorción 1097-6**Tabla 9. Ensayo de Densidad y Absorción**

Dato	0/2 mm. caliza	4/12 mm. porfido
Densidad aparente	2,735	2,73
Densidad SSS	2,685	2,67
Absorción	1,07	0,8

Densidad en Mg/m³ y absorción en %.

3.1.1.8 Limpieza superficial según UNE 146130:2000**Tabla 10.. Ensayo de Limpieza superficial**

Tamices	4/12 mm. porfido
L _s , %	0,3

3.1.1.9 Ensayo de pulimiento acelerado del árido grueso según UNE-EN 1097-8**Tabla 11. Ensayo de pulimiento acelerado del árido**

Dato	4/12 mm. pórfido
PSV	57

3.1.2 ENSAYOS SOBRE LOS MATERIALES: BETÚN.

Para el betún:

- π Penetración del ligante (UNE EN 1426).
- π Punto de reblandecimiento anillo y bola (UNE EN 1427)
- π Índice de penetración (NLT 181)
- π Retorno elástico (UNE-EN 13398)

Tabla 12. Ensayos sobre el betún PMB 45/80 65**- Penetración del ligante (UNE EN 1426).**

Condiciones, unidades	PMB45/80-65
25 °C, 100 gr, 5 seg., en 0,1 mm.	59

- Punto de reblandecimiento anillo y bola (UNE EN 1427)

Condiciones, unidades	PMB45/80-65
En °C	66

- Índice de penetración (NLT 181)

Dato	PMB45/80-65
IP	+2,6

- Retorno elástico (UNE-EN 13398)

Dato	PMB45/80-65
A 25 °C en %	75,6

3.1.3 ENSAYOS SOBRE LA MEZCLA: FÓRMULA DE TRABAJO.

La formulación teórica se estableció con las siguientes fracciones:

Tabla 13. Formulación teórica

0-2 mm. caliza	24,0
4-12 mm. pórfido	67,6
Filler de aportación	2,4
Fibras de celulosa	0,3
Betún	5,7

Las condiciones de temperatura de fabricación fueron:

Tabla 14. Temperaturas de la mezcla

Máxima	190 °C
Mínima	160 °C

La curva de los áridos según el Huso de la mezcla SMA 11 ha sido :

Tabla 15. Curva de los áridos

Tamices	Curva	Huso SMA11	
		Min.	Max.
16	100	100	100
11,2	94	90	100
8	58	55	80
4	29	22	33
2	28	20	30
0,5	16	12	20
0,063	7,7	6	10

La representación de la curva de áridos respecto al huso es:

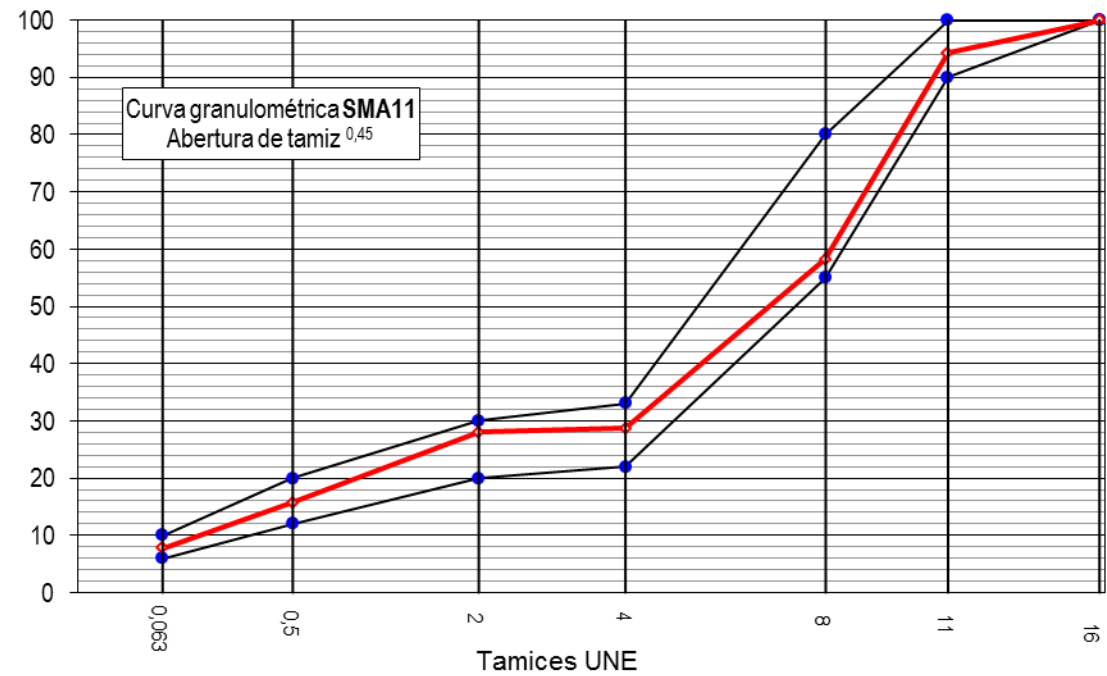


Figura 2: Representación gráfica de la curva de áridos.

El contenido óptimo de ligante se estableció en torno al 5,7 % de betún sobre mezcla.

El valor de densidad máxima realizado con la mezcla inconsistente.

Tabla 17. Densidad máxima

Densidad máxima de mezclas bituminosas UNE EN 12697-5		
Valor de densidad máxima	kg/m ³	2491

Y los valores de densidad y huecos se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 18. Densidad y huecos

Densidad y huecos en la mezcla UNE EN 12697-6 y 8		
Método de compactación de las probetas	Impacto (UNE EN 12697-30)	
Energía aplicada	50 golpes/cara (C.1.2.)	
Densidad aparente	kg/m ³	2386
Huecos en áridos	%	17,3
Huecos en mezcla	%	4,2
Huecos rellenos	%	75,6
Método de cálculo de la densidad	Superficie saturada densa	

La tabla siguiente recoge los resultados del ensayo de escurrimiento del ligante

Tabla 19. Esgurrimiento de ligante

Esgurrimiento de ligante UNE EN 12697-18 (Schellemburg)	
Tiempo en estufa	1 hora
Temperatura	190 °C
Valor (pérdida)	Ligante recogido: 0,00% Ligante migrado: 0,05 %

Respecto a los resultados del módulo de rigidez

Tabla 20. Ensayo de rigidez

Rigidez UNE EN 12697-26 (Anexo C)	
Probetas	Cilíndricas
Temperatura de ensayo	20°C
Módulo de rigidez ajustado, MPa	2805

Resultados del ensayo de sensibilidad al agua.

Tabla 21 Ensayo de sensibilidad al agua

Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12		
Método de compactación de las probetas	Impacto (UNE EN 12697-30)	
Energía aplicada	50 golpes (C.1.2.)	
Densidad aparente	kg/m ³	2386
Método de cálculo de la densidad	Superficie saturada densa	
Resistencia aire	MPa	2,075
Resistencia inmersión	MPa	1,885
Resistencia conservada ITSR	%	90,8
Temperatura de ensayo	15 °C	

Ensayo de rodadura

Tabla 22 Ensayo de rodadura

Ensayo de rodadura UNE EN 12697-22		
Método de compactación de las probetas	Rodillo (UNE EN 12697-33)	
Espesor probeta	mm.	41
Densidad aparente	kg/m ³	2380
Método de cálculo de la densidad	Superficie saturada densa	
Profundidad rodada, RD	mm	1,284
Porcentaje profundidad, PRD	%	3,135
Pendiente de la curva WTS	0,033	

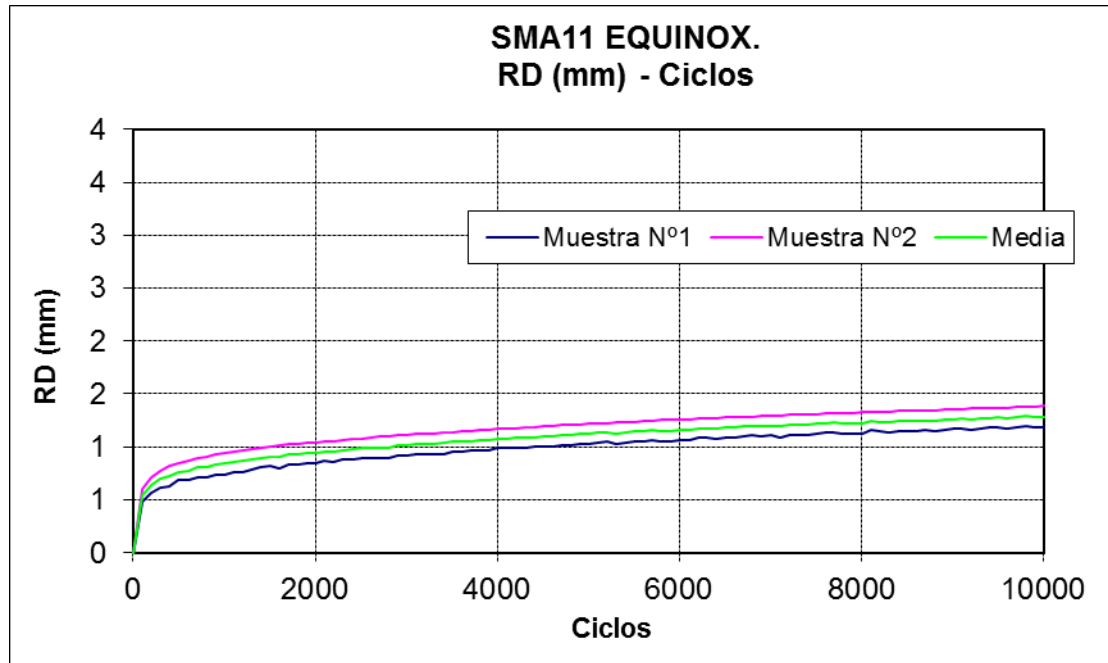


Figura 3. Ensayo de rodadura

4. CONTROL DE LA ACTIVIDAD FOTOCATALÍTICA. EXTRACCIÓN DE TESTIGOS.

La extracción de testigos se realizó en tres campañas:

- π A las dos semanas.
- π A las cuatro semanas.
- π A los tres meses.

En la siguiente figura se detallan los puntos de extracción de testigos y las zonas dentro de cada uno de los carriles (izquierdo y derecho).

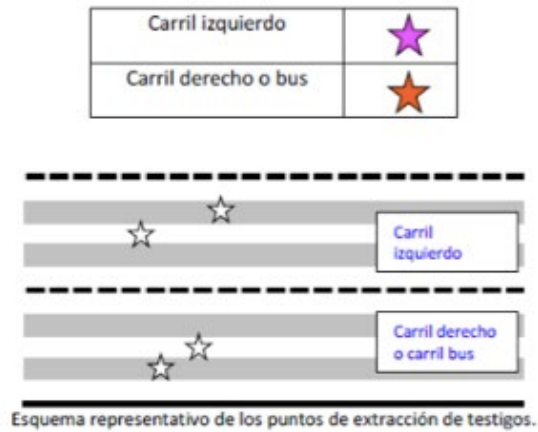


Figura 4 Localización de los puntos de extracción de testigos.

En cada punto de extracción se toman testigos de la zona rodada y de la zona no rodada. En la figura siguiente se puede apreciar el esquema típico.



Figura 5. Situación de la extracción de los testigos en los distintos carriles.

Los testigos se extrajeron con la corona de diámetro de 150 milímetros. A partir de ese testigo se cortó una sub-muestra con las medidas adecuadas para hacer el ensayo fotocatalítico (100x50mm).

En la imagen siguiente se puede ver la extracción de un testigo en la zona rodada de la calle Cea Bermúdez.



Figura 6.Fotografía de la extracción de un testigo

5. RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados de la actividad fotocatalítica en los testigos extraídos.

Tabla 23 Resultados totales de las tres campañas de extracción por cada uno de los testigos¹

		26/6/17	13/7/17	27/9/17
		0	17	76
		EXT. 1	EXT. 2	EXT. 3
Testigo	Rendimiento	Rendimiento	Rendimiento	Rendimiento
Ruiz Jiménez	1	5,92%	3,48%	2,95%
Ruiz Jiménez	1a	5,21%	2,13%	3,43%
Carranza	2	3,66%	1,90%	0,00%
Carranza	2a	4,74%	6,36%	2,00%
Carranza	3	7,33%	15,65%	6,47%
Carranza	3a	11,38%	5,05%	12,34%
Ruiz Jiménez	4	7,34%	3,49%	4,23%
Ruiz Jiménez	4a	4,98%	3,49%	5,99%
Alberto Aguilera	5	33,07%	11,99%	1,04%
Alberto Aguilera	5a	15,20%	2,37%	1,83%
Alberto Aguilera	6	13,76%	5,30%	0,40%
Alberto Aguilera	6a	8,36%	7,41%	0,53%
Alberto Aguilera	7	2,18%	9,63%	0,34%
Alberto Aguilera	7a	5,27%	0,36%	4,88%
Alberto Aguilera	8	6,44%	9,17%	0,26%
Alberto Aguilera	8a	10,61%	14,39%	0,00%

En la siguiente tabla se observan las actividades de las zonas de rodada de los vehículos frente a la actividad en las zonas de centro o extremos de carril que denominamos de no rodada

Tabla 24 Resultados de actividad de las tres campañas en las zonas de rodada frente de las zonas de no rodada

	EXT. 1	EXT. 2	EXT. 3
RODADA	6,7%	7,6%	1,9%
NO RODADA	8,2%	5,2%	3,9%

Tabla 25 Resultados de actividad de las tres campañas en función del tipo de mezcla.

ABIERTA	7,8%	6,1%	3,2%
CERRADA	6,8%	7,2%	2,1%

¹ En color rojo se ha marcado el testigo nº 5 ubicado en la calle Alberto Aguilera por ofrecer un resultado muy elevado en la primera campaña de extracciones que se desvía de los resultados de los otros testigos.

Tabla 26 Resultados matemáticos

	EXT. 1	EXT. 2	EXT. 3
Promedio	7,49%	6,39%	2,91%
Desv. Est.	3,73%	4,62%	3,33%

Tabla 27. Resumen actividad fotocatalítica promedio por tramo.

TOTAL		
Ruiz Jiménez	Ext. 1	5,86%
	Ext. 2	3,15%
	Ext. 3	7,26%
Carranza	Ext. 1	6,78%
	Ext. 2	7,24%
	Ext. 3	2,06%
Alberto Aguilera	Ext. 1	8,83%
	Ext. 2	7,58%
	Ext. 3	1,16%

Tabla 28 Resumen actividad fotocatalítica promedio por tramo.

RODADA			NO RODADA		
Ruiz Jiménez	Ext. 1	6,63%	Ruiz Jiménez	Ext. 1	5,10%
	Ext. 2	3,49%		Ext. 2	2,81%
	Ext. 3	5,35%		Ext. 3	9,16%
Carranza	Ext. 1	5,50%	Carranza	Ext. 1	8,06%
	Ext. 2	8,78%		Ext. 2	5,71%
	Ext. 3	1,41%		Ext. 3	2,72%
Alberto Aguilera	Ext. 1	7,46%	Alberto Aguilera	Ext. 1	9,86%
	Ext. 2	9,02%		Ext. 2	6,13%
	Ext. 3	0,51%		Ext. 3	1,81%

6. CONCLUSIONES

Los valores de actividad son en general más bajos de lo que cabía esperar a tener los resultados de la formulación aplicada en laboratorio. Asimismo, los valores muestran cierta heterogeneidad. Ambos aspectos nos indican que la puesta en obra necesita mejorarse.

La actividad se mantiene el primer mes de la puesta en obra del producto fotocatalítico y disminuye hasta casi desaparecer a los tres meses. En este punto hay que destacar que la actividad para el tramo de Ruiz Jiménez (glorieta con mezcla asfáltica abierta) presenta a los tres meses una actividad que se consideraría aceptable.

La mezcla SMA parece proteger mejor el tratamiento fotocatalítico en el tiempo que la mezcla bituminosa tipo hormigón bituminoso y por ello sería la que se recomendaría para la aplicación de este tipo de tratamientos.

La mezcla bituminosa en zona de rodada presenta una menor actividad que las zonas de no rodada, asociado fundamentalmente al menor trasiego de vehículos.

Hay que señalar que las calles Carranza y Alberto Aguilera presentan valores de IMD de entre 30.000 y 50.000 vehículos diarios lo que da muestra de la intensidad de tráfico que sufren. Sin embargo, se considera necesario trabajar para aumentar la durabilidad del tratamiento en estas condiciones y para mejorar su puesta en obra.

Referencias

- (1) Carrera, V., Costa, A. et al (2014). Proyecto Life Equinox: tratamiento superficial de pavimentos asfálticos para la eliminación de óxidos de nitrógeno. IX Jornada Nacional de Asefma, Madrid, España.
- (2) Teichner, S., The origins of photocatalysis. Journal of Porous Materials, 2008. 15(3): p. 311-314.
- (3) Herrmann, J.-M., Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications in the removal of various types of aqueous pollutants. Catalysis Today, 1999. 53(1): p. 115-129.
- (4) Almazán, D., Rovito, G, (2012). Evaluación del Comportamiento de los Pavimentos Descontaminantes. Jornadas Nacionales de ASEFMA, Madrid, España.
- (5) Jiménez, L. M., Jiménez, D., Prieto, F. (2007). Calidad del aire en las ciudades clave de sostenibilidad urbana. Observatorio de la sostenibilidad en España.