

# PAVIMENTACIÓN DE ASFALTO

## MEJORANDO LA CALIDAD DEL CAMINO

Todo mundo se beneficia al tener carreteras y calles uniformes. Además del placer de operar vehículos en superficies uniformes, otras razones están motivando a los departamentos de obras públicas a enfocarse en especificaciones que requieren altos niveles de uniformidad. Primero, las investigaciones han demostrado que las carreteras uniformes duran más que las que no lo son—todos los demás factores son iguales. Por lo tanto, los costos del ciclo de vida disminuyen; los impuestos tienen una mayor rentabilidad de inversión; y hay menos interrupciones en el flujo de tráfico cuando hay reparaciones o maniobras de mantenimiento, las cuales no serán tan frecuentes. En segundo, las carreteras uniformes contribuyen a una mejor economía de combustible debido a reducen la resistencia de rodadura. Menos consumo de combustible significa menos emisiones.

Crear capas bituminosas uniformes implica manejar los cuatro factores que contribuyen a una pavimentación de calidad. Ejecutar los fundamentos

correctamente y evitar errores grandes es importante para lograr una uniformidad. Sin embargo, los otros dos factores, pavimentar eficientemente y el uso apropiado del control de nivelación e inclinación son mucho más importantes.

La mayoría de los proyectos que tienen especificaciones de uniformidad tienden a una pavimentación eficiente. Antes de la pavimentación, el superintendente o el supervisor de personal debería calcular la velocidad de pavimentación que minimizará las paradas en la pavimentación. Hay fórmulas para calcular la velocidad con base en el tonelaje por hora, el peso del material, la profundidad de la pavimentación y el ancho de la pavimentación. Un software como el Calculador de Producción de Pavimentación simplifica el proceso de calcular las velocidades de pavimentación. (Consulte los detalles sobre planificación previa al proyecto en la Unidad 2).

## CALCULADORA DE VELOCIDAD DE LA PAVIMENTADORA

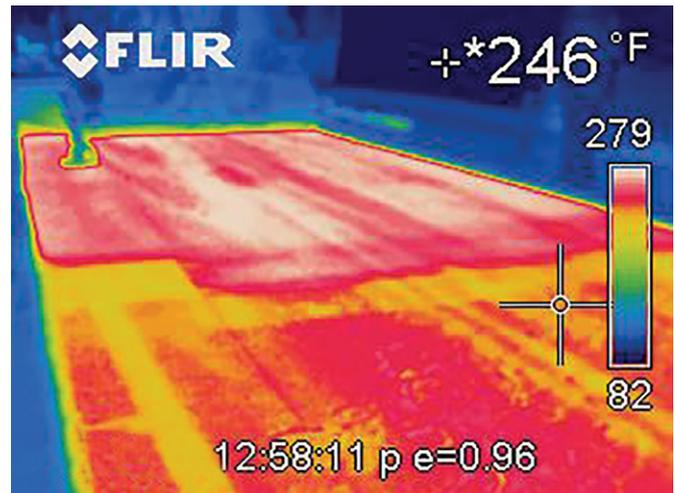
Transporte	Aportaciones generales	Imperial Units	Metric Units
<b>Velocidad de pavimentación</b>	Grosor de pavimentación:	[ 2.56 ] in	[ 65 ] mm
<b>Compactación</b>	Ancho de pavimentación:	[ 16.00 ] feet	[ 4.877 ] meter
<b>Hilera</b>	Densidad del material sin compactar:	[ 140 ] lbs/ft <sup>3</sup>	[ 2243 ] kg/m <sup>3</sup>
<b>Potencia</b>	<b>Velocidad de pavimentación a un determinado índice de producción</b>		
<b>Inclinación</b>	Índice de producción de planta caliente:	[ 220 ] pies/min	[ 200 ] tonnes/hr
<b>Grosor</b>	Velocidad de pavimentación calculada - 100% de eficiencia:	[ 15,3 ]	pies/min [ 4,67 ] m/min
<b>Resumen de trabajos</b>	Velocidad de pavimentación calculada - 95% de eficiencia:	[ 16,1 ]	pies/min [ 4,90 ] m/min
<b>Legal</b>	Velocidad de pavimentación calculada - 90% de eficiencia:	[ 16,8 ]	pies/min [ 5,14 ] m/min
	Velocidad de pavimentación calculada - 85% de eficiencia:	[ 17,6 ]	pies/min [ 5,37 ] m/min
	Velocidad de pavimentación calculada - 80% de eficiencia:	[ 18,4 ]	pies/min [ 5,60 ] m/min
	Velocidad de pavimentación calculada - 75% de eficiencia:	[ 19,1 ]	pies/min [ 5,84 ] m/min
<b>Salida</b>	<b>Velocidad de pavimentación efectiva:</b>	[ 15.3 ] ft/min	[ 4.67 ] m/min

Las velocidades de pavimentación varían de acuerdo al factor de eficiencia.

En cualquier proyecto que tenga pases largos, el factor de eficiencia mínimo debería ser del 75 por ciento. En otras palabras, la pavimentadora debería poner material al menos 45 minutos cada hora. La calidad del camino mejora a medida que el índice de eficiencia aumenta. Las cortas interrupciones al proceso de pavimentación, generalmente durante los intercambios de camión, son a menudo inevitables y no necesariamente significa que ocasionarán una aspereza sustancial. Pero la mejor calidad de camino se produce cuando la pavimentación es continua - todos los demás factores permanecen igual. En el ejemplo anterior, la mejor calidad de camino se produce si la velocidad de pavimentación se puede mantener a 4.7 m/minuto (15'/minuto) para una eficiencia del 100 por ciento. La calidad del camino comenzará a deteriorarse a medida que el índice de eficiencia disminuye. El personal puede aún colocar el índice de producción por hora aumentando un poco la velocidad de trabajo, pero las paradas tienden a crear algo de asperezas.

Las paradas de la pavimentadora pueden crear asperezas en dos formas. Una es creando un diferencial de temperatura entre la parte de la capa bituminosa confinada por el reglón y la parte de la capa que está directamente detrás del reglón en el área donde el compactador de fase inicial no puede llegar. Dependiendo de la temperatura ambiente y el grosor de la capa, el material puede perder

Consejo de usuario: Para determinar cuánto tiempo le tomará a un determinado grosor de capa perder 15°C (30°F) bajo condiciones ambientales específicas, use el software PaveCool. PaveCool está disponible para ser descargado desde el Departamento de Transporte de Minnesota.



Diferencial de temperatura creado al detener la pavimentadora.

calor muy rápidamente. Cuando el diferencial de temperatura exceda los 15°C (59°F), probablemente haya un diferencial de compactación. En otras palabras, el material más caliente confinado por el reglón se compactará a un índice diferente que el material enfriado expuesto a condiciones ambientales detrás del reglón.



Huella del reglón en la capa bituminosa ocasionada por detener la pavimentadora.

La otra manera en que las paradas de la pavimentadora pueden contribuir a la aspereza es creando una marca de asentamiento del reglón en la superficie de la capa bituminosa. La profundidad de la marca del asentamiento es afectada por muchos factores.

#### Parámetros de la mezcla

- Temperatura (las mezclas más calientes se deforman más fácilmente)
- Tamaño del grano (las mezclas más finas se deforman más fácilmente)
- Curva de gradación (las mezclas bien gradadas se deforman más fácilmente)
- Dureza (las mezclas duras se deforman menos)

#### Parámetros de pavimentación

- Grosor de la capa (mientras más gruesa sea la capa, más profunda será la afectación)
- Ancho de pavimentación (a mayor extensión, más profunda será la afectación)
- Temperatura ambiente (mientras más caluroso sea el día, más profunda será la afectación)
- Carga de material (mientras menor sea la carga de material, más profunda será la afectación)

- Duración de la parada (mientras más prolongada sea la parada, más profunda será la afectación)

#### Parámetros de la pavimentadora

- Velocidad de pavimentación (a mayor velocidad, mayor será el asentamiento)
- Amplitud del pisón (a mayor amplitud, menor será el asentamiento)
- Velocidad del pisón (a mayor velocidad, menor será el asentamiento)
- Configuración del reglón (a mayor ángulo de ataque, mayor será el asentamiento)

El rodillo de fase inicial puede borrar las marcas del asentamiento, pero la aspereza sigue siendo una preocupación. Por ejemplo, el sistema de control de nivelación e inclinación puede reaccionar al asentamiento del reglón cuando la pavimentadora reanude sus operaciones. Observe el punto de remolque. Si el punto de remolque hace un movimiento significativo (más de 12 mm/0.5") cuando la pavimentadora reanude operaciones, será suficiente para que un vehículo sienta la desviación

de una capa. Las pavimentadoras Cat están equipadas con un sistema de contrapeso de reglón que reduce el nivel de asentamiento del reglón durante las paradas. Algunas pavimentadoras Cat también cuentan con un sistema de bloqueo inferior para reglón. Consulte las instrucciones en el manual de operaciones y mantenimiento sobre la operación del contrapeso del reglón, así como los sistemas de bloqueo inferior para reglón.



Los dispositivos de transferencia de material (este está equipado con una carga de elevación de hilera) permiten que la pavimentadora opere de manera continua a la misma velocidad.

El uso de dispositivos de transferencia de material hace posible los altos índices de eficiencia. Con una planificación adecuada, es posible pavimentar por horas sin detenerse o cambiar la velocidad de pavimentación.

Los dispositivos de transferencia de material incluyen máquinas como elevadores de hilera que se conectan al frente de la pavimentadora y son impulsados por la pavimentadora. También hay disponibles vehículos de transferencia de material de impulso propio que operan de manera independiente. Algunos vehículos de transferencia de material cuentan con una capacidad de sobrecarga de 23 toneladas métricas (25 toneladas largas). A menudo se instalan insertos en la tolva de la pavimentadora para aumentar la cantidad de material disponible mientras se está posicionando un nuevo camión para suministrar el dispositivo de transferencia.

Es común tener hasta 36 toneladas métricas (40 toneladas largas) en total de material disponible para producción entre uno y otro camión. No consume todo el material que esté almacenado en el vehículo de transferencia o en el inserto de la tolva cuando continúe pavimentando. Si usa todo el material, especialmente si es un material con base de agregado grande, puede causar segregación en la capa bituminosa.

Asuma que haya 27 toneladas métricas (30 toneladas largas) para pavimentar entre uno y otro camión y que se aplicará una capa de 65 mm (2.50") de grosor y 3.66 m (12') de ancho. El índice de producción planificado es de 200 toneladas métricas por hora (220 toneladas largas por hora). La velocidad de pavimentación calculada a una eficiencia del 100 por ciento bajo esas condiciones es de 6.25 m/minuto (20.5'/minuto).

## CALCULADORA DE POTENCIA

Transporte
Velocidad de pavimentación
Compactación Hilera
<b>Potencia</b>
Inclinación
Grosor
Resumen de Trabajos
Legal

### Aportaciones generales

Grosor de pavimentación:  
 Ancho de pavimentación:  
 Densidad del material sin compactar:  
 Capacidad del camión o total de tonelaje:

### Unidades imperiales

### Unidades métricas

[ 2,56 ] pulg.	[ 65,0 ] mm
[ 12,00 ] pies	[ 3.658 ] metros
[ 140 ] lbs./pie <sup>3</sup>	[ 2243 ] kg/m <sup>3</sup>
[ 30.0 ] toneladas largas	[ 27,2 ] toneladas métricas

### Longitud de la capa a una potencia

del 100%:

[ 167,41 ] feet	[ 51 ] meter
-----------------	--------------

Actual Length of Mat produced:

[ 0.00 ] feet	[ 0.00 ] meter
---------------	----------------

% de potencia para determinada carga o tonelaje de camión:

[ 0 ]
-------

Salida
--------

Grosor:	[ 2,56 ] pulgadas	[ 65,0 ] mm
Longitud de capa producida:	[ 0,00 ] pies	[ 0,00 ] metros
Ancho:	[ 12 ] pies	[ 3,658 ] metros

La calculadora de potencia brinda la longitud de pavimentación para un determinado peso de material.

Utilice la función de calculadora de potencia de la Calculadora de Producción de Pavimentación. Si hay 27 toneladas métricas (30 toneladas largas) disponibles en el vehículo de transferencia y en el inserto, se puede pavimentar una longitud de 51 m (167'). A una velocidad de pavimentación de

6,25 m/minuto (20,5'/minuto), habrá un poco más de ocho minutos de producción de pavimentación. Si tarda más de ocho minutos para completar un intercambio de camión, algo está mal con el procedimiento. Un intercambio de camión no debería tardar más de tres minutos, a menos que se encuentre con una severa congestión de tráfico.

Caterpillar recomienda el uso de dispositivos de transferencia de material en proyectos que tengan especificaciones de calidad para el camino o en cualquier momento que necesite mejorar significativamente la uniformidad. Una pavimentación sin parar a una velocidad continua producirá un camino 10-15 por ciento más uniforme en comparación a una pavimentación con paradas – siendo todos los otros factores iguales.

Además de una continua pavimentación a una velocidad constante, la instalación de esquís de promedio es otro método comprobado para crear una mejor calidad de camino.

Los esquís de promedio mecánicos son adecuados para aplicaciones donde haya pasos largos y pocos obstáculos, como válvulas de drenaje y cajas de utilidad. Esquís mecánicos, como el Outboard Leveler de 9 metros (30') de Cat deberían ser instalados cuando haya una referencia de nivelación adecuada fuera del ancho de pavimentación. Esquís mecánicos, como el Fore 'N Aft Leveler de Cat deberían ser instalados cuando la única referencia de nivelación adecuada esté dentro del ancho de pavimentación. Caterpillar recomienda el uso de esquís de promedio mecánicos en ambos lados de la pavimentadora cuando haya una aspereza de moderada a severa en la superficie que será pavimentada



Dos esquís de promedio mecánicos pueden producir una mejora de hasta 60-70 por ciento en la uniformidad de un paso.

Las bases granulares a menudo tienen un alto grado de aspereza. Algunas superficies molidas tienen también una aspereza moderada. Usando el Índice Internacional de Aspereza como referencia, la aspereza moderada se puede clasificar como una desviación total entre 1.9 m/kilómetro y 2.8 m/kilómetro (120"/milla y 180"/milla). Una aspereza extrema, de acuerdo con el Índice Internacional de Aspereza, debería tener una desviación de más de 2.8 m/kilómetro (180"/milla).

Una investigación de Caterpillar indica que una pavimentadora equipada con esquíes de promedio mecánicos en ambos lados y pavimentando a una velocidad continua puede reducir la aspereza un 60-70 por ciento en un paso cuando existe una aspereza de moderada a severa. Por ejemplo, si las desviaciones

de nivelación totalizan 2.3 m/kilómetro (150"/milla) antes de pavimentar, las desviaciones previstas serán reducidas a 80 cm/kilómetro (53"/milla) aproximadamente en un pase cuando se instalen esquíes de promedio mecánicos dobles en la pavimentadora.

Durante la instalación de otra capa bituminosa usando una pavimentadora equipada con dos esquíes de promedio mecánicos, se podrá lograr otra mejora en la uniformidad de 20-40 por ciento. Usando el ejemplo anterior, las desviaciones esperadas pueden disminuir a

un aproximado de 56 cm/kilómetro (37"/milla). El porcentaje de mejora en la uniformidad será aún menor si se añade una tercera capa de material bituminoso.

Los esquíes sin contacto son más versátiles y más convenientes que los esquíes mecánicos. Los esquíes sin contacto pueden ser instalados para dar referencia a la nivelación dentro del ancho de la pavimentación o fuera del ancho de la pavimentación. Los esquíes sin contacto usan un método de promedio electrónico para reducir la aspereza. El factor de reducción de aspereza de los esquíes sin contacto no es tan alto como el factor de reducción de aspereza de los esquíes de promedio mecánicos. Los esquíes de promedio sin contacto son más adecuados para proyectos donde haya una aspereza ligera a moderada en la superficie que será pavimentada. Se han obtenido excelentes resultados de uniformidad con esquíes sin contacto en proyectos donde la superficie molida tiene el perfil transversal correcto y un perfil longitudinal razonablemente uniforme.

Los esquíes sin contacto no tienen que ser retirados para mover la pavimentadora en el sitio de trabajo. Por lo tanto, Caterpillar recomienda instalar esquíes sin contacto en proyectos con límites de tiempo, como turnos nocturnos. Los esquíes sin contacto no son afectados por obstáculos como válvulas de drenaje y muchos equipos de personal los prefieren por su conveniencia.



Los esquíes sin contacto ofrecen conveniencia y un promedio adecuado para superficies con aspereza de ligera a moderada.

Otra técnica que puede ayudar a mejorar la uniformidad en carriles de conducción es pavimentando el carril de emergencia primero (arcén). Cuando el carril de emergencia se pavimenta primero, se convierte en una referencia

de nivelación mejorada para el esquí de promedio cuando la pavimentadora trabaja en el carril de conducción adyacente. Los planos no siempre especifican pavimentar el carril de emergencia primero, pero es una buena idea pedir permiso.



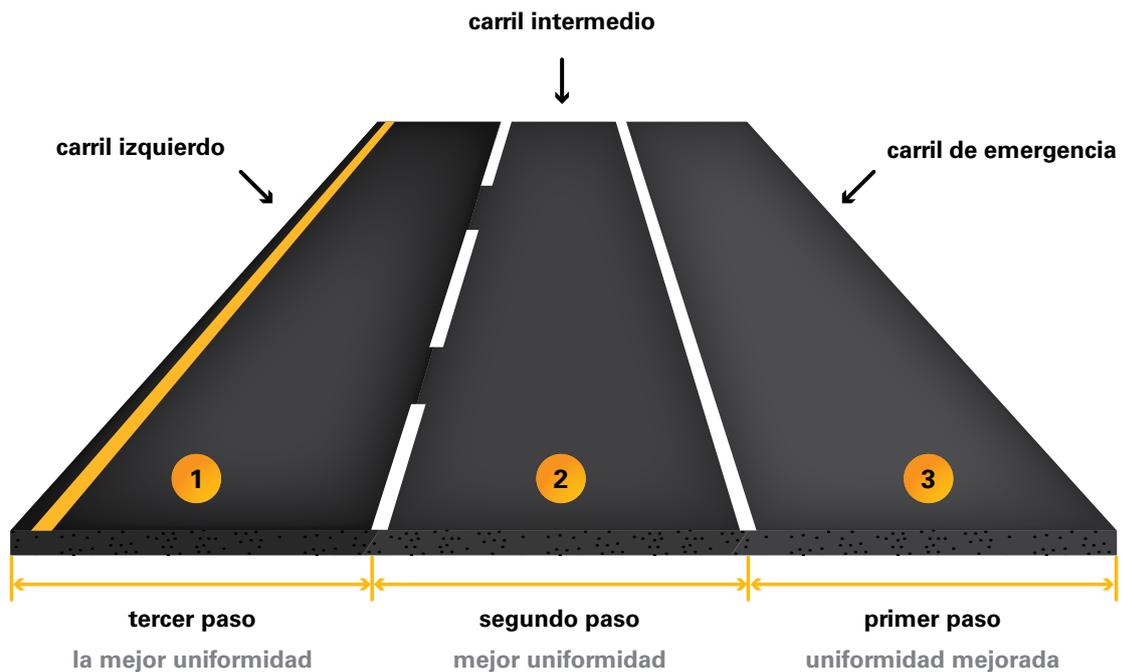
Pavimentar primero los carriles de emergencia mejora la uniformidad de los carriles de conducción adyacentes.

El carril de emergencia que ha sido pavimentado primero debería ser una mejor referencia de nivelación que una superficie molida, una base granular o incluso una superficie bituminosa existente. Además, el carril de emergencia ofrece un lugar para que los compactadores se detengan y se regresen sin dejar marcas en la nueva capa del carril de conducción. Recuerde, no se mide la uniformidad en el carril de emergencia. Solamente se mide en los carriles de conducción.

La uniformidad seguirá mejorando a medida que la pavimentadora complete los carriles de conducción adyacentes porque la uniformidad de la referencia de nivelación está siendo mejorada constantemente.



Esquí de promedio usando el carril de emergencia como referencia de nivelación.



La uniformidad del carril de emergencia debería ser mejorado en comparación a una superficie molida, por ejemplo. Luego, la uniformidad del carril de conducción adyacente al carril de emergencia será mejor que la del carril de emergencia. Finalmente, el último carril de conducción de la izquierda tendrá la mejor uniformidad.

En resumen, para mejorar la uniformidad de una capa bituminosa, planee una pavimentación continua a una velocidad constante. Pavimente con esquíes de promedio instalados en ambos lados de la pavimentadora siempre que sea posible. Seleccione el tipo de esquí de promedio que sea adecuado para la aplicación. Evite el uso del control de inclinación, a menos que sea un requisito de la especificación o si el perfil transversal requiere corrección. Siempre que sea posible, pavimente primero el carril de emergencia para brindar una mejor referencia de nivelación para los carriles de conducción.