

## Factores Asociados con la Compacidad Final de los Concretos Asfálticos

---

Se reconoce universalmente el alto grado de dependencia de las propiedades fundamentales que exhiben las capas de concreto asfáltico con su nivel de compacidad, por lo cual resulta importante estudiar los aspectos principales asociados con la optimización de esta característica. Resulta particularmente importante conocer las propiedades de los agregados en cuanto a su naturaleza, distribución granulométrica, tipo de llenante, forma de las partículas, así como las del asfalto en función de su comportamiento reológico y las relaciones entre estos ingredientes. En razón de la naturaleza termoplástica de las mezclas asfálticas, el control de la temperatura y la evolución de la misma por medio de las diversas fases del proceso, resulta determinante en la compacidad final. Otros factores igualmente incidentes son: la programación racional de las actividades, los equipos empleados y la secuencia de la compactación.

Este documento pretende presentar algunas ideas sobre estos aspectos que permiten mejorar las prácticas constructivas existentes con miras a optimizar el comportamiento de los pavimentos flexibles.

---

**JORGE TAMAYO T.**

Profesor Asociado de la Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional, Bogotá.

**CARLOS GUTIERREZ G.**

Profesor Asistente de la Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional, Bogotá.

Todas las propiedades fundamentales de las mezclas asfálticas están íntimamente relacionadas con la compacidad presente la cual, de acuerdo con la mayoría de las especificaciones, debe ubicarse entre el 95 y el 100%, de la densidad máxima obtenida en el laboratorio. Un comportamiento típico de las mezclas asfálticas frente a la compactación de laboratorio se muestra en la Figura N° 1.

El grado de compacidad de una mezcla asfáltica en servicio es el resultado de la energía asimilada durante el proceso de colocación y compactación y de la aportada por el flujo vehicular normal; en la Figura N° 2 se muestra una composición gráfica de la compactación de mezclas asfálticas.

La compactación de mezclas asfálticas presenta características especiales en razón de la naturaleza físico-química del ligante, la cual condiciona en alto grado la respuesta del material al proceso de densificación; en mezclas asfálticas los esfuerzos que se oponen a los inducidos por la compactación están en función de la inercia que presenta el material, de la fricción inter e intrapartículas y de la resistencia viscosa debida a la presencia y comportamiento del ligante.

Sobre los componentes relacionados incide un gran número de factores, unos de naturaleza intrínseca, otros relacionados con factores ambientales y, finalmente, los derivados de acciones externas, como son: el mezclado, la colocación y el proceso mecánico de aplicación de esfuerzos de densificación, pero todos están asociados con la temperatura de la mezcla.

### FACTORES INTRINSECOS

Se relacionan con la naturaleza y las propiedades de los componentes de la mezcla. Hay factores de orden general como son la calidad de los materiales y la uniformidad de sus propiedades; los factores específicos se refieren a cada material, los cuales presentan las siguientes tendencias:

- a. Los parámetros del proceso de compactación, en especial la temperatura, están afectados sensiblemente por la consistencia y naturaleza del ligante; a menor penetración o mayor viscosidad se requiere mayor temperatura de colocación que aquellos que presentan mayor penetración y menor viscosidad. En la Figura N° 3 se encuentra un comportamiento típico.

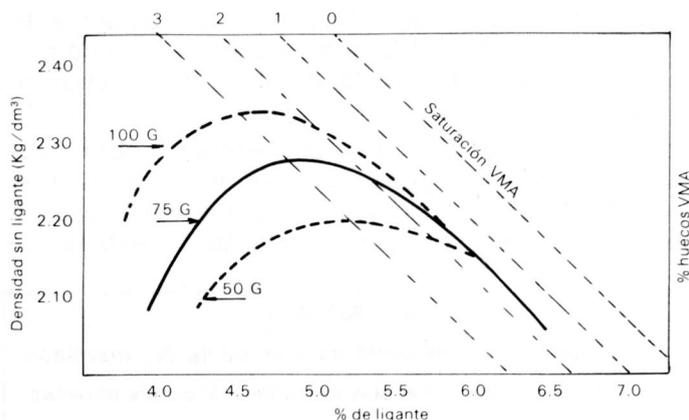


FIGURA 1. Curva de compactación

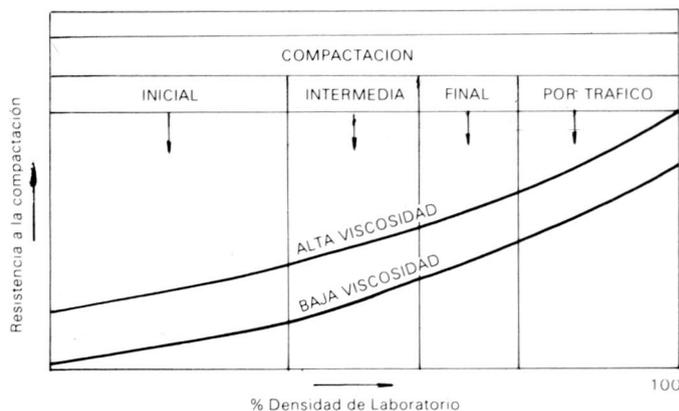


FIGURA 2. Relación entre la densidad de laboratorio y la resistencia a la compactación.

- b. Con respecto a los agregados, cuanto más cerrada sea la distribución granulométrica y mayor el grado de angularidad, se requiere mayor energía de compactación; a mayor porcentaje de finos mayor temperatura de compactación. A igual distribución granulométrica se requiere mayor energía de compactación cuando aumenta el grado de angularidad de las partículas, tal como se muestra en la Figura N° 4.
- c. La incidencia del llenante se ve circunscrita a la interrelación de éste con el ligante, permitiendo balancear su comportamiento al modificar las proporciones de uno de los dos, así: un exceso de llenante ofrece dificultades para el manejo y obliga a un aumento en la temperatura de compactación.
- d. La humedad presente en los agregados afecta sensiblemente propiedades fundamentales de la mezcla como la estabilidad y la durabilidad; al estar húmedos los agregados se debe aumentar la temperatura y/o el tiempo de secado, lo cual implica un menor rendimiento en la producción y lleva a los agregados y ligantes a un desmejoramiento en sus propiedades. Mezclas con agregados húmedos presentan poca estabilidad y baja adherencia.

Para obtener los niveles de calidad esperados se requiere un cabal conocimiento y caracterización de los factores intrínsecos, que permita identificar las acciones o modificaciones por propiciar en el proceso de producción y colocación.

### FACTORES AMBIENTALES

Se analizan aquí los factores debidos al medio circundante, difíciles de caracterizar y controlar.

- a. La condición del piso de fundación, sobre el que se va a colocar la mezcla, evaluada en términos de estabilidad, compactación, humedad y temperatura; sobra advertir lo funesta que resulta una precariedad en cada una de las características citadas; en referencia a la temperatura del piso de fundación, su magnitud debe ser tenida en cuenta al seleccionar la temperatura de compactación.
- b. La temperatura de la mezcla disminuye rápidamente por el contraste tan marcado que se establece con la temperatura del medio ambiente anterior situación se agudiza aún más, con la presencia y velocidad del viento. En la figura N° 5 se muestra la incidencia de condiciones ambientales específicas en el enfriamiento progresivo de la mezcla.

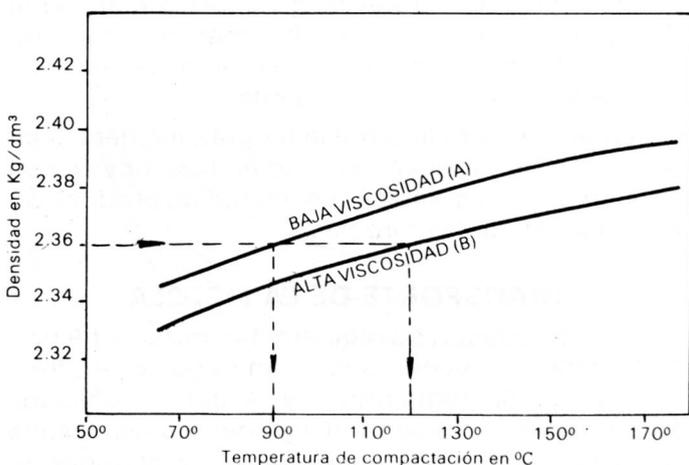


FIGURA 3. Influencia de la viscosidad del ligante en la compactación.

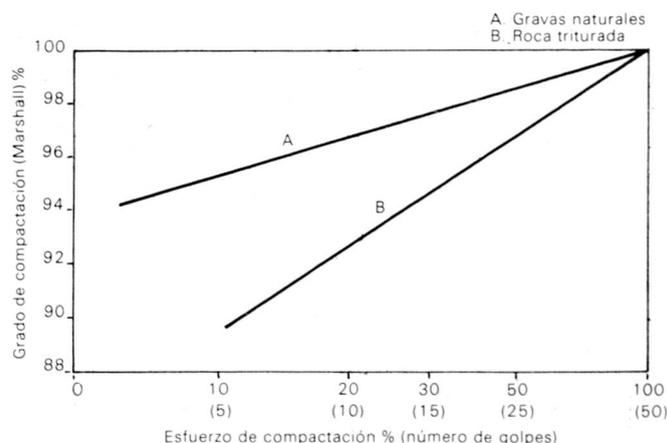
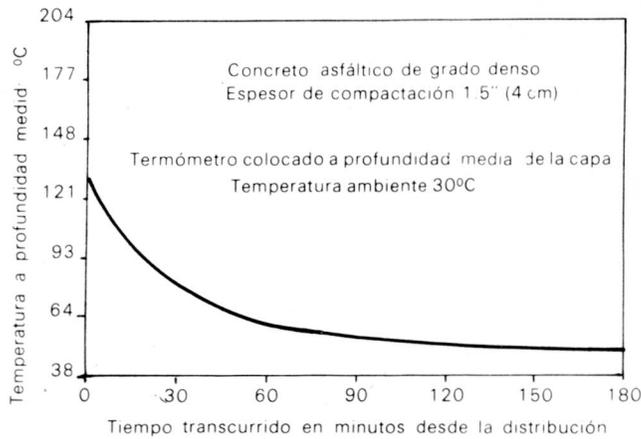


FIGURA 4. Efectividad de la compactación en función de la clase de material.



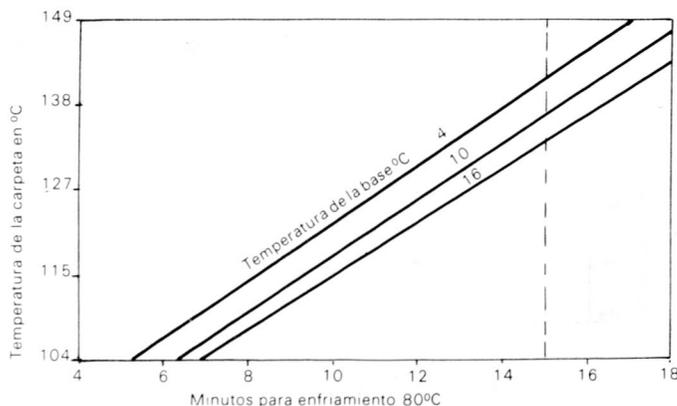
**FIGURA 5. Velocidad de enfriamiento de la mezcla salida del distribuidor.**

c. En atención a lo planteado, se han estudiado algunas relaciones entre la temperatura mínima de extendido de las mezclas, temperatura del piso de fundación y tiempo que transcurre para que la temperatura decrezca hasta 80°C, tal como lo muestra la figura N° 6, para unas condiciones particulares.

**TEMPERATURA DE MEZCLADO**

Tiene una decisiva influencia en la calidad final de las mezclas asfálticas, no debe ser muy alta puesto que provoca cambios en la estructura físico-química del ligante, ni tan baja que dé lugar a deficiencias en el revestimiento de las partículas con ligante y dificultades en el manejo, colocación y compactación.

Si la temperatura de mezclado se eleva excesivamente, parte del ligante se escapa de la mezcla y esta tiende a segregarse; tal como ya se indicó, una segunda consecuencia, de efectos muy nocivos sobre la durabilidad de la mezcla, es la afectación que se produce en la calidad del ligante y del árido. Lamentablemente el sobrecalentamiento es una situación muy frecuente y aparece cuando los agregados presentan algún grado de humedad o se quiere tener un margen de comodidad previendo demoras en la colocación de la mezcla. Las consecuencias del sobrecalentamiento no se ven refleja-



**FIGURA 6. Efecto de la temperatura en la tasa de enfriamiento.**

das en ninguna de las evaluaciones que usualmente se aplican: pruebas Marshall, Hveem, etc., sino que solo se vienen a manifestar en los primeros años de servicio.

En la literatura técnica se encuentran recomendaciones sobre márgenes de temperatura para el calentamiento y mezclado del asfalto, entre ellas la siguiente presentada por el Instituto del Asfalto:

CUADRO N° 1		
Clase de cemento asfáltico	Temperatura a la salida del mezclador	
	Mezclas cerradas	Mezclas abiertas
40-50	130-175°C	80-120°C
60-70	130-170	80-120
85-100	120-165	80-120
120-150	120-155	80-120
200-300	115-150	80-120

Sin embargo, la temperatura del asfalto está gobernada por la de los agregados, los cuales en razón de su variedad y variabilidad de sus propiedades no dan lugar a la formulación de recomendaciones sobre temperaturas específicas apropiadas para el secado y mezclado. Se presenta una controversia sobre cuál de los dos componentes debe estar a mayor temperatura; unos sostienen que al estar el agregado más caliente que el ligante se facilita el cubrimiento; otros opinan que el ligante debe estar ligeramente más caliente que el agregado —unos 5 a 10°C— pues juzgan como nocivo para el ligante el entrar en contacto con un cuerpo más caliente.

Resumiendo, se tiende a la temperatura de mezclado dependiendo de múltiples requerimientos no siempre compatibles y una tendencia plenamente reconocida de trabajar con la menor temperatura de mezclado a la que se alcancen los objetivos identificados.

**TIEMPO DE MEZCLADO**

El tiempo de mezclado ha de ser el mínimo requerido para uniformizar la mezcla y recubrir completamente las partículas con ligante. Un tiempo de mezclado prolongado implica mayor tiempo de exposición al aire y al calor y consecuentemente un envejecimiento del asfalto más próximo; un tiempo de mezclado corto se traduce en una deficiente distribución del ligante.

El tiempo de mezclado presenta gran incidencia en la calidad de las mezclas, pudiéndose obviar con base en una programación eficiente de producción y colocación de las mezclas.

**TRANSPORTE DE LA MEZCLA**

Sobre este aspecto se requiere minimizar el tiempo de transporte, hacerlo sobre itinerarios que ofrezcan la mayor regularidad y emplear vehículos apropiados con las seguridades necesarias; resulta ventajoso el empleo de vehículos con pltones de forma cúbica cubiertos con carpas. El transporte de la mezcla no resulta demasiado determinante en la

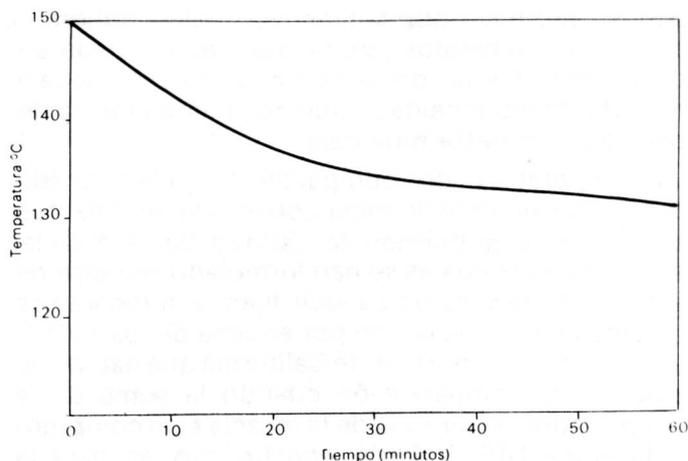


FIGURA 7. Pérdida de temperatura durante el transporte

calidad de la mezcla, pero sí debe ajustarse a una programación detallada en donde se racionalice el uso del equipo y se reduzcan al mínimo los tiempos de espera en planta y en el sitio de obra.

En la Figura N° 7, se muestra un comportamiento típico, para unas condiciones específicas, de pérdida de temperatura en la mezcla por tiempo de transporte, esta situación no está muy lejana de las prácticas constructivas nuestras, en donde el transporte de la mezcla se hace en forma descuidada y se presentan demoras en todas las actividades. Se observa cómo en un tiempo de transporte de una hora se puede llegar a producir una pérdida de temperatura de 20°C, afectándose de esta forma la manejabilidad y por consiguiente la compactación y las propiedades asociadas con ella.

**EXTENDIDO DE LA MEZCLA**

Con el empleo de las modernas extendedoras, los tiempos de esparcido de las mezclas asfálticas se han reducido notablemente y se ha producido un mejoramiento en la eficacia y rendimiento del equipo, lo que se manifiesta en mejores condiciones en: la homogeneidad, la uniformidad de los espesores y la compactación inicial aplicada por la

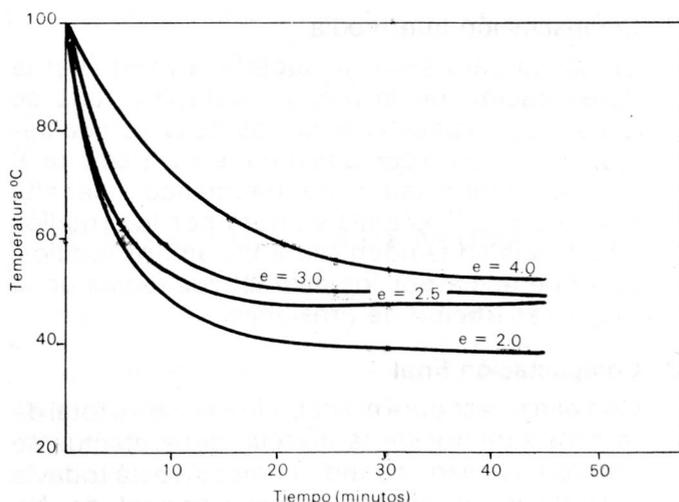


FIGURA 8. Pérdida de temperatura durante el extendido

extendidora, la cual llega a estar entre un 80 ó 90% de la compactación final.

Si bien en esta etapa no se producen afectaciones a la mezcla sí se deben evitar las paradas de la extendidora ya que quedan mezclas subcompactadas que se enfrían rápidamente durante la pausa.

El Instituto del Asfalto, recomienda las siguientes temperaturas de colocación en función del espesor de la carpeta y la temperatura de la capa subyacente.

CUADRO N° 2									
TEMPERATURAS MINIMAS DE COLOCACION EN °C									
Temperatura de la capa subyacente °C	Espesor de la carpeta en cms.								
	1.0	2.0	2.5	4.0	5.0	7.5	9.0	10.0	
4.4 - 10.0				149	140	135	129	124	
10.0 - 15.5			149	146	138	132	127	124	
15.5 - 21.0		149	143	140	135	129	124	121	
21.0 - 26.6	149	143	140	137	132	129	124	121	
26.6 - 32.0	143	137	135	132	129	127	121	121	
32.0	137	135	132	129	127	124	121	121	

**ESPESOR DE LA CARPETA ASFALTICA**

La pérdida de temperatura está en relación directa con el espesor de la carpeta, en razón de la proporción de mezcla en contacto con el medio circundante; en conclusión, a menor espesor mayor rata de enfriamiento y mayor dificultad para alcanzar la compactación requerida.

**TIEMPO ENTRE EL EXTENDIDO Y LA COMPACTACION**

No debiera presentarse, habitualmente, sin embargo, dentro de la práctica usual adquiere magnitudes considerables dando lugar a incidencias notables. La pérdida de temperatura aumenta con el tiempo transcurrido y depende del espesor de la carpeta

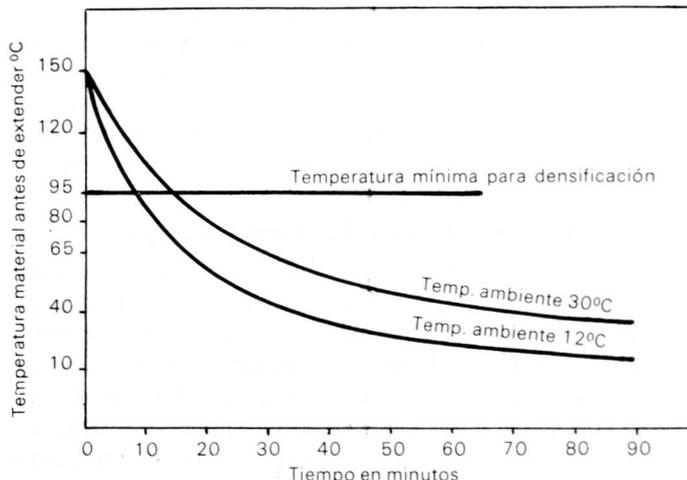


FIGURA 9. Ratas comparativas de enfriamiento después de la terminadora. Para varias temperaturas ambientales. Espesor del Mat. 3.2 cms. (1 1/4")

(Figura N° 8) y de las condiciones ambientales (Figura N° 9).

Sobra advertir la importancia de reducir al mínimo este factor, cuyos efectos pueden echar a pique todos los cuidados aplicados en las etapas previas.

### COMPACTACION

Si bien con la extendedora se alcanza entre el 80 y 90% de compactación, esta etapa resulta ser la actividad más delicada e incidente por la gran participación del factor humano, resultan prácticamente inútiles todos los esfuerzos e inversiones que se hagan si no se aplica una compactación adecuada.

Este tema incluye los siguientes aspectos: a) Tiempo mínimo para alcanzar la compactación, b) temperatura de compactación, c) orden de compactación y d) secuencia de la compactación.

#### a) Tiempo para la compactación

La compactación debe iniciarse inmediatamente haya pasado la extendedora y ejecutarse dentro de un lapso muy pequeño; para lograrlo se requiere algo más que contar con los equipos apropiados y personal idóneo, es necesario conocer el comportamiento de la mezcla, cuando fluctúan uno o unos de los factores incidentes y/o las técnicas recomendadas no se pueden aplicar cabalmente.

Parte de ese conocimiento ha surgido de investigaciones de campo y laboratorio, las que han permitido formular recomendaciones como la que se presenta a continuación sobre tiempos mínimos para completar la compactación, publicada por el Instituto del Asfalto.

CUADRO N° 3

Espesor de la carpeta (cmst).	1.0	2.0	2.5	4.0	5.0	7.5	9.0	10.0
Tiempo máximo para completar la compactación después del extendido (minutos)	4	6	8	12	15	15	15	15

Otro criterio que usualmente se sigue es el de aplicar toda la compactación antes de que la temperatura de la mezcla esté por debajo de los 80°C, igualmente hay quienes sostienen, con base en experiencias de campo, la dificultad de compactar las mezclas dentro de los primeros ocho minutos de colocada la mezcla.

#### b) Temperatura de compactación

La temperatura de compactación depende fundamentalmente del comportamiento de la mezcla a los cambios térmicos, de la composición granulométrica, de la viscosidad del ligante, de las condiciones del medio circundante y del equipo empleado; la selección de la temperatura debe hacerse con base en tramos de prueba en donde se reflejen realmente todos los aspectos de la técnica por emplear en el sitio con el equipo humano y mecánico de que se disponga. Si se trabaja con una temperatura alta se

pueden producir: abultamientos, grietas, adherencias y hundimientos en la mezcla, o quedarán superficies abiertas de baja compacidad con poca o ninguna homogeneidad, cuando la temperatura de compactación está muy baja.

La temperatura de compactación seleccionada debe estar en consonancia con los requerimientos básicos que gobiernan la calidad de la mezcla, algunos de los cuales se han formulado en párrafos anteriores. Hay estudios que fijan la temperatura mínima de compactación por encima de los 100°C y otros como las normas de California que hablan de empezar la compactación cuando la suma de la temperatura del aire y la de la mezcla está comprendida entre 148° y 190°, con un mínimo para la mezcla de 107°C.

#### c) Orden de compactación

El orden usual de compactación es el siguiente: juntas transversales, bordes exteriores, juntas longitudinales y finalmente el cuerpo de la carpeta desde el exterior hacia el centro; de esta manera se da lugar a: un menor grado de desplazamiento de la mezcla, mayor uniformidad en la compacidad, mejores acabados y mayor competencia de la mezcla compactada. En general, este aspecto es aceptado y cumplido en forma cabal.

#### d) Secuencia del proceso de compactación

Aún se acepta la realización de la compactación en tres etapas, aunque en la práctica resulta difícil separar la primera de la segunda.

##### 1. Compactación inicial

Con ella se trata de dar mayor soporte a la mezcla, asegurando un buen cierre. Para hacerla se plantea el empleo preferencial de cilindros de ruedas metálicas o compactador de neumáticos de baja presión (2 a 3 K/cm<sup>2</sup>) o rodillos vibratorios en tandem, vibrando solo el segundo rodillo en el sentido de avance hacia la extendedora. El compactador de neumáticos aplica un amasado a la mezcla pero deja huellas difíciles de quitar.

##### 2. Compactación intermedia

Se aplica para sellar la superficie y terminar la densificación de la mezcla; para realizarla se tienen las mismas alternativas de la compactación inicial, pero con una preferencia tradicional por el compactador de neumáticos de alta presión (5 a 7 K/cm<sup>2</sup>) y ahora por los rodillos vibratorios en tandem, vibrando ambos rodillos. La preferencia por los neumáticos radica en la mejor repartición de presiones.

##### 3. Compactación final

Con ella se asegura el acabado y el cierre total de la cara superior de la mezcla, debe efectuarse con rodillos lisos cuando la mezcla está todavía caliente y susceptible de ser compactada. No vale la pena hacerla cuando la mezcla está fría.

### e) Aspectos inherentes al desplazamiento de los equipos de compactación

Frecuentemente se presentan algunas acciones que perjudican notablemente la calidad de las mezclas asfálticas, una muestra de ellas es la siguiente:

- Entrada de los compactadores "en frío".
- Estacionamiento de los compactadores sobre mezcla no totalmente compactada.
- Avance de los compactadores con el rodillo frontal no motriz dirigido hacia la extendedora.
- Deficiente humedecimiento de los rodillos y neumáticos, no se hace regularmente.
- Cambios en la dirección de desplazamiento hechos en forma súbita o con el vibrador prendido.

### f) Características de los equipos de compactación

El equipo por emplear debe cumplir una serie de requisitos entre los cuales se incluye: desarrollo de la labor en el menor tiempo posible por la rata de endurecimiento de la mezcla con el tiempo, trabajar con altas temperaturas, no causar distorsiones superficiales, alta capacidad para aplicar cargas y esfuerzos que permitan el 100% de desinfección y versatilidad para empleo sobre diversas clases de mezclas asfálticas o materiales no asfálticos.

En el mercado actual se encuentran equipos con muchas innovaciones, con las cuales se puede atender toda la labor de compactación con una sola clase de equipo; sin embargo, en la práctica aún predomina el empleo de más de una clase de equipo.

#### RODILLOS LISOS

Los mejores resultados se obtienen cuando se emplean cilindros con el mayor diámetro posible, ya que de esta manera se reduce la fuerza de tracción; el accionamiento de rodillos pequeños requiere una mayor fuerza de tracción y adicionalmente causa desplazamiento y descompactación en la mezcla. En la Figura N° 10 se muestra como único método efectivo para disminuir la fuerza de tracción el aumento del diámetro del rodillo.

Para mejorar la eficiencia del equipo y reducir el tiempo de compactación resulta conveniente aumentar el ancho de los cilindros. Equipos con rodillos de gran diámetro y gran ancho no gozan de aceptación en el mercado por su poca versatilidad. La adherencia de la mezcla al compactador se puede obviar aplicando un calentamiento previo al equipo.

#### COMPACTADORES DE NEUMATICOS

Son muy versátiles, variando su peso total hasta 35 toneladas y las presiones de contacto entre 2 y 7 k/cm<sup>2</sup>. A pesar de que las llantas son lisas, la mezcla alcanza a adherirse; para mejorar este aspecto se deben llevar las llantas a una temperatura superior a los 60°C con base en un calentamiento previo.

La presión de los neumáticos debe ser regulada de acuerdo con la fase de compactación y a la composición de la mezcla; se recomiendan presiones entre

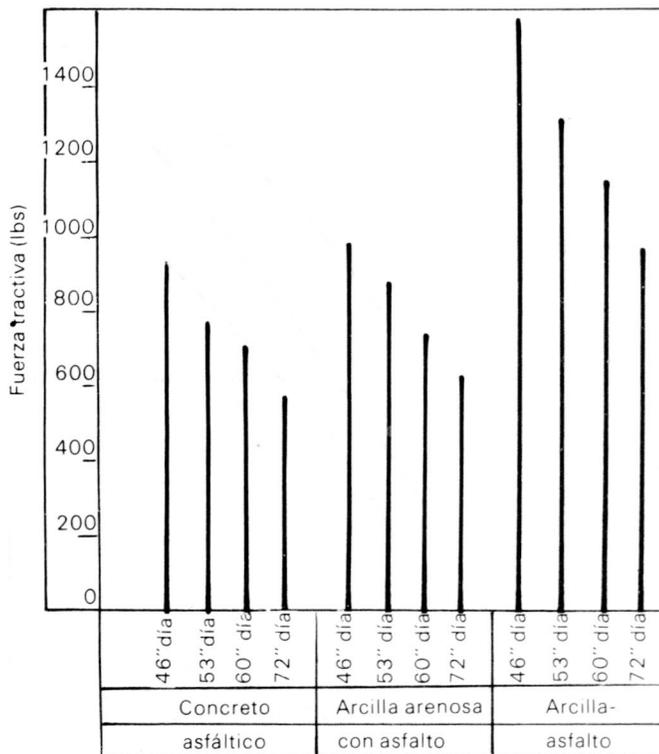


FIGURA 10. Fuerza tractiva para diversos diámetros de los rodillos y tres clases de material.

2 y 3 K/cm<sup>2</sup> para la compactación inicial o para materiales rodados y entre 7 y 8 K/cm<sup>2</sup> para la intermedia o para materiales angulares.

Al igual que con los rodillos lisos, su acción se ve mejorada mientras mayor sea el ancho y el diámetro de las llantas.

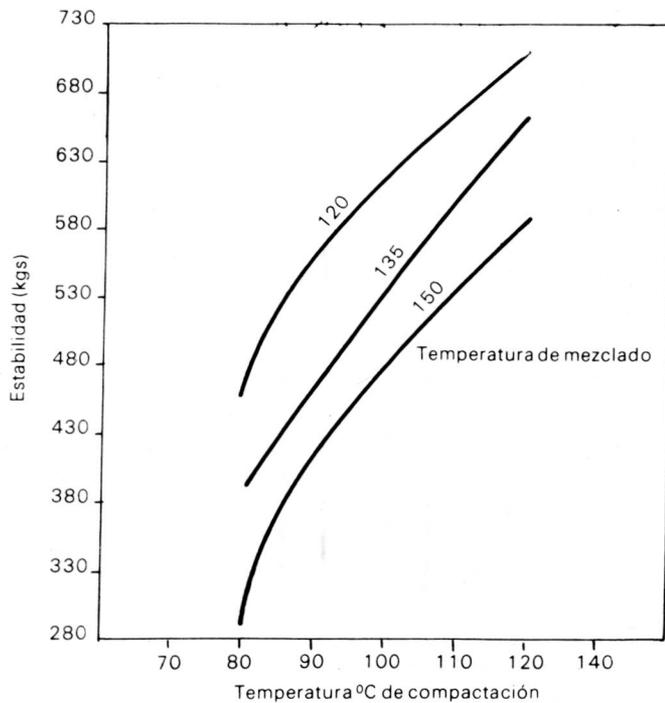
Según algunos expertos, el amasado causado por los neumáticos da lugar a superficies lisas de poca resistencia al deslizamiento y muy susceptibles a la exudación; otros hablan en su favor en términos de la capacidad e impermeabilidad alcanzadas.

#### COMPACTADORES VIBRATORIOS

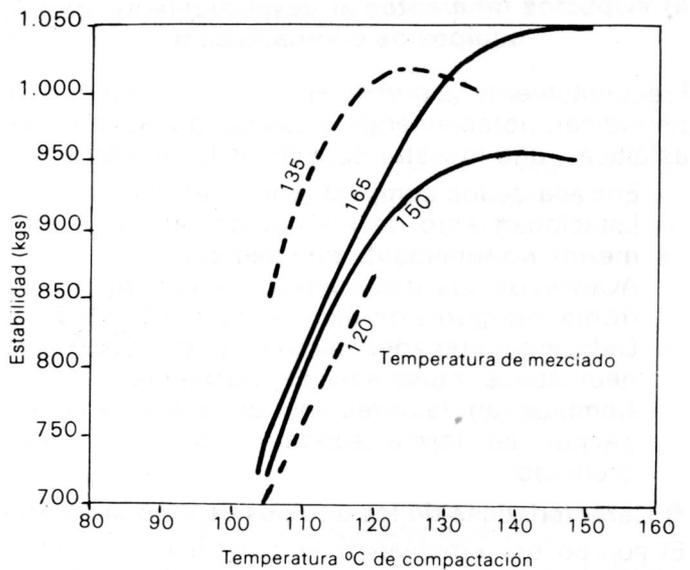
Desde los años sesenta se han venido incorporando a la compactación de las mezclas asfálticas los compactadores vibratorios, según el enunciamiento de ventajas formuladas por los fabricantes, con un rodillo vibratorio en tamden se pueden desarrollar las tres fases de la compactación con un solo equipo, así: en la inicial sólo vibra el segundo rodillo en el sentido de avance hacia la extendedora, la intermedia se hace al retorno vibrando los dos rodillos y en la final no vibra ninguno de los rodillos.

Otro aspecto destacable se refiere al número de cubrimientos para alcanzar el 100% de la densificación, el cual se obtiene con un número de pasadas muy inferior al requerido con otros equipos.

Ahora aparece en el mercado un rodillo liso recubierto con un manto de caucho, acoplado a un vibrador; de esta manera, según los fabricantes, se han reunido en uno solo las bondades de las tres clases de equipos: rodillo liso, neumático y vibratorio. Se menciona en su favor el hecho de que



**FIGURA 11. Incidencia de las temperaturas de mezclado y compactación sobre la estabilidad Marshall - Material A.**



**FIGURA 12. Incidencia de las temperaturas de mezclado y compactación sobre la estabilidad Marshall - Material B.**

se mantienen las altas compacidades usuales del compactador vibratorio pero sin causar trituración a los fragmentos gruesos, conservando el rendimiento de los rodillos vibratorios.

**COMPACTACION DEBIDA AL TRAFICO**

La rata de densificación debida al tráfico es lenta y se desarrolla en un lapso de dos a seis años; los logros en esta etapa son significativos y pueden alcanzar incrementos del 5 al 6%.

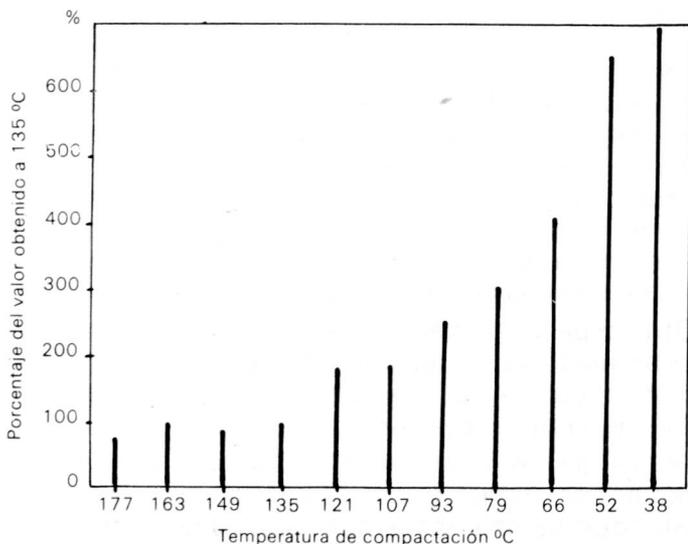
La densificación que se obtenga con el tráfico depende en gran parte de la lograda durante la construcción, en especial con temperaturas del

orden de 25°C; pero esta influencia resulta insignificante con temperaturas por encima de 40°C.

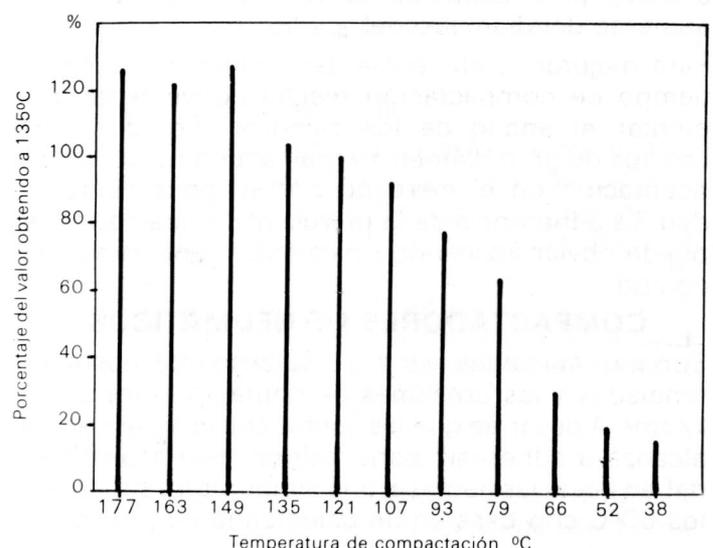
Con la compactación adicional aportada por el tráfico se inducen efectos colaterales en las características de la mezcla, los que paulatinamente se van acentuando hasta un estado límite de sobrecompactación, cercano a la falla.

**INCIDENCIA DE LAS TEMPERATURAS DE MEZCLADO Y COMPACTACION EN LAS PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS**

En las Figuras Nos. 11 y 12 se muestra la incidencia de las temperaturas de mezclado y compactación en la estabilidad Marshall; de las tendencias que se esbozan en las gráficas, la estabilidad Marshall es mucho más sensible a la temperatura de compactación que a la de mezclado. Lo anterior derivó de una intensa investigación de campo y de laboratorio.



**FIGURA 13. Efecto de la temperatura de compactación en el porcentaje de vacíos.**



**FIGURA 14. Efecto de la temperatura de compactación en la estabilidad Marshall.**

Los resultados obtenidos están acordes con lo presentado en la referencia N<sup>o</sup> 1, los cuales se presentan en las Figuras Nos. 13 y 14.

A manera de síntesis de la incidencia de las temperaturas de mezclado y compactación se tiene:

- a. Una reducción casi exponencial de la estabilidad Marshall a medida que disminuye la temperatura de compactación; la pérdida de estabilidad puede llegar a ser hasta de un 100%.
- b. Se presenta la misma tendencia cuando se analiza el porcentaje de vacíos, quedando prácticamente inutilizable la mezcla cuando se presenta una pequeña disminución en la temperatura de compactación.
- c. La incidencia de la temperatura de mezclado es de menor grado y su tendencia no es tan definida.

### RESUMEN DE PUNTOS PRINCIPALES

1. La compactación que finalmente presenta una carpeta asfáltica es el reflejo de una serie de acciones de gran significación en las que la temperatura de la mezcla determina el grado de beneficio por obtener en cada una de ellas.
2. En la compactación final inciden los componentes tanto en el aspecto cualitativo como cuantitativo, los factores ambientales vigentes durante la colocación y todo el proceso que va desde el mezclado hasta la compactación.
3. Si bien las pruebas habituales de evaluación no discriminan el sobrecalentamiento de las mezclas en el mezclado, está completamente aceptada su nocividad; igualmente se reconoce como la mejor práctica trabajar con la menor temperatura de mezclado posible.
4. Se requiere racionalizar al máximo toda una serie de labores que usualmente caen dentro del terreno del azar, como son: el tiempo de mezclado, el transporte de la mezcla, el extendido de la mezcla y el inicio y desarrollo de la compactación.
5. Merece una especial importancia todo el proceso de compactación en aspectos tan fundamentales como son: equipo empleado, orden y secuencia de la compactación y principalmente la temperatura de compactación, el cual es indudablemente el factor que más incide en la compactación final.
6. Es necesario llegar a evaluar el margen de compactación por alcanzar por acción del tráfico vehicular, con el objeto de no propiciar deterioros estructurales en la carpeta.
7. El factor individual de mayor incidencia en la compactación de las carpetas asfálticas es indudablemente la temperatura, la cual condiciona todas las labores de producción, colocación y compactación y se manifiesta en dos de los parámetros: primordial lugar, la temperatura de compactación y segundo lugar, la temperatura de mezclado.
8. Por lo planteado, la evaluación de la compactación y de las propiedades asociadas con ella, deben ajustarse a las prácticas que realmente se están aplicando; por ejemplo, la elaboración de los probetas para las pruebas Marshall deben hacerse con mezcla en idénticas condiciones de temperatura a las que se tengan en el momento de iniciarse la compactación o al tiempo medio de la compactación.
9. Igualmente deben introducirse modificaciones en las especificaciones de construcción, precisando en ellas: temperatura máxima y mínima de mezclado, temperatura mínima de compactación, equipo de compactación para emplear y secuencia del proceso de compactación.
10. Muchos de los aspectos analizados merecen un tratamiento de mayor profundidad que permita caracterizar toda la incidencia que ellos ejercen en la compactación y demás propiedades.

### BIBLIOGRAFIA

1. Highway Research Board. State of the art. Compaction of Asphalt Pavements. 1972.
2. The Asphalt Institute. Model construction specifications for asphalt concrete and other plant types. Specification Series N<sup>o</sup> 1 (SS-10), 1975.
3. Tamayo Jorge, Gutiérrez Carlos. Sensibilidad de la estabilidad Marshall con las temperaturas de mezclado y compactación, Laboratorio de Ensayo de Materiales, Universidad Nacional, 1979.
4. Hernández J., Sánchez E., y García C., Incidencia de las temperaturas de mezclado y compactación en la estabilidad de los concretos. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil dirigida por Tamayo Jorge, Universidad Nacional de Colombia, 1980.