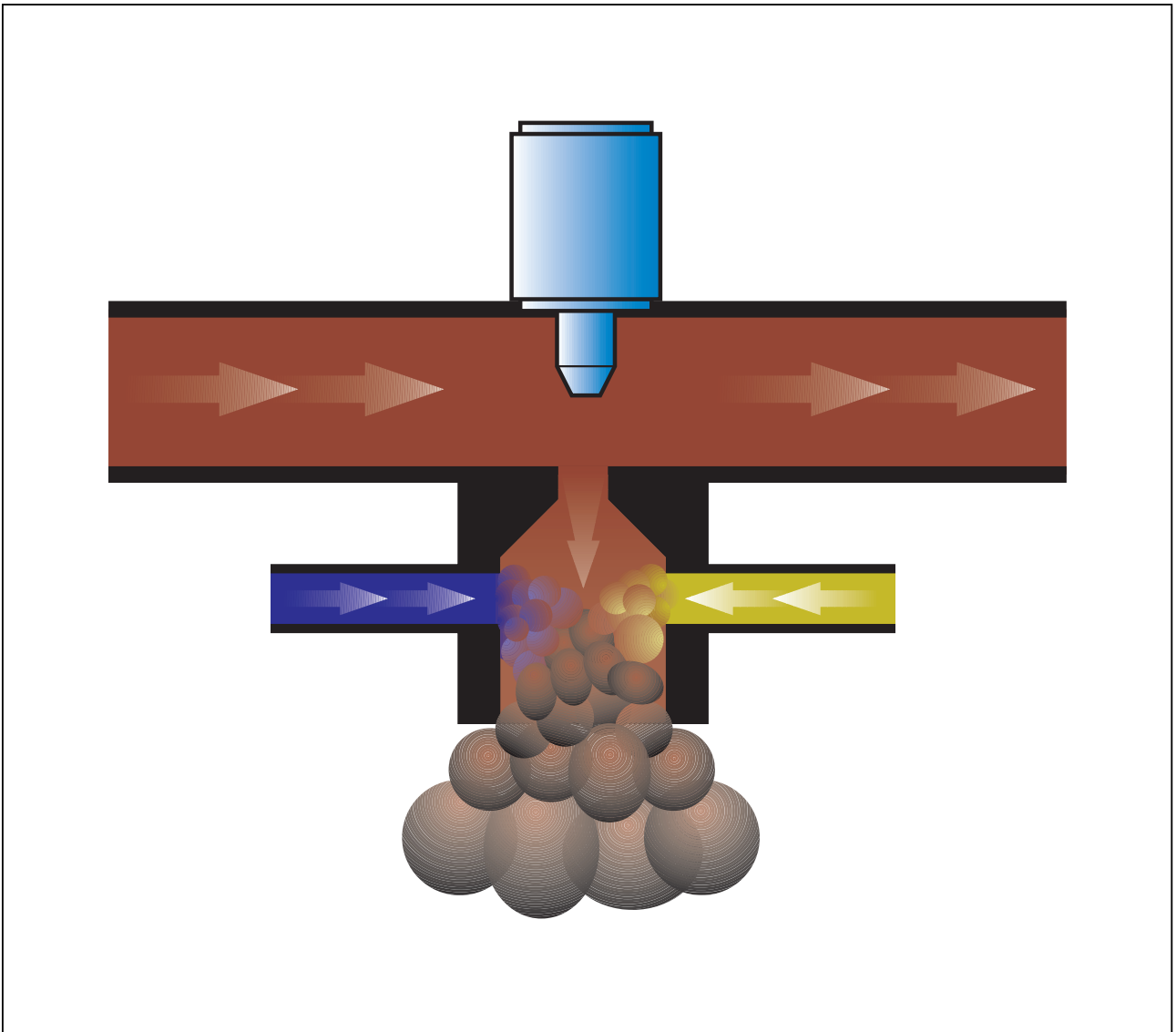


***Betún espumado –
el ligante innovador para
la construcción de carreteras***



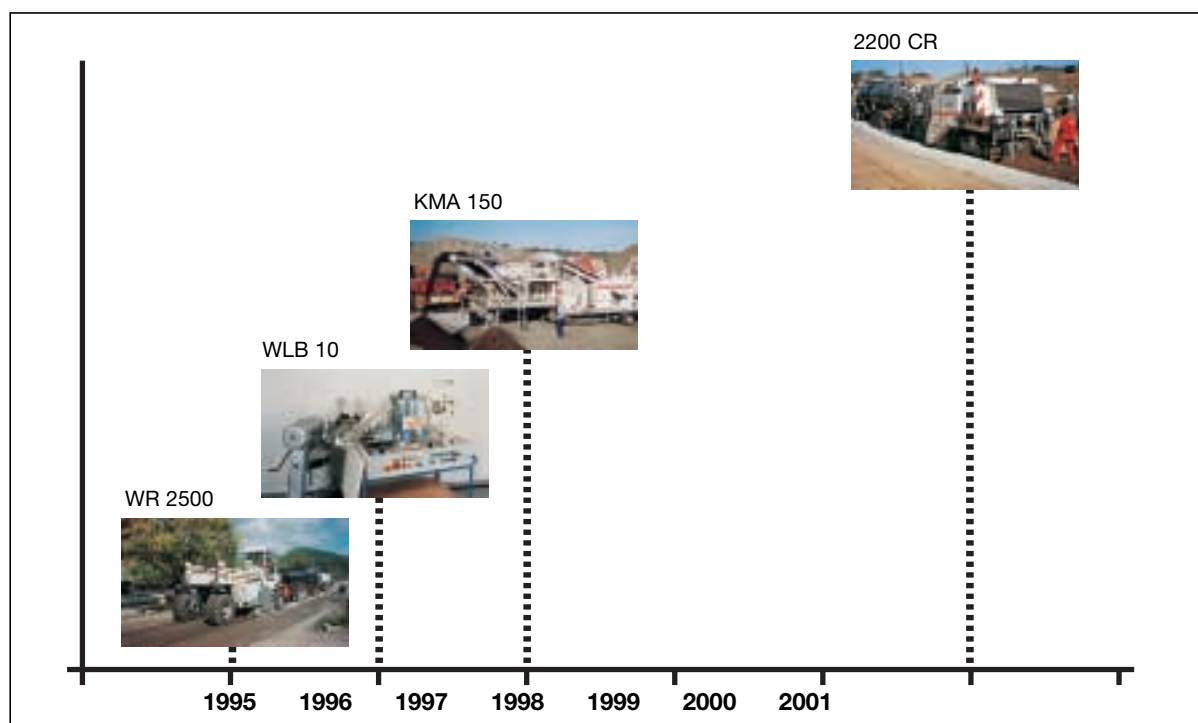
Índice

1. Los hitos en el desarrollo de la tecnología del betún espumado de Wirtgen	5
2. Betún espumado – el ligante innovador para la construcción de carreteras	6
2.1 ¿Qué es betún espumado?	6
2.2 La calidad del betún espumado	8
2.3 La producción de betún espumado en las máquinas recicladoras de Wirtgen	8
2.4 El análisis de las propiedades de espumado del betún con el equipo de laboratorio de Wirtgen	11
3. El empleo de betún espumado como ligante en la mezcla en frío	12
3.1 Campos de aplicación	12
3.2 La idoneidad de la mezcla de minerales empleada	13
3.3 Las propiedades de la mezcla en frío	14
4. Ejemplos a escala mundial de proyectos de rehabilitación de carreteras con betún espumado	14
4.1 Medidas de construcción por medio de una recicladora WR 2500 de Wirtgen	14
4.1.1 Arabia Saudita – una carretera en el desierto para el tráfico de gran tonelaje	14
4.1.2 Saneamiento de las vías a lo largo de la red de canales en el distrito Los Baños/EE.UU.	15
4.1.3 Eficaz y fiable, incluso bajo condiciones climáticas extremas: la máquina WR 2500 de Wirtgen durante la rehabilitación de una autopista en el Irán	16
4.1.4 Saneamiento convincente con betún espumado: renace una arteria de tráfico en Brasil	17
4.1.5 Máximo rendimiento gracias al empleo de betún espumado en un proyecto de saneamiento en Noruega	18
4.2 Producción de mezcla en frío con la mezcladora móvil de reciclaje en frío KMA 150 de Wirtgen	19
4.2.1 Mezcla en frío hecha de roca nueva y betún espumado, propia para el almacenaje, en Noruega	19
4.2.2 Procesamiento de asfalto fresado con una mezcladora KMA 150 de Wirtgen en Gran Bretaña	20
4.3 Medidas de construcción con una recicladora en frío 2200 CR de Wirtgen	21
4.3.1 La máquina 2200 CR de Wirtgen durante una aplicación para el saneamiento de una calzada urbana en Sudáfrica	21
5. Las ventajas de la tecnología innovadora del betún espumado de Wirtgen en síntesis	23
6. Fotografías de proyectos en todo el mundo	24

Betún espumado – el ligante innovador para la construcción de carreteras

1. Los hitos en el desarrollo de la tecnología del betún espumado de Wirtgen

Con la introducción del económico reciclaje en frío como método para rehabilitar carreteras deterioradas, comenzó la marcha triunfal alrededor de todo el mundo de una tecnología, que se distingue por sus ventajas ecológicas y económicas. La reutilización de la estructura existente de la carretera, la cual, añadiéndole ligantes, puede volver a convertirse en una capa de base para una carretera nueva, es la base para un método de reciclaje, que hoy en día, a nivel mundial, representa uno de los pilares de la rehabilitación económica de calzadas. Casi desde un principio, Wirtgen ha participado activamente en el desarrollo de máquinas y equipos eficientes. Durante este tiempo, en nuestra empresa se ha ido estableciendo un centro de competencia para el reciclaje en frío, cuyos desarrollos orientadores de maquinaria han contribuido decisivamente al éxito del procedimiento en todo el mundo.



Máxima competencia en el transcurso de muchos años: las etapas de desarrollo de la tecnología de maquinaria de Wirtgen para el reciclaje en frío empleando betún espumado.

Hoy en día, esta tecnología se aplica con mucho éxito, a escala mundial. En Europa, particularmente en Noruega, Gran Bretaña y en los Países Bajos, pero también en países de Europa Oriental, tales como Rusia o las Repúblicas Bálticas, en el reciclaje en frío se impone cada vez más el empleo de betún espumado como alternativa de los ligantes clásicos. Existen también un gran número de proyectos en América de Norte y en Sudamérica. Incluso en países, en los que las condiciones climatológicas son extremas, como Arabia Saudita, Irán, Libia o algunos estados africanos (Malawi, Nigeria o Sudáfrica), la tecnología del betún espumado ha sido aplicada con mucho éxito. Y también en el continente asiático o en Australia se han saneado carreteras en cortísimo tiempo mediante el reciclaje en frío con betún espumado.

El empleo a nivel mundial de betún espumado en innumerables países, que se extienden sobre casi todas las zonas climáticas, es una prueba más de la excelente idoneidad de este ligante para las más variadas condiciones ambientales.



La recicladora WR 2500 de Wirtgen impresiona por su eficacia en el reciclaje en frío con betún espumado en una obra de construcción de una autopista en Brasil.

También las cantidades empleadas hablan un lenguaje claro:

En el año 2000, en los Países Bajos fueron producidas aproximadamente 100.000 t de mezcla en frío, utilizando betún espumado. También en Brasil, desde 1998 se ha empleado el betún espumado como ligante en la construcción de más de 2,5 millones de m² de carreteras. En Noruega, en donde ya desde 1983 se efectúa el reciclaje en frío con betún espumado, han sido rehabilitados casi 3,0 millones de m² de carretera mediante este procedimiento; una prueba del alto grado de fiabilidad, que con razón se le atribuye a esta tecnología innovadora.



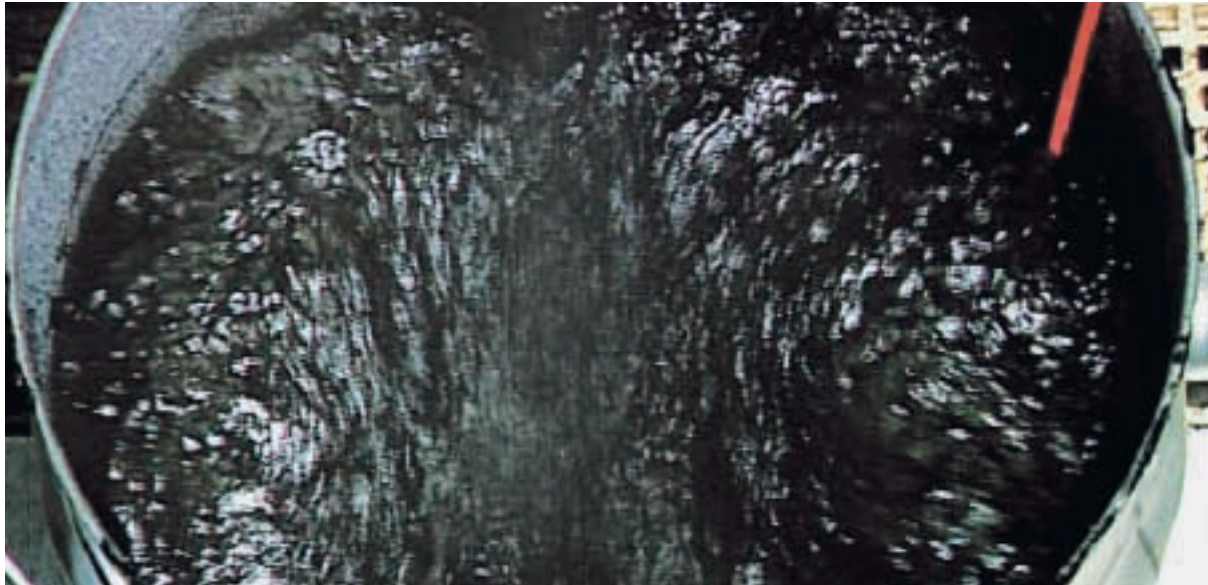
Es posible producir aglomerado de excelente calidad propio para el almacenaje, añadiendo betún espumado, incluso bajo condiciones meteorológicas frías: aquí se aprecia la aplicación de un equipo móvil cerca de Lillehammer/Noruega.

2. Betún espumado – el ligante innovador en la construcción de carreteras

2.1 ¿Qué es betún espumado?

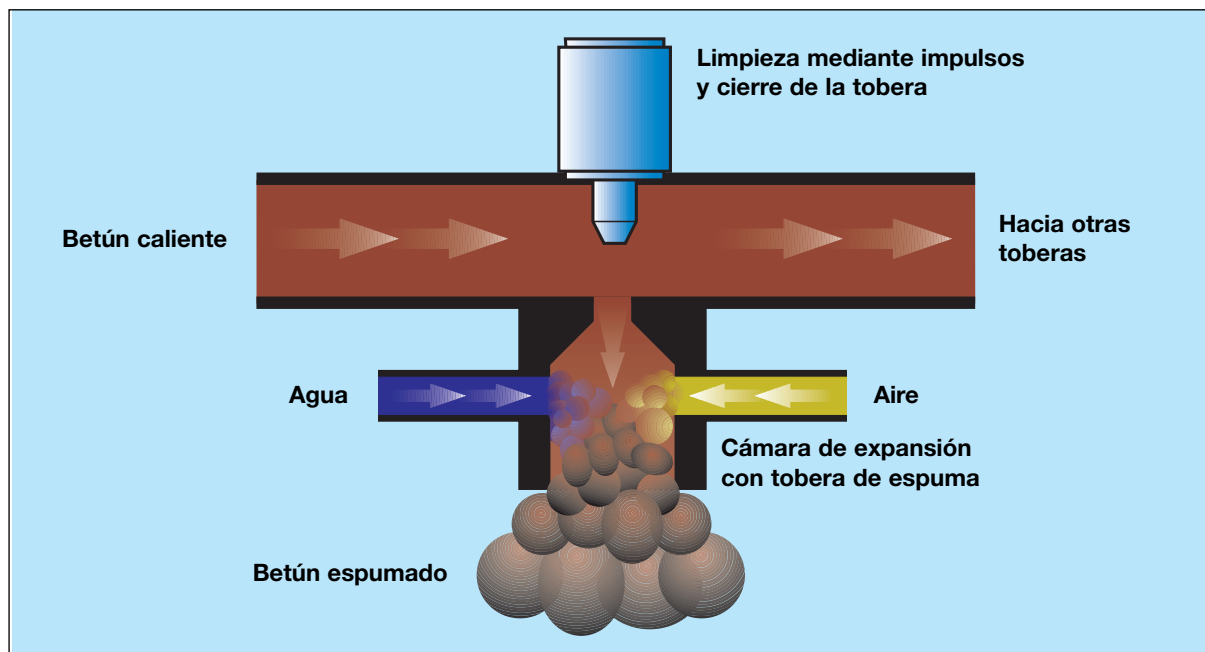
El betún espumado se forma cuando se espuma betún caliente, añadiendo una pequeña

cantidad de agua (aprox. un 2 – 3 % del betún caliente). El betún que para ello se utiliza, es betún usual en el comercio de las clases B60 hasta B200 y que también se emplea en la construcción de carreteras de asfalto. En el momento en el que se añade agua al betún caliente, el agua se evapora de golpe, produciendo una expansión explosiva del betún en el vapor de agua saturado, debido a la cual el volumen se multiplica por 15 a 20.



Pequeñas cantidades de agua producen una reacción en el betún caliente, de la cual resulta la expansión explosiva del volumen del betún.

La intensidad y la eficiencia del espumado se pueden controlar óptimamente, mediante la realización regulada, teniendo en cuenta las condiciones físicas y ambientales, tales como presión y temperatura. En los equipos de Wirtgen, este proceso se realiza en cámaras de expansión individuales, en las cuales se inyecta el agua en el flujo de betún calentado a 180°C. La inyección se lleva a cabo a una presión de aproximadamente 5 bares. El betún espumado producido de esta manera in situ, escapa de las cámaras de expansión a través de una tobera y puede ser empleado directamente, incorporándolo a la mezcla de minerales a estabilizar.



Teniendo en cuenta la presión y la temperatura, en las cámaras de expansión se produce betún espumado de excelente calidad.

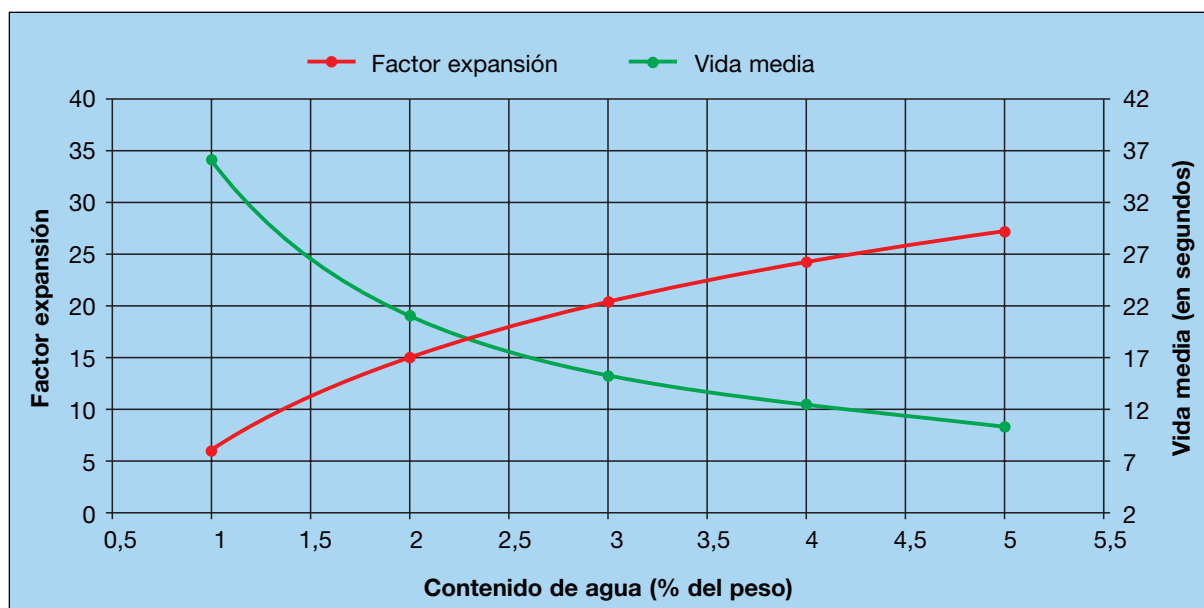
2.2 La calidad del betún espumado

La calidad del producto final, es decir, el betún espumado, es determinada principalmente, por los factores “expansión” y “vida media”.

Como “expansión” se define la relación entre el volumen máximo alcanzado del betún en estado espumado y el volumen del betún sin espumar. Normalmente, la expansión del betún espumado produce una multiplicación del volumen original del betún por 15–20.

Por vida media se entiende el tiempo transcurrido que tarda la espuma en sedimentarse hasta la mitad del volumen máximo obtenido, una vez terminado el espumado. Después de un tiempo, la espuma del betún se sedimenta. La vida media se indica en segundos y, por lo general, dura entre 5 y 10 segundos.

Básicamente se puede decir: cuanto mayor sea la expansión y cuanto mayor sea la vida media, tanto mejor será la calidad del betún espumado.

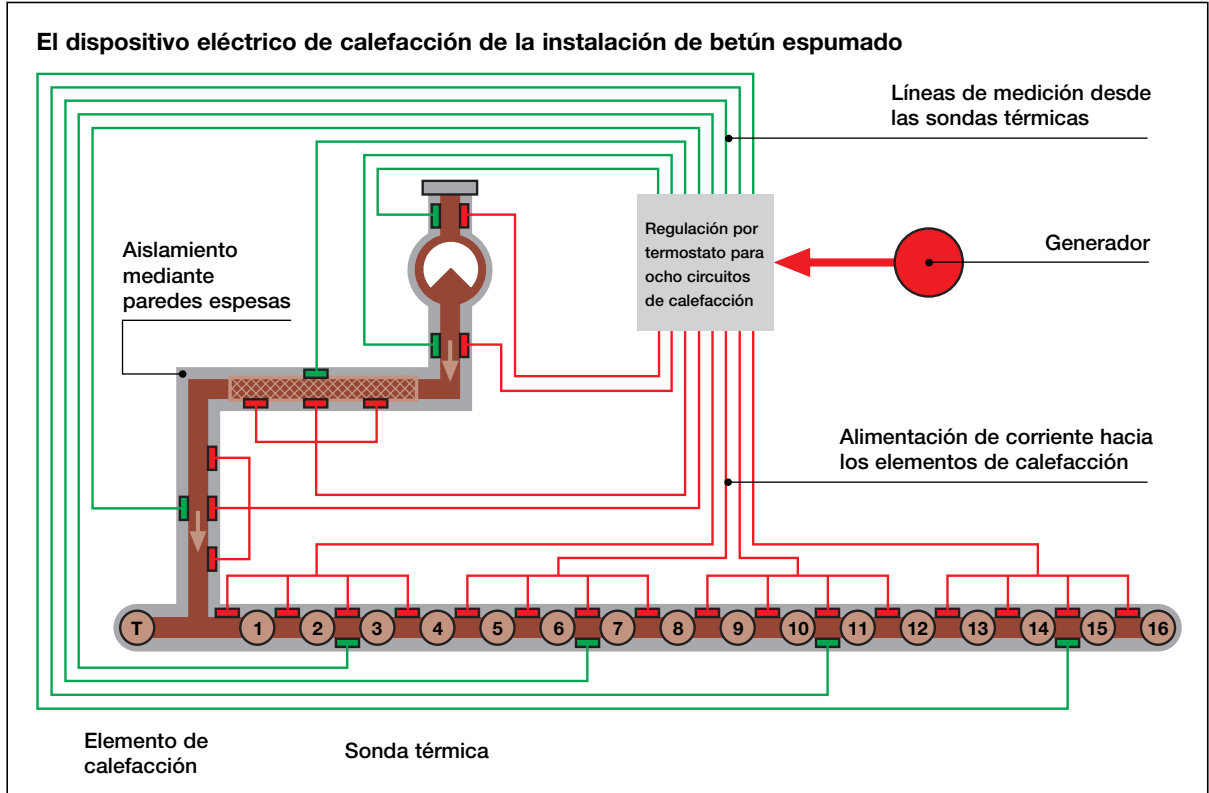


Para la valoración de la calidad del betún espumado es de suma importancia tener presente, que los factores vida media y expansión se desarrollan en sentido contrario, mientras más aumente la cantidad de agua agregada.

2.3 La producción de betún espumado en las máquinas recicladoras de Wirtgen

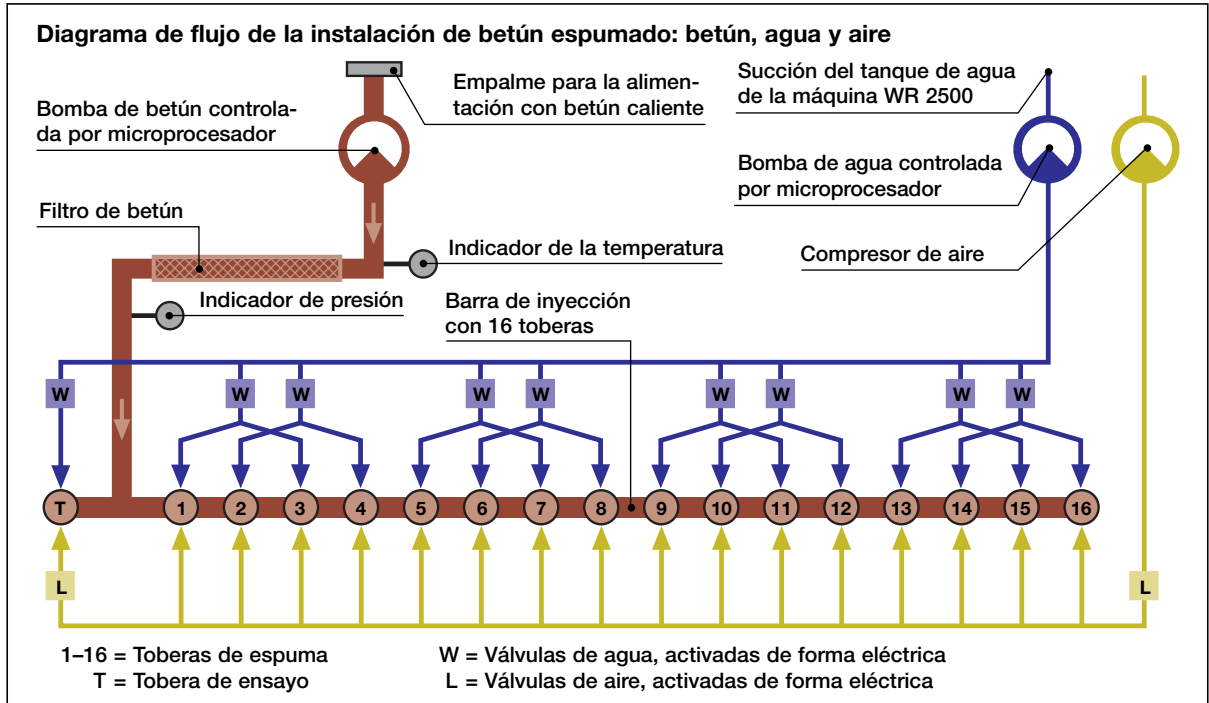
La calidad del ligante betún espumado depende decisivamente de la tecnología de inyección aplicada. En el desarrollo de las barras de inyección de alta calidad, empleadas en las máquinas de Wirtgen, fueron de trascendental importancia una serie de características relevantes para la aplicación:

El dispositivo de calefacción controlado por termostato se encarga de la temperatura óptima de servicio en el sistema antes y durante la producción del betún espumado, por lo que no se requiere un lavado complicado del equipo al interrumpir la aplicación o al finalizar el trabajo.



Técnica perfeccionada para la producción de espuma: en el equipo calentado eléctricamente y aislado mediante paredes espesas, el betún se mantiene constantemente a una temperatura óptima de elaboración.

El espumado se realiza en una serie de cámaras de expansión separadas y equipadas con toberas, a través de las cuales el betún se inyecta de manera uniforme sobre todo el ancho de trabajo. El espumado, así como las dosificaciones se controlan por medio de microprocesador, teniendo en cuenta la anchura de trabajo, la profundidad de trabajo, la velocidad de avance y la densidad del material a procesar. La adición de agua y de aire se realiza mediante toberas separadas.

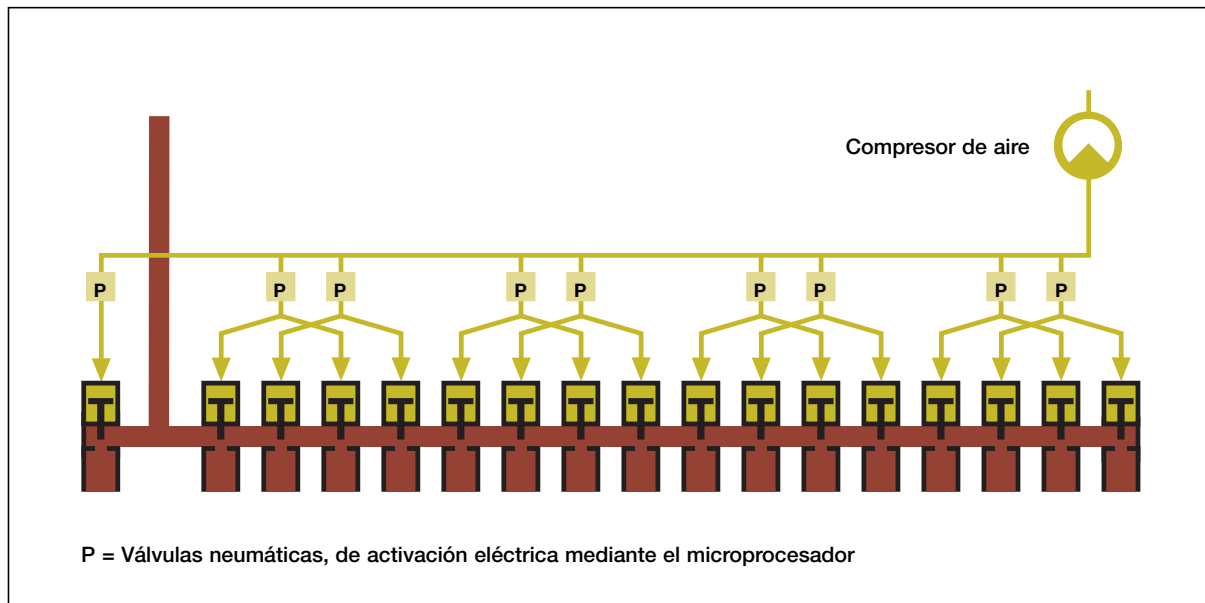


En la producción de betún espumado en las máquinas de Wirtgen, controlada por microprocesador, se dosifican exactamente y se inyectan betún, agua y aire.



La barra de inyección de la recicladora WR 2500 de Wirtgen cuenta con 16 toberas, en cuyas cámaras de expansión se espuma el betún caliente y, una vez transformado en betún espumado se inyecta de manera uniforme sobre el ancho de mezcla.

Las varillas de accionamiento neumático, que se encuentran en cada tobera y que se activan mediante impulsos en función del tiempo, limpian periódicamente las toberas durante el pro-



Fiabilidad operacional permanente gracias a las varillas de accionamiento neumático: el mando por impulsos garantiza el flujo ininterrumpido del betún caliente.

ceso de inyección, impidiendo así su obturación debido a suciedades. Al mismo tiempo, es posible variar el ancho de inyección obturando las toberas.

Cada tobera puede cerrarse desde la cabina del conductor, a fin de reducir la anchura de trabajo. Esto es de especial importancia al trabajar vías que solapan. En el momento en el que toberas individuales estén cerradas, el microprocesador automáticamente reduce la cantidad de ligante añadido, de manera que el porcentaje de betún espumado se mantenga constante.



A fin de controlar y optimizar las propiedades del espumado (expansión y vida media) durante la aplicación, es posible tomar pruebas de espuma mediante una tobera de ensayo exterior.

2.4 El análisis de las propiedades de espumado del betún con el equipo de laboratorio de Wirtgen

A fin de optimizar las propiedades del espumado del betún empleado, es posible efectuar un análisis de idoneidad por medio del equipo móvil de laboratorio para el análisis de betún espumado WLB 10, antes de comenzar con las obras. Para determinar las condiciones ambientales óptimas durante el espumado, se efectúan unas series de ensayos, variando la temperatura del betún y las cantidades añadidas de agua y de aire. Una vez terminadas las series de ensayos será posible inyectar la espuma de betún directamente en un mezclador de laboratorio y emplearlo para la producción de probetas para el análisis de idoneidad de los aglomerados producidos.



Mediante el equipo móvil de laboratorio para el análisis de betún espumado WLB 10 de Wirtgen, es posible examinar las propiedades del espumado, ya desde antes de comenzar con un proyecto.

3. El empleo de betún espumado como ligante para la mezcla en frío

3.1 Campos de aplicación

El betún espumado es un ligante que ofrece múltiples posibilidades de uso y que se puede emplear para mezclas de minerales de los más diferentes tipos y procedencias. Así, por ejemplo, es posible emplear asfalto fresado, material escarificado alquitranoso o mezcla nueva de grava mineral con betún espumado en la construcción de carreteras nuevas o para la rehabilitación de calzadas. También aquellas rutas de comunicación con capas de base de grava no ligadas, que entorpecen el tráfico debido al desprendimiento de polvo y que se enlodan en tiempos de lluvias, se estabilizan con éxito, empleando betún espumado.

El procesamiento en frío con betún espumado representa una buena alternativa de la construcción completamente nueva. Por medio de una recicladora, se incorpora el betún espumado en la capa de base no ligada, lo que incrementa la capacidad portante y, al mismo tiempo, la vida útil de la capa. Tanto el tratamiento de la superficie, como también una capa adicional de asfalto de poco espesor son medios apropiados para el sellado.



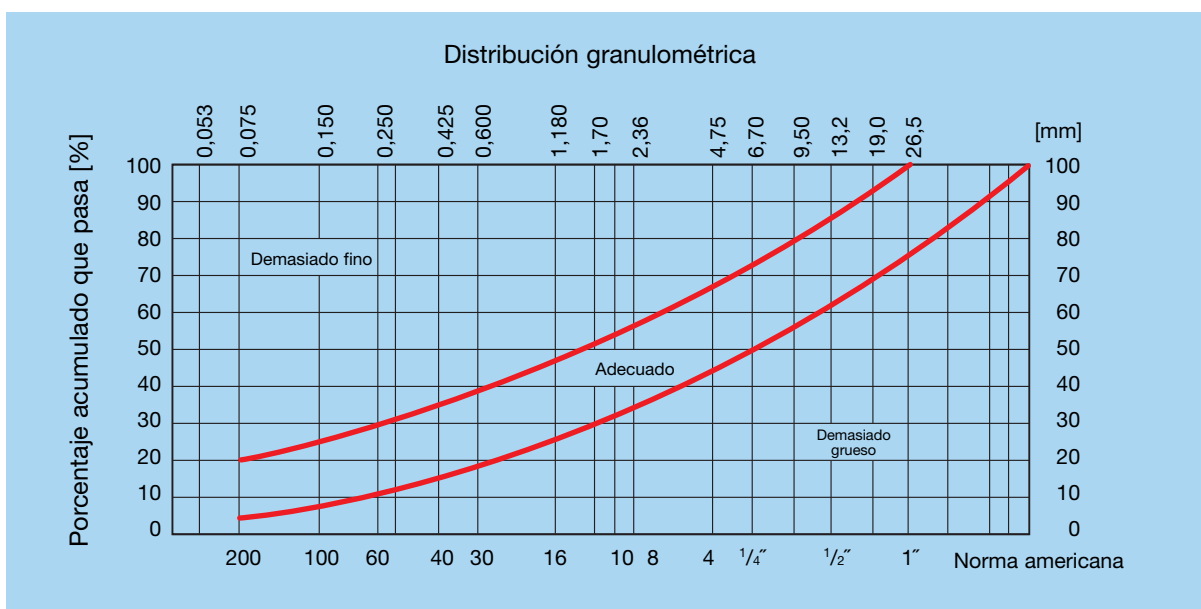
Los materiales utilizados en el reciclaje de materiales viales existentes empleando betún espumado y cemento



La gama de las mezclas originales de minerales es muy variado: añadiendo betún espumado, las más distintas mezclas de aglomerados minerales y de grava se convierten en capas de base de alta calidad.

3.2 La idoneidad de la mezcla de minerales empleada

La curva granulométrica de un material de granulación bien graduada y con una distribución satisfactoria de grano grueso y grano fino, permite sacar conclusiones sobre si es necesaria la adición de aglomerado mineral adicional. Si la mezcla de minerales no presenta suficiente contenido de finos (por lo menos un 4–5 % paso de tamiz 0,075 mm), será posible añadir, por ejemplo, arenilla 0/2 con una gran porción de rellenedor. El porcentaje de finos en la mezcla de minerales es de suma importancia para el empleo de betún espumado como ligante. El proceso de espumado incrementa el área superficial del betún, reduciendo, a la vez, la viscosidad. Las propiedades de flujo mejoradas ocasionan el revestimiento de los componentes de la mezcla de minerales, que presentan un tamaño de granulación relativamente fino. El rellenedor crea, junto con el betún espumoso como ligante, un mortero que integra el grano grueso.



Ejemplo del sector de una curva granulométrica de una mezcla de minerales, para el cual el betún espumado es apto como ligante.

3.3 Las propiedades de la mezcla en frío

El análisis de idoneidad de una mezcla en frío, producida añadiendo betún espumado, generalmente se efectúa por medio de la determinación de la resistencia a la tracción indirecta en probetas tipo Marshall. Después del secado y de la puesta en agua ulterior, se analizan las probetas. Los valores de resistencia, que resultan del ensayo de la resistencia a la tracción indirecta, normalmente oscilan en las siguientes gamas (adición de aprox. 1,5 a 4,5 % de betún espumado y 1 a 2 % de cemento):

a) asfalto fresado resultante (RAP)/material triturado (50 % de c/u)	350 – 800 kPa
b) roca triturada	400 – 900 kPa
c) grava natural	250 – 500 kPa

El módulo resiliente de un material estabilizado con betún espumado y cemento, normalmente presenta los siguientes valores:

a) asfalto fresado resultante (RAP)/material triturado (50 % de c/u)	2.500 – 5.000 MPa
b) roca triturada	3.000 – 6.000 MPa
c) grava natural	2.000 – 4.000 MPa

4. Ejemplos a escala mundial de proyectos de rehabilitación de carreteras con betún espumado

4.1 Medidas de construcción por medio de una recicladora WR 2500 de Wirtgen

4.1.1 Arabia Saudita – una carretera en el desierto para el tráfico de gran tonelaje

En un trayecto de más de 380 km de longitud, la carretera de dos carriles Shaybah Access Road une la ruta principal de Batha y el área Saudi Aramco Shaybah en el desierto de Rub' al Khali. A fin de poner en explotación un campo petrolífero, incluyendo una refinería y debido al tráfico de gran tonelaje a esperar en relación con el transporte de piezas de las plantas de procesamiento, con un peso que puede ascender hasta 200 t, resultó imprescindible la construcción de una vía fiable de tráfico. Originalmente, la Shaybah Access Road había sido construida sólo como carretera no ligada de roca yesosa del triásico superior, por lo que fue posible sanearla en todo su largo en tan solo 180 días, empleando la tecnología de betún espumado.

Para ello, durante la etapa principal de construcción, se utilizaron 3 recicladoras en frío WR 2500 de Wirtgen, así como mezcladoras de suspensión móviles WM 400. Añadiendo un 5 % de betún espumado y un 2 % de cemento como suspensión, fue posible fresar un promedio diario de aprox. 35.000 m² de carretera existente y procesarlo con los ligantes. La profundidad de trabajo fue de 20 cm. A fin de obtener propiedades óptimas de elaboración y compactación del subsuelo de roca yesosa del triásico superior y arena, se añadió aproximadamente un 4 % de agua. Además de las máquinas WR 2500 y WM 400 de Wirtgen, se emplearon motoniveladoras para corregir el perfil, así como también compactadores vibratorios y compactadores de neumáticos para compactar el aglomerado.

A fin de alcanzar un desarrollo óptimo del trabajo y de obtener la mejor calidad de ejecución posible, dos trenes de reciclaje, uno inmediatamente detrás del otro, trabajaron dedicados a la rehabilitación de uno de los dos carriles de la carretera. De esta manera fue posible garantizar la obtención de una buena adherencia de las vías de trabajo entre sí y la corrección óptima del perfil de la carretera completa. Así durante el tiempo completo de construcción, fue

posible que los camiones de gran tonelaje transitaran por la obra móvil.

Para finalizar, sobre la capa de base saneada se aplicó un tratamiento bituminoso de la superficie.

En un protocolo de inspección, los expertos en la construcción de carreteras elogiaron la excelente idoneidad del betún espumado como ligante, incluso bajo estas condiciones climáticas extremas, así como la elevada rentabilidad. Los métodos de construcción convencionales con mezclas en caliente, que se habían previsto originalmente, fueron rechazados, ya que con ellos no hubiese sido posible cumplir ni con las condiciones económicas, ni con el cronograma del proyecto.



En funcionamiento continuo las 24 horas del día, incluso bajo condiciones climáticas extremas: uno de los tres trenes de reciclaje de Wirtgen, compuesto de la máquina WR 2500 y de la mezcladora de suspensión WM 400, durante la rehabilitación económica de la Shaybah Access Road

4.1.2 Saneamiento de las vías a lo largo de la red de canales en el distrito Los Baños/EE.UU.

Es mantenimiento de las vías a lo largo de la red de canal es de la incumbencia de la San Luis & Delta-Mendota Water Authority en California. Además de los vehículos de inspección de la autoridad, estas carreteras las emplean también los campesinos de las regiones circunyacentes. Particularmente en épocas de cosecha, circulan vehículos de elevada carga útil por estos caminos. Las vías, cuya infraestructura en un principio únicamente consistía de material barroso de excavación procedente del canal, presentaban un fuerte agrietamiento en la capa de rodadura de asfalto. Sucesivamente, la penetración de agua produjo daños mayores y erosión por lavaje.

La autoridad decidió aplicar la tecnología del betún espumado de Wirtgen, empleando la recicladora WR 2500, a fin de rehabilitar la red vial dañada.

Durante el primer paso, se granuló el camino existente en el ancho completo de aprox. 4,3 m, antes de que una motoniveladora, así como una compactadora efectuaran una primera corrección del perfil y la precompactación de la infraestructura homogeneizada. Durante el segundo paso, se llevó a cabo la incorporación de una combinación de ligantes compuesta de 1,5 % de cemento y de un 3 % de betún espumado, mediante un tren de pavimentación, el cual, además de la recicladora WR 2500 de Wirtgen, también comprendía un carrotanque de agua, así como un carrotanque de betún. Después de la compactación final de la red vial mediante compactadores vibratorios y compactadores de neumáticos, se aplicó un tratamiento de superficie para el sellado. También en este caso, el saneamiento de las vías a lo largo de la red de canales resultó ser un método de rehabilitación rápido y eficaz, en el cual no fue necesario emplear material de otra procedencia.



El tren de reciclaje con la máquina WR 2500 trabajando a lo largo de la red de canales en el distrito Los Baños: en el futuro, las vías de canal serán aptas para el tráfico, incluso de vehículos agrícolas pesados.

4.1.3 Eficaz y fiable, incluso bajo condiciones climáticas extremas: la máquina WR 2500 de Wirtgen durante la rehabilitación de una autopista en el Irán

Hace ya algunos años, en el Irán se había comenzado con la construcción de una autopista de seis vías, la Teheran-Qom Highway. Desafortunadamente, la rodadura de la carretera nunca fue terminada, por lo que, durante varios años, la capa de base permaneció abierta y sin protección. Con el tiempo, el clima predominante, así como el tráfico pesado produjeron graves daños en la capa de base. Por lo tanto, antes de la terminación de los trabajos de construcción, primeramente fue necesario llevar a cabo el saneamiento de la estructura completa de la carretera.

A fin de mantener el nivel de altura existente, la superficie de la carretera, en primer lugar, fue fresada a una profundidad de 10 cm. La capa restante, fue tratada hasta una profundi-

dad de 25 cm, con un tren de reciclaje, compuesto de la recicladora WR 2500 de Wirtgen y la mezcladora de suspensión WM 1000, añadiendo un 3,5 % de betún espumado y 1,0 % de cemento (como suspensión). De esta manera, fue rehabilitada rápida y económicamente una superficie de más de 800.000 m² de capa de base, en ambas direcciones.

Antes de que la sección saneada fuera abierta al tráfico, la capa de base fue cubierta con una capa ligante de 6 cm de espesor y una capa de asfalto de 6 cm.



Reciclaje en frío con betún espumado ejemplar: durante los trabajos en el Teheran-Qom Highway, se manifestó con especial claridad la eficacia de la máquina WR 2500 de Wirtgen.

4.1.4 Saneamiento convincente con betún espumado: renace una arteria de tráfico en Brasil

Desde la introducción de la tecnología del reciclado en frío en el Brasil, la rehabilitación de la importante autopista Anhanguera ha sido uno de los mayores proyectos, en los cuales se empleó el betún espumado como ligante. La autopista, que une Sao Paulo y el estado Ribeirão Preto, es frecuentada diariamente por más de 15.000 vehículos, de los cuales un 60 % son “vehículos de gran tonelaje”.

La estructura existente estaba integrada por una capa de base de grava de 20 cm de espesor, así como por una capa ligante de asfalto y una capa de rodadura, ambas de 6 cm de espesor. También en este caso la máquina WR 2500 pudo mostrar de lo que es capaz: en verano de 1999 fue rehabilitada económicamente y en pocos meses, una superficie de aproximadamente 400.000 m² de carretera, por medio de la recicladora WR 2500 de Wirtgen. Añadiendo un 2,5 % de betún espumado, así como 1,5 % de cemento, se reciclaron capas de asfalto hasta una profundidad de trabajo de cerca de 12 cm. Los trabajos de saneamiento fueron completados con una rodadura de asfalto de 6 cm de espesor, la cual se aplicó al final.

También en este caso se efectuó el saneamiento “sin cortar el tráfico” a través de una obra móvil. De esta manera fue posible reducir el entorpecimiento del tráfico a un grado mínimo.

Hoy en día, el tráfico circula sin interrupciones por la autopista, la cual fue saneada con betún espumado en un tiempo sumamente corto y de forma muy económica.



Los trabajos avanzan rápidamente, sin tener que cortar el tráfico: el reciclaje rápido in situ por medio de la máquina WR 2500 significa también minimizar el entorpecimiento del tráfico.

4.1.5 Máximo rendimiento gracias al empleo de betún espumado en un proyecto de saneamiento en Noruega

Temperaturas muy bajas en invierno y ciclos frecuentes de hielo y deshielo, exigen requerimientos especiales de las estructuras de carreteras en Noruega. Se requieren métodos económicos de rehabilitación, en especial para el saneamiento de vías de tráfico mediante el rentable reciclaje en frío, a fin de poder mantener la red de carreteras en un estado utilizable.

Así, por ejemplo, la empresa Veidekke A/S, que tiene una larga experiencia en la aplicación de diferentes métodos de reciclaje en frío, en medio año saneó más de 800.000 m² con la máquina WR 2500, empleando betún espumado como ligante.

A fin de compensar fuertes desniveles y para estabilizar las capas existentes, es posible esparcir previamente material fresado o una mezcla nueva de minerales. La recicladora WR 2500, al fresar la estructura de carretera existente, lo que por lo general se efectúa a una profundidad de cerca de 20 cm, va incorporando estos materiales. Teniendo en cuenta la flexibilidad que requieren las estructuras de carretera debido a las bajas temperaturas durante el invierno, en el proceso de tratamiento se utilizan tipos de betún blando, preferentemente de la clase B 370.

El sistema de regulación por microprocesador de la máquina WR 2500 controla el proceso de espumado y la dosificación de las cantidades añadidas de ligante. La recicladora suministrada a la empresa Veidekke fue equipada especialmente con un sistema adicional de dosificación de aditivos para el betún caliente, con la finalidad de mejorar las propiedades de adhesividad del ligante.

Si se añade un promedio de 3,5 % del peso del betún, el consumo de betún caliente al día

asciende a 100 t, lo que corresponde a un rendimiento de la máquina WR 2500 de aproximadamente 10.000 m² por jornada, o bien a la rehabilitación en toda su anchura de un tramo de carretera de 1,5 km de longitud.

Los trabajos se efectúan sin cortar el tráfico. Después de corregir los perfiles con una motoniveladora y de compactar las capas recicladas, se efectúa la apertura al tráfico. Dependiendo del tráfico, se extienden, posteriormente, una o dos capas adicionales de asfalto.



Una prueba del rendimiento de la máquina WR 2500: en esta obra en Noruega, el abastecimiento de ligante de este carrotanque fue suficiente para reciclar 2.500 m² en poco menos de 2 horas.

4.2 Producción de mezcla en frío con la mezcladora móvil de reciclaje en frío KMA 150 de Wirtgen

4.2.1 Mezcla en frío hecha de roca nueva y betún espumado, propia para el almacenaje, en Noruega

En Noruega, la oficina estatal de construcción de carreteras de Oppland, con sede principal en Lillehammer, explota una mezcladora móvil de reciclaje en frío KMA 150, con la cual produce, en su mayoría, mezcla en frío de material nuevo.

Para la construcción de capas de base de carreteras provinciales, el explotador emplea mezcla nueva de minerales, compuesta en un 80 % de granulación menor de 22 mm y en un 20 % de finos menores de 8 mm.

A causa de las condiciones climáticas de Noruega – en el curso de las estaciones, las temperaturas oscilan fuertemente – se utilizan tipos de betún muy blandos de la clase B 370.

El betún caliente requerido, generalmente se suministra en carrotanques aislados. El dispositivo de calefacción controlado por termostato de la instalación de inyección de la máquina KMA 150 se encarga de la temperatura óptima de servicio. En las cámaras de expansión individuales que se encuentran en la barra de inyección situada sobre la unidad mezcladora de circulación forzada de dos ejes, añadiendo agua y aire al betún, éste se transforma en espuma y es inyectado uniformemente.

En la construcción de capas de base de alta calidad, se añade al material nuevo un 3 % de betún espumado y se mezcla de forma homogénea. El contenido óptimo de agua se logra con la adición de aproximadamente un 3 % de agua. La capacidad de producción de la mezcladora móvil asciende a 140 hasta 155 t/h.

Frecuentemente, el material procesado se mete en vaciaderos y posteriormente, se tiende con una pavimentadora convencional de acuerdo con el perfil y según se requiera. Debido al alto grado de estabilidad del aglomerado no se necesitan capas adicionales de asfalto. Por ello, las carreteras generalmente sólo se sellan mediante un tratamiento superficial.



Con un rendimiento de aprox. 150 t/h, la mezcladora móvil KMA 150 mezcla homogéneamente el material de roca pretriturado y apilado, añadiendo betún espumado.

4.2.2 Procesamiento de asfalto fresado con una mezcladora KMA 150 de Wirtgen en Gran Bretaña

La concepción, orientada al futuro, de la mezcladora KMA 150 ofrece a nuestros clientes nuevas posibilidades de utilización del asfalto fresado resultante. Una empresa en Escocia, que explota un parque de fresadoras de Wirtgen de diferentes tipos y con las cuales efectúa trabajos de fresado en la región de Glasgow, empleó el material fresado y granulado para la producción de mezcla en frío de alta calidad. Hasta la fecha, el material fresado era llevado a un sitio de almacenamiento, en donde se clasificaba según el tamaño determinado por tamizado. De esta manera era posible reutilizar el material fresado y granulado como sustitutivo de gravilla para la infraestructura de una carretera.

Añadiendo betún espumado se producen capas de base, cuya calidad es casi similar a la de una capa de base de asfalto. Para poder producir mezcla en frío con el material granulado y pasado por un tamiz, hay que añadir betún espumado sólo en cantidades pequeñas de aproximadamente 2 %.

El material producido se carga, según se requiera, inmediatamente en los vehículos de suministro de los diferentes usuarios. Las mezclas en frío son apropiadas para las más distintas aplicaciones, por ejemplo para producir capas de rodadura y de base en la construcción de

carreteras y caminos secundarios, en el afirmado de aparcamientos, superficies de estacionamiento o capas de base de carreteras muy frecuentadas. El material mixto en parte también se almacena en vaciaderos, para poder despachar de forma económica incluso cantidades mínimas.



Producción para el almacenamiento en un vaciadero del material fresado y mezclado con betún espumado: mediante telemando es posible arrancar y parar la producción con la máquina KMA 150 desde la cargadora sobre ruedas.

4.3 Medidas de construcción con la recicladora en frío 2200 CR de Wirtgen

4.3.1 La máquina 2200 CR de Wirtgen durante una aplicación para el saneamiento de una calzada urbana en Sudáfrica

Cerca de la ciudad de Durban, en la costa oriental sudafricana, fue necesario rehabilitar una calle principal urbana muy frecuentada. En épocas pasadas, el fuerte agrietamiento de la superficie de asfalto, siempre había sido reparado sólo parcialmente. Por razones de costes se tomó la decisión de sanear completamente el tramo de la calzada. Estudios preliminares mostraron, que a causa del ensanchamiento anterior de la calle, la estructura de la calzada, en todo su largo, no era uniforme. Por ello, primeramente se decidió granular la estructura completa, para después lograr una homogeneización del material por medio de una motoniveladora.

Después de la homogeneización, uno de los carriles de la calzada de 12,5 m de anchura, fue procesado con betún espumado como ligante, mientras que el tráfico circulaba paralelamente por el otro. Para ello, en la cámara de mezcla de la máquina el material granulado, compuesto de una mezcla de asfalto granulado de escarificación y gravilla y al que le fue añadido 1 % de cemento y un 3 % de betún espumado, fue procesado hasta una profundidad de casi 20 cm para convertirlo en una nueva mezcla en frío. La compactación se efectuó con una combinación de compactadores vibratorios y compactadores de neumáticos.

Una vez terminados los trabajos en uno de los carriles, éste fue abierto al tráfico, mientras se

rehabilitaba el otro y, una vez terminada toda la obra, fue puesta en servicio durante algunos días, antes de que se aplicara una rodadura de asfalto de 4 cm de espesor sobre todo el tramo saneado.

Gracias a la técnica de reciclado empleada, fue posible rehabilitar rápida, económica y perdurablemente esta calzada muy frecuentada, sin tener que cortar el tráfico.



Por medio de la recicladora en frío 2200 CR de Wirtgen se recicló la estructura de una carretera en una profundidad de 20 cm, añadiendo betún espumado. La corrección del perfil de la capa de base se realizó mediante una niveladora.

5. Las ventajas de la tecnología innovadora de betún espumado de Wirtgen en síntesis

Comparado con los ligantes clásicos, tales como el cemento o la emulsión bituminosa, en la rehabilitación de carreteras, empleando betún espumado en el reciclaje en frío, resultan las siguientes ventajas:

- Para la producción de betún espumado se puede utilizar betún usual en el comercio. De este modo se asegura un alto grado de disponibilidad.
- En la producción de betún espumado se añaden comparativamente cantidades pequeñas de betún y agua. De esta forma se reducen los gastos de transporte y de material.
- Inmediatamente después de la colocación y de la compactación, la mezcla en frío es apta para el tráfico. Ello reduce a un mínimo el entorpecimiento del tráfico.
- Al emplear betún espumado como ligante, las variaciones de la humedad intrínseca de los aglomerados son de menor importancia, ya que es posible dosificar selectivamente la cantidad de agua añadida.
- Al emplear betún espumado como ligante, no es necesario considerar ni tiempos de ruptura, ni tiempos de fraguado.
- El betún espumado es un ligante económico, ya que son pequeñas las cantidades que se añaden.
- La producción de betún espumado se efectúa de manera rápida y sencilla directamente en la recicladora o en la mezcladora. No se requieren equipos adicionales.
- La mezcla en frío, producida empleando betún espumado como ligante, dispone de excelentes propiedades para el almacenamiento.

6. Fotografías de proyectos en todo el mundo



En Sudáfrica trabajando fiablemente en el saneamiento de una carretera interurbana: la recicladora en frío 2200 CR de Wirtgen reúne en una sola máquina una recicladora y una fresadora en frío de alto rendimiento.



La tecnología del betún espumado de Wirtgen es un método fiable de saneamiento, que incluso se puede aplicar en el desierto: el tren de reciclaje en funcionamiento continuo, rehabilitando más de 380 km en Arabia Saudita.



La rehabilitación de una vía de tráfico en Sudáfrica con la máquina WR 2500 es facilísima: se suministra betún caliente y agua a la recicladora a través de tuberías flexibles y luego se inyecta de manera dosificada en la cámara de mezcla.



Trabajos de saneamiento de carreteras en los Países Bajos: La recicladora WR 2500 va empujando el carrotanque de betún, en el cual se almacena el betún caliente.



Mezcla en frío, la cual se vuelve propia para el almacenaje durante un período de larga duración: por medio de la KMA 150, en Malasia se produjo un material de construcción de alta calidad para capas de base.



En esta obra se esparció cemento antes de que la máquina WR 2500 comenzara a trabajar: debido a su potencia, es capaz de empujar con facilidad el carrotanque de agua y el carrotanque de betún, durante el proceso de tratamiento.



También en Sudamérica avanza la tecnología del betún espumado de Wirtgen: el conductor se siente a gusto en la cabina climatizada, incluso a temperaturas muy altas, como en este caso en Brasil.



El camión estará cargado en un tiempo cortísimo: en una obra en Colombia, la mezcladora móvil KMA 150 demuestra su eficacia de forma impresionante.



En la rehabilitación de una autopista en el Irán, la máquina WR 2500 pudo demostrar, una vez más, su eficiencia. Después de haber fresado partes de la capa de base, la máquina comenzó muy eficazmente con su trabajo de reciclado.



Correspondiendo a las exigencias de la medida de construcción, en esta cantera en Irlanda se está produciendo mezcla en frío de fracciones de roca, por ejemplo, añadiendo betún espumado.



La mezcladora KMA 150 puede ser transportada al sitio de mezcla adecuado. En esta fotografía se aprecia la producción en Australia de una mezcla en frío de alta calidad, añadiendo betún espumado como ligante.



Una obra urbana comparativamente estrecha en Bogotá/Colombia: También en este caso la recicladora WR 2500 de Wirtgen está en su elemento, reciclando rápida y económicamente la estructura existente de una carretera, mediante la incorporación de betún espumado.



Para la máquina WR 2500, el reciclaje in situ sin cortar el tráfico no representa ningún problema: la “obra móvil” minimiza el entorpecimiento de la circulación, dejando una capa de base de alta calidad.



Rehabilitación de una carretera en Noruega: la recicladora WR 2500 está acoplada al carrotanque independiente y el betón caliente se espuma en la recicladora y se incorpora uniformemente.



Sin afectar el entorno natural, en una reserva natural zoológica de África fue saneada la red vial por medio de la máquina WR 2500.



En el país de las posibilidades ilimitadas, la máquina WR 2500 también encuentra aplicación: clientes de los EE.UU. aprovechan las ventajas que ofrece la tecnología del betún espumado de Wirtgen.



La mezcla en frío de la mezcladora móvil KMA 150 es cargada en camiones: también en Texas/EE.UU se tiene conciencia de la buena calidad del material producido con betún espumado.



Saneamiento ecológico de carreteras en Suecia empleando betún espumado: el tren de reciclaje con la máquina WR 2500 es garante de un procesamiento rápido de las vías de tráfico dañadas.



Wirtgen GmbH · Hohner Strasse 2
53578 Windhagen · Alemania

Tel.: +49 (0) 26 45/131-0
Fax: +49 (0) 26 45/131-242
Internet: www.wirtgen.com
