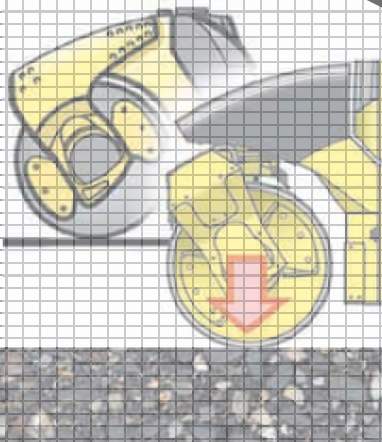


# Nociones fundamentales sobre compactación de mezclas asfálticas

Procedimientos de compactación  
Máquinas compactadoras  
Tecnología de compactación



### **Aviso legal**

© BOMAG GmbH, Fayat Group, Alemania, Reservados todos los derechos

Editor:

BOMAG GmbH, Hellerwald, D-56154 Boppard, Alemania

Jefe de proyecto:

Dipl. Ing. H.-J. Kloubert, BOMAG GmbH, Boppard

[www.bomag.com](http://www.bomag.com)

**Nota del editor:** Esta obra con todas sus partes integrantes esta amparada por los derechos de propiedad intelectual. Toda la información, datos, resultados, etc. contenidos en este libro han sido compilados y redactados por la dirección del proyecto según su leal saber y entender y extremando la diligencia. No obstante, no se pueden excluir totalmente los errores y erratas. Por esta razón, la dirección del proyecto no asume ninguna responsabilidad por cualquier inexactitud o falta en el contenido.

# Prólogo

Las capas asfálticas de la superestructura de la calzada deben ser capaces de absorber con fiabilidad las cargas dinámicas del tráfico y transferirlas a la subestructura o al terreno de modo que no se produzca ninguna deformación nociva. Este principio es igualmente vigente si consideramos las cargas derivadas de la climatología y la temperatura. Además de la composición y la aplicación de la mezcla, su compactación asume una importancia especial para la calidad y la vida útil de la carretera. En la obra, la tecnología de compactación seleccionada, la habilidad, la capacidad y la experiencia del conductor del rodillo son los principales factores que determinan el éxito de la compactación.

A continuación vamos a exponer una sinopsis de los procedimientos y maquinaria de compactación. Vamos a explicar los distintos esquemas de compactación, así como una serie de reglas básicas e indicaciones para una buena compactación de la mezcla asfáltica extendida. El Tratado sobre compactación de BOMAG pretende servir de guía y orientación a los que desarrollan su labor en las obras, para facilitarles el manejo y gestión de las máquinas compactadoras en el asfalto.



# Índice

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Principios generales de la compactación del asfalto</b> .....                                                                 | 2  |
| 1.1 Principios generales .....                                                                                                      | 2  |
| 1.2 Influencia de la composición de la mezcla.....                                                                                  | 3  |
| 1.3 Influencia de la temperatura de la mezcla .....                                                                                 | 4  |
| <b>2. Procedimientos de compactación</b> .....                                                                                      |    |
| 2.1 Precompactación con la extendidora.....                                                                                         | 5  |
| 2.2 Compactación estática.....                                                                                                      | 6  |
| 2.3 Compactación por vibración.....                                                                                                 | 7  |
| 2.4 Compactación utilizando el ASPHALT ....<br>MANAGER .....                                                                        | 8  |
| <b>3. Máquinas compactadoras</b> .....                                                                                              | 9  |
| 3.1 Máquinas compactadoras de dirección manual<br>- Pisones<br>- Planchas vibratorias<br>- Rodillos tándem de dirección manual..... | 9  |
| 3.2 Rodillos tándem ligeros.....                                                                                                    | 10 |
| 3.3 Rodillos combinados.....                                                                                                        | 10 |
| 3.4 Rodillos de neumáticos.....                                                                                                     | 10 |
| 3.5 Rodillos tándem de dirección articulada .....                                                                                   | 11 |
| 3.6 Rodillos vibradores tándem de dirección<br>pivotante .....                                                                      | 12 |
| 3.7 Sistemas de dirección.....                                                                                                      | 12 |
| <b>4. Características de equipamiento de los rodillos tándem y combinados</b> .....                                                 | 15 |
| 4.1 Tambores partido y no partidos .....                                                                                            | 15 |
| 4.2 Sistema de riego.....                                                                                                           | 15 |
| 4.3 Selector de marchas.....                                                                                                        | 16 |
| 4.4 Dispositivos cortajuntas y de compresión de<br>bordes .....                                                                     | 17 |
| 4.5 Esparcidores de gravilla .....                                                                                                  | 19 |
| 4.6 Viga antivuelco ROPS .....                                                                                                      | 20 |
| 4.7 Iluminación de trabajo .....                                                                                                    | 20 |
| <b>5. Datos técnicos de los rodillos de .<br/>asfaltado</b> .....                                                                   | 21 |
| <b>6. Rendimiento de compactación</b> .....                                                                                         | 23 |
| <b>7. Preparar las máquinas compactadoras</b> .....                                                                                 | 27 |
| <b>8. Esquemas de compactación</b> .....                                                                                            | 29 |
| 8.1 Compactar trabajando con una extendidora<br>.....                                                                               | 29 |
| 8.2 Compactar trabajando con dos extendidoras<br>.....                                                                              | 30 |
| 8.3 Compactar asfalto solo con rodillos tándem...                                                                                   | 30 |
| 8.4 Compactar asfalto con rodillos de neumáticos<br>y tándem .....                                                                  | 31 |
| 8.5 Compactar firmes de asfalto con perfil de dos<br>aguas .....                                                                    | 31 |
| 8.6 Compactar curvas .....                                                                                                          | 32 |
| 8.7 Compactar juntas y empalmes<br>- Juntas transversales<br>- Juntas longitudinales .....                                          | 32 |
| 8.8 Terminar capas de rodadura con esparcidora<br>de gravilla.....                                                                  | 33 |
| <b>9. Errores de aplicación y de .....<br/>compactación</b> .....                                                                   | 35 |
| <b>10.Reglas básicas de la .....<br/>compactación de mezclas de asfalto</b><br>.....                                                | 37 |
| <b>11.Sistemas de documentación y<br/>medición de la compactación</b> .....                                                         | 39 |
| <b>12. APÉNDICE</b> .....                                                                                                           | 43 |
| A1 Clases de construcción de carreteras .....                                                                                       | 43 |
| A2 Clases de mezcla y espesores de capa ..                                                                                          | 43 |
| A3 Capa base asfáltica .....                                                                                                        | 44 |
| A4 Capa ligante asfáltica .....                                                                                                     | 44 |
| A5 Capas de rodadura asfálticas .....                                                                                               | 45 |
| - Hormigón asfáltico .....                                                                                                          | 46 |
| - Asfalto mástico con gravilla.....                                                                                                 | 48 |
| A6 Capa de rodadura base de asfalto .....                                                                                           | 50 |
| A7 Clases de asfalto .....                                                                                                          | 50 |
| <b>Cuerpos normativos y bibliografía</b> .....                                                                                      | 52 |

# 1. Nociones fundamentales sobre compactación de capas asfálticas

## 1.1 Principios generales fundamentales sobre asfálticas

Las capas asfálticas a compactar se clasifican en capas base, capas de ligante o intermedias y capas de rodadura. En las capas de rodadura de la carretera se utiliza hormigón asfáltico, asfalto mástico y asfalto poroso.

La mezcla recién aplicada debe compactarse para obtener una mayor densidad del material, o dicho de otro modo, para reducir los intersticios vacíos de la capa de asfalto. Los objetivos perseguidos

son obtener el grado de compactación requerido y mantener los valores umbral referentes a la proporción de espacios vacíos.

Con ellos se consigue una mayor estabilidad de las capas y, por lo tanto, una mayor resistencia a las deformaciones. La resistencia al desgaste de la capa de rodadura también está influida positivamente por una buena compactación.

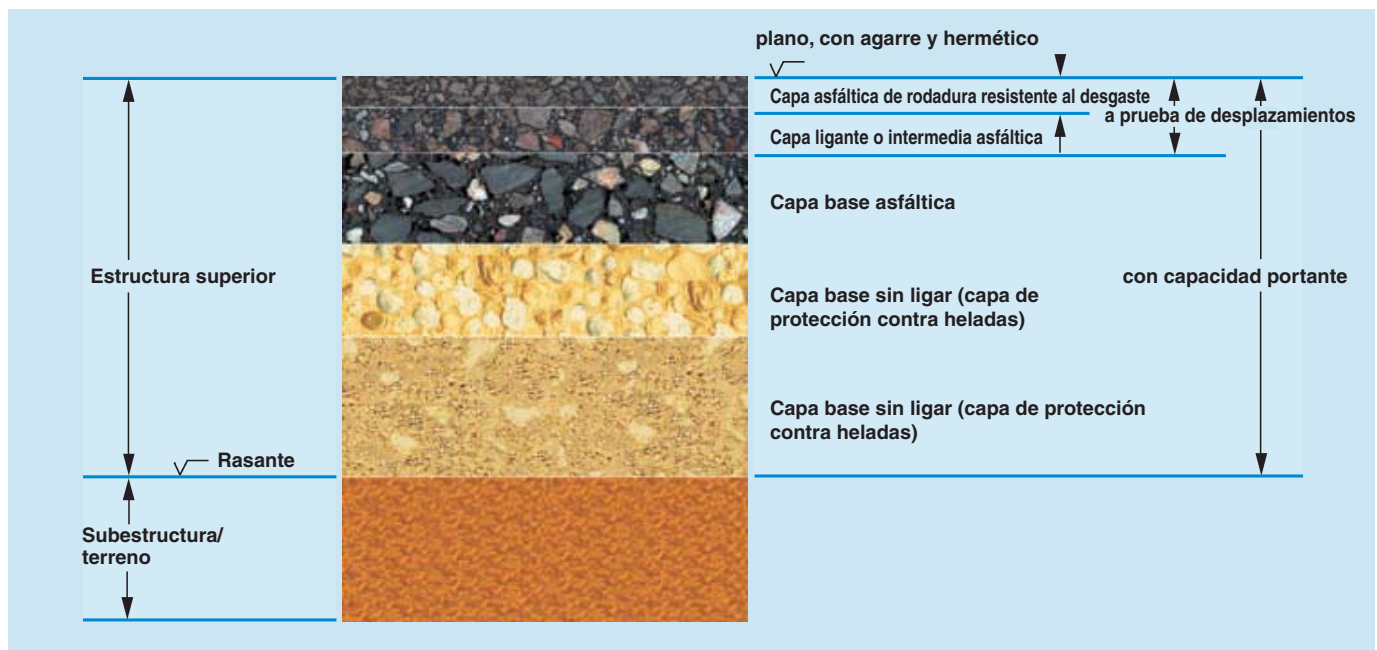


Fig. 1 Estructura y propiedades de una carretera de asfalto

La máquina compactadora debe dejar la capa de asfalto con una superficie plana y lisa que asegure el confort de marcha y, al mismo tiempo, debe crear una capa de rodadura cerrada y uniforme, pero con una textura superficial con agarre.

| Objetivos de la compactación                  |                            |
|-----------------------------------------------|----------------------------|
| Rendimiento de compactación                   | Características de calidad |
| Elevada densidad de estratificación           | Uniformidad                |
| Proporción definida de intersticios           | Agarre                     |
| Elevada estabilidad y resistencia al desgaste | Superficie hermética       |

Fig. 2 Objetivos de la compactación



## 1.2 Influencia de la composición de la mezcla

Las mezclas asfálticas tienen composiciones muy variadas en función del tráfico viario esperado y las condiciones climatológicas que vayan a actuar. Por eso, cada una presenta también unas propiedades de com-

pactación muy distintas. La aptitud de compactación o compactibilidad de la mezcla depende de la composición de áridos y también de la calidad y viscosidad del betún y, por además, de la temperatura de la mezcla.

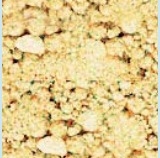
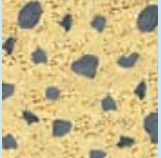
| Composición de la mezcla                                                          |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    | Propiedades en la aplicación                                                                                                                                                 | Aplicación                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• inestable</li> <li>• sensible al desplazamiento</li> <li>• sensible a las grietas</li> <li>• idóneo para la compactación</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• carreteras con poca carga de tráfico</li> <li>• carreteras comarcales</li> <li>• carreteras vecinales</li> <li>• vías peatonales y carriles para bicicletas</li> <li>• aparcamientos</li> </ul> |
| Arena natural                                                                     | Contenido bajo de gravilla triturada                                              | Pequeño diámetro máximo de grano                                                  | Bajo contenido en agregado                                                        | Ligante blando                                                                     |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                          |
|  |  |  |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• estable</li> <li>• voluminoso</li> <li>• poca propensión a la compactación</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• carreteras con una elevada carga viaria</li> <li>• autopistas</li> <li>• carreteras nacionales</li> <li>• calzadas urbanas</li> <li>• aeropuertos</li> </ul>                                    |
| Arena de machaqueo                                                                | Elevado contenido de gravilla triturada                                           | Gran diámetro máximo de grano                                                     | Elevado contenido de agregado                                                     | Ligante duro                                                                       |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                          |

Fig. 3 Composición de la mezcla asfáltica

Las mezclas asfálticas para las carreteras con un elevado tráfico están concebidas para que tengan una gran resistencia a la deformación. Se distinguen por su armazón mineral voluminoso, es decir, tienen altos contenidos de gravilla triturada, áridos gruesos, una elevada proporción de granulometrías de machaqueo en el rango arenoso (arena de machaqueo) y mortero bituminoso rígido. Son difíciles de compactar y su compactación requiere mucho trabajo.

Las mezclas asfálticas para las calles con poco tránsito suelen tener, por lo general, una menor

proporción de gravilla y una mayor cuota relativa de arena natural y mortero bituminoso blando.

Suelen ser fáciles de compactar, por lo que su compactación no requiere demasiado trabajo, pero, debido a una estabilidad insuficiente, pueden reaccionar de modo muy acusado cuando están calientes durante la aplicación si se utilizan máquinas compactadoras pesadas o si se aplica prematuramente la compactación por vibración.

Se pueden producir con mucha facilidad desplazamientos del material y abombamientos.

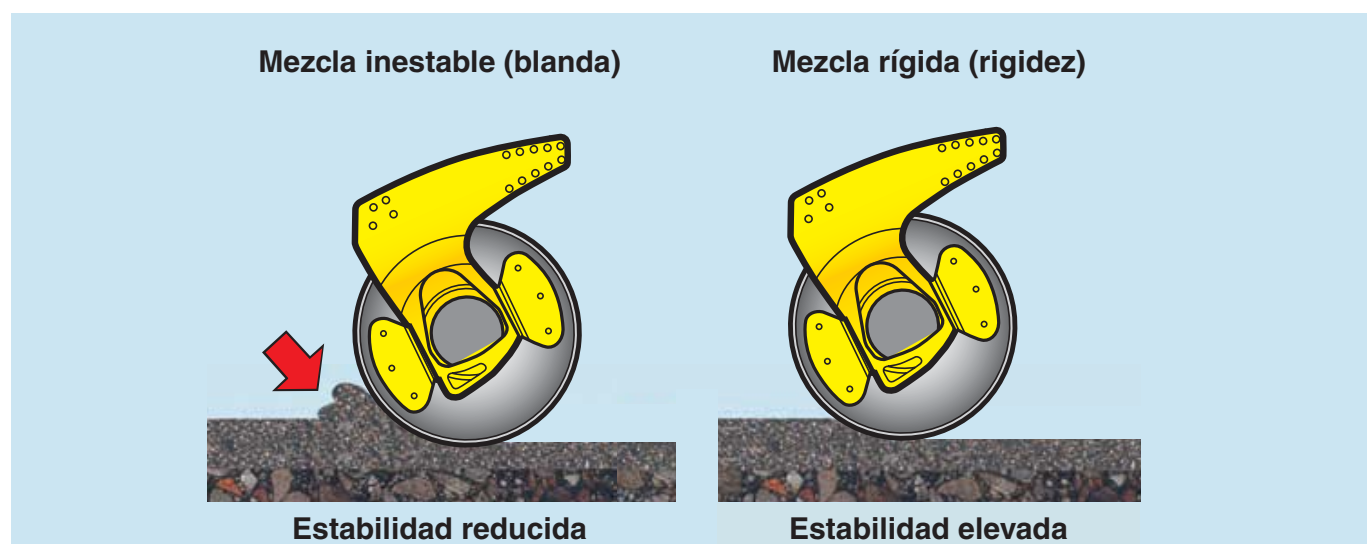


Fig. 4 Comportamiento de compactación con distintas mezclas asfálticas

### 1.3. Influencia de la temperatura de la mezcla

La temperatura de la mezcla durante la compactación tiene una gran importancia a la hora de calcular el trabajo de compactación necesario. Cuando la mezcla tiene unas temperaturas elevadas, la baja viscosidad del asfalto contribuye al rendimiento de compactación del rodillo. El asfalto o betún actúa como un lubricante y reduce la fricción interna de la mezcla mineral. El asfalto va adquiriendo rigidez a medida que se enfría, con lo que a bajas temperaturas aumenta en gran medida el esfuerzo de compactación requerido.

Por eso, como norma general, debe siempre comenzarse lo antes posible a compactar. El rango de temperaturas de compactación entre 100° y 140°C ha demostrado ser el más idóneo para las clases de betún más corrientes. A unas temperaturas entre 80 y 100° debería normalmente haberse concluido ya la compactación.

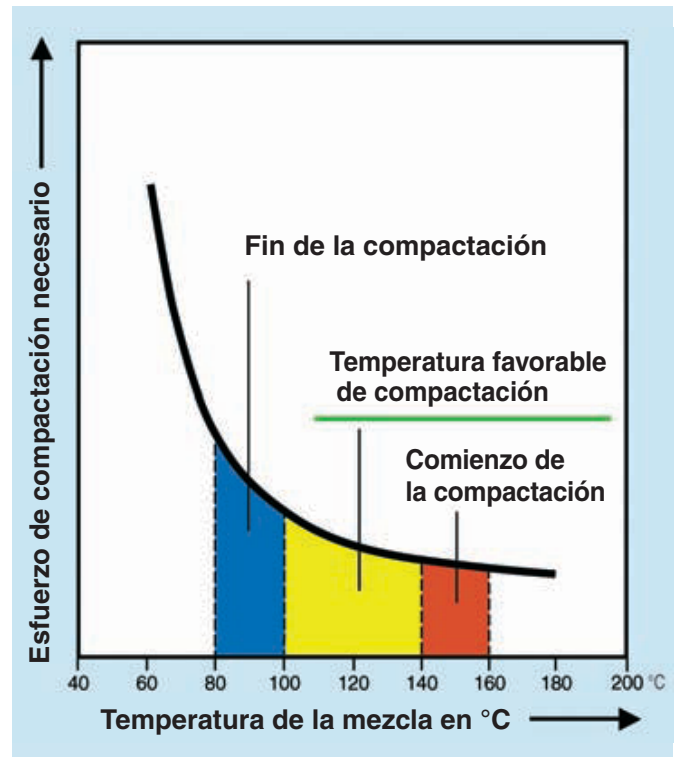


Fig. 5 Influencia de la temperatura de compactación con respecto al trabajo de compactación



## 2. Procedimientos de compactación

### 2.1 Precompactación con la extendedora

Si la extendedora ha realizado una baja compactación preliminar, conviene usar un rodillo de menos peso para comprimir la mezcla, porque los rodillos demasiado pesados pueden hacer peligrar en algunos casos la uniformidad de la capa y, según la estabilidad de la mezcla caliente, llegan a causar desplazamientos y aplastamientos del material.

En estos casos, los rodillos tándem de vibración deberían conducirse sin vibración en las dos primeras pasadas.

Una elevada precompactación mediante la extendedora favorece la uniformidad de la capa y permite además comenzar tempranamente con la compactación en sí, cuando las temperaturas de la mezcla aún son elevadas. Así puede propagarse mejor el efecto compactador del rodillo y se puede obtener el grado final de compactación con unas pocas pasadas del rodillo.



Fig. 6 Precompactación mediante la extendedora



Fig. 7 Extender y compactar con la extendedora BOMAG BF 600 P y el rodillo pivotante BOMAG BW 174 AD-AM

## 2.2 Compactación estática

La compactación estática tiene lugar por efecto del peso intrínseco del rodillo. Se utilizan rodillos tándem y rodillos de neumáticos. El rendimiento de compactación es relativamente bajo en comparación a la compactación por vibración. En los rodillos tándem, este rendimiento está determinado por la carga estática lineal (kg/cm) del tambor y en los rodillos de neumáticos, por la carga de la rueda (t) y la presión interna del neumático (MPa).

La compactación estática con rodillos tándem resulta conveniente cuando la extendedora ha realizado una precompactación insuficiente (por compresión), con una mezcla asfáltica fácil de compactar y con capas finas, así como también para "planchar" las capas de rodadura.

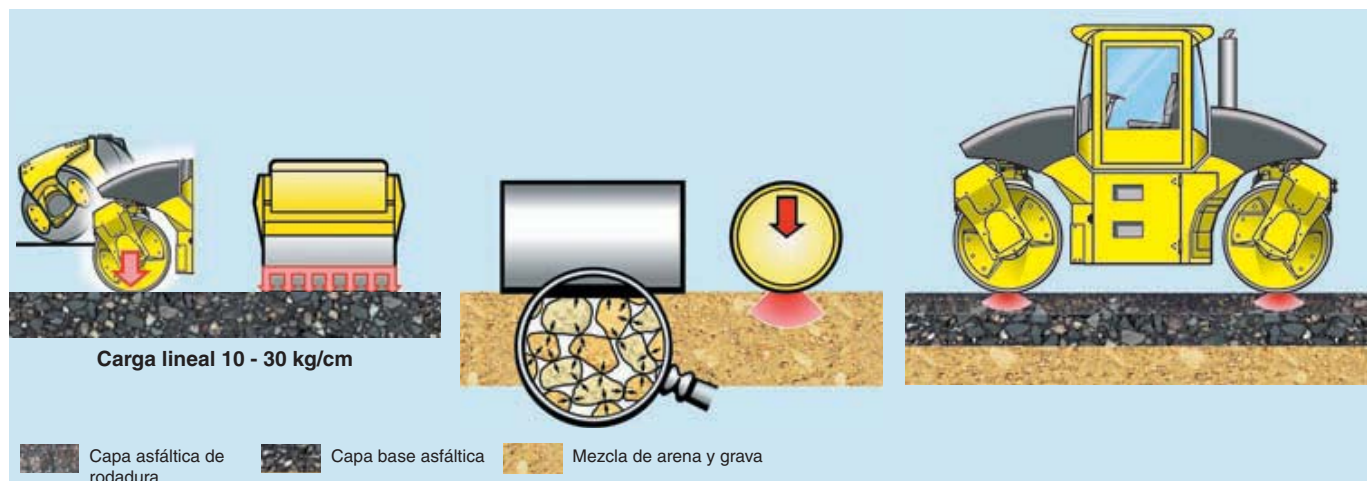


Fig. 8 Compactación estática con rodillos tándem

Los rodillos de neumáticos consiguen una calidad especial en la compactación estática gracias al efecto de amasado y abatanado de las ruedas. De este modo se consigue una distribución homogénea de la mezcla cerrando bien los poros de la superficie. Los campos centrales de la utilización los encontramos principalmente en

el perfilado inicial, el procesamiento de mezclas con buena aptitud de compactación y el sellado superficial de las capas de rodadura y portantes o de las capas base de rodadura. Aquí el rodillo de neumáticos suele combinarse con un rodillo de tambor liso.

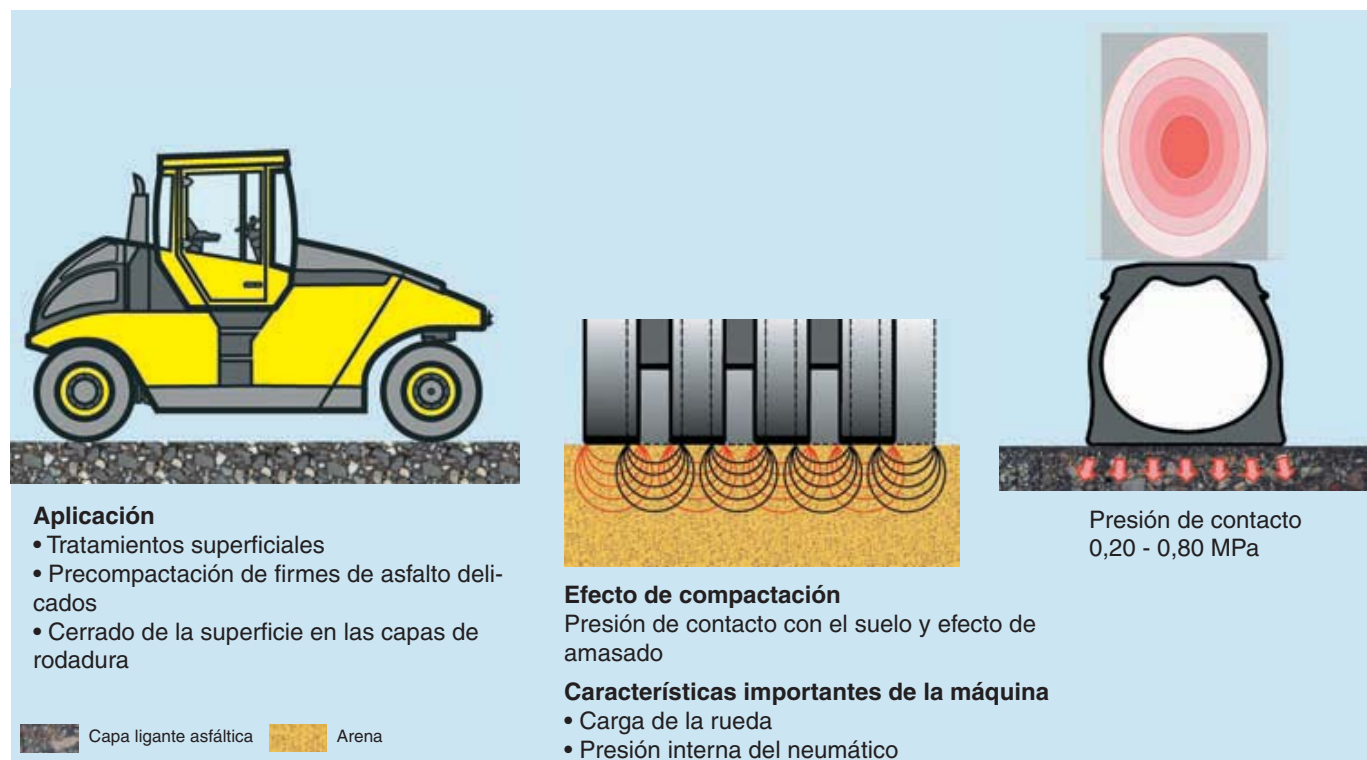


Fig. 9 Compactación estática con rodillo de neumáticos



## 2.3 Compactación por vibración

Los rodillos vibrantes son muy potentes, versátiles por su amplitud de usos y requieren bastantes menos pasadas que los rodillos estáticos. La vibración reduce la fricción interna de la mezcla de áridos, de manera que la densidad de estratificación aumenta por el efecto combinado del peso propio y de la carga dinámica. Por eso, además de por la carga

lineal estática, el efecto de compactación también está determinado por la masa en vibración, la frecuencia y la amplitud.

Para poder compactar de un modo óptimo los distintos espesores de capa, los rodillos vibratorios tándem de mayores dimensiones suelen estar dotados de dos amplitudes y dos frecuencias.

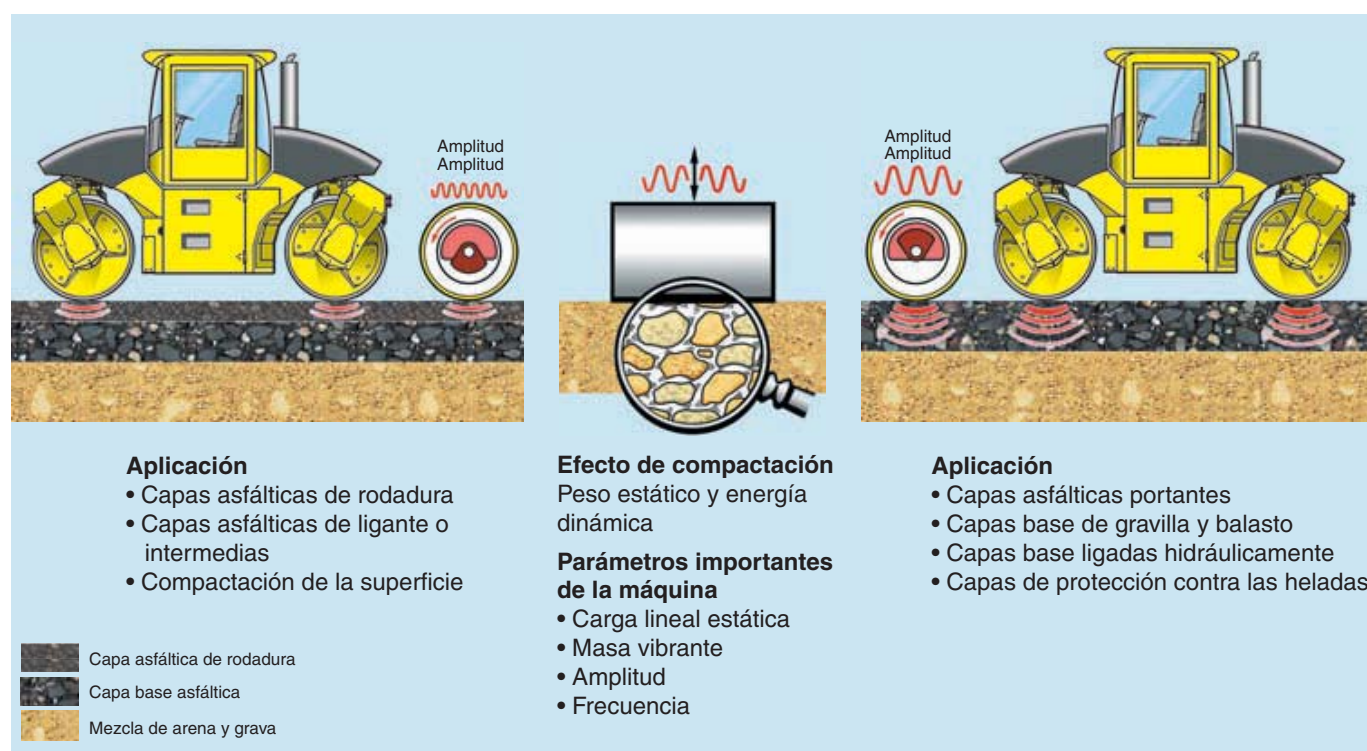


Fig. 10 Compactación por vibración con rodillos tándem con sistema excitador circular

La velocidad de compactación debería estar entre 3 y 6 km/h.

Demasiadas pasadas con vibración pueden causar un esponjamiento perjudicial y anomalías en la ligazón de la estructura.

| Espesor de la capa asfáltica d (cm) | Número de pasadas con vibración<br>Distintos rodillos vibratorios tándem |                         |                         |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                     | 4t                                                                       | 7t                      | 10t                     |
| 2                                   | 2-4                                                                      | 1-2 (K)                 | 1-2 (K)                 |
| 4                                   | 4-6                                                                      | 2-4 (K)                 | 2-4 (K)                 |
| 6                                   | 4-8                                                                      | 4-6 (K)                 | 2-4 (K)                 |
| 10                                  | 6-8                                                                      | 4-8 (K, G)              | 4-6 (K, G)              |
| 14                                  |                                                                          | 6-8 (G)                 | 4-6 (G)                 |
| 18                                  |                                                                          | 6-8 (G)                 | 4-8 (G)                 |
| Mástico d = 2                       |                                                                          | 1-2 (K) + pasad. estát. | 1-2 (K) + pasad. estát. |
| d = 4                               |                                                                          | 4-6 (K) + pasad. estát. | 4-6 (K) + pasad. estát. |
| Asfalto poroso d = 4                |                                                                          |                         | 1-2 (K) + pasad. estát. |

K = amplitud baja  
G = amplitud alta  
Supuesto:  
Temperatura de compactación > 100°C  
4t = Maquinas dotadas de una sola amplitud  
1 pasada = 1 trayecto en sentido de avance o de retroceso

Fig. 11 Valores orientativos para el número de las pasadas con vibración

## 2.4 Compactación utilizando el ASPHALT MANAGER

En la compactación ajustable o dirigida se calcula la energía de compactación requerida y se adapta automáticamente. Los conductores de los rodillos no necesitan realizar ningún ajuste en el modo automático. Los rodillos con ASPHALT MANAGER funcionan con un sistema oscilador dirigido; la regulación tiene lugar automáticamente. En ella, durante la compactación la amplitud efectiva se va adaptando a las condiciones, permanentemente y de un modo óptimo. Se evita así desmenuzarse las partículas o destruir la ligazón interna del asfalto. El conductor del rodillo puede preseleccionar,

además del modo automático, también que la vibración vaya en una dirección determinada (modo manual). Hay disponibles seis direcciones distintas, desde vertical a horizontal (la horizontal sería similar a la oscilación). La compactación con ASPHALT MANAGER resulta idónea para toda la gama de aplicaciones de asfaltado, gracias a su excelente adaptabilidad. El modo manual con vibración horizontal se recomienda para las obras de pavimentado en puentes, sobre garajes subterráneos o en su interior y también en las proximidades de edificaciones sensibles a las vibraciones.

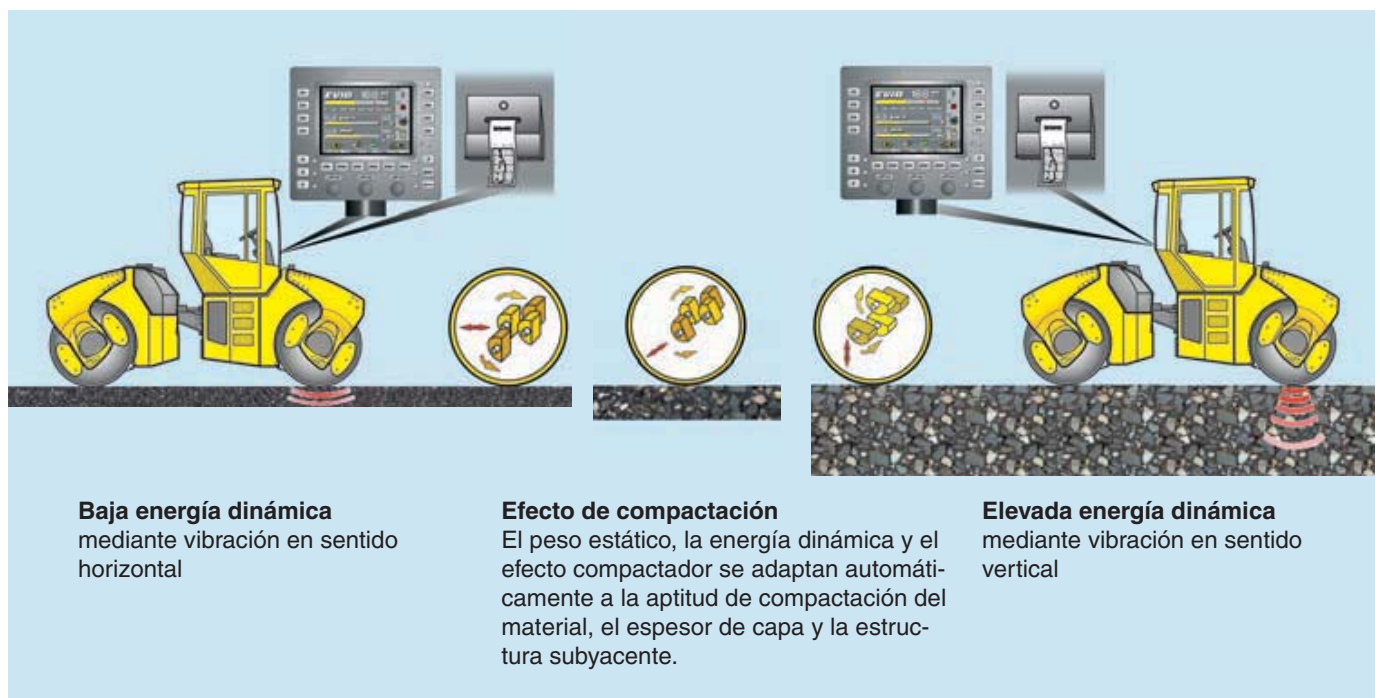


Fig. 12 Compactación por vibración ASPHALT MANAGER con sistema oscilador dirigido

- Aplicabilidad universal
- Elevada potencia de compactación sin peligro de desmenuzamiento o rotura de partículas
- Compactación homogénea gracias a la adaptación continua de la energía de compactación
- Mayor uniformidad y planeidad y texturas más uniformes de la superficie en las capas asfálticas
- Maniobrabilidad ágil del rodillo en el tratamiento de bordes y juntas
- Idoneidad perfecta para los pavimentos de los puentes y en las cercanías de las edificaciones sensibles a las vibraciones (similar a la oscilación)
- Equipado con un instrumento medidor de la compactación y de la temperatura

Fig. 13 Ventajas de compactar con el Asphalt Manager

### 3. Máquinas compactadoras

#### 3.1 Máquinas compactadoras de dirección manual

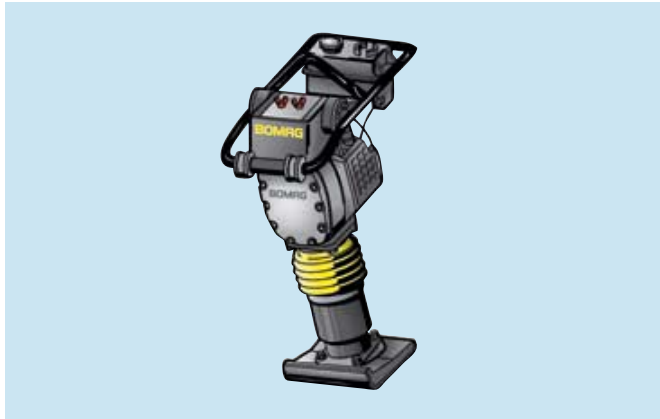


Fig. 14 Pisón

#### Pisones

Los pisones o támara son las compactadoras más pequeñas en una obra. Se los encuentra en todos los lugares con poco espacio o donde no se puedan utilizar compactadoras más grandes. Suelen tener un rango de peso entre 60 y 80 kg. Están impulsados por modernos motores de gasolina de 4 tiempos o, con menor frecuencia, por un motor diésel. El accionamiento impulsa una excéntrica (un mecanismo de biela manivela) que ejecuta el rápido movimiento vertical del pie del pisón.



Fig. 15 Bandeja vibrante

#### Bandejas vibrantes

Para compactar superficies asfaltadas pequeñas o confinadas se utilizan bandejas vibrantes monodireccionales o reversibles. Las categorías de peso se encuentran entre 50 y 150 kg con anchos de trabajo entre 45 y 60 cm. Están impulsadas por motores de gasolina o diésel. Una correa trapezoidal y un embrague centrífugo impulsan el sistema de excitación (el oscilador dirigido). Cambiando la posición de la excéntrica se controla la dirección del movimiento de las bandejas reversibles.

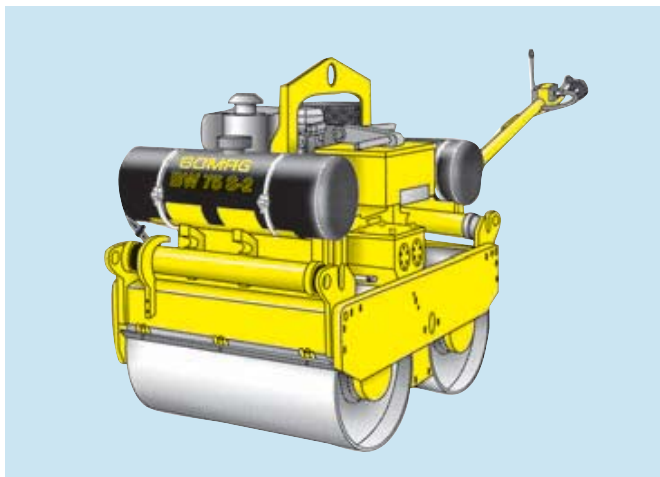


Fig. 16 Rodillos de dirección manual

#### Rodillos tándem de dirección manual

Los rodillos tándem de dirección manual están disponibles en las categorías de peso entre 600 y 1000 kg y tiene unos anchos de trabajo de 60 cm a 75 cm. Los dos rodillos están impulsados o bien por un engranaje mecánico de 2 etapas o por un mecanismo hidrostático en progresión continua. Todos los rodillos funcionan con vibración doble.

### 3.2 Rodillos tándem ligeros



Fig. 17 Rodillos tándem articulados ligeros

Los rodillos tándem articulados ligeros son rodillos de contacto en las clases de peso de 1,3-4,2 t y con anchos de trabajo entre 80 cm y 138 cm. Disponen también de un accionamiento hidrostático de vibración y de traslación en los dos tambores.

### 3.3 Rodillos combinados



Fig. 18 Rodillo combinado

Los rodillos combinados tienen un rodillo metálico con un dispositivo de vibración y un eje trasero con ruedas. Se prestan especialmente para las obras de asfaltado en pendientes, para las reparaciones y las medidas de conservación y rehabilitación y también en la construcción de aparcamientos, carriles para bicicletas y vías peatonales. Los rodillos combinados se construyen en la categoría de 1,5 a 4,2 t y también en el rango de 7 a 10 t.

### 3.4 Rodillos de neumáticos



Fig. 19 Rodillo de neumáticos

Los rodillos de neumáticos tienen un eje pendular / de dirección delantero y un eje motriz rígido trasero. Su peso propio puede incrementar añadiendo hasta 10 t de lastre, hasta un peso total de 24 o 27 t. El efecto de compactación se obtiene mediante el peso propio y el efecto de amasado y compresión de las ruedas. La presión de los neumáticos influye en la eficiencia de la compactación (como por ej, en el número de pasadas).



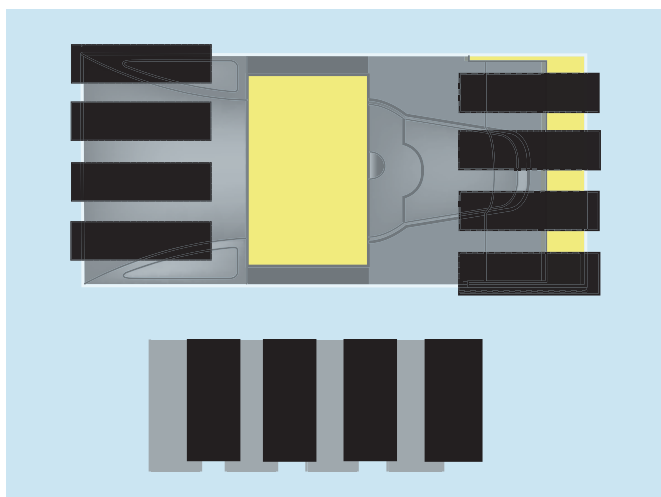


Fig. 20 Posición de las ruedas en el rodillo de neumáticos

### 3.5 Rodillos tándem articulados



Fig. 21 Rodillos vibratorios tándem articulados

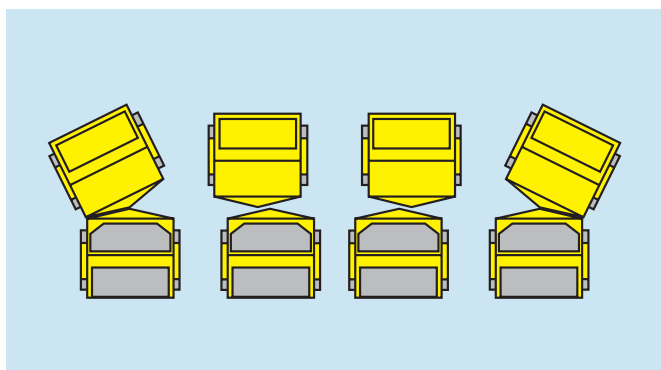


Fig. 22 Tipos de dirección articulada

Los dos ejes tienen 4 neumáticos; El solapamiento de franja (o desalineamiento entre ruedas) es de 40 mm.

Los rodillos vibratorios tándem pesados ocupan las categorías de peso entre 7 y 14 t, tienen unos anchos de trabajo de 1,50 m, 1,68 m, 2,00 m y 2,13 m y se utilizan para las obras de grandes dimensiones.

Vibración:

- solo delante
- o solo detrás
- o en los dos tambores

Rodillos:

- partidos o no

En los rodillos con dirección articulada pendular central, los tambores siguen la rodada también en las curvas (a la izquierda/derecha). Los rodillos tienen de serie por los dos lados un paso en diagonal o “cangrejo” de 170 mm que facilita la compactación en los bordes y las maniobras de aproximación y/o alejamiento de las limitaciones laterales.

### 3.6 Rodillos tándem de dirección pivotante



Fig. 23 Rodillos tándem de dirección pivotante

Los rodillos tándem de dirección pivotante ocupan las clases de peso de 7 y 10 t con anchos de trabajo de 1,50 m y 1,68 m.

Los accionamientos de traslación y de vibración son hidrostáticos

Vibración: delante y/o detrás

Tambores: delante y detrás: dividido o sin dividir

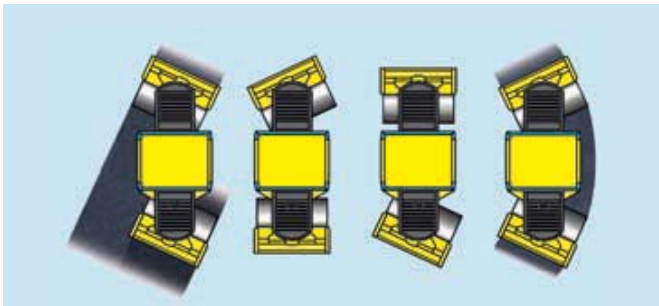


Fig. 24 Tipos de dirección en rodillo pivotante

La dirección pivotante de BOMAG es un sistema eléctrico especialmente confortable. El conductor puede elegir entre los ajustes siguientes:

- Diagonal (izquierda/ derecha)
- Solo delante
- Solo detrás
- Dirección sincrónica (los dos tambores)
- Automáticamente delante o detrás, en función de la dirección de marcha

### 3.7 Sistemas de dirección

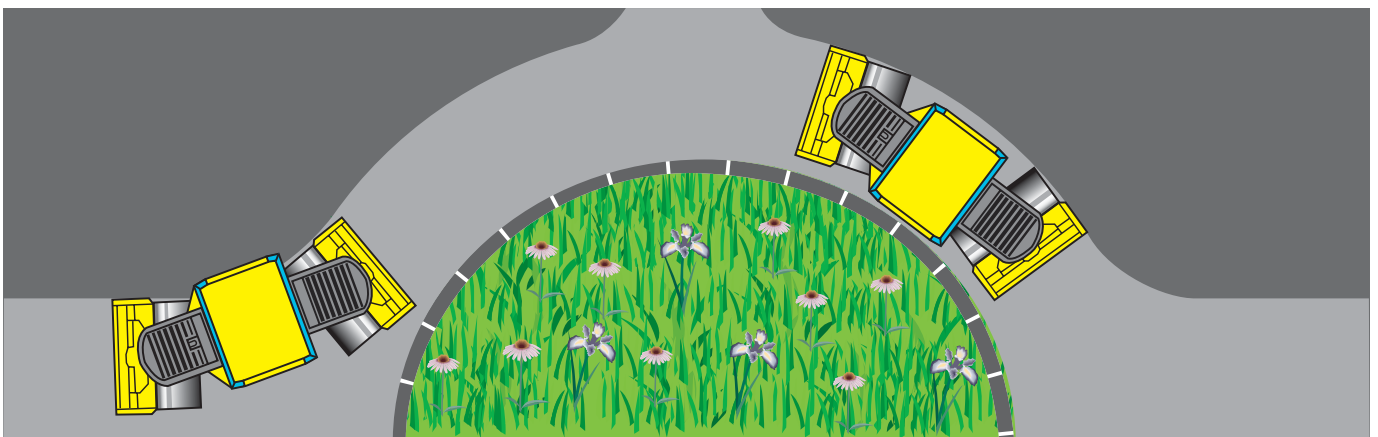


Fig. 25 Dirección pivotante

En los rodillos con apoyo pivotante se pueden dirigir los dos tambores a la vez (dirección sincronizada) o uno solo por separado, delante o detrás. Además, en los rodillos de dirección pivotante se puede ajustar un paso en diagonal o “cangrejo” grande (hasta 120 cm).

Los rodillos de dirección pivotante tienen muchas ventajas y se prestan tanto para las obras pequeñas (por ej. en cruces, rotondas, curvas cerradas), como para los proyectos de grandes dimensiones (por ej. en carreteras nacionales y en autopistas).

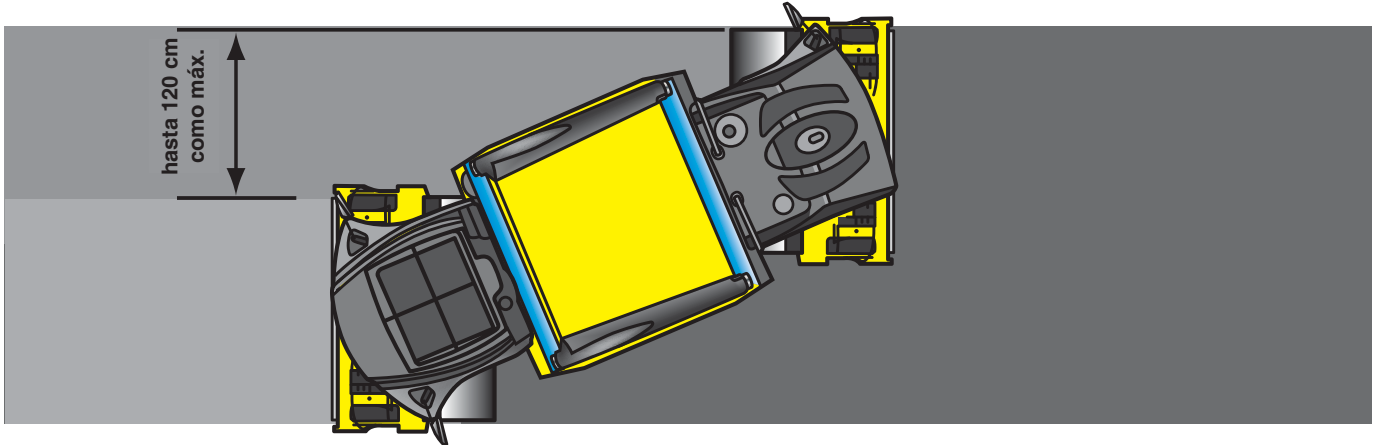


Fig. 26 Paso en diagonal o “cangrejo”

En los rodillos de dirección pivotante se puede sacar partido del mayor paso en diagonal o “cangrejo” (hasta 120 cm):

- El peso del rodillo se distribuye en un área mucho mayor. El rodillo se hunde menos.
- Las mezclas sensibles se comprimen sin problemas a altas temperaturas.
- Se puede hacer un "planchado" final de grandes áreas.
- El rodillo se mantiene a una distancia mayor del lateral sin compactar de la capa de asfalto.

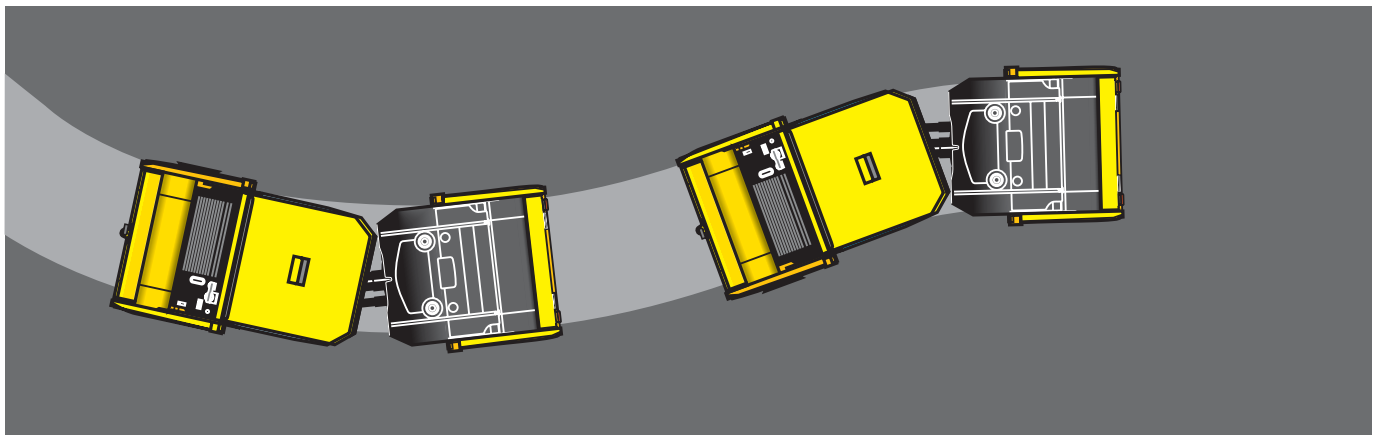


Fig. 27 Dirección articulada

Los rodillos tándem de dirección articulada tiene una dirección articulada entre los tambores.

Gracias a ella, los dos tambores se desplazan siempre por su rodada, también en las curvas. Cuando se utiliza el cangrejo, el tambor trasero se puede trasladar hacia la derecha o hacia la izquierda, según se desee. Por razones constructivas, en los rodillos tándem de dirección articulada sólo es posible un traslado de rodada de  $< 17$  cm.

Ventajas prácticas del “cangrejo”:

- Facilidad de maniobra para apartarse de los bordes laterales.
- Mayor facilidad de trabajo usando un único rodillo vibrante
- No deja marcas de aristas producidas por los bordes de los tambores sobre la superficie asfaltada





## 4. Características de equipamiento de los rodillos tándem y combinados

### 4.1 Tambores partidos y no partidos

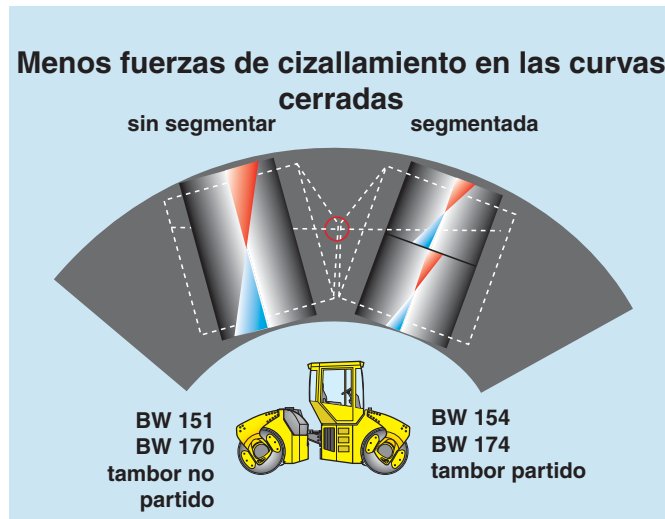


Fig. 28 Tambores partidos y no partidos

Los rodillos tándem de 7 o más toneladas de peso operativo están disponibles con tambores partidos y sin partir. La ventaja de los tambores partidos radica en que las fuerzas de cizallamiento se mantienen bajas al compactar capas asfaltadas sensibles en las curvas (por ejemplo en las aplicaciones urbanas). De este modo disminuye considerablemente el riesgo de que se formen grietas en el asfalto en el área de los bordes del tambor.

### 4.2 Sistema de riego



Fig. 29 El sistema de riego

Los rodillos tándem grandes suelen estar equipados con dos bombas de agua (1 bomba es de reserva).

Los rodillos combinados tienen, además una bomba adicional para rociar los neumáticos con una emulsión. Con el fin de ahorrar agua, todos los rodillos tienen un interruptor de intervalos que permite dosificar exactamente la cantidad de agua necesaria para esa aplicación en especial. En general se aplica lo siguiente: La superficie del tambor debe estar humedecida, pero no totalmente mojada. Por eso es importante tener una buena visibilidad de la superficie del tambor.

| Interruptor de riego |       | Clase de mezcla              | Explicación                 |
|----------------------|-------|------------------------------|-----------------------------|
| Nivel                | 3 – 5 | Hormigón asfáltico           | Asfalto °C<br>( 100 – 140 ) |
| Nivel                | 5 – 8 | Asfalto mástico con gravilla | Asfalto °C ( > 150)         |
| Nivel                | 12    | -                            | Aspersión continua          |

Fig. 30 Valores orientativos para preseleccionar el nivel de riego

Indicación:

El nivel 12 del interruptor de aspersión se utiliza para comprobar el funcionamiento antes de comenzar el trabajo, con el rodillo aún quieto. Durante el

funcionamiento del rodillo, solo se utiliza para conseguir una rápida y breve humectación de la superficie del tambor.

### 4.3 Selector de marchas

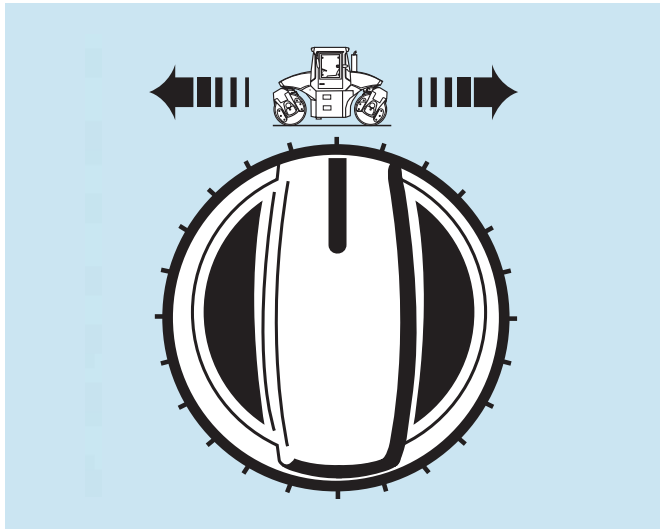


Fig. 31 Selección de marchas BW 174 AD

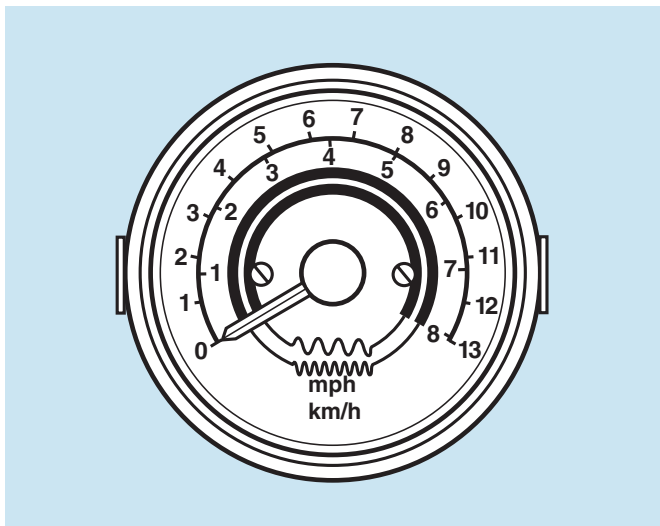
En los rodillos tándem, la velocidad de transporte y de compactación se controla mediante la palanca de marcha y en los rodillos de neumáticos, mediante el pedal de aceleración. En función del tipo de rodillo de que se trate, la velocidad final deseada se puede ajustar con el interruptor gradual correspondiente.

En los rodillos de dirección pivotante, se puede preseleccionar la velocidad máxima en uno de 24 niveles mediante un interruptor. Este nivel se alcanza con un movimiento extremo de la palanca de marcha (hacia delante o hacia atrás), garantizando así un trabajo de compactación de calidad homogénea.



Fig. 32 Selección de marchas BW 161 AD-4

En los rodillos articulados pesados (desde el BW 161 AD) la velocidad puede cambiarse fundamentalmente en dos niveles, de velocidad de trabajo a velocidad de transporte. De este modo se facilita la adaptación del sistema hidráulico motriz a la situación de la obra.



Hay disponible como opción una visualización analógica de la velocidad. En los rodillos con ASPHALT MANAGER se indica de serie en una pantalla digital (BOP).

Fig. 33 Opción: Visualización de la velocidad

#### 4.4 Dispositivos cortajuntas y de compresión de bordes

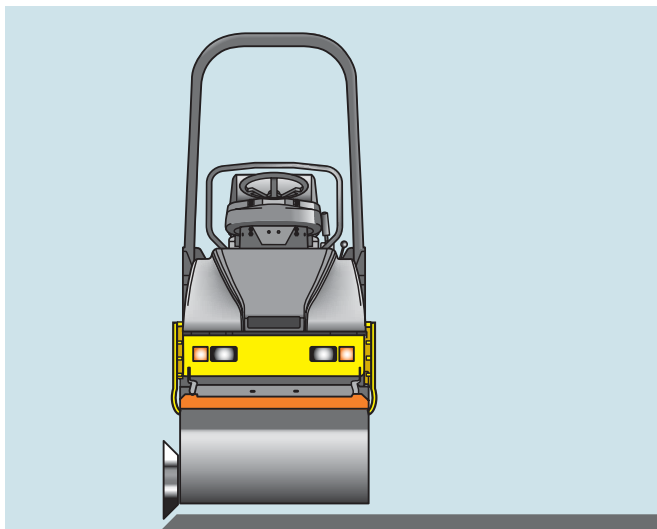


Fig. 34 Dispositivo de compresión de bordes

Todos los rodillos tandem pequeños con dispositivo cortajuntas (en las categorías de peso hasta 4 t) están equipados de fábrica con tres herramientas:

- a) Rodillo de compresión con ángulo de 45°
- b) Disco cortante
- c) Rodillo cónico

A los grandes rodillos tandem se les puede dotar opcionalmente de rodillos de compresión (con un ángulo de 45° o de 60°).

Los bordes libres de las capas de asfalto deben comprimirse con las herramientas apropiadas, por ej. con rodillos de compresión de bordes.

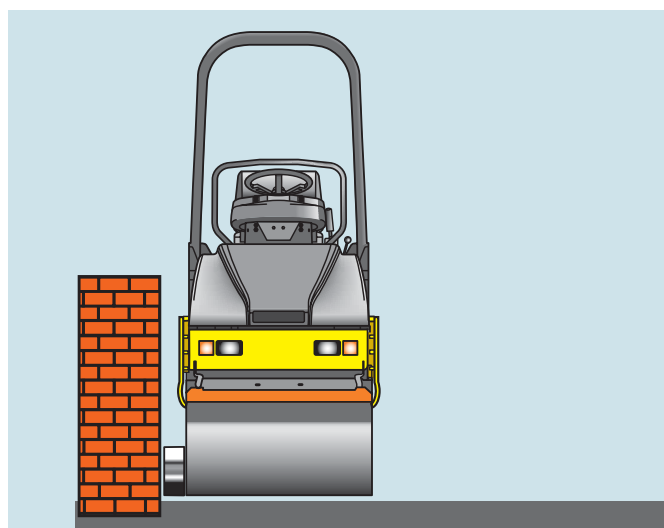


Fig. 35 Rodillo cónico

La forma especial del rodillo cónico permite ejecutar las tareas de compactación directamente junto a los límites laterales (por ej., los muros de una casa). Este trabajo se realiza normalmente solo con rodillos tandem ligeros y por eso el rodillo cónico está previsto únicamente para rodillos tandem de menos de 4 t.

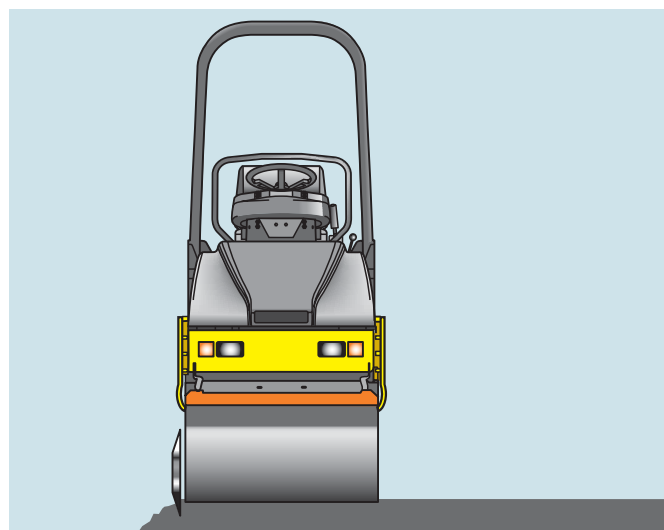


Fig. 36 Disco cortante

El disco cortante permite cortar limpiamente las capas de rodadura en la zona de los bordes y de la junta central, así como a lo largo del bordillo o el canto de los colectores de agua de lluvia.

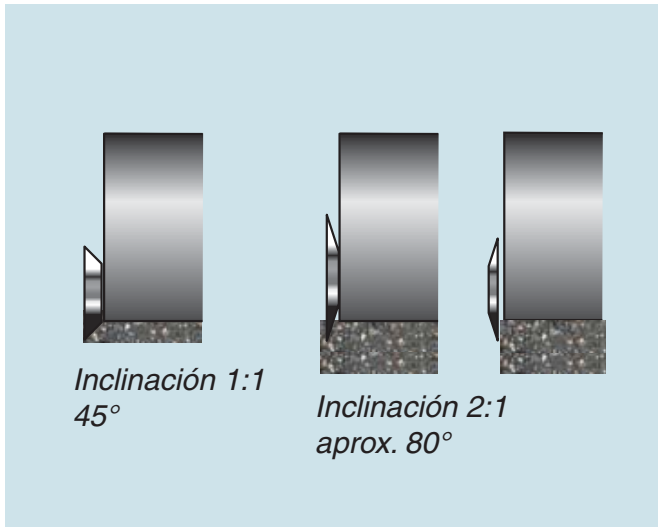


Fig. 37 Rodillo de compresión y disco cortante

El manejo del rodillo de compresión y del disco cortante requiere una cierta experiencia. Fundamentalmente, el utillaje acoplado puede manejarse cómodamente desde el puesto del conductor. Con este fin hay un dispositivo de compresión hidráulico. Según la aplicación puede ser necesario ajustar de nuevo el punto de enganche del brazo pivotante (posición de los rodillos por debajo del tambor). El rodillo tándem también se puede equipar con dos rodillos de compresión (delante a la derecha y detrás a la izquierda).



Fig. 38 Rodillo de compresión con pendiente 1:1 (45°)



Fig. 39 El rodillo de compresión vuelve a crear un borde de capa liso y con ángulo.



## 4.5 Esparcidores de gravilla



*Fig. 40 BW 154 con esparcidor de precisión BS 150*



*Fig. 41 BW 120 con esparcidor acoplado BS 100 y viga antivuelco plegable*

BOMAG tiene en su gama de productos esparcidores acoplados con distintas capacidades para rodillos de las categorías de peso de 2,5 a 4 t y de 7 - 10 t para esparcir con precisión la gravilla en las capas de rodadura del asfaltado. Para los grandes rodillos tándem hay esparcidores de precisión (BS 150 y BS 180) con regla vibrante. Los rodillos tándem ligeros tienen esparcidores de rodillo con accionamiento hidráulico (BS 100 y BS 120). El objetivo de esta medida es un acabado de la superficie asfaltada para mejorar el agarre inicial. Se puede esparcir material en franjas de 1,00 m a 1,80 m.

La cantidad esparcida se puede modificar a velocidades constantes variando el ángulo de basculación del contenedor. El contenedor, por su parte, puede desmontarse del rodillo en un momento soltando el acoplamiento rápido hidráulico. Este depósito se puede rellenar sin problemas en la obra con una cargadora de ruedas.

Los esparcidores acoplados BS 100 y BS 120 son esparcidores hidráulicos de rodillo y van montados en rodillos tándem pequeños de la clase de 2,5 - 4t.



## 4.6 Viga antivuelco ROPS



Fig. 42 Rodillo articulado con ROPS/FOPS

Todos los rodillos tándem pequeños pueden equiparse opcionalmente con una viga antivuelco (fija o plegable). Todos los grandes rodillos se pueden suministrar con una cabina ROPS\* (estándar en los países de la UE) o con ROPS-FOPS\*\* (con protección contra la caída de objetos).

\*ROPS = Roll Over Protection Structure (estructura de protección antivuelco)

\*\*FOPS = Falling Object Protection Structure (estructura de protección contra la caída de objetos)

## 4.7 Iluminación de trabajo



Fig. 43 rodillo tándem con conexión eléctrica de 230 V

Cuando haya que iluminar una zona amplia en unas obras nocturnas, a los rodillos BOMAG se les puede dotar de una conexión eléctrica de 230 V. Un globo con una bombilla halógena de alta luminosidad (2 kW) proporciona una iluminación homogénea a la obra en el entorno del rodillo (aprox. 500 m<sup>2</sup>).

## 5. Datos técnicos de los rodillos de asfaltado

En los rangos de peso de 1,5 a 4 t y entre 7 y 14 t BOMAG ofrece los rodillos tándem y combinados más adecuados para las más variadas aplicaciones en la compactación de asfalto.

Las tablas siguientes proporcionan al usuario un panorama general sobre los datos característicos más importantes de los rodillos en cada clase de peso.

|                    |       | Rodillo pequeño tándem |           |
|--------------------|-------|------------------------|-----------|
| Clase de peso      | t     | 1,5 - 2,5              | 3,2 - 4,2 |
| Carga lineal       | kg/cm | 8-13                   | 13-15     |
| Ancho de trabajo   | mm    | 800-1200               | 1300-1380 |
| Potencia del motor | kW    | 12-25                  | 25-35     |
| Amplitud           | mm    | 0,4 - 0,5              | 0,4-0,5   |
| Frecuencia         | Hz    | 50-70                  | 45-60     |
| Fuerza centrífuga  | kN    | 20-45                  | 25-50     |

Fig. 44 Datos característicos de los rodillos tándem pequeños

|                                       |       | Rodillos tándem grandes*                 |           |             |            |
|---------------------------------------|-------|------------------------------------------|-----------|-------------|------------|
|                                       |       |                                          | AM        |             | AM         |
| Clase de peso                         | t     | 7-10                                     | +         | 10-14       | +          |
| Carga lineal                          | kg/cm | 25-30                                    | +         | 27-32       | +          |
| Ancho de trabajo                      | mm    | 1500-1680                                | +         | 2000-2135   | +          |
| Potencia del motor                    | kW    | 55-75                                    | +         | 75-100      | +          |
| Amplitud                              | mm    | 0,3-0,7**                                | 0 - 1,0** | 0,35-0,85** | 0 - 0,95** |
| Frecuencia                            | Hz    | 40-60                                    | 45        | 40-60       | 40-50      |
| Fuerza centrífuga                     | kN    | 70-90                                    | 160-170   | 85-130      | 150-250    |
| * Pesos en orden de marcha con cabina |       | AM = ASPHALT MANAGER **amplitud efectiva |           |             |            |

Fig. 45 Datos característicos de los rodillos tándem grandes

El rodillo de neumáticos tiene una especial importancia para la compactación puramente estática por el efecto suave de amasado y pisada de las ruedas.

| Rodillos de neumáticos   |      |                      |
|--------------------------|------|----------------------|
| Clase de peso            | t    | 8-27                 |
| Carga de la rueda        | kg   | 1000-3000            |
| Lastre                   | t    | 5-12                 |
| Tamaño de los neumáticos |      | 11.00-20/18 PR       |
| Número de neumáticos     |      | 4 delante y 4 detrás |
| Ancho de trabajo         | mm   | 2050                 |
| Velocidad                | km/h | 20                   |
| Potencia del motor       | kW   | 75-100               |

Abb. 46 Datos característicos de los rodillos de neumáticos



## 6. Rendimiento de compactación

Las máquinas compactadores y las de extendido de asfalto están interrelacionadas en lo que respecta al rendimiento cuantitativo y al superficial. Por eso estos dos rangos de potencia deben sintonizarse con precisión en el momento de proyectar y calcular la obra.

El rendimiento superficial de aplicación depende del ancho de aplicación, de la velocidad de trabajo y del factor útil de la extendedora. El rendimiento cuantitativo de aplicación es el resultado de la cantidad de mezcla aplicada y del rendimiento superficial de la extendedora.

El tiempo de compactación disponible y el número de las máquinas, su clase de operación, la velocidad y ancho de compactación determinan el rendimiento cuantitativo y superficial de las compactadoras. Las máquinas compactadores deben elegirse selectivamente en función de una serie de factores de influencia y de distintos criterios de calidad, como por ej. que la compactación sea suficiente, la superficie quede plana y con los poros sellados, que se alcance una fusión interna de las capas y las juntas se compacten bien.



*Fig. 47 Aplicar y compactar una capa de rodadura de asfalto con tres extendedoras y cinco rodillos de vibración (10t). Ancho de aplicación > 10m; rendimiento por jornada > 3.000t.*

El rendimiento superficial práctico de compactación  $F$  y el rendimiento cuantitativo  $M$  de un rodillo se pueden calcular del modo siguiente:

$$F = \frac{f \cdot b_{\text{eff}} \cdot v \cdot 1000}{n} \text{ (m}^2\text{/h)}$$

Significado de las abreviaturas:

$F$  = rendimiento superficial de compactación (m<sup>2</sup>/h)  
 $f$  = coeficiente de reducción (0,75)  
 $b_{\text{eff}}$  = ancho efectivo de compactación (m)  
 (90% del ancho de tambor debido al solapamiento)  
 $v$  = velocidad media de compactación (km/h)  
 $n$  = número de las pasadas

$$M = \frac{f \cdot b_{\text{eff}} \cdot v \cdot h \cdot \delta_A \cdot 1000}{n} \text{ (t/h)}$$

Significado de las abreviaturas:

$M$  = rendimiento cuantitativo (t/h)  
 $f$  = coeficiente de reducción (0,75)  
 $b_{\text{eff}}$  = ancho efectivo de compactación (m)  
 (90% del ancho de tambor debido al solapamiento)  
 $v$  = velocidad media de compactación (km/h)  
 $h$  = espesor de capa del material compactado (m)  
 $\delta_A$  = Densidad de la mezcla compactada  
 (t/m<sup>3</sup>) ( $\delta_A \sim 2,4 - 2,5 \text{ t / m}^3$ )  
 $n$  = número de las pasadas

**Se recomiendan las siguientes velocidades medias:**

|                                                               |                                       |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>4 a 6 km/h para la compresión previa</b>                   | <b>(estática con rodillos tándem)</b> |
| <b>3 a 5 km/h para la compactación principal</b>              | <b>(estática con rodillos tándem)</b> |
| <b>3 a 5 km/h para la compactación principal</b>              | <b>(vibración)</b>                    |
| <b>6 a 8 km/h para la pasada de alisado final (planchado)</b> | <b>(estática con rodillos tándem)</b> |
| <b>4 a 8 km/h para la compactación principal</b>              | <b>(rodillo de neumáticos)</b>        |
| <b>10 a 12 km/h para la compactación de alisado</b>           | <b>(rodillo de neumáticos)</b>        |

*Fig. 48 Velocidades recomendadas para las pasadas del rodillo*

El número de pasadas que tendrá que realizar la compactadora se puede estimar con antelación basándose en la experiencia o se puede calcular mediante compactaciones de prueba. En cada caso concreto, este número lo determinan la resistencia de compactación, la temperatura de la mezcla, el espesor

de la capa aplicada, la velocidad de compactación, el tipo de compactadora y la forma de operar de la máquina.

Para las compactadoras BOMAG hay valores empíricos sobre el rendimiento superficial (m<sup>2</sup>/h) y el cuantitativo (t/h), que se exponen en el siguiente cuadro.



| Tipo de máquina                                                                   | Peso en funcionamiento | Rendimiento superficial (m <sup>2</sup> /h)<br>con un espesor de capa |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|----------|
|                                                                                   |                        | 2-4 cm                                                                | 6-8 cm   | 10-14 cm |
|  | t                      |                                                                       |          |          |
|                                                                                   | 1,5-2,5                | 250-450                                                               | 200-350  | 150-300  |
|  | 3,0-4,5                | 400-800                                                               | 250-600  | 250-450  |
|                                                                                   | 7-9                    | 600-1500                                                              | 500-900  | 400-700  |
|  | 10-14                  | 1000-2200                                                             | 800-1200 | 600-900  |
|                                                                                   | 1,5-2,5*               | 250-450                                                               | 200-300  | 150-250  |
|  | 3,0-4,5*               | 400-800                                                               | 250-500  | 250-400  |
|                                                                                   | 7-10*                  | 600-1500                                                              | 500-800  | 400-650  |

Fig. 49 Rendimiento superficial práctico de las compactadoras en el asfaltado

\*Rodillo combinado

| Tipo de máquina                                                                     | Peso en funcionamiento | rendimiento cuantitativo (t/h)<br>con un espesor de capa |         |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------|---------|----------|
|                                                                                     |                        | 2-4 cm                                                   | 6-8 cm  | 10-14 cm |
|    | t                      |                                                          |         |          |
|                                                                                     | 1,5-2,5                | 10-40                                                    | 25-60   | 40-100   |
|   | 3,0-4,5                | 20-60                                                    | 40-90   | 70-160   |
|                                                                                     | 7-9                    | 40-100                                                   | 70-160  | 120-220  |
|  | 10-14                  | 70-120                                                   | 100-200 | 180-280  |
|                                                                                     | 1,5-2,5*               | 10-35                                                    | 20-55   | 35-90    |
|  | 3,0-4,5*               | 20-55                                                    | 35-80   | 65-140   |
|                                                                                     | 7-10*                  | 35-100                                                   | 60-170  | 90-200   |

Fig. 50 Rendimiento cuantitativo práctico de las compactadoras en el asfaltado

\*Rodillo combinado



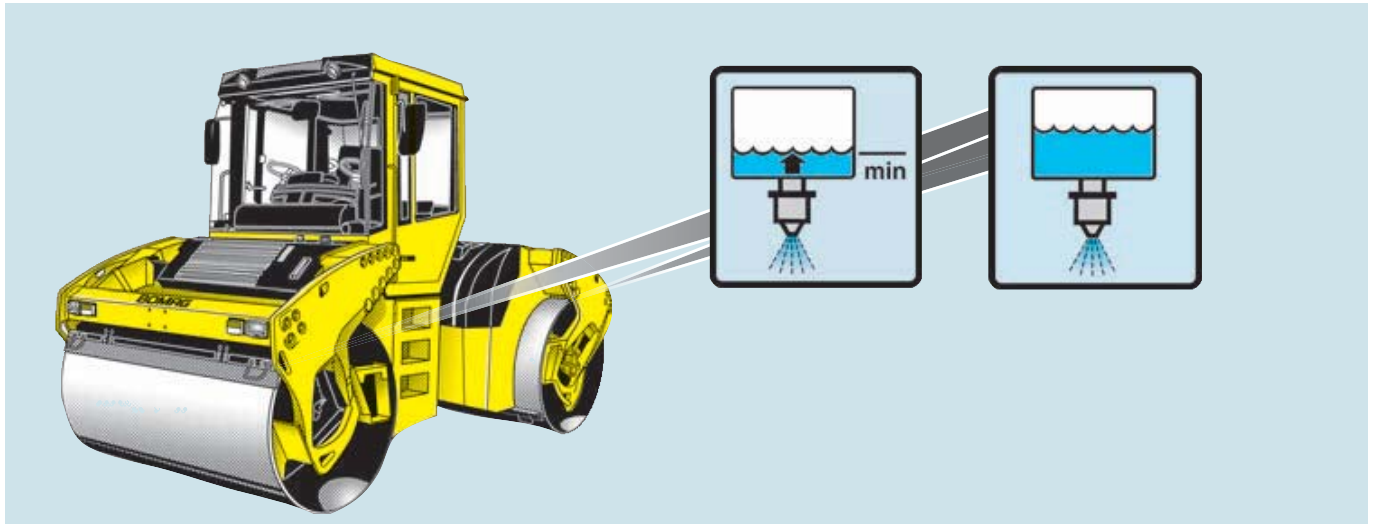
Fig. 51 BW 203 AD en una capa base de asfalto de 16 cm con un rendimiento de compactación de 250 t/h cada una



## 7. Preparar las máquinas compactadoras

Para que el trabajo de compactación tenga un resultado de buena calidad es necesario cuidar lo mejor posible las "herramientas" necesarias y verificar su buen estado y funcionamiento. Por eso, antes de comenzar el trabajo, es necesario echar una ojeada

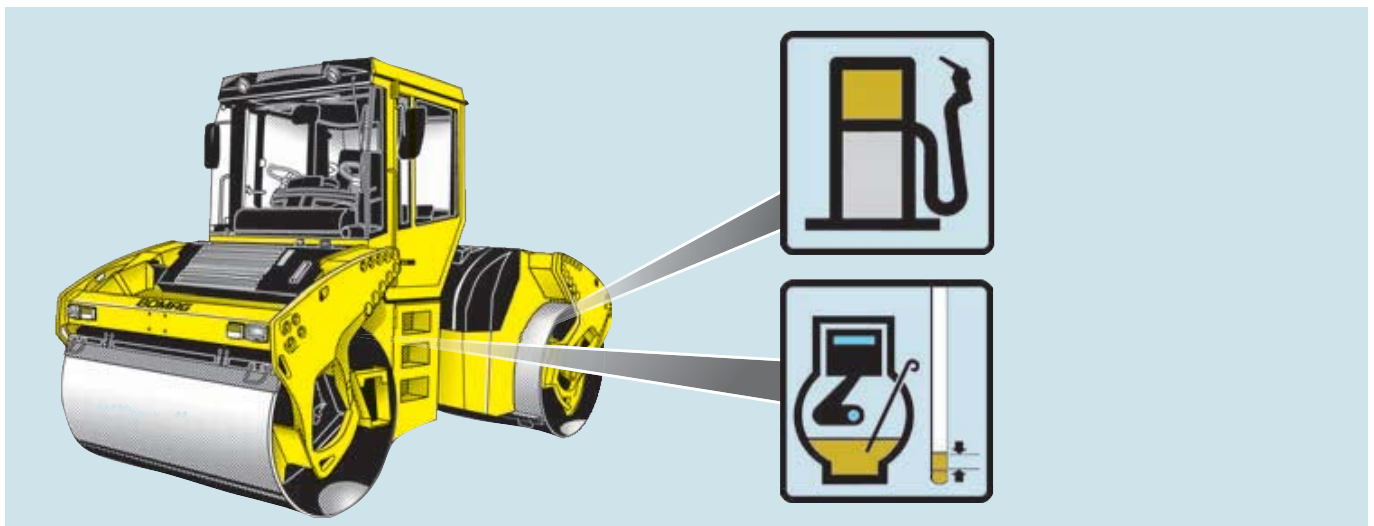
a la máquina en su totalidad y revisar sobre todo el motor, el sistema hidráulico y el de aspersión de agua. Así se detectarán a tiempo los posibles fallos que luego, en el momento de la aplicación, podrían llegar a causar problemas graves.



*Fig. 52 Llenado de agua del depósito, verificación de las toberas de agua*

Actividades antes de comenzar el trabajo:

- Llenar los depósitos de agua
- Comprobar el filtro de agua (si hace frío, desenroscarlo para que la bomba se vacíe).
- Comprobar las toberas y, si hace falta, limpiarlas o renovarlas.
- Si hay riesgo de heladas, vaciar el sistema de aspersión completo y desenroscar todas las toberas.



*Fig. 53 Carburante en el depósito, control del aceite del motor*

- Comprobar el nivel del aceite del motor.
- Mirar cuanto gasóleo hay en el depósito.
- Realizar una prueba general de funcionamiento (los frenos, la luz, la bocina, los intermitentes de emergencia)

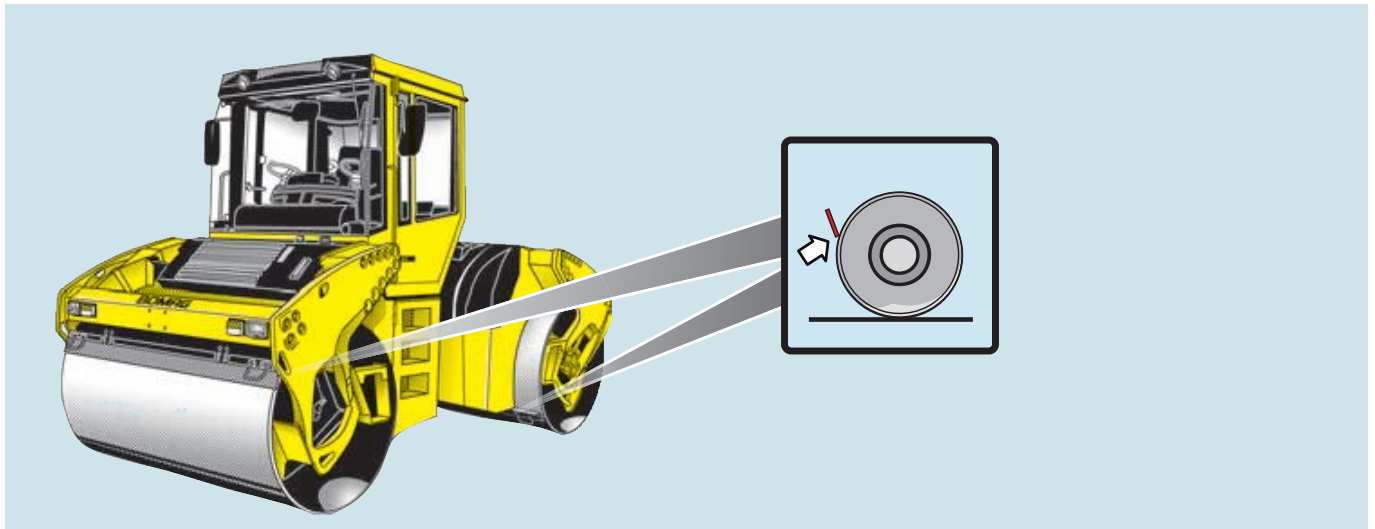


Fig. 54 El rascador debe hacer contacto

Los rascadores deben ejercer una presión de contacto homogénea sobre los tambores.

Función y características de los rascadores:

- Distribución homogénea del agua de aspersión
- Desprender las partículas grandes

- Los rascadores plegables no necesitan mantenimiento.
- Los rascadores fijos deben verificarse regularmente. Reajustarlos cuando haga falta.

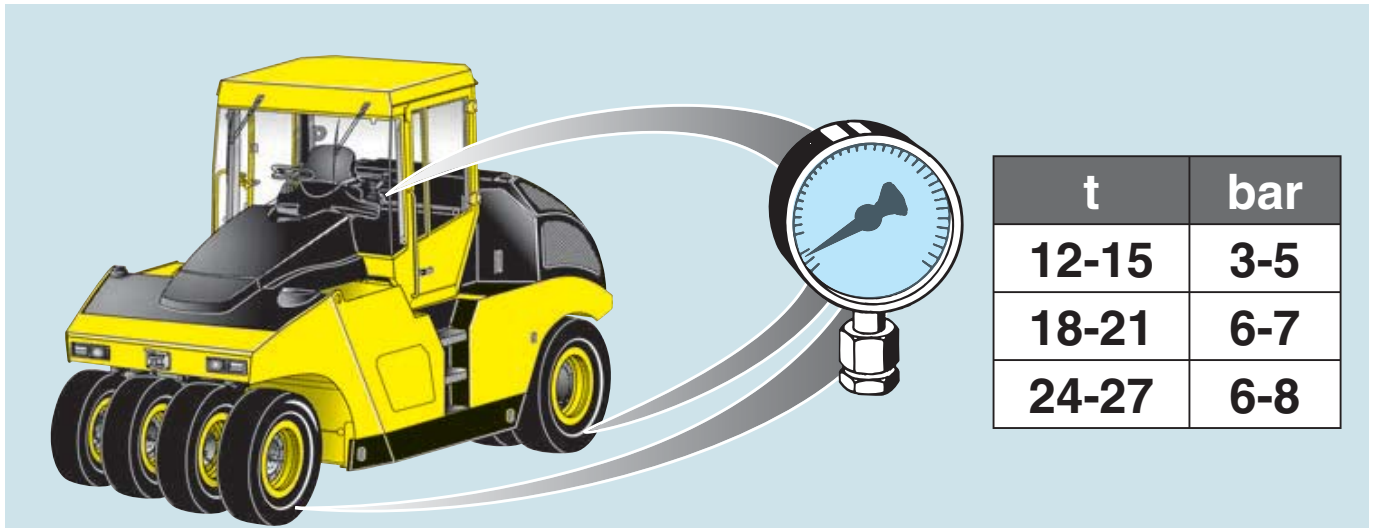


Fig. 55 Presiones recomendadas

En los rodillos de neumáticos, la eficacia de la compactación depende en gran medida de la presión de los neumáticos. La presión idónea se ajusta en función de la carga concreta de la rueda, de modo que las ruedas tengan una superficie de contacto plana.

Las velocidades de trabajo se encuentran entre 4 y 8 km/h.

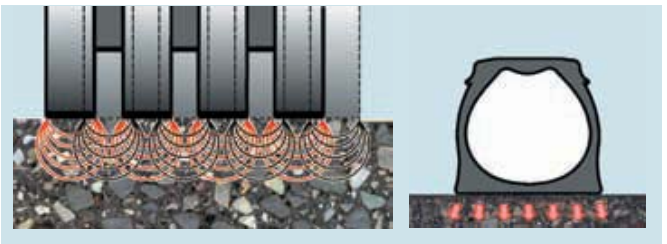


Fig. 56 Distribución de presión y superficie óptima de contacto del neumático



## 8. Esquemas de compactación

### 8.1 Compactar trabajando con una extendidora

Dependiendo del ancho de aplicación de la extendidora, se puede utilizar un solo rodillo o varios que vayan en línea. Las franjas de compactación deben solaparse 15 cm como mínimo para que no quede ninguna banda sin compactar. La compactadora debe recorrer todas las franjas el mismo número de veces para que la compactación sea homogénea en todo el ancho de aplicación.

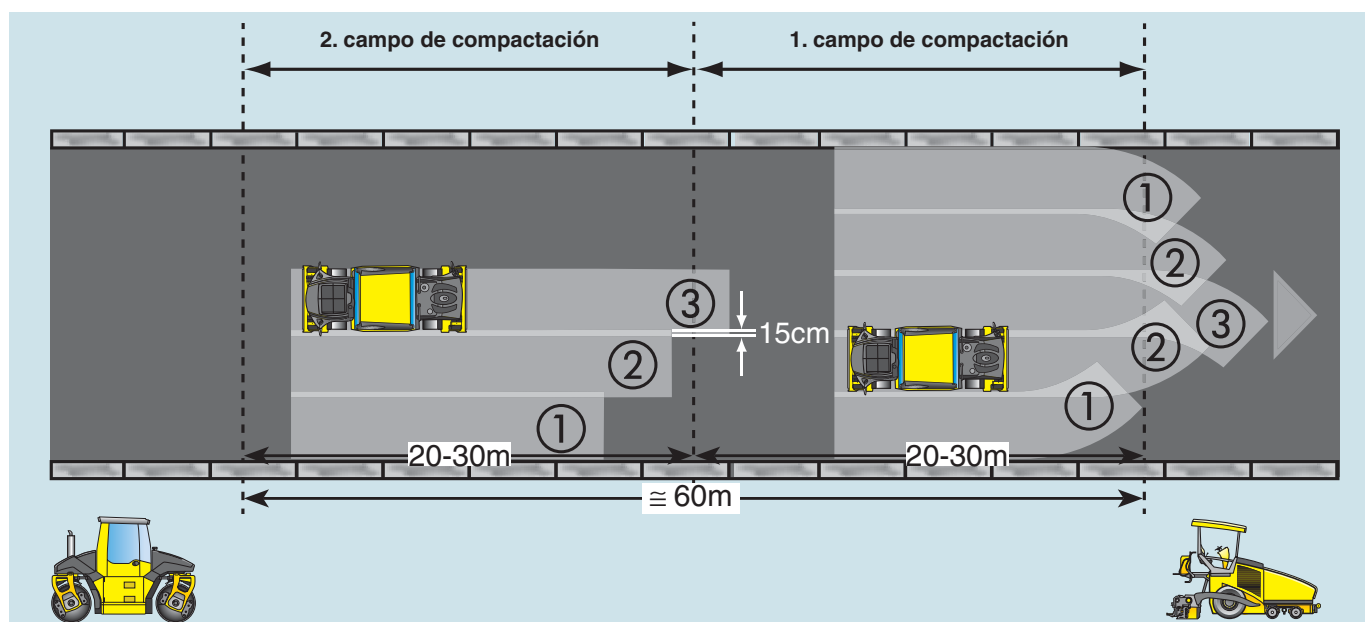


Fig. 57 Secuencia de los procesos de compactación (varios campos de compactación)

El rodillo siempre recorre la misma trayectoria hasta la superficie que ya se ha enfriado y resiste el peso y aquí es donde da la vuelta. Cuando hay un reborde, se comienza la compactación directamente en el borde externo. Para mejorar la uniformidad transversal de la carretera, conviene concluir la rodada de compactación detrás de la extendidora (1er campo de compactación) con un ligero radio, en función de la mezcla, la compactación preliminar que haya y el espesor de la capa.



Fig. 58 BW 154 AP compactando una capa de rodadura con reborde



## 8.2 Compactar trabajando con dos extendedoras

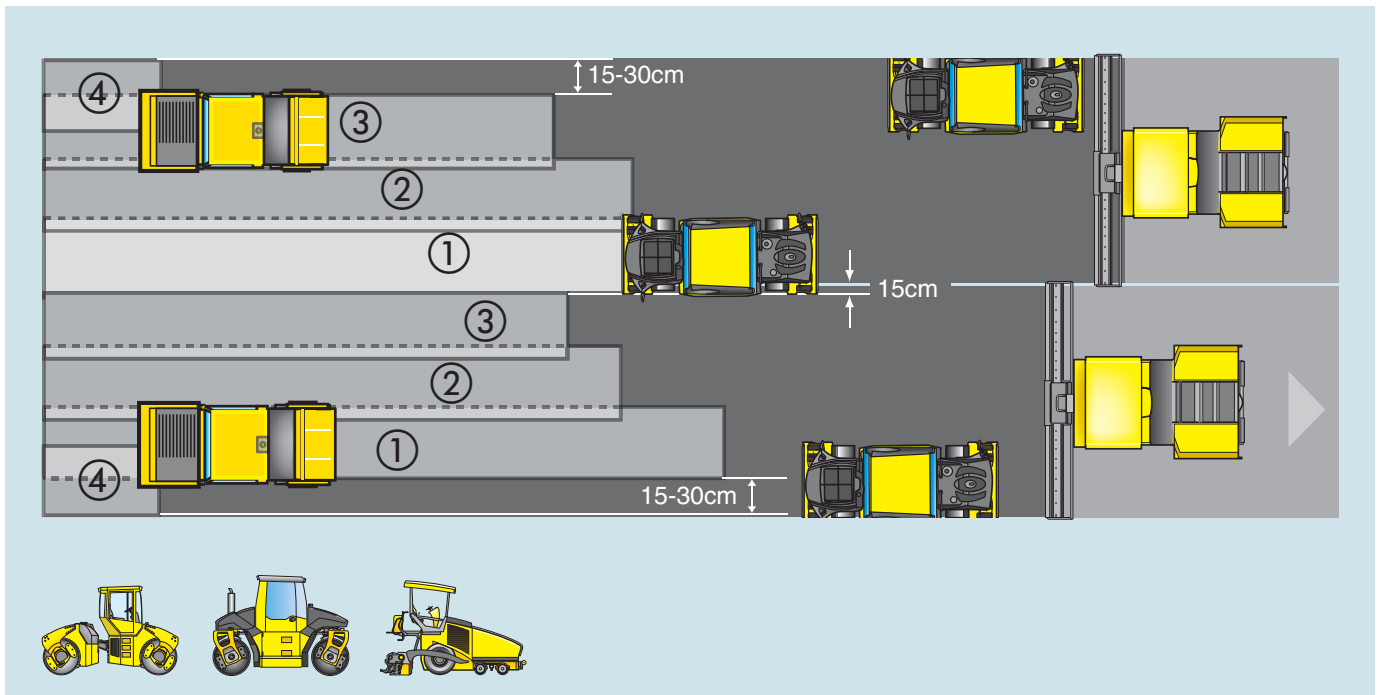


Fig. 59 Concepto de compactación con 2 extendedoras

Cuando se asfalta con dos extendedoras que marchan escalonadas (junta en caliente), la junta resultante debe compactarse lo antes posible. En este caso, los rodillos compactan por ej. el campo de la derecha, desde los bordes externos hacia el centro. En el

campo de la izquierda se trabaja inmediatamente la junta y entonces se crea un área solapada de 15 cm con el campo de la derecha. De este modo se crea forzosamente una unión sólida y hermética entre las dos franjas.

## 8.3 Compactar asfalto solo con rodillos tándem

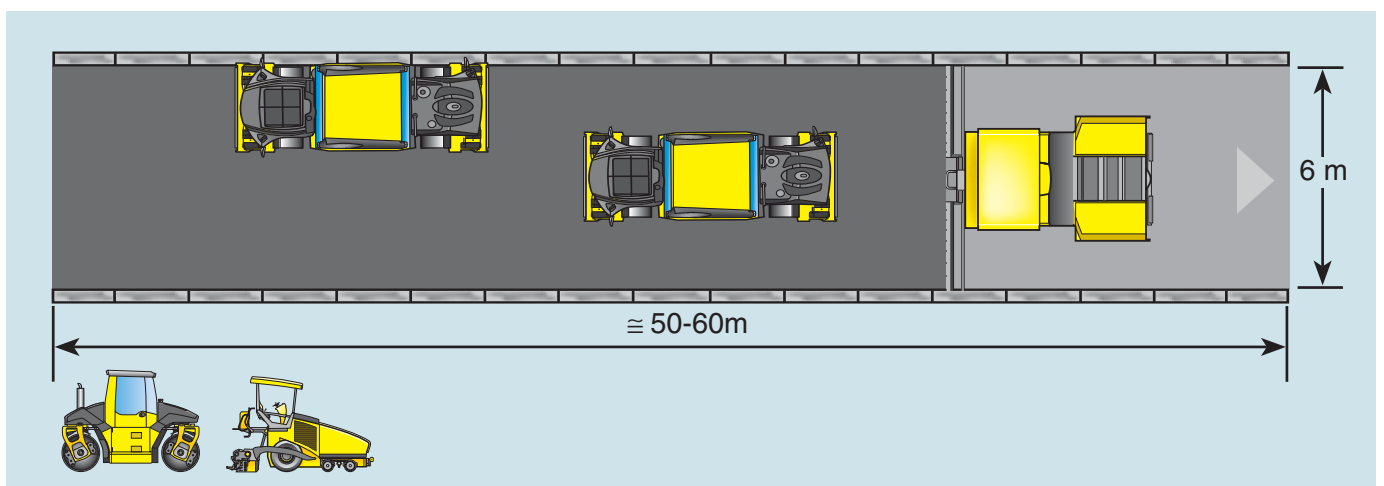


Fig. 60 Concepto de compactación con un rodillo tándem

En general, con los rodillos tándem de vibración se puede compactar cualquier clase de mezcla (para las capas de rodadura, ligante o intermedia y base). Un rodillo de neumáticos no es imprescindible. Se trata de aprovechar una horquilla de altas temperaturas (aprox. 140 - 160° C). El número de pasadas con vibración

depende del espesor de la capa, la carga lineal y las condiciones meteorológicas. Si atendemos al grado de estabilidad y precompactación de la mezcla puede ser conveniente comenzar primero con una compactación estática y luego seguir compactando con vibración en la fase principal.

## 8.4 Compactar asfalto con rodillos de neumáticos y tándem

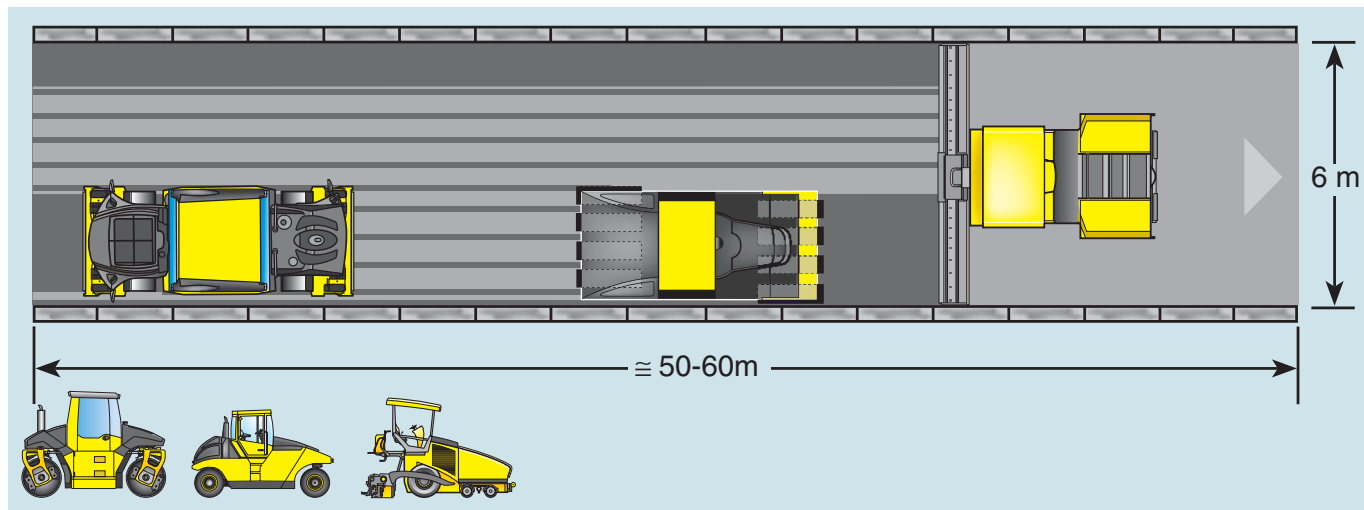


Fig. 61 Concepto de compactación con rodillos de neumáticos y tándem

Con los rodillos de neumáticos se compactan primero de modo preliminar las mezclas delicadas y sensibles al desplazamiento interno, como pueden darse en las capas de ligante o intermedias, capas base o portantes de rodadura. Las ruedas pueden entonces ejercer su beneficioso efecto de amasado y pisada sin peligro de traslados o roturas del asfalto. Un rodillo tándem (7 - 10t) suele ser el encargado de realizar el siguiente paso de compactación.



Fig. 62 Compactación previa, rodillo de neumáticos BW 24 RH

## 8.5 Compactar firmes de asfalto con perfil de dos aguas

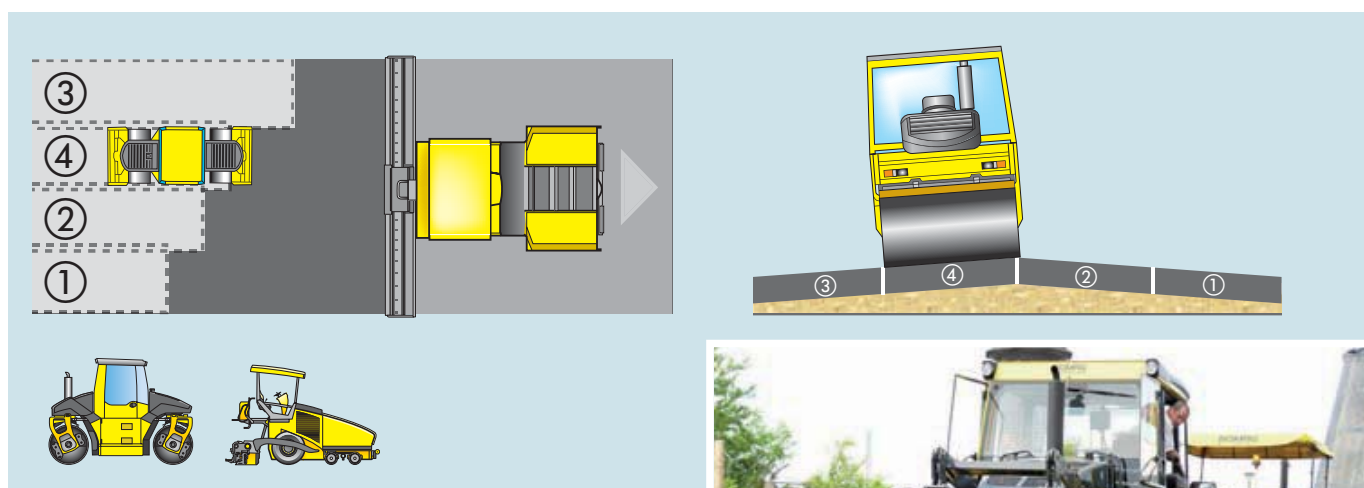


Fig. 63 Compactar un perfil de dos aguas

En las calzadas con perfil de dos aguas la junta longitudinal debe compactarse de tal modo que se cree una unión cerrada y de altura uniforme. El conductor del rodillo requiere una cierta experiencia y pericia para realizar bien esta operación.



Fig. 64 Compactación principal BW 174 AD

## 8.6 Compactar curvas

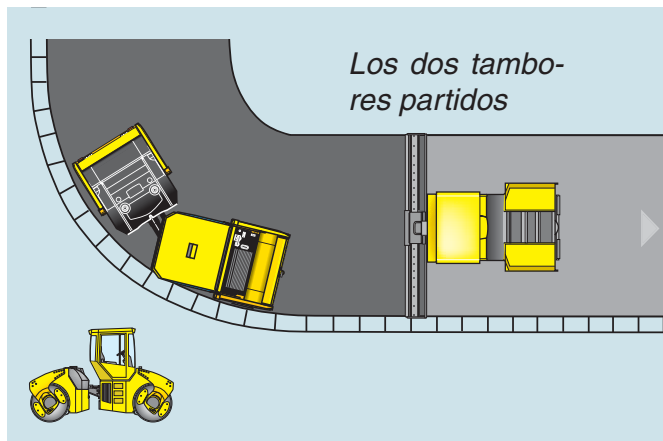


Fig. 65 Conducir por curvas con rodillos articulados

Cuando se compacta el borde la calzada, los rodillos de dirección pivotante deben llevarse en paso en diagonal. Con esta medida, el conductor del rodillo puede concentrarse en un tambor para compactar bien el borde.

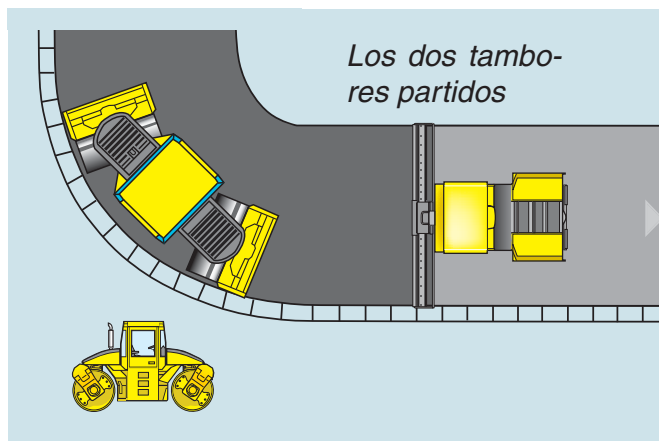
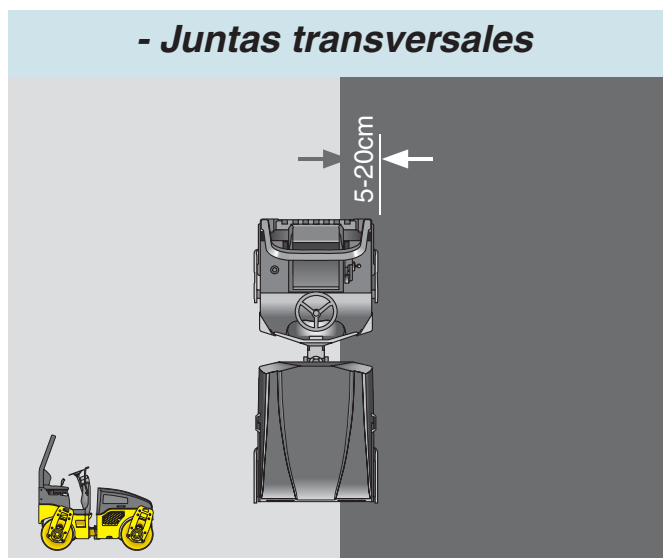


Fig. 66 Conducir por curvas con rodillos de dirección pivotante

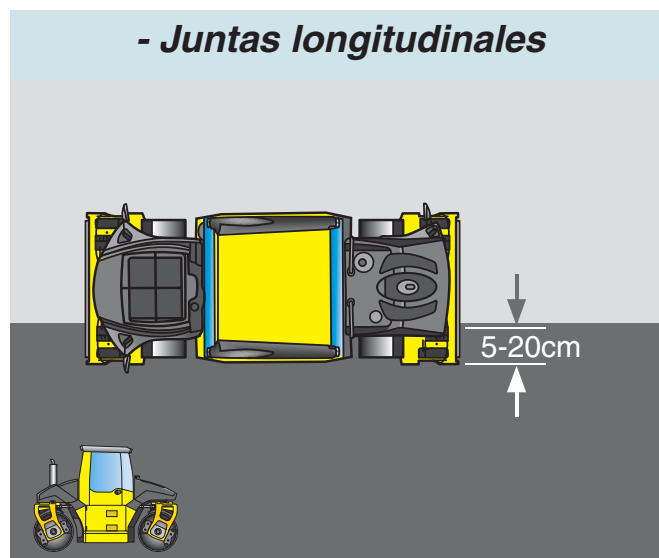
## 8.7 Compactar juntas y empalmes



Junta transversal    ■ = asfalto caliente    ■ = asfalto frío

Fig. 67 Junta transversal sin tráfico

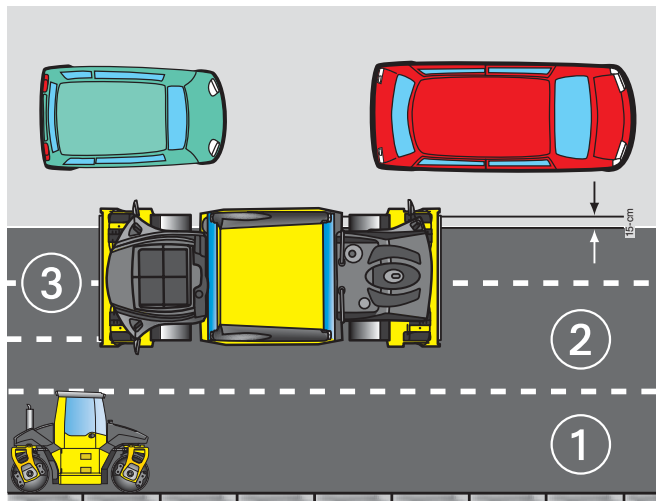
Para compactar juntas transversales en sentido axial con respecto a la aplicación, el rodillo pasa con solo 5-20 cm del tambor sobre el pavimento caliente y sin compactar y va cambiando paulatinamente al asfalto caliente. El espacio de maniobra suele ser escaso, así que aquí viene muy bien una compactadora pequeña y ágil. Si no hubiera suficiente espacio de maniobra, la junta transversal puede también compactarse en sentido oblicuo con respecto a la dirección de



Junta longitudinal    ■ = asfalto caliente    ■ = asfalto frío

Fig. 68 Junta longitudinal sin tráfico

aplicación o, incluso, de modo totalmente oblicuo. Al trabajar una junta longitudinal (sin tráfico en dirección opuesta) hay que compactar hasta 20 cm de la mezcla caliente. El resto del tambor rueda sobre el material frío y resistente. Con este procedimiento se consigue una unión cerrada y de altura homogénea sin aplastamientos.



Junta longitudinal  = asfalto caliente  = asfalto frío

Fig. 69 Junta longitudinal con tráfico

## 8.8 Acabado de capas de rodadura

El agarre de las capas de rodadura de la carretera es un factor importante cuando hablamos de la seguridad viaria en general. La introducción en Alemania de la normativa ZTV Asphalt StB-01, junto con las Condiciones técnicas complementarias relativas al asfalto, ha supuesto que el agarre de la calzada tiene que tener un valor definido desde el momento de la aprobación de la obra acabada hasta que transcurre el periodo legal de garantía. Esta normativa forma parte de todos los contratos de obra alemanes desde el 01-01-2002. Estos requisitos se aplican a las carreteras de las clase de construcción SV y I a VI.

Lo importante aquí es la técnica usada para esparcir la gravilla:

El agarre es una características de las calzadas y está determinada principalmente por la estructura de la mezcla y la técnica de aplicación. El agarre inicial está influido decisivamente por la forma de aplicación, es decir por la compactación y el esparcido idóneos.

En el caso de una junta longitudinal (con tráfico de frente), se aplica el esquema de compactación 1-3. Así se consigue una base sólida y resistente sobre la que luego el rodillo puede compactar la junta longitudinal.



Fig. 70 Compactar una junta longitudinal

Material de esparcido:

Se suele utilizar arena fina de machaqueo o gravilla fina (pura o con envoltura de ligante). El material debe estar siempre seco y libre de polvo.

Cantidad a esparcir:

Depende de la granulometría de la capa de rodadura y suele encontrarse en un margen entre 0,5 y 1,0 kg/m<sup>2</sup>, con una granulometría de 1 / 3 mm (para capas de rodadura hasta 0 / 8 mm). La cantidad es 1,0 a 2,0 kg/m<sup>2</sup>, con una granulometría de 2 / 5 mm (para capas de rodadura de > 0 / 8 mm).

Momento para esparcir:

El material de esparcido se debe aplicar sobre la capa de rodadura aún caliente, lo antes posible para que el rodillo lo pueda embutir en el pavimento. Como muy pronto se realiza después de la segunda pasada del rodillo.





*Fig. 71 BW 174 AP con esparcidor de precisión BS 180*

Para un buen acabado de las superficies asfaltadas hay que esparcir el material con una técnica homogénea y exacta. BOMAG lleva años distribuyendo su esparcidor de precisión BS 180, acreditado y patentado, que va acoplado a los rodillos tándem de la categoría de 7 – 10 t. El material esparcido se distribuye homogéneamente mediante una regla vibratoria (debajo del contenedor) en todo el ancho del rodillo. A una velocidad constante de aplicación del rodillo de aprox. 4-6 km/h se puede conseguir una calidad de esparcido excelente y reproducible.

Además tiene otra ventaja: Gracias a la distribución correcta y uniforme del material, con frecuencia hace falta esparcir una cantidad considerablemente menor de material (600 – 800 g/m<sup>2</sup>), a diferencia de los valores orientativos mencionados antes. El contenedor se puede también desplazar lateralmente.



*Fig. 72 El contenedor de material esparcido se puede desplazar lateralmente*



*Fig. 73 Cantidad esparcida: homogénea y exacta*

Para determinar la cantidad a esparcir por m<sup>2</sup> en la primera ocasión hay que medir el material esparcido en un tramo de prueba. Para ello se recoge barriéndola, la gravilla esparcida en un tramo de referencia (1 m<sup>2</sup>) y se mide. La cantidad esparcida depende de la inclinación del contenedor (véase la escala de inclinación del contenedor) y de una velocidad constante del rodillo (aprox. 4-6 km/h).

Cuando no se varía la velocidad de trabajo, la cantidad esparcida se puede modificar basculando más o menos el contenedor.



*Fig. 74 Regulación de la cantidad esparcida*



## 9. Errores de aplicación y de compactación

En la realidad de la obra no es nada raro que al compactar las capas de asfalto surjan problemas debidos a diferentes causas.

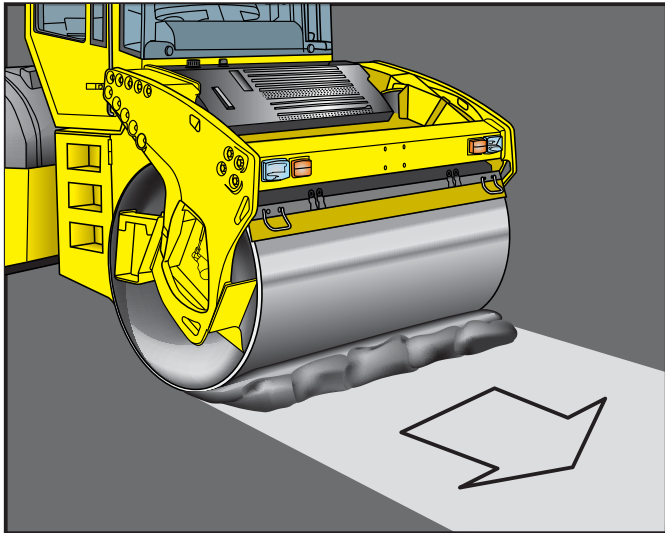


Fig. 75 El tambor empuja la mezcla

### El tambor empuja la mezcla

El rodillo empuja por delante creando arrastres delanteros. Posibles causas:

- El rodillo es demasiado pesado (carga lineal elevada) en relación a un diámetro de tambor demasiado pequeño.
- Una mezcla poco estable se compacta prematuramente a una temperatura demasiado alta.

Recomendaciones:

- Utilizar un rodillo menos pesado
- Precompactar con un rodillo de neumáticos o un rodillo combinado
- Comenzar más tarde con la compactación (cuando se reduzca la temperatura de la mezcla).

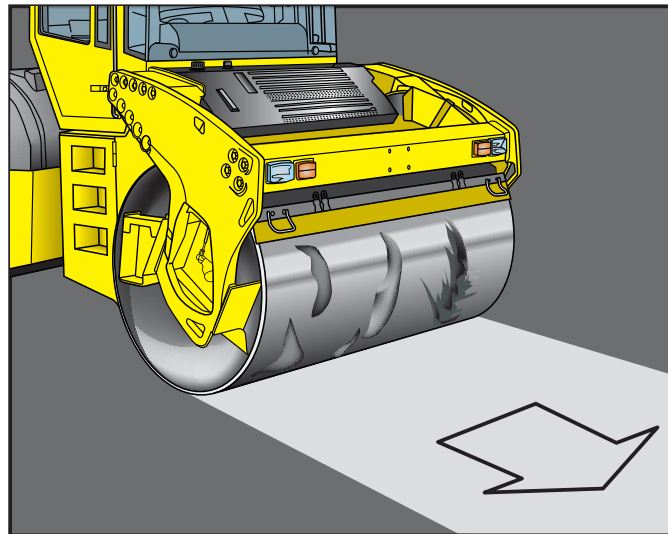


Fig. 76 Adherencia de la mezcla al tambor

### La mezcla se adhiere al tambor

Posibles causas:

- La mezcla se compacta a una temperatura elevada
- Los tambores no se rocían con agua en grado suficiente.

Recomendación:

- Activar brevemente el riego continuo (nivel 12) al principio de la compactación, para que los tambores queden totalmente humedecidas.

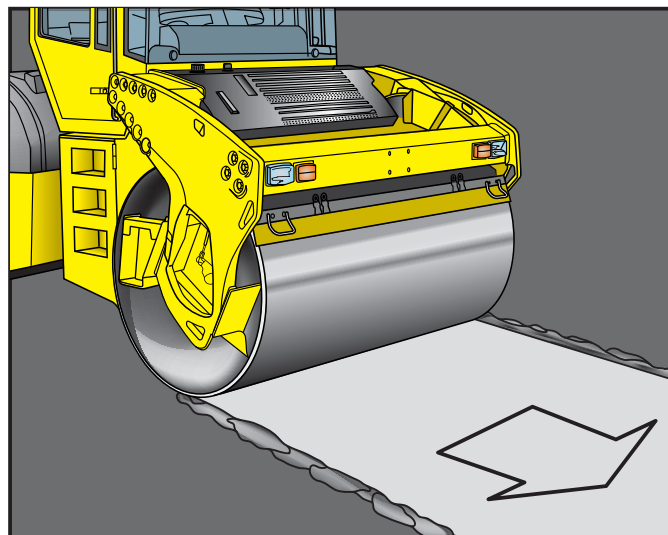
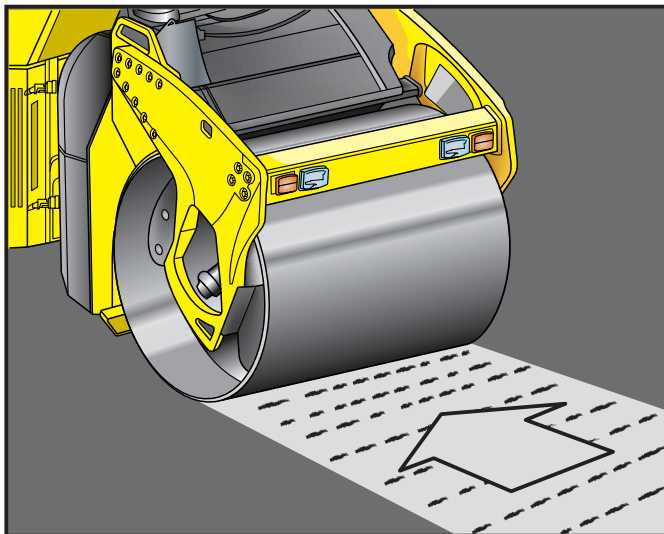


Fig. 77 Arqueamientos junto al tambor

### Arqueamientos junto al tambor

Este efecto puede deberse a las causas siguientes:

- Una precompactación insuficiente
- La mezcla está demasiado caliente.
- La mezcla tiene una composición errónea



*Fig. 78 Grietas transversales detrás del tambor*

### **Grietas transversales**

Las grietas transversales no suelen tener mucha profundidad.

Posibles causas:

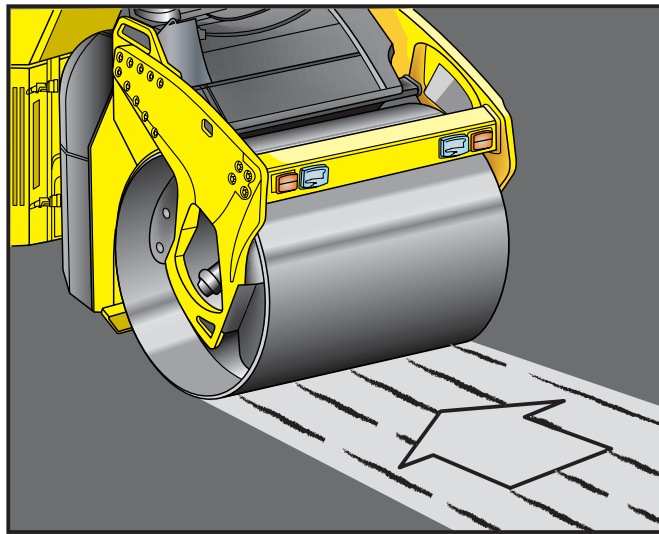
- La extendedora no ha efectuado una precompactación suficiente.
- Se han utilizado rodillos muy pesados demasiado pronto.
- Después de aplicar capas gruesas se ha esperado demasiado (y la superficie se ha enfriado pero el núcleo interior sigue demasiado caliente, por lo que el rodillo quiebra la corteza externa).
- La máquina desplaza el material aplicado sobre la subestructura (la subestructura no está limpia o no se ha tratado correctamente).
- La superficie del asfalto se ha "resfriado" (por el viento, la lluvia o demasiada agua de aspersión).
- En las pendientes se compacta con un excesivo espesor de aplicación (y el pavimento no puede absorber las fuerzas de empuje del rodillo).
- Se están utilizando mezclas demasiado pobres (con demasiada arena natural de granulometría errónea y betún en cantidad insuficiente).
- La capa se ha compactado en exceso.
- Desagregación o sedimentación de la mezcla porque no estaba bien distribuida.

### **Grietas longitudinales**

Las grietas longitudinales traspasan la capa en su totalidad.

Estas son las causas más frecuentes:

- Error en la subestructura.
- Un rodillo demasiado pesado cizalla la mezcla. El pesado rodillo tiene que esperar mucho porque se ha aplicado una capa gruesa y mientras tanto la superficie se enfría formándose una corteza encima del núcleo interior caliente. Al pasar el rodillo, este cizalla la mezcla.



*Fig. 79 Grietas longitudinales*

- Una precompactación insuficiente.
- La capa se ha compactado en exceso.
- La mezcla no es suficientemente estable debido a su composición (especialmente si tiene un elevado contenido de arena natural).
- Temperatura demasiado elevada de la mezcla de asfalto.
- No hay suficiente unión entre las capas.
- La mezcla contiene demasiado ligante.
- Desagregación o sedimentación de la mezcla porque no estaba bien distribuida.



*Fig. 80 Grietas transversales y longitudinales debido al uso de un rodillo demasiado pesado*

## 10. Reglas básicas de la compactación

Cuando se trata de compactar asfalto hay que acatar unas altas exigencias de calidad que están abocadas a una finalidad: obtener un firme resistente a las cargas previstas y al desgaste. Al mismo tiempo hay que cumplir unos valores mínimos en lo tocante a la

planeidad y agarre de las superficies. El conductor del rodillo, por su parte, puede también poner su granito de arena en estas características de calidad si observa algunas reglas básicas.

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Hay que comenzar la compactación lo antes posible. Este principio también se aplica cuando se utilizan rodillos pesados que siguen directamente a la extendedora. Pero no deben destruir la uniformidad que ha conseguido la extendedora.                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2.  | Hay que empezar lo antes posible a comprimir los bordes, porque entonces la mezcla todavía es moldeable.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3.  | <p>Para evitar que la mezcla se adhiera, los tambores y neumáticos deben rociarse con agua en cantidad suficiente. Deben estar humedecidos, pero no demasiado mojados.</p> <p>La mezcla caliente hace que el agua de riego se evapore, perdiendo calor en el proceso y por eso se reduce el tiempo de compactación disponible. El riego con activación a intervalos requiere menos agua y también se reduce la cantidad de agente tensioactivo que hay que añadir al agua de riego.</p> |
| 4.  | Arrancar suavemente y no dar nunca la vuelta bruscamente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5.  | No aplicar nunca la vibración con el rodillo parado para evitar que se formen ondulaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6.  | Conectar la vibración durante la marcha, no antes, y desconectarla a tiempo antes de llegar al punto de retorno (o bien utilizar el modo automático de vibración).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7.  | Cuando la franja de aplicación tenga una pendiente transversal, comenzar siempre a compactar primero en el margen más bajo y luego trasladarse al margen más elevado. De este modo, el rodillo se crea previamente con la mezcla ya compactada un contrafuerte que luego le servirá de apoyo.                                                                                                                                                                                           |
| 8.  | Siempre que sea posible, trasladar y maniobrar el rodillo en el material ya compactado para evitar los aplastamientos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9.  | No detenerse nunca sobre la mezcla aún caliente, porque el rodillo deformaría la capa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10. | Estacionar el rodillo siempre oblicuamente al sentido de aplicación para que los posibles aplastamientos que cause se puedan luego alisar fácilmente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Fig. 81 Reglas básicas de la compactación de asfalto





## 11. Sistemas de documentación y medición de la compactación

Los rodillos con ASPHALT MANAGER regulan automáticamente la energía de compactación requerida y adaptan la amplitud efectiva a las condiciones existentes.

Simultáneamente, se determina de modo continuo el módulo elástico de vibración  $E_{VIB}$  (MN/m<sup>2</sup>) y un sensor de infrarrojos mide la temperatura superficial del asfalto. Las dos informaciones se muestran en el tablero de mando BOP, el BOMAG Operation Panel. Con estos instrumentos se puede realizar un seguimiento continuo y directo de los

progresos en la compactación. Si partimos de las premisas de que la subestructura de la capa presenta una rigidez uniforme y la temperatura de compactación se encuentra en un rango  $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en la obra se pueden determinar buenas correlaciones entre la densidad y el  $E_{VIB}$  mediante mediciones comparativas (calibraciones).

La experiencia acumulada nos demuestra que la metrología integrada en el rodillo mejora la calidad de compactación de las capas de asfalto.



Fig. 82 Asphalt Manager con sistema de medida de compactación



Fig. 83 Medición de densidad con sonda nuclear para compararla con el  $E_{VIB}$

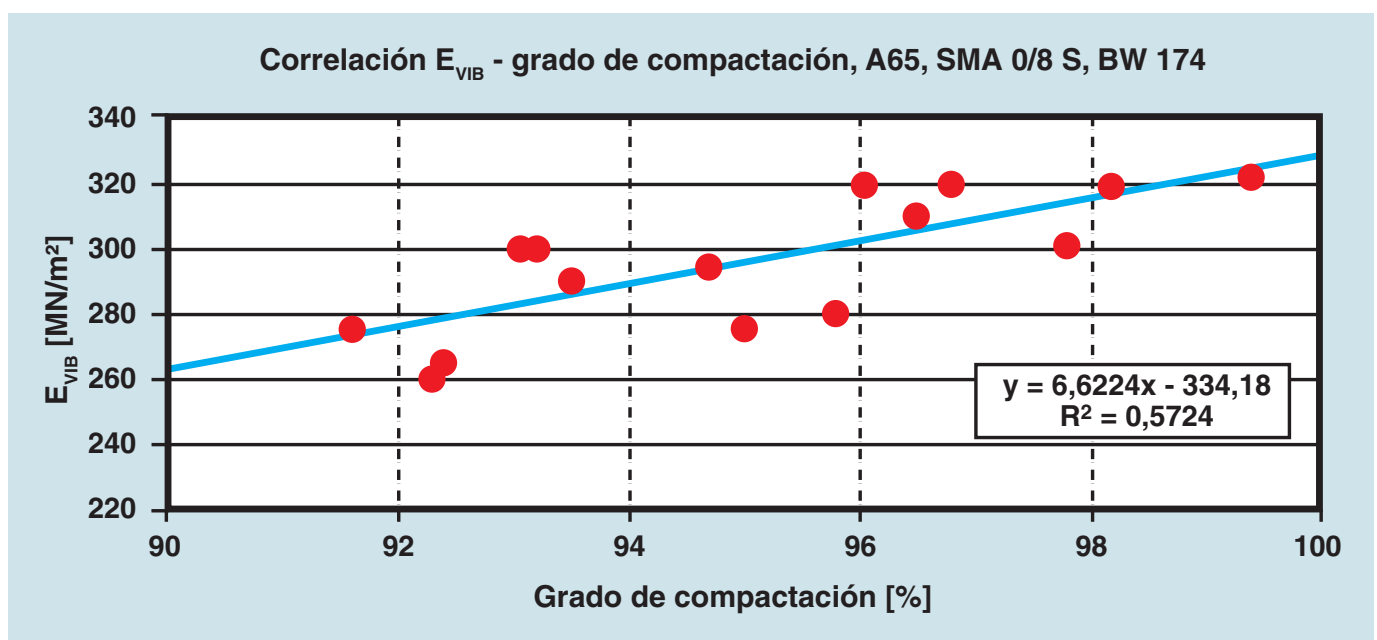


Fig. 84 Ejemplo de correlación entre el grado de compactación y el  $E_{VIB}$

## Elementos de manejo y de indicación BOP\* ASPHALT MANAGER

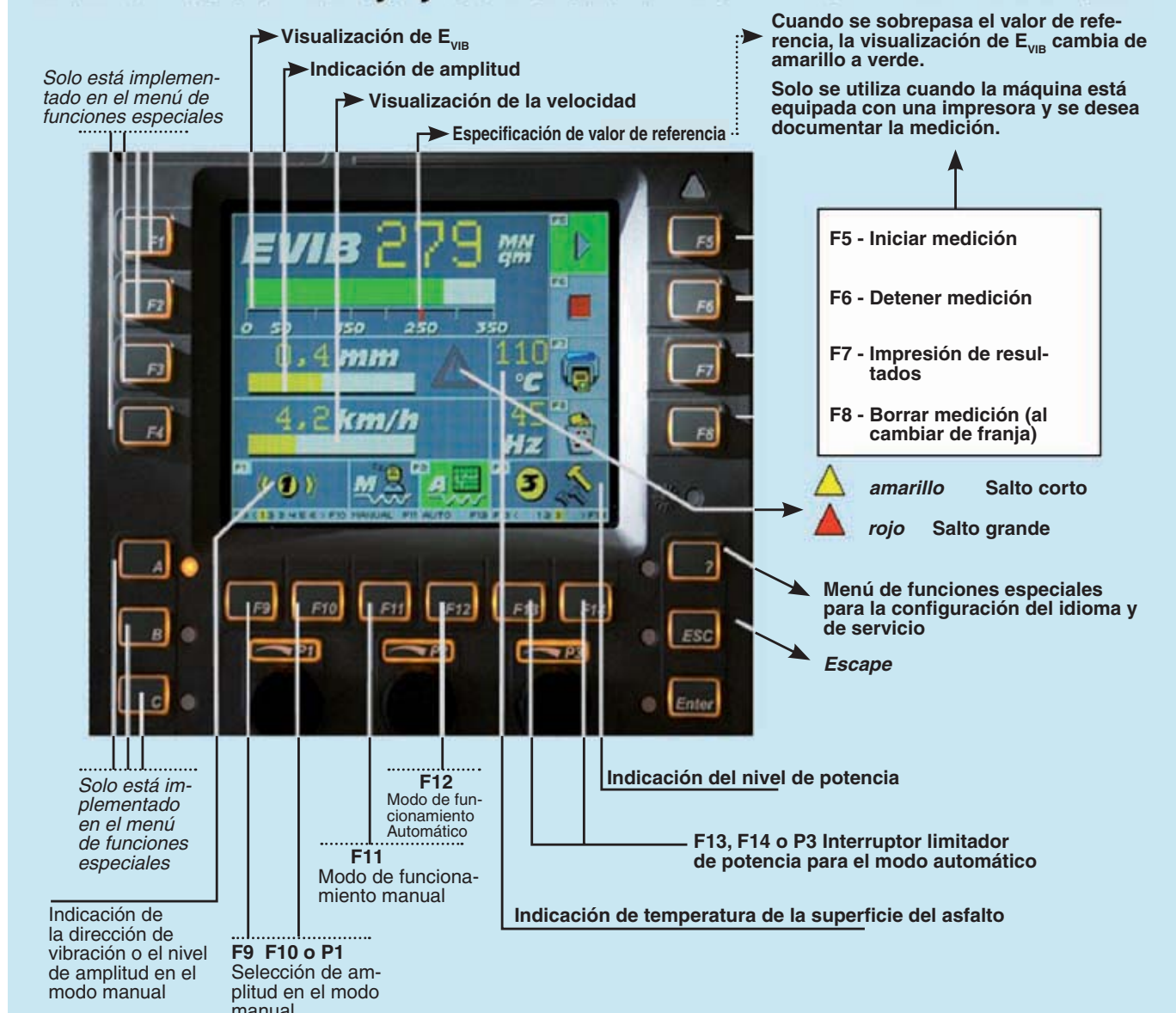


Fig. 85 BOMAG Operation Panel (BOP)

### Interruptor de niveles de potencia

En el modo automático se puede limitar la potencia máxima de compactación y el efecto en profundidad. Hay 3 niveles disponibles. Esta restricción supone una ventaja cuando no es firme la estructura que hay debajo de la capa que se vaya a compactar.

### Indicación de temperatura

El sistema está captando continuamente la temperatura de la superficie del asfalto. La mezcla en el núcleo de la capa puede llegar a tener una temperatura de 40° C más, en función del grosor de capa, la temperatura externa y la fuerza del viento. La compactación debería concluirse con una temperatura superficial de 80° C.





Fig. 86 Asphalt Manager con BCM 05

Para llevar un registro de todos los datos, los rodillos con ASPHALT MANAGER se pueden dotar con el sistema de documentación BCM 05 y un equipo de GPS.

En las obras de más envergadura se pueden así documentar de principio a fin los valores de módulo de vibración o rigidez dinámica  $E_{VIB}$  (MN/m<sup>2</sup>), las temperaturas superficiales del asfalto durante la compactación, los valores de aplicación del rodillo (la frecuencia, la amplitud y la velocidad), la posición de la compactadora y el número de pasadas.



Fig. 87 Compactación de asfalto en todo el área FDAV

Para realizar una compactación asistida por satélite en toda el área asfaltada (FDAV) se necesitan los módulos siguientes:

Pantalla BCM 05 con software BCM 05 mobile  
Software BCM05 office  
Software BCM 05 Positioning  
Sistema GPS

Los datos del BCM 05 se pueden llevar a la oficina de obras mediante un lápiz de memoria USB. Aquí estos datos se analizan y gestionan con el módulo de programa BCM 05 Office.



Fig. 88 BW 174 AM con BCM 05 y GPS

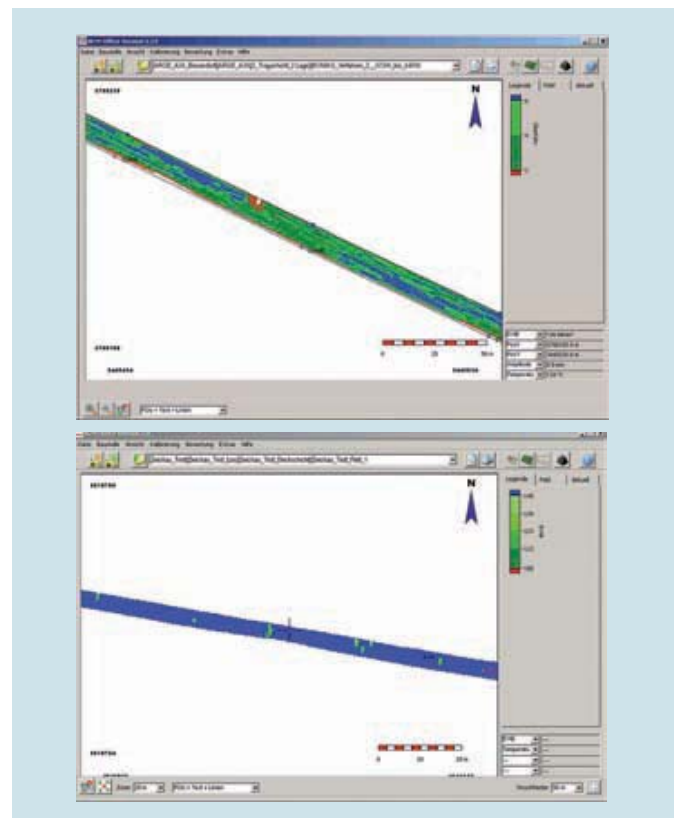


Fig. 89 Documentación FDAV de los valores medidos y de las pasadas





## 12. Apéndice

### A1 Clases de construcción de carreteras

En función de la carga de tráfico, se distinguen distintas clases de obras de pavimentación atendiendo al espesor total de la estructura superior de la calzada y a la graduación de las distintas capas según su tipo y grosor. En Alemania, la estructura más adecuada para la

calzada se elige en unos cuadros con compactaciones estandarizadas según unos criterios determinados. Estos cuadros forman parte de las "Directrices de estandarización de la estructura superior de las calzadas viarias" (en la actualidad en la redacción RStO-01\*).

| Clase constructiva                              | SV   |    |    |    | I         |    |    |    | II       |    |    |    | III       |    |    |    | IV          |    |    |    | V           |    |    |    | VI    |    |    |    |
|-------------------------------------------------|------|----|----|----|-----------|----|----|----|----------|----|----|----|-----------|----|----|----|-------------|----|----|----|-------------|----|----|----|-------|----|----|----|
| Equiv. pasos de eje de 10-t en mill.            | > 32 |    |    |    | > 10 - 32 |    |    |    | > 3 - 10 |    |    |    | > 0,8 - 3 |    |    |    | > 0,3 - 0,8 |    |    |    | > 0,1 - 0,3 |    |    |    | ≤ 0,1 |    |    |    |
| Espesor de la superestructura resis. heladas    | 55   | 65 | 75 | 85 | 55        | 65 | 75 | 85 | 55       | 65 | 75 | 85 | 45        | 55 | 65 | 75 | 45          | 55 | 65 | 75 | 35          | 45 | 55 | 65 | 35    | 45 | 55 | 65 |
| Capa base asfáltica sobre capa antiheladas      |      |    |    |    |           |    |    |    |          |    |    |    |           |    |    |    |             |    |    |    |             |    |    |    |       |    |    |    |
| Capa de rodadura                                |      |    |    |    |           |    |    |    |          |    |    |    |           |    |    |    |             |    |    |    |             |    |    |    |       |    |    |    |
| Capa de aglomerante                             |      |    |    |    |           |    |    |    |          |    |    |    |           |    |    |    |             |    |    |    |             |    |    |    |       |    |    |    |
| Capa base asfáltica                             |      |    |    |    |           |    |    |    |          |    |    |    |           |    |    |    |             |    |    |    |             |    |    |    |       |    |    |    |
| Capa de protección contra heladas               |      |    |    |    |           |    |    |    |          |    |    |    |           |    |    |    |             |    |    |    |             |    |    |    |       |    |    |    |
| Espesor de la capa de protección contra heladas | -    | 31 | 41 | 51 | 25        | 35 | 45 | 55 | 29       | 39 | 49 | 59 | -         | 33 | 43 | 53 | 27          | 37 | 47 | 57 | 21          | 31 | 41 | 51 | 25    | 35 | 45 | 55 |

Fig. 90 Ejemplos de obras de pavimentación con compactación del asfalto RStO

### A2 Clases de mezcla y espesores de capa

Al medir las capas de asfalto hay que tener en cuenta la relación existente entre el espesor de la capa y el tamaño de grano máximo. La experiencia nos enseña que el grosor de la capa debe ser 3 o 4 veces mayor que el tamaño de grano máximo utilizado en la capa de asfalto. En caso contrario deberemos esperar restricciones en la capacidad

de compactación y la resistencia a la deformación. Como norma general, el grosor de capa está regulado según las Condiciones técnicas complementarias relativas al asfalto ZTV StB\* y RstO, las Directrices de estandarización de la estructura superior de las calzadas viarias\*.

\*Cuerpos normativos alemanes

| Capa                         | Clases de mezclas y calidades      | Espesor de capa según ZTV StB de asfalto* y ZTVT-StB [cm] | Espesor de capa recomendado para pliegos de condiciones [cm] |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Capas asfálticas de rodadura | Hormigón asfáltico 0/5             | 2,0 a 3,0                                                 | 2,0                                                          |
|                              | Hormigón asfáltico 0/8             | 3,0 a 4,0                                                 | 3,0                                                          |
|                              | Hormigón asfáltico 0/11            | 3,5 a 4,5                                                 | 4,0                                                          |
|                              | Hormigón asfáltico 0/11S           | 4,0 a 5,0                                                 | 4,0                                                          |
|                              | Hormigón asfáltico 0/16S           | 5,0 a 6,0                                                 | 5,0                                                          |
|                              | Asfalto mástico con gravilla 0/5   | 2,0 a 3,0                                                 | 2,0                                                          |
|                              | Asfalto mástico con gravilla 0/8   | 2,0 a 4,0                                                 | 3,0                                                          |
|                              | Asfalto mástico con gravilla 0/8S  | 3,0 a 4,0                                                 | 3,5                                                          |
|                              | Asfalto mástico con gravilla 0/11S | 3,5 a 4,0                                                 | 4,0                                                          |
|                              | Asfalto colado 0/5                 | 2,0 a 3,0                                                 | 2,0                                                          |
|                              | Asfalto colado 0/5                 | 2,5 a 3,5                                                 | 2,5                                                          |
|                              | Asfalto colado 0/11                | 3,5 a 4,0                                                 | 3,5                                                          |
|                              | Asfalto colado 0/11S               | 3,5 a 4,0                                                 | 3,5                                                          |
| Capas asfálticas de ligante  | Ligante asfáltico 0/11             | solo para la compensación de perfiles                     | -                                                            |
|                              | Ligante asfáltico 0/16             | 4,0 a 8,5                                                 | 5,0                                                          |
|                              | Ligante asfáltico 0/16S            | 5,0 a 8,5                                                 | 6,0                                                          |
|                              | Ligante asfáltico 0/22S            | 7,0 a 10,0                                                | 8,0                                                          |
| Capas asfálticas portantes   | Calidad de mezcla 0/22             | ≥8,0                                                      | ≥8,0                                                         |
|                              | Calidad de mezcla 0/32             | ≥8,0                                                      | ≥8,0                                                         |

Fig. 91 Clases de mezcla de asfalto y los espesores de capa correspondientes

## A3 Capa base asfáltica

En las carreteras de nueva obra la capa base asfáltica (mono o multicapa) se aplica sobre la capa previa de protección antiheladas (una capa de grava o balasto). Esta capa base suele estar formada de una mezcla de material de granulometría gruesa (0/32 mm o de 0/22 mm) con aditivos y betún.

Las capas base cumplen la función de distribuir la carga. Tienen que ser especialmente estables y su aplicación debe adaptarse al perfil que haya. Además protegen la estructura subyacente contra la humedad (las precipitaciones).

| Clase de mezcla | Granulometría | Granulometría > 2 mm | Granulometría < 0,09 mm | Granzón como máximo | Mínimo contenido de ligante* | Fluidez Marshall a 60°C Mín. ** | Fluidez de Marshall** | Contenido de espacios vacíos |
|-----------------|---------------|----------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                 | mm            | % de peso            | % de peso               | % de peso           | % de peso                    | kN                              | mm                    | % de vol.                    |
| 1               | 2             | 3                    | 4                       | 6                   | 7                            | 8                               | 9                     | 10                           |
| AO              | 0/2 a 0/32    | 0 a 80               | 2 a 20                  | 20                  | 3,3                          | 2,0                             | 1,5 a 4,0             | 4,0 a 20,0                   |
| A               | 0/2 a 0/32    | 0 a 35               | 4 a 20                  | 10                  | 4,3                          | 3,0                             | 1,5 a 4,0             | 4,0 a 14,0                   |
| B               | 0/22; 0/32    | más de 35 hasta 60   | 3 a 12                  | 10                  | 3,9                          | 4,0                             | 1,5 a 4,0             | 4,0 a 12,0                   |
| C               | 0/22; 0/32    | más de 60 hasta 80   | 3 a 10                  | 10                  | 3,6                          | 5,0                             | 1,5 a 4,0             | 4,0 a 10,0                   |
| CS              | 0/22; 0/32    | más de 60 hasta 80   | 3 a 10                  | 10                  | 3,6                          | 8,0                             | 1,5 a 5,0             | 5,0 a 10,                    |

### Explicaciones

- 1) Clase de mezcla AO solo para firme superior de asfalto
- 2) Clase de mezcla A solo para capa base inferior
- 3) Clase de mezcla CS para la categoría constructiva SV y para superficies sometidas a una carga especial: 60% como mín. de granulometría triturada mayor de 2 mm, relación entre arena de machaqueo y arena natural 1:1 como mínimo
- 4) Clases de mezcla B, C, CS realizables con todas las pavimentaciones y clases constructivas (B restringido)
- 5) \*Asfalto para carreteras
- 6) \*\*Determinación con probetas de Marshall

Fig. 92 Composición y propiedades de las capas base de asfalto

## A4 Capa asfáltica ligante o intermedia

En las carreteras más transitadas (a partir de la categoría constructiva III), la capa de ligante o intermedia se aplica casi siempre sobre la capa base ya tratada. Como su propio nombre indica, esta capa une la capa base con la de rodadura, desempeñando así una función compensatoria con objeto de maximizar la planeidad. Además, la capa intermedia absorbe una gran parte de las fuerzas de empuje del tráfico rodado. La granulometría de la mezcla abarca la horquilla entre 0/11 y 0/22 mm.

Las aplicaciones más típicas son los pavimentos viarios sometidos a cargas elevadas. Las mezclas para las capas intermedias asfálticas deben tener calidades con una durabilidad y resistencia máximas frente a la deformación. Se utilizan gravillas trituradas de máxima calidad con cantos especialmente duros. La mezcla tiene un alto contenido de áridos de tamaño máximo y arena de machaqueo y por eso tiene tendencia a disgregarse durante el transporte a la obra y al aplicarla con la extendidora. La capa intermedia requiere en general un elevado nivel de compactación.

|                                               |                   | 0/22 S                                                                | 0/16 S                                    | 0/16                                                                                 | 0/11                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Áridos</b>                                 |                   | gravilla triturada fina,<br>arena fina de machaqueo,<br>polvo de roca |                                           | gravilla triturada fina,<br>arena fina de machaqueo,<br>arena natural, polvo de roca |                                                                                                                                     |
| Granulometría mm                              | 0/22              | 0/16                                                                  | 0/16                                      | 0/11                                                                                 |                                                                                                                                     |
| Proporción granulométrica < 0,09 mm % de peso |                   | 4 a 8                                                                 | 4 a 8                                     | 3 a 9                                                                                | 3 a 9                                                                                                                               |
| Proporción granulométrica > 2 mm % de peso    |                   | 70 a 80                                                               | 70 a 75                                   | 60 a 75                                                                              | 50 a 70                                                                                                                             |
| Proporción granulométrica > 8 mm % de peso    |                   | -                                                                     | -                                         | -                                                                                    | ≥ 20                                                                                                                                |
| Proporción granulométrica > 11,2 mm % de peso |                   | -                                                                     | ≥ 25                                      | ≥ 20                                                                                 | ≤ 10                                                                                                                                |
| Proporción granulométrica > 16 mm % de peso   |                   | ≥ 25                                                                  | ≤ 10                                      | ≤ 10                                                                                 | -                                                                                                                                   |
| Proporción granulométrica > 22,4 mm % de peso |                   | ≤ 10                                                                  | -                                         | -                                                                                    | -                                                                                                                                   |
| Relación entre arena de machaqueo y natural   | 1:0               | 1:0                                                                   | ≥ 1:1                                     | ≥ 1:1                                                                                |                                                                                                                                     |
| <b>Ligante</b>                                |                   |                                                                       |                                           |                                                                                      |                                                                                                                                     |
| Calidad de ligante                            |                   | (50/70) <sup>2</sup> ,<br>30/45<br>BMP 45                             | (50/70) <sup>2</sup> ,<br>30/45<br>BMP 45 | 50/70,<br>70/100<br>(30/45) <sup>2</sup>                                             | 50/70,<br>70/100                                                                                                                    |
| Contenido de ligante                          | % de peso         | 4,0 a 5,0                                                             | 4,2 a 5,5                                 | 4,0 a 6,0                                                                            | 4,5 a 6,5                                                                                                                           |
| <b>Mezcla</b>                                 |                   |                                                                       |                                           |                                                                                      |                                                                                                                                     |
| Probeta de Marshall:                          |                   |                                                                       |                                           |                                                                                      |                                                                                                                                     |
| Contenido de intersticios                     | % de vol.         | 5,0 a 7,0                                                             | 4,0 a 7,0                                 | 3,0 a 7,0                                                                            | 3,0 a 7,0                                                                                                                           |
| Temperatura de compactación                   | °C                | 135 ± 5                                                               | 135 ± 5                                   | 135 ± 5                                                                              | 135 ± 5                                                                                                                             |
| <b>Capa</b>                                   |                   |                                                                       |                                           |                                                                                      |                                                                                                                                     |
| Espesor de aplicación                         | cm                | 7,0 a 10,0                                                            | 5,0 a 8,5                                 | 4,0 a 8,5                                                                            | Solo para compensación del perfil, no para las clases SV. I a III ni todas las superficies viarias sometidas a esfuerzos especiales |
| Peso de aplicación                            | kg/m <sup>2</sup> | 170 a 250                                                             | 125 a 210                                 | 95 a 210                                                                             |                                                                                                                                     |
| Grado de compactación                         | %                 | ≥ 97                                                                  | ≥ 97                                      | ≥ 97                                                                                 | ≥ 96 con espesores hasta ≥ 3 cm                                                                                                     |

2) Solo en casos especiales

Fig. 93 Composición y propiedades de las capas intermedias asfálticas

## A5 Capas de rodadura asfálticas

La capa de rodadura es la parte superior de la pavimentación asfáltica de una calzada. Por eso debe ser suficientemente hermética y resistente a las fuerzas deformantes. La superficie debe conservar a largo plazo su planeidad y agarre a pesar de las cargas del tráfico. También debe ser resistente al deterioro y al efecto de los agentes meteorológicos. Otras características más de la capa de rodadura son su flexibilidad, baja generación de ruidos y adherencia. Se compone de una mezcla graduada de áridos (la granulometría de la mezcla se encuentra entre 0/5 y 0/16 mm) y de betún como agente ligante.

Las aplicaciones más típicas son las carreteras y autopistas, los aeropuertos, los pavimentos de puentes, las calzadas vecinales y los carriles para las bicicletas. Hay distintos conceptos para la capa de rodadura en función de la categoría de la calzada y del tráfico rodado que vaya a transitar por ella. Así por ejemplo, para las carreteras con mucho tráfico se utilizan mezclas bastas y con mucha gravilla triturada con mayor espesor total de la capa. Las carreteras con una baja carga de tráfico requieren una mezcla de granulometría fina, con pocos intersticios y un grosor reducido de capa.

## - Hormigón asfáltico

El hormigón asfáltico es, como su nombre ya indica, una mezcla de áridos compuesta según el principio del hormigón. Contiene todas las granulometrías, desde el cero hasta el tamaño máximo de grano correspondientes en proporciones ajustadas en función de la aplicación. El contenido medio de gravilla triturada es del 50% del peso.

|                                                                                                       | 0/16 S                                                                         | 0/11 S                          | 0/11                            | 0/8                             | 0/5                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Áridos</b>                                                                                         | gravilla triturada fina, arena fina de machaqueo, arena natural, polvo de roca |                                 |                                 |                                 |                                   |
| <b>Granulometría</b> mm                                                                               | 0/16                                                                           | 0/11                            | 0/11                            | 0/8                             | 0/5                               |
| Proporción granulométrica < 0,09 mm de % de peso                                                      | 6 a 10                                                                         | 6 a 10                          | 7 a 13                          | 7 a 13                          | 8 a 15                            |
| Proporción granulométrica > 2 mm de % de peso                                                         | 55 a 65                                                                        | 50 a 60                         | 40 a 60                         | 35 a 60                         | 30 a 50                           |
| Proporción granulométrica > 5 mm de % de peso                                                         | -                                                                              | -                               | -                               | ≥ 15                            | ≤ 10                              |
| Proporción granulométrica > 8 mm de % de peso                                                         | 25 a 40                                                                        | 15 a 30                         | ≥ 15                            | ≤ 10                            | -                                 |
| Proporción granulométrica > 11,2 mm de % de peso                                                      | ≥ 15                                                                           | ≤ 10                            | ≤ 10                            | -                               | -                                 |
| Proporción granulométrica > 16 mm de % de peso                                                        | ≤ 10                                                                           | -                               | -                               | -                               | -                                 |
| Relación entre arena de machaqueo y natural                                                           | ≥ 1:1                                                                          | ≥ 1:1                           | ≥ 1:1 <sup>1)</sup>             | ≥ 1:1 <sup>1)</sup>             | -                                 |
| <b>Ligante</b>                                                                                        |                                                                                |                                 |                                 |                                 |                                   |
| Calidad de ligante                                                                                    | 50/70<br>(70/100) <sup>1)</sup>                                                | 50/70<br>(70/100) <sup>1)</sup> | 70/100<br>(50/70) <sup>1)</sup> | 70/100<br>(50/70) <sup>1)</sup> | 70/100<br>(160/220) <sup>1)</sup> |
| Contenido de ligante % de peso                                                                        | 5,2 - 6,5                                                                      | 6,9 - 7,2                       | 6,2 - 7,5                       | 6,4 - 7,7                       | 6,8 - 8,0                         |
| <b>Mezcla</b>                                                                                         |                                                                                |                                 |                                 |                                 |                                   |
| Probeta Marshall:<br>Temperatura de compactación °C<br>Contenido de intersticios <sup>2)</sup> Vol.-% | 135 ± 5                                                                        |                                 |                                 |                                 |                                   |
| a: Categ. I, II, III(4), y St SLW                                                                     | 3,0 a 5,0                                                                      | 3,0 a 5,0                       |                                 |                                 |                                   |
| b: Categ. II y IV                                                                                     |                                                                                |                                 | 2,0 a 4,0                       | 2,0 a 4,0                       |                                   |
| c: Categ. V, VI, St LLW y caminos                                                                     |                                                                                |                                 | 1,0 a 3,0                       | 1,0 a 3,0                       | 1,0 a 3,0                         |
| <b>Capa</b>                                                                                           |                                                                                |                                 |                                 |                                 |                                   |
| Espesor de aplicación cm                                                                              | 5,0 - 6,0                                                                      | 4,0 - 5,0                       | 3,5 - 4,5                       | 3,0 - 4,0                       | 2,0 - 3,0                         |
| o peso de aplicación kg/m <sup>2</sup>                                                                | 120 - 150                                                                      | 95 - 125                        | 85 - 115                        | 75 - 100                        | 45 - 75                           |
| Grado de compactación %                                                                               | ≥ 97                                                                           | ≥ 97                            | ≥ 97                            | ≥ 97                            | ≥ 96                              |
| Contenido de intersticios Vol.-%                                                                      | ≤ 7,0                                                                          | ≤ 7,0                           | ≤ 6,0                           | ≤ 6,0                           | ≤ 6,0                             |

### Explicaciones

- 1) Solo en casos especiales
- 2) Si > 20 % de la masa son escorias metalúrgicas o de alto horno se debe determinar el grado de absorción de agua en vez de calcular la proporción de intersticios. Se aplican los mismos valores umbral.
- 3) Solo en la categoría constructiva III.
- 4) Solo en la categoría

Fig. 94 Composición y propiedades del hormigón asfáltico



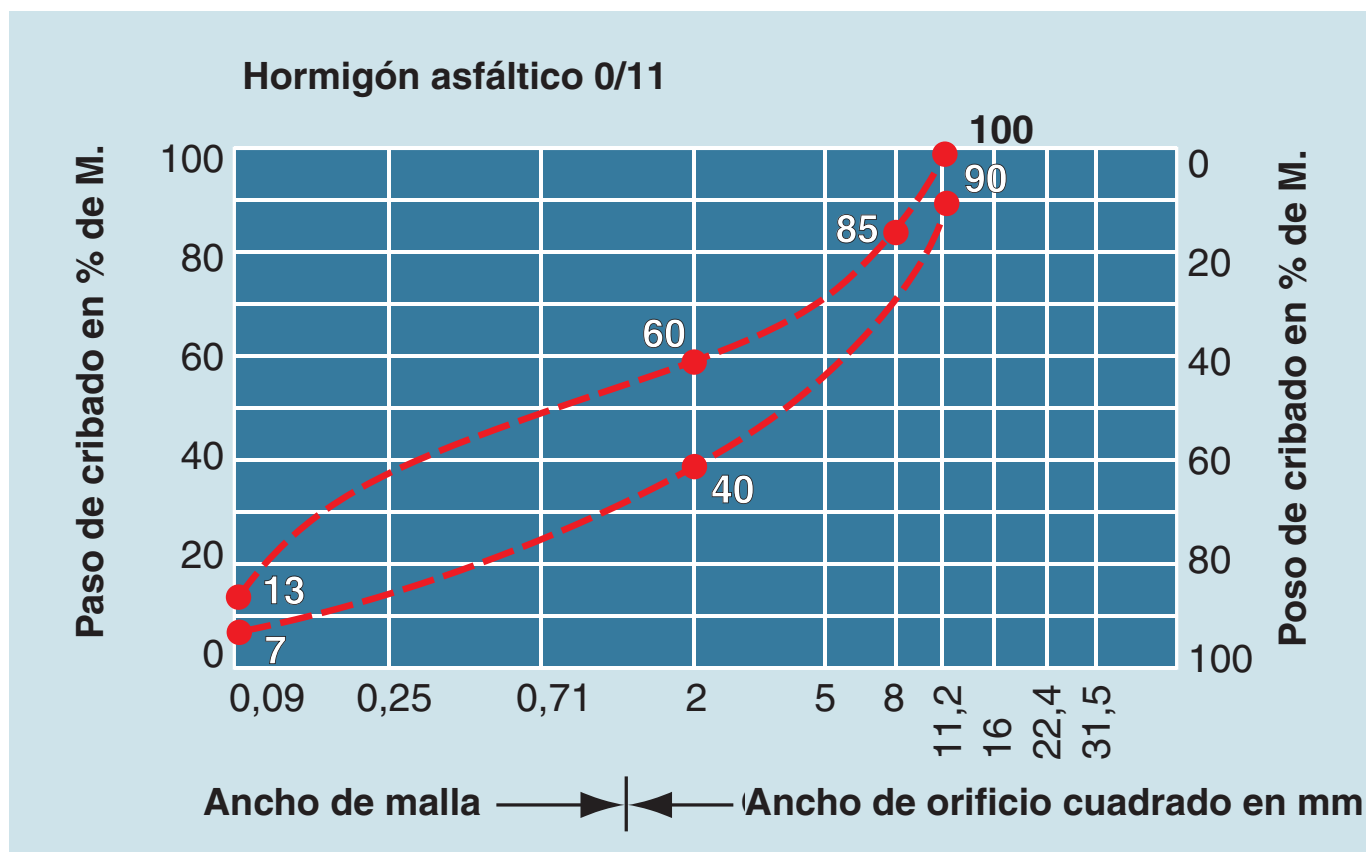


Fig. 95 Curva de cribado del hormigón asfáltico (0/11)

## - Asfalto mástico con gravilla (SMA)

El asfalto mástico con gravilla es un tipo especial de asfalto para las capas de rodadura. Se trata de una mezcla de áridos con un elevado contenido de betún y gravilla triturada. También tiene una elevada proporción de granulometrías gruesas. El ligante utilizado suele ser betún de carreteras. En caso de que vaya a soportar cargas especialmente duras, la elección recaerá en el bitumen modificado con polímeros y aditivos estabilizantes. Estos materiales cumplen perfectamente la función portadora del ligante. La estructura de áridos se adhiere al principio de la composición granulométrica discontinua. Así se forma una textura de gravilla triturada con capacidad autónoma de soporte. Sus intersticios están casi

totalmente rellenos con un mortero de características másticas.

Gracias a su composición especial, la mezcla suele ser por lo general muy resistente al deterioro, a las deformaciones y al desgaste del material. Pero justo por eso es también muy difícil de compactar y se debe trabajar siempre que sea posible con temperaturas elevadas y rodillos pesados (8 - 10 t).

En la superficie aún caliente se esparce arena de machaqueo o gravilla fina y se compacta, con el objetivo de mejorar el agarre de la mezcla recién aplicada, pero como muy pronto después de la segunda pasada del rodillo.

|                                               | 0/11 S                                                          | 0/8 S                       | 0/8                                                                            | 0/5                           |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Arido</b>                                  | gravilla triturada fina, arena fina de machaqueo, polvo de roca |                             | gravilla triturada fina, arena fina de machaqueo, arena natural, polvo de roca |                               |
| Granulometría mm                              | 0/11                                                            | 0/8                         | 0/8                                                                            | 0/5                           |
| Proporción granulométrica < 0,09 mm % de peso | 9 a 13                                                          | 10 a 13                     | 8 a 13                                                                         | 8 a 13                        |
| Proporción granulométrica > 2 mm % de peso    | 73 a 80                                                         | 73 a 80                     | 70 a 80                                                                        | 60 a 70                       |
| Proporción granulométrica > 5 mm % de peso    | 60 a 70                                                         | 55 a 70                     | 45 a 70                                                                        | ≤ 10                          |
| Proporción granulométrica > 8 mm % de peso    | ≥ 40                                                            | ≤ 10                        | ≤ 10                                                                           | -                             |
| Proporción granulométrica > 11,2 mm % de peso |                                                                 | ≤ 10                        | -                                                                              | - -                           |
| Relación entre arena de machaqueo y natural   | 1:0                                                             | 1:0                         | ≥ 1:1                                                                          | ≥ 1:1                         |
| <b>Ligante</b>                                |                                                                 |                             |                                                                                |                               |
| Calidad de ligante                            | 50/70 (PmB 45) <sup>1</sup>                                     | 50/70 (PmB 45) <sup>1</sup> | 70/100                                                                         | 70/100 (169/220) <sup>1</sup> |
| Contenido de ligante % de peso                | ≥ 6,5                                                           | ≥ 7,0                       | ≥ 7,0                                                                          | ≥ 7,2                         |
| <b>Aditivos estabilizantes</b>                |                                                                 |                             |                                                                                |                               |
| Contenido en la mezcla % de peso              | 0,3 a 1,5                                                       |                             |                                                                                |                               |
| <b>Mezcla</b>                                 |                                                                 |                             |                                                                                |                               |
| Probeta de Marshall:                          |                                                                 |                             |                                                                                |                               |
| Temperatura de compactación °C                | 135 ± 5                                                         | 135 ± 5                     | 135 ± 5                                                                        | 135 ± 5                       |
| Contenido de intersticios % de vol.           | 3,0 a 4,0                                                       | 3,0 a 4,0                   | 2,0 a 4,0                                                                      | 2,0 a 4,0                     |
| <b>Capa</b>                                   |                                                                 |                             |                                                                                |                               |
| Espesor de aplicación cm                      | 3,5 a 4,0                                                       | 3,0 a 4,0                   | 2,0 a 4,0                                                                      | 2,0 a 4,0                     |
| Peso de aplicación kg/m <sup>2</sup>          | 85 a 100                                                        | 70 a 100                    | 45 a 100                                                                       | 45 a 75                       |
| Espesor de aplicación cm                      | 2,5 a 5,0                                                       | 2,0 a 4,0                   | -                                                                              | -                             |
| Peso de aplicación kg/m <sup>2</sup>          | 60 a 125                                                        | 45 a 100                    | -                                                                              | -                             |
| Grado de compactación %                       |                                                                 | ≥ 97                        |                                                                                |                               |
| Contenido de intersticios % de vol.           |                                                                 | ≤ 6,0                       |                                                                                |                               |
| 1) Solo en casos especiales                   |                                                                 |                             |                                                                                |                               |

Fig. 96 Composición y propiedades del asfalto mástico con gravilla

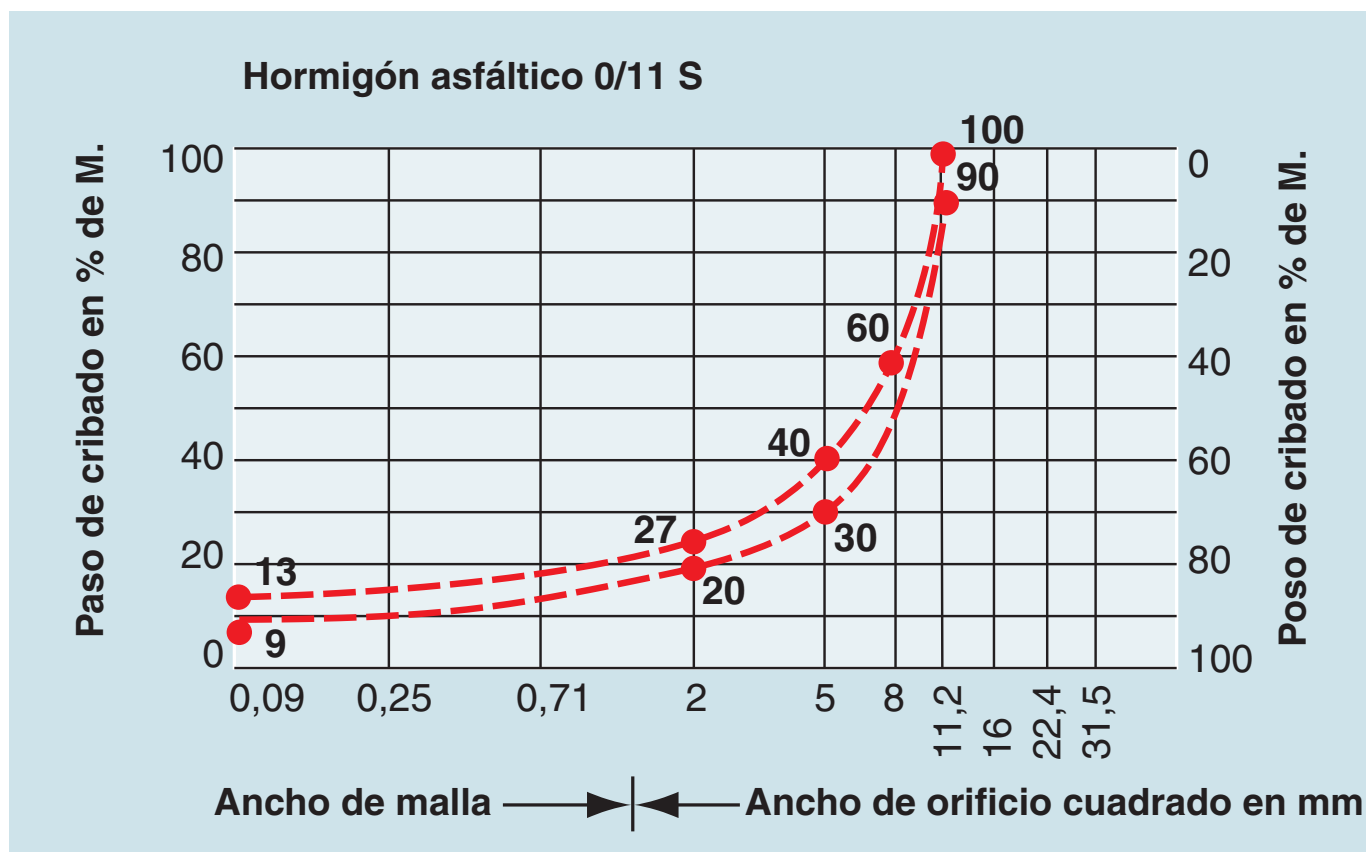


Fig. 97 Curva de cribado del asfalto mástico con gravilla (0/11S)

## A6 Capa de rodadura base de asfalto

Se trata de firmes bituminosos de una capa que actúan de capas de rodadura y base. Se utilizan generalmente en carreteras con poco tráfico (clase constructiva VI) y pavimentos asfálticos con un reducido espesor total y que no tengan que ser muy resistentes a la deformación.

La granulometría habitual es 0/16 formada por una mezcla graduada de áridos y asfalto para carreteras 70/100. Casi siempre se utiliza además grano redondo (arena natural y grava), por lo que el material puede ser propenso a los desplazamientos. Por esta razón, las capas base de rodadura se suelen compactar con rodillos combinados. Aquí lo habitual son espesores de capa entre 6 y 10 cm.

| Áridos                                               |                   | 0/16                         |         |
|------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------|---------|
| Gravilla triturada y/o grava, arena de machaqueo y/o |                   | arena natural, polvo de roca |         |
| Granulometría                                        | mm                | 0/16                         |         |
| Proporción granulométrica < 0,09 mm                  |                   | % de peso                    | 7 a 12  |
| Proporción granulométrica > 2 mm                     |                   | % de peso                    | 50 a 70 |
| Proporción granulométrica > 11,2 mm                  |                   | % de peso                    | 10 a 20 |
| Proporción granulométrica > 16 mm                    |                   | % de peso                    | ≤ 10    |
| <b>Ligante</b>                                       |                   | 70/100, 160/220              |         |
| Calidad de ligante                                   |                   |                              |         |
| Contenido de ligante                                 | % de peso         | ≥ 5,2                        |         |
| <b>Mezcla</b>                                        |                   |                              |         |
| Probeta de Marshall:                                 |                   |                              |         |
| Contenido de mezcla                                  | % de vol.         | 1,0 a 3,0                    |         |
| Temperatura de compactación                          | °C                | 135 ± 5                      |         |
| Estabilidad de Marshall                              | kN                | ≥ 4,0                        |         |
| Fluidez de Marshall                                  | mm                | 2,0 a 5,0                    |         |
| <b>Capa</b>                                          |                   |                              |         |
| Espesor de aplicación                                | cm                | 5,0 a 10,0                   |         |
| o peso de aplicación                                 | kg/m <sup>2</sup> | 120 a 250                    |         |
| Grado de compactación                                | %                 | ≥ 96                         |         |
| Contenido de intersticios                            |                   | % de vol.                    | ≤ 7,0   |

Fig. 98 Composición y propiedades de la capa de rodadura base de asfalto

## A7 Clases de betunes

El betún para carreteras es un producto derivado de la destilación al refinar el petróleo. Las exigencias específicas que debe cumplir están definidas en la norma europea DIN / EN 12591 que vino a sustituir a la antigua norma alemana DIN 1995.

El bitumen modificado con polímeros (BMP) es una mezcla de fabricación industrial a base de bitumen y polímeros. Los polímeros modifican el comportamiento elastoviscoso del bitumen. Este betún se adhiere así mejor a los áridos, tiene una horquilla de plasticidad más amplia (un área mayor entre el punto de rotura y el punto de ablandamiento) y una mayor recuperación elástica. Por eso resulta especialmente apto para las superficies que soportan una elevada densidad de tráfico, el asfalto mástico con gravilla y las capas asfálticas porosas.

Las clases de betún se denominan de modo análogo a los límites de penetración. La clase de asfalto se selecciona en función de la carga prevista y considerando la ductibilidad. La selección está reglamentada en la normativa alemana ZTV StB y las Condiciones técnicas complementarias relativas al asfalto.

| DIN 1995                            |       |         | DIN EN 12591                        |       |         |
|-------------------------------------|-------|---------|-------------------------------------|-------|---------|
| ClasePuReb anillo y bolaPenetración |       |         | ClasePuReb anillo y bolaPenetración |       |         |
| B 200                               | 37-44 | 160-210 | 160/220                             | 35-43 | 160-220 |
| B 80                                | 44-49 | 70-100  | 70/100                              | 43-51 | 70-100  |
| B65                                 | 49-54 | 50-70   | 50/70                               | 46-54 | 50-70   |
| B45                                 | 54-59 | 35-50   | 30/45                               | 52-60 | 30-45   |
| B 25                                | 59-97 | 20-30   | 20/30                               | 55-63 | 20-30   |

Abb. 99 Clasificación nueva y antigua de las clases de betún





## ***Cuerpos normativos y bibliografía***

ZTV StB 01 de asfalto: Condiciones técnicas complementarias y directivas para la construcción de calzadas de asfalto, edición del 2001

ZTV T – StB 02: Condiciones técnicas complementarias y directivas para las capas base en las obras de pavimentación

RStO 01: Directivas para la estandarización de la estructura superior de pavimentos viarios

Ficha informativa para compactar asfalto (2005), FGSV

Floss, R. (2001): Tecnología de compactación en las obras de tierra y en la construcción de carreteras. Libro profesional BOMAG, Boppard

Dübner, R. : Aplicar y compactar mezclas de asfalto, colección ARBIT H.53











# **MAQUINTER**

C/Estaciones, 1 – P.I. Las Monjas  
28850 Torrejón de Ardoz  
T: 91 677 77 05 – [comercial@maquinter.es](mailto:comercial@maquinter.es)

**BOMAG GmbH, Hellerwald, D-56154 Boppard**

Tel.: +49 6742 100-0 · Fax: +49 6742 3090  
E-Mail: [germany@bomag.com](mailto:germany@bomag.com) · [www.bomag.com](http://www.bomag.com)