



A Simpson Strong-Tie® Company

Refuerzo de pavimentos con mallas revestidas de betún oxidado

- Previene la reflexión de fisuras
- Evita la fatiga precoz del pavimento
- Contribuye al aumento de la capacidad estructural del pavimento
- Idóneas para aplicación en pavimentos flexibles y semirrígidos
- Excelente adherencia entre capas
- Disminución de costes de mantenimiento
- Aumento considerable de la vida útil
- Totalmente reciclable

The logo for Simpson Strong-Tie, consisting of the word 'SIMPSON' in white on a black background and 'Strong-Tie' in white on an orange background.

SIMPSON
Strong-Tie

AUMENTO DE LA DURABILIDAD Y REDUCCIÓN DE COSTES EN LA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE AGLOMERADO

Las rehabilitaciones de pavimentos efectuadas mediante técnicas tradicionales han sido cuestionadas, al comprobarse que con frecuencia, tras poco tiempo de uso, se produce una degradación prematura que se manifiesta de varias formas, como la aparición de fisuras, la fatiga precoz, las deformaciones plásticas permanentes y la formación de estratos superficiales. Cada vez es más importante recurrir a sistemas que puedan responder a las exigencias de aumentar la capacidad estructural del pavimento, para recuperar así las características funcionales y aumentar su ciclo de vida.

La introducción de mallas de refuerzo en los pavimentos permite una rehabilitación más eficaz, económica y rápida, en comparación con soluciones de rehabilitación tradicionales. La solución con mallas se puede utilizar para cualquier tipo de uso: vías urbanas, autopistas, pavimentos aeroportuarios, etc. Independientemente de la eficacia que esta técnica de refuerzo presenta, es necesario garantizar la conexión entre las capas contiguas a la malla. En pavimentos con múltiples capas, la conexión entre ellas constituye uno de los aspectos esenciales de su rendimiento, pues refleja la capacidad que tienen de funcionar como un todo. Una adherencia deficiente contribuye a la reducción de la durabilidad y ciclo de vida de los pavimentos en alrededor de un 75% con respecto a lo que se esperaría para el mismo pavimento con las capas conectadas correctamente, lo que se traduce en una reducción de 7 o 8 años de la vida útil de un pavimento bituminoso.

Estas técnicas de rehabilitación, desarrolladas por S&P, son objeto de pruebas periódicas realizadas tanto en obra como en laboratorio, y en la práctica, por medio de su uso en millones de metros cuadrados de pavimento ya aplicados en Europa y América.

Debido a la falta de normalización internacional de este tipo de refuerzos, se está desarrollando, a nivel europeo, el proyecto de norma prEN 12697-48, que evalúa la conexión entre capas de pavimentos viales y aeroportuarios. Teniendo en cuenta esta norma previa, el Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil, LNEC, está preparando un documento de aplicación, D.A., de las mallas de S&P CARBOPHALT® G y S&P GLASPHALT® G. Este documento evalúa las principales características de estas mallas, entre ellas, la adherencia entre las capas adyacentes.

Método de Aplicación



1 Fresado / Preparación de la superficie



2 Limpieza



3 Aplicación de la emulsión bituminosa

Soluciones para el refuerzo de pavimentos

MALLAS REVESTIDAS DE BETÚN OXIDADO

El revestimiento con betún oxidado de las mallas de refuerzo fue un paso tecnológico importante, ya que, al reblandecerse por efecto del calor, se facilita la aplicación de la malla, lo que contribuye a una excelente adaptación a las irregularidades del pavimento existente. La malla, constituida sin conexiones rígidas en los nudos permite que, al calentarse en el momento de la aplicación, la dimensión de la apertura de la malla se adapte a la dimensión del agregado de la nueva mezcla bituminosa, lo que garantiza la fijación mecánica del nuevo pavimento al existente. De esta forma, la transferencia de esfuerzos de tracción a través de la malla se realiza eficazmente, permitiéndose una distribución homogénea de tensiones.

S&P GLASPHALT® G / S&P GLASPHALT® GV

Malla de fibra de vidrio bidireccional, revestida con betún oxidado con una tasa mínima de 250 g/m².

La malla S&P GLASPHALT® GV lleva incorporado un geotextil de PP no tejido (20 g/m²).

Aplicación: S&P GLASPHALT® G - por termofusión y compactación; S&P GLASPHALT® GV por compactación.

Espesor recomendado sobre estas mallas: 4 cm.

Previenen la aparición de fisuras.

S&P CARBOPHALT® G / S&P CARBOPHALT® GV

Malla de fibra de carbono en dirección transversal y fibra de vidrio en dirección longitudinal, revestidas con betún oxidado con una tasa mínima de 220 g/m².

La malla S&P CARBOPHALT® GV lleva incorporado un geotextil de PP no tejido (20 g/m²).

Aplicación: S&P CARBOPHALT® G - por termofusión y compactación; S&P CARBOPHALT® GV por compactación.

Espesor recomendado sobre estas mallas: 2 cm.

Previenen la aparición de fisuras y aumentan la capacidad estructural del pavimento debido al elevado módulo de elasticidad de las fibras de carbono.

S&P CARBOPHALT® G 200/200

Malla de fibra de carbono bidireccional, revestida de betún oxidado con una tasa mínima de 220 g/m².

Aplicación por termofusión.

Espesor recomendado sobre estas mallas: 2 cm.

Previenen la aparición de fisuras bidireccionales y aumentan la capacidad estructural del pavimento debido al elevado módulo de elasticidad de las fibras de carbono.

La aplicación de las mallas se deberá efectuar mediante equipos desarrollados y patentados por S&P Clever Reinforcement Company AG - Suiza.



4 Aplicación manual



5 Aplicación por termofusión y compactación



6 Aplicación de la capa de mezcla bituminosa

Fresado y reciclado de las mallas de refuerzo

EL REFUERZO DE PAVIMENTOS Y EL MEDIO AMBIENTE

Las pruebas de campo han demostrado que los pavimentos reforzados con mallas S&P permiten el fresado tradicional del pavimento. También se ha comprobado que el material resultante del fresado de las mezclas bituminosas con residuos de malla no influye negativamente en las propiedades de la nueva mezcla.

Características técnicas

MALLAS DE REFUERZO REVESTIDAS DE BETÚN OXIDADO					
	S&P Glasphalt® G	S&P Carbophalt® G		S&P Carbophalt® G 200/200	
	Long. / Transv.	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
Tipo de Fibra	Vidrio	Vidrio	Carbono	Carbono	Carbono
Módulo de elasticidad [N/mm ²]	≥ 73 000	≥ 73 000	≥ 265 000	≥ 240 000	≥ 265 000
Alargamiento de rotura de la malla [%]	≤ 4,5	≤ 4,5	≤ 1,9	≤ 1,8	≤ 1,9
Resistencia a tracción [kN/m]	120 ≤ 3% de alargamiento	120 ≤ 3% de alargamiento	200 ≤ 1,5% de alargamiento	200 ≤ 1,5% de alargamiento	200 ≤ 1,5% de alargamiento
Taxa de revestimiento de betume [g/m ²]	250	220		220	
Anchura [m]	0,97 / 1,50 / 1,95				
Longitud [m]	50				

MALLAS DE REFUERZO REVESTIDAS DE BETÚN CON PP NO TEJIDO			
	S&P Glasphalt® GV	S&P Carbophalt® GV	
	Long. / Transv.	Longitudinal	Transversal
Tipo de Fibra	Vidrio	Vidrio	Carbono
Geotêxtil de PP no tejido [g/m ²]	20	20	
Módulo de elasticidad [N/mm ²]	≥ 73 000	≥ 73 000	≥ 265 000
Alargamiento de rotura de la malla [%]	≤ 4,5	≤ 4,5	≤ 1,9
Resistencia a tracción [kN/m]	120 ≤ 3% de alargamiento	120 ≤ 3% de alargamiento	200 ≤ 1,5% de alargamiento
Taxa de revestimiento de betume [g/m ²]	250	220	
Anchura [m]	0,97 / 1,50 / 1,95		
Longitud [m]	50		



Aplicación mecánica



Calentamiento del revestimiento de betún



Compactación con rodillos individuales

Pruebas de ensayo

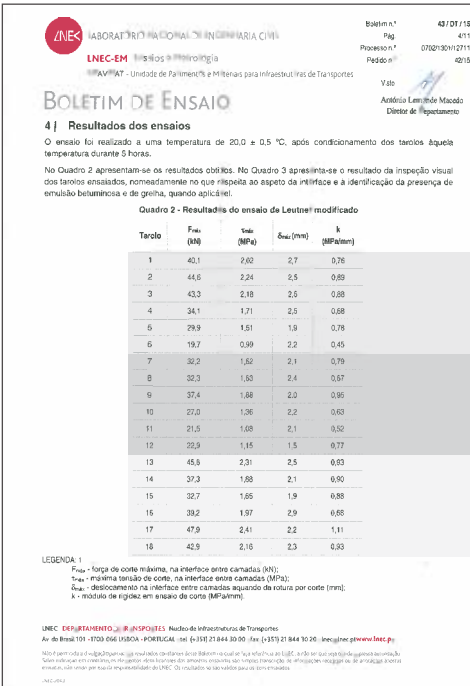
PRUEBA DE ADHERENCIA POR EL MÉTODO DE LEUTNER MODIFICADO

Actualmente, no existe ninguna norma europea para la prueba de Leutner, por lo que todas los ensayos efectuados en el LNEC siguen la metodología propuesta en el Apéndice A.1 del Manual of Contract of Highway Works (2008). Sin embargo, cabe mencionar que el proyecto de norma prEN 12697-48 sigue una metodología de ensayo muy similar a la especificada en el citado manual.

Los valores mínimos de la fuerza cortante considerada en las normativas de Suiza (SN 640430), Austria y Alemania (ZTV Asphalt – StB 07), que tiene el ensayo de Leutner Modificado como ensayo estándar para evaluar la adherencia entre capas bituminosas, son los siguientes:

- >15 kN en la conexión entre la capa de rodadura y la capa de regularización.
- >12 kN en la conexión entre las restantes capas de base.

ENSAYO DE ADHERENCIA POR EL MÉTODO DE LEUTNER MODIFICADO



BOLETIM DE ENSAIO
4 | Resultados dos ensaios

O ensaio foi realizado a uma temperatura de 20,0 ± 0,5 °C, após condicionamento dos corpos àquela temperatura durante 2 horas.

No Quadro 2 apresentam-se os resultados obtidos. No Quadro 3 apresenta-se o resultado da inspeção visual dos corpos ensaiados, nomeadamente no que respeita ao aspeto da interface e à identificação da presença de emulsão betuminosa e de greixa, quando aplicável.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de Leutner modificado

Corpo	Fsu (kN)	tau (MPa)	delta_w (mm)	k (MPa/mm)
1	43,1	2,62	2,7	0,76
2	44,6	2,24	2,5	0,89
3	43,3	2,18	2,5	0,88
4	34,1	1,71	2,5	0,68
5	29,9	1,51	1,9	0,78
6	19,7	0,99	2,2	0,45
7	30,2	1,52	2,1	0,79
8	30,3	1,55	2,4	0,67
9	37,4	1,88	2,0	0,85
10	27,0	1,26	2,2	0,63
11	21,5	1,08	2,1	0,52
12	22,9	1,15	1,5	0,77
13	45,6	2,31	2,5	0,83
14	37,3	1,88	2,1	0,90
15	32,7	1,65	1,9	0,88
16	39,2	1,97	2,9	0,68
17	47,9	2,41	2,2	1,11
18	42,9	2,16	2,3	0,93

LEGENDA:
Fsu - força de corte máxima, na interface entre camadas (kN);
tau - máxima tensão de corte, na interface entre camadas (MPa);
delta_w - deslocamento na interface entre camadas, aquando da rotura por corte (mm);
k - módulo de elasticidade em ensaio de corte (MPa/mm).

LNEC - DEPARTAMENTO DE INSPETORES Núcleo de Infraestrutura de Transportes
Av. do Brasil 101 - 1700 056 LISBOA - PORTUGAL - tel: (+351) 21 844 30 00 - fax: (+351) 21 844 30 20 - lneconline.pt@www.lneconline.pt

Estas cifras demuestran que, al colocar una malla revestida betún oxidado con las debidas recomendaciones, se puede alcanzar cifras muy similares a las de una interfaz sin malla de refuerzo. De este modo, se consiguen las ventajas introducidas por el refuerzo sin afectar en ninguna manera al funcionamiento del pavimento.

Probetas 1 a 6 - reforzadas con malla de fibra de vidrio revestida con betún - S&P Glasphalt® G
Fuerza media de corte 35,3 kN

Probetas 7 a 12 - reforzadas con malla de fibra de carbono revestida con betún - S&P Glasphalt® G
Fuerza media de corte 28,9 kN

Probetas 13 a 18 - Sin refuerzo
Fuerza media de corte 41 kN



Recogida de muestras



Probetas para el ensayo de Leutner modificado



Ensayo de Leutner modificado

Pruebas de rendimiento

PRUEBA DE FATIGA POR FLEXIÓN EN 4 PUNTOS

Las pruebas de resistencia a la fatiga por flexión en 4 puntos, realizadas en el Laboratorio Federal Suizo de Ciencia y Tecnología de Materiales (EMPA), permitieron evaluar el impacto estructural y la resistencia a la propagación de fisuras en probetas reforzadas con malla S&P CARBOPHALT® G. El resultado de estas pruebas fue comparado con el resultado de las pruebas efectuadas a las probetas de referencia, no reforzadas.



Figura 1. Muestra de referencia (Sin malla de refuerzo)



Figura 2. Muestra reforzada con S&P CARBOPHALT® G

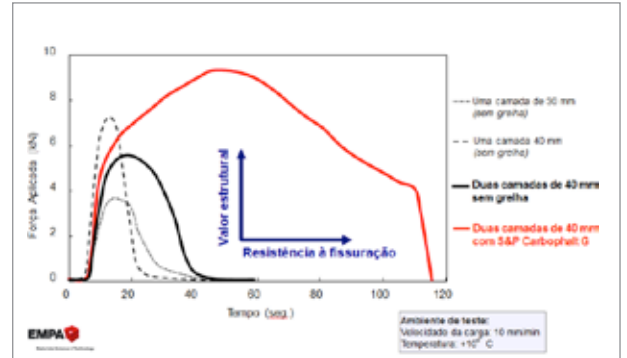


Figura 3. Prueba comparativa con diferentes espesores

Se concluyó que el pavimento reforzado con malla S&P CARBOPHALT® G tiene una alta resistencia a la formación de fisuras, aumentándose la carga última de rotura, lo que mejora en todos los casos estudiados los valores de resistencia estructural del pavimento.

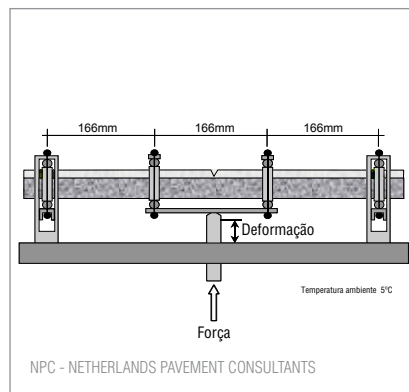
PRUEBA DE FATIGA POR FLEXIÓN EN 4 PUNTOS (CON HENDIDURA INDUCIDA)

El NPC, Netherlands Pavement Consultants, realizó una serie de pruebas para evaluar la resistencia de un pavimento con diferentes tipos de mallas de refuerzo a fisuración por fatiga cuando están sujetas a cargas cíclicas con una frecuencia de 29,3 Hz (carga mínima de 50 N y carga máxima de 4500 N). La prueba consistió en comparar un modelo de referencia sin refuerzo (con dos capas de mezcla bituminosa de 3 cm + 6 cm de espesor) con varios modelos de pavimento reforzados y con diferentes tipos de mallas entre las dos capas. El punto de comienzo de la fisura de fatiga se preparó mediante un corte de 2,5 cm de profundidad realizado en la base de la muestra de ensayo. A partir de ahí, se analizó la flexión de la viga hasta la rotura o hasta una deformación irreversible de 35 mm.

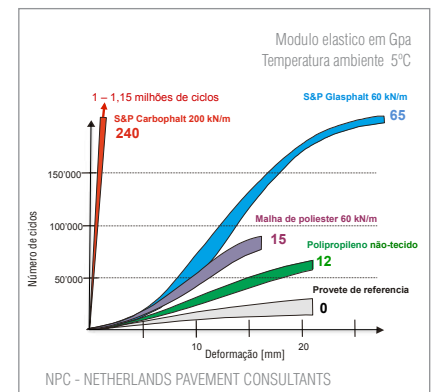
La conclusión fue que el pavimento reforzado con malla de fibra de vidrio revestida de betún S&P GLASPHALT® G resistió 185000 ciclos hasta la rotura de la probeta, lo que significa una resistencia a la fatiga bajo carga constante seis veces superior al modelo de referencia. Este resultado revela una alta resistencia a la propagación de fisuras bajo cargas cíclicas comparado con otros sistemas de refuerzo. En el caso de resistencia a la fatiga de pavimentos reforzados con S&P CARBOPHALT® G, el valor fue de 35 veces superior al modelo de referencia.



Probeta con corte inducido



Esquema de prueba



Resultados de las pruebas

Referencias de obras

Tipo de Obra	Identificación de la obra	Año	Producto aplicado
Urbanas	EN (R) 207 - Mejora entre E.N. 105 y Felgueiras	Nov. 2007	S&P Carbophalt® G
	Av. da Liberdade - Barreiro	Sep 2011	S&P Carbophalt® G
	Estrada Poente de Vilamoura	Dez. 2013	S&P Glasphalt® G
	Reparación de la carretera de Castanheira - Ferreira do Zêzere	Ago. 2015	S&P Glasphalt® G
Autopista	A9 - CREL - Mejora de Refuerzo del Estadio Nacional / Queluz / Loures	Sep 2007	S&P Glasphalt® G
	A5 - Cruz Oliveiras/Monsanto/Miraflores/Linda-a-Velha (2ªfase)	Ago. 2008	S&P Glasphalt®G
	A7- Mejora del tramo de Fafe / Basto	Sep 2012	S&P Carbophalt® G
	A28 - Mejora del pavimento del KM 6.50 ao 7.650	Sep 2013	S&P Carbophalt® G
Aeropuertos	Aeropuerto de Lisboa - Pier Norte	Sep 2010	S&P Carbophalt® G
	Aeropuerto do Funchal / Madeira	Nov. 2014	S&P Carbophalt® G
	Aeropuerto do OPorto - ASC TWY B e S	Mar. 2015	S&P Carbophalt® G
	Aeropuerto de Lisboa - Pista 03-21	Jun. 2015	S&P Carbophalt® G
Puentes y viaductos	E.N.234 - Rehabilitación del puente metálico de Chamusca sobre el río Tajo	Sep 2008	S&P Carbophalt® G
	E.N.114 - Puentes metálicos de Coruche (9 puentes)	Jul. 2009	S&P Carbophalt® G
	A1 - Sacavém / S.João da Talha Refuerzo del viaducto sobre el río Trancão	Ago. 2009	S&P Glasphalt® G
	A1 - Coimbra (Sul) / Coimbra (Norte) Refuerzo e impermeabilización del viaducto	Ene. 2010	S&P Glasphalt® GV
Plataformas y aparcamientos	Pavimentación del aparcamiento del Ministerio de Defensa	Nov. 2013	S&P Glasphalt® G
	Aeropuerto de Lisboa - Plataforma 80	Abr. 2011	S&P Carbophalt® G
	Refuerzo del aparcamiento del Aeropuerto Militar de Monte Real	Dic. 2014	S&P Glasphalt® G



Aeropuerto de Lisboa



A1 - Viaducto de Coimbra



A6 - Évora Nascente-Poente



EN (R) 207 - Felgueiras



A1 - Carvalhos / Stº Ovídio

IBERIA

Clever Reinforcement Ibérica Lda

Rua José Fontana, N°76
Z. Industrial Stª Marta de Corroios
P-2845-408 Amora
Teléfono: +351 212 253 371
+351 212 252 436
Web: www.sp-reinforcement.pt
E-Mail: info@sp-reinforcement.pt

Teléfono: +34 650 463 426
Web: www.sp-reinforcement.es
E-Mail: info@sp-reinforcement.es

OTRAS LOCALIZACIONES EN EUROPA

SUIZA
ALEMANIA
AUSTRIA
HOLANDA
FRANCIA
POLONIA
DINAMARCA
SUECIA



Desde 2012 S&P forma parte de Simpson Strong-Tie, multinacional de productos de construcción con base en California y con múltiples ubicaciones en toda Europa.

Simpson Strong-Tie fue fundada en 1956 y se ha erigido en el líder mundial de conectores estructurales madera-madera, madera-acero y madera-hormigón.

La empresa mantiene el compromiso de contribuir al éxito de sus clientes ofreciendo productos homologados excepcionales, servicios integrales de ingeniería y de asistencia sobre el terreno, realización de ensayos de productos y formación, así como entrega de productos dentro de plazo. Mediante la adquisición de S&P, Simpson Strong-Tie continúa ampliando su oferta para incluir una gama completa de soluciones de reparación, protección y refuerzo de hormigón. Al combinar las ventajas de ambas marcas, Simpson Strong-Tie y S&P son capaces de ofrecer un grado superior de calidad y servicios para satisfacer todas sus necesidades en materia de reparación, refuerzo y restauración de hormigón. Deseamos con sumo interés colaborar con usted en su próximo proyecto.

