

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 4. PAVIMENTOS

TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas

CAPÍTULO: 058. Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para la compactación de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas en el laboratorio o en planta, con el compactador giratorio a que se refiere el Manual M·MMP·4·05·046, *Método de Diseño por Desempeño de Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*.

B. OBJETIVO

Este Manual describe el procedimiento para elaborar especímenes cilíndricos compactados de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas en laboratorio o en planta, utilizando el compactador giratorio. Los especímenes cilíndricos elaborados después de la compactación de la mezcla asfáltica en caliente se utilizan para determinar las propiedades volumétricas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para el diseño de la mezcla y el control de la calidad de la mezcla asfáltica en caliente durante su proceso de elaboración.

C. REFERENCIAS

Es referencia de este Manual las normas ASME B46.1-2019, *Surface Texture (Surface Roughness), Waviness, and Lay* publicada por la American Society of Mechanical Engineers, en el año 2019, en EUA y ASTM D7115 – 20, *Standard Test Method for Measurement of Superpave Gyrotory Compactor (SGC) Internal Angle of Gyration Using Simulated Loading*, publicada por la ASTM International, en el año 2020, en EUA.

Además, este Manual se complementa con los siguientes:

MANUALES	DESIGNACIÓN
Viscosidad Rotacional Brookfield de Cementos Asfálticos	M·MMP·4·05·005
Muestreo de Mezclas Asfálticas	M·MMP·4·05·032
Método de Diseño por Desempeño de Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa	M·MMP·4·05·046

D. EQUIPO

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear serán de alta calidad, considerando siempre la fecha de su caducidad.

D.1. COMPACTADOR GIRATORIO

El compactador giratorio puede ser electromecánico, electro-hidráulico o electro-neumático, y consta de:

D.1.1. Marco de reacción

Integrado por una estructura contra la cual se pueda aplicar la presión de compactación cuando los especímenes se compacten.

D.1.2. Sistema de carga

D.1.2.1. Con pistón de carga e indicador de presión, capaz de aplicar y medir una fuerza vertical constante que provea una presión de 600 ± 60 kPa durante los primeros 5 giros y de 600 ± 18 kPa durante el resto de la compactación. El eje del pistón de carga será perpendicular a las placas de compactación.

D.1.2.2. Capaz de hacer girar el molde de compactación con un ángulo de giro interno constante durante el proceso de compactación de $1,16 \pm 0,02^\circ$ medido como el ángulo entre la pared interna del molde de compactación y las placas de carga, como se describe en la norma ASTM D7115 – 20, *Standard Test Method for Measurement of Superpave Gyrotory Compactor (SGC) Internal Angle of Gyration Using Simulated Loading*, con una velocidad de giro de $30 \pm 0,5$ rpm. Además, será capaz de detenerse en cualquier número de giros o a una altura especificada durante el proceso de compactación de la mezcla asfáltica ya sea de manera automática o por intervención del operador.

D.1.3. Sistema de adquisición de datos

Capaz de registrar y guardar o imprimir la información de la prueba, la altura del espécimen por cada giro y el número de giros efectuados durante la prueba.

D.2. MOLDES DE COMPACTACIÓN

De acero, de 7,5 mm de espesor y dureza Rockwell no menor de C 48. Cuando se trate de moldes nuevos, con un diámetro interno de 149,90 a 150 mm y una altura de 250 mm y de 149,90 a 150,20 mm en el caso de moldes en servicio. El acabado interior de los moldes será liso y la media cuadrática de su rugosidad superficial (*rms*), será de $160 \mu\text{m}$ o más suave, determinada de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma ASME B46.1-2019, *Surface Texture (Surface Roughness), Waviness, and Lay*.

D.3. PLACAS DEL MOLDE COMPACTACIÓN Y CABEZALES DEL PISTÓN

Las placas superior e inferior del molde y el cabezal del pistón serán planas y de un diámetro exterior de 149,50 a 149,75 mm, fabricadas en acero con una dureza Rockwell no menor de C48.

D.4. TERMÓMETROS

Digital con sonda de inmersión, capaz de medir en un rango de temperatura de 10 a 250°C , con una precisión de $\pm 2,5^\circ\text{C}$ y una resolución de 1°C . Alternativamente se podrá utilizar un termómetro digital infrarrojo con apuntador láser que indique la zona en donde se está haciendo la medición o de contacto con punta metálica para la medición de la temperatura superficial, capaz de medir la temperatura especificada en este procedimiento de prueba, con una precisión de $\pm 2,5^\circ\text{C}$ y con una resolución de 1°C .

D.5. BALANZA

Con capacidad de 10 000 g y con una resolución de 0,1 g.

D.6. HORNO

- D.6.1.** Cuando se trate de muestras de mezclas asfálticas para control de calidad, un horno de tiro forzado capaz de mantener la mezcla asfáltica a la temperatura requerida, con un rango de temperatura de 50 a 204°C al menos, controlado termostáticamente mediante un regulador de temperatura a $\pm 3^\circ\text{C}$.
- D.6.2.** Para mezclas asfálticas producidas en laboratorio, un horno con un rango de temperatura de 50 a 204°C al menos, controlado termostáticamente mediante un regulador de temperatura a $\pm 3^\circ\text{C}$, que permita el calentamiento de los materiales pétreos, el cemento asfáltico y los moldes.

D.7. CHAROLAS PLANAS

De lámina galvanizada, de forma rectangular y con las dimensiones suficientes para contener los materiales pétreos y la muestra de mezcla asfáltica.

D.8. CUCHARA DE ALBAÑIL O ESPÁTULA

De tamaño adecuado para poder manipular el material.

D.9. CUCHARÓN

De acero y con las dimensiones suficientes para contener el material.

D.10. PAPEL FILTRO

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

2 por cada espécimen que se elabore, de forma circular y de diámetro ligeramente menor que el molde de compactación.

D.11. GUANTES DE SOLDADOR

De cuero o cualquier otro material que permita el manejo de objetos calientes.

D.12. LUBRICANTE

Tipo antiferrante, para la lubricación de las partes móviles del compactador giratorio, que reduzca fricción y desgaste, anticorrosivo y resistente a altas temperaturas y altas presiones. Preferiblemente que sea el recomendado por el fabricante.

E. CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL EQUIPO

- E.1.** Previo al inicio de la prueba se verifica el certificado de calibración del equipo, cuya vigencia será de un año, expedido por un laboratorio debidamente acreditado. El certificado contendrá la calibración del sistema de carga, incluyendo el pistón de carga y del indicador de presión, así como el ángulo, frecuencia y velocidad de giro. También incluirá la calibración del sensor o elemento que se utilice para registrar la altura del espécimen. En el caso de que el compactador de giro se transporte a una nueva ubicación es necesaria una nueva calibración.
- E.2.** Se verifica anualmente que las dimensiones, el diámetro interno del molde de compactación, el diámetro de la placa del molde, así como la dureza tanto del molde como de la placa, sean los indicados en este Manual.
- E.3.** Se verificará anualmente el funcionamiento de los hornos que se utilicen en la prueba, considerando la toma de temperatura en al menos 5 puntos a 140, 150, 160, 170 y 180 °C, con una precisión de 1°C.

F. TRABAJOS PREVIOS

Previo al inicio de la compactación de la mezcla asfáltica se realizan los trabajos que se indican a continuación:

- F.1. A partir de la curva de Viscosidad-Temperatura del cemento asfáltico, se determina la temperatura de compactación. Si aún no se ha determinado la curva de Viscosidad-Temperatura del cemento asfáltico, la temperatura de compactación se obtiene del rango de temperaturas donde el cemento asfáltico no envejecido tiene una viscosidad de $0,28 \pm 0,03$ Pa·s y se determina de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-4-05-005, *Viscosidad Rotacional Brookfield de Cementos Asfálticos*. En el caso de asfaltos modificados, la temperatura de mezclado y de compactación se obtendrá de la curva de Viscosidad-Temperatura entregada por el proveedor, indicando el método que utilizó para obtenerla, el cual será reproducible por el diseñador de la mezcla o por el laboratorio de control de calidad de la obra.
- F.2. El horno se precalienta a la temperatura de compactación $\pm 5^\circ\text{C}$.
- F.3. Los moldes de compactación se calientan en un horno a temperatura de compactación $\pm 5^\circ\text{C}$ por un tiempo mínimo de 45 min, antes de iniciar el proceso de compactación.
- F.4. Se lubrican todas las partes móviles y la superficie de rodamiento del compactador giratorio y se enciende.
- F.5. Antes de colocar el molde en el compactador giratorio, se revisa que el dispositivo para medir y registrar la altura del espécimen se encuentre funcionando, que las lecturas estén en mm y que permita registrar, almacenar en un archivo o imprimir, los datos obtenidos durante la prueba.

G. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES

G.1. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES UTILIZANDO MEZCLA ASFÁLTICA ELABORADA EN LABORATORIO

- G.1.1. Para la elaboración de los especímenes de prueba se emplea la mezcla asfáltica en caliente elaborada en laboratorio de acuerdo con el método de diseño indicado en el Manual M-MMP-4-05-046, *Método de Diseño por Desempeño de Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*.
- G.1.2. Si la absorción combinada del agregado pétreo, determinada previamente para el diseño de la mezcla asfáltica, es igual o menor a 2%, la mezcla asfáltica se acondiciona durante $2 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$ a la temperatura de compactación $\pm 3^\circ\text{C}$.
- G.1.3. Si la absorción combinada del agregado pétreo, determinada previamente para el diseño de la mezcla asfáltica, es mayor a 2%, la mezcla asfáltica se acondiciona durante $4 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$ a la temperatura de compactación $\pm 3^\circ\text{C}$.
- G.1.4. Se coloca la mezcla asfáltica en una charola y se acondiciona en el horno durante $1 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$ a la temperatura de compactación; durante el calentamiento se revuelve la mezcla asfáltica para lograr una temperatura homogénea.

G.2. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES PARA CONTROL DE CALIDAD LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

- G.2.1. Cuando los especímenes se elaboren para el control de calidad de la mezcla asfáltica, la muestra de mezcla asfáltica se obtiene de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*.
- G.2.2. Se acondiciona la mezcla asfáltica calentándola en una charola hasta la temperatura de compactación, previamente determinada como se señala en la Fracción F.1. de este Manual;

cuando sea necesario, durante el calentamiento se revuelve la mezcla asfáltica para lograr una temperatura homogénea.

H. PROCEDIMIENTO DE COMPACTACIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

- H.1. Terminado el acondicionamiento de la mezcla asfáltica y una vez que el molde ha alcanzado la temperatura de compactación se retiran del horno usando los guantes como protección, y se verifica que ambos, la mezcla asfáltica y el molde, se encuentren a la temperatura requerida.
- H.2. Se coloca el papel filtro en el plato inferior.
- H.3. Utilizando el cucharón o la cuchara de albañil, se coloca la mezcla asfáltica en el molde de compactación de manera que no se pierda material y evitando la segregación de la mezcla dentro del molde, dejando espacio suficiente entre la superficie de la mezcla asfáltica y el borde del molde que permita que la aplicación de la compactación se efectúe correctamente.
- H.4. A continuación, se coloca otro papel filtro en la parte superior del interior del molde, después se coloca la placa superior del molde y enseguida se monta el molde en el compactador giratorio.
- H.5. Antes de continuar, se verifica que el compactador giratorio esté programado para aplicar una presión de 600 ± 60 kPa durante los primeros 5 giros y de 600 ± 18 kPa durante los giros restantes.
- H.6. Se programa el compactador con el número de giros de compactación necesarios, de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-4-05-046, *Método de Diseño por Desempeño de Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*.
- H.7. Se inicia el proceso de compactación durante el cual el compactador giratorio aplica la presión indicada e induce el ángulo de giro. Al final del proceso de compactación, se registran y almacenan en un archivo los datos o se imprime, la altura del espécimen al 0,1 mm más cercano después de cada giro hasta completar los giros requeridos.
- H.8. Cuando el proceso de compactación de la mezcla asfáltica concluya, se desmonta el molde de compactación del compactador giratorio.
- H.9. El molde se coloca en una superficie plana y se deja enfriar por un periodo de al menos 15 min de manera que después se pueda extraer el espécimen del molde de compactación sin que sufra deformaciones y se deja enfriar a temperatura ambiente sobre una superficie plana. Usando la balanza, se registra la masa del espécimen compactado, como W_{mc} , en g.
- H.10. Si se requiere compactar otro espécimen con el mismo molde, se limpia el molde de compactación, las placas y todas las partes móviles del compactador giratorio. El molde y las placas de compactación se calientan en el horno a temperatura de compactación por 20 min.

I. RESULTADOS

Para cada espécimen compactado se reporta lo siguiente:

- I.1. La masa del espécimen compactado, W_{mc} , en g.
- I.2. El número de giros de compactación.
- I.3. La altura del espécimen después de compactado al número de giros requeridos para la prueba, en mm.
- I.4. Los datos registrados por el sistema de adquisición de datos.
- I.5. La información que se reporte como resultado de la prueba se presenta en un formato de reporte como el que se muestra en la Tabla 1 de este Manual.

J. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones:

- J.1.** Que el equipo se encuentre en óptimas condiciones de operación, limpio y calibrado, consultando de ser necesario las instrucciones de mantenimiento dadas por el fabricante.
- J.2.** Que los moldes de compactación se encuentren limpios y verificados como se indica en este Manual.

TABLA 1.- Formato de Prueba

Reporte de Prueba			
Nombre de la prueba	Compactación de mezclas asfálticas en caliente		
Método de Prueba	M-MMP-4-05-058, <i>Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio</i>		
No. de Proyecto			
Identificación de la muestra			
Fecha de muestreo:		Fecha de prueba:	
Muestro de mezcla asfáltica por:			
Prueba realizada por:			
Tipo de cemento asfáltico:			
Temperatura de mezclado, (°C):		Temperatura de compactación, (°C):	
Contenido de cemento asfáltico según la etapa de diseño que aplique (%)	No. de giros de compactación		
Contenido de Cemento asfáltico inicial, (CA_{ini}):		Número de giros iniciales, (N_{ini}):	
Contenido de Cemento asfáltico estimado, (CA_{est}):		Número de giros de diseño, (N_{dis}):	
Contenido de Cemento asfáltico óptimo, ($CA_{óptimo}$):		Número de giros máximos, ($N_{máx}$):	
Ángulo de giro de compactación, (°):			
Carga de compactación, (kPa):			
	Espécimen 1	Espécimen 2	
Masa del espécimen, (g):			
Diámetro del espécimen, (cm):			
Resultados			
	Espécimen 1	Espécimen 2	Promedio
Altura del espécimen a N_{ini} , ($h@N_{ini}$), (cm)			
Altura del espécimen a N_{dis} , ($h@N_{dis}$), (cm)			
Altura del espécimen a $N_{máx}$, ($h@N_{máx}$), (cm)			
<hr/> Realizó Nombre y Firma		<hr/> Revisó Nombre y Firma	

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias, Benito Juárez, 03240

Ciudad de México

www.gob.mx/sct



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431

"El Colorado-Galindo", San Fandila,

Pedro Escobedo, 76703, Querétaro

<https://normas.imt.mx>

normas@imt.mx