

**LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

**PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

**TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas**

**CAPÍTULO: 070. Resistencia a la Tensión Indirecta de Mezclas con Materiales Recuperados y Cemento Asfáltico Espumado**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento para la determinación de la resistencia a la tensión indirecta de mezclas con materiales recuperados y cemento asfáltico espumado, a que se refiere la Norma N·CMT·4·05·008, *Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases* y el Manual M·MMP·4·05·066, *Método de Diseño para Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado*.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

Esta prueba permite determinar la resistencia a la tensión indirecta de una mezcla elaborada con material recuperado y cemento asfáltico espumado que consiste en medir la resistencia a la falla de especímenes cilíndricos secos y saturados aplicando una carga.

**C. REFERENCIAS**

Este Manual se complementa con la siguiente:

NORMA Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases .....	N·CMT·4·05·008
Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio .....	M·MMP·4·05·058
Método de Diseño para Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado .....	M·MMP·4·05·066

**D. EQUIPO Y MATERIALES**

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado o verificado, según sea el caso, limpio y completo en todas sus partes.

**D.1. MÁQUINA PARA PRUEBA**

Con anillo dinamométrico, mecánica o servohidráulica, con celda o anillo de carga adaptado a la máquina con capacidad de 100 kN (10 t) y una resolución de 50 N (5 kg). La máquina generará una velocidad de aplicación de carga uniforme de desplazamiento de 50,8 mm/min, sin producir impactos ni pérdida de carga. El anillo o celda de carga contará con certificado de calibración vigente expedido por un laboratorio debidamente acreditado.

## D.2. MORDAZA TIPO LOTTMAN

Como la mostrada en la Figura 1 de este Manual, con barras de carga superior e inferior de acero con una superficie cóncava cuyo radio de curvatura será igual al radio del espécimen por probar. La longitud de las barras de carga será mayor que el espesor de los especímenes y sus esquinas estarán ligeramente biseladas para eliminar los bordes afilados. La barra de carga inferior está montada sobre una base que tiene dos postes guía perpendiculares que se extienden hacia arriba. La barra de carga superior estará limpia y se deslizará libremente sobre los postes. El ancho de las barras será de  $19,05 \pm 0,3$  mm.

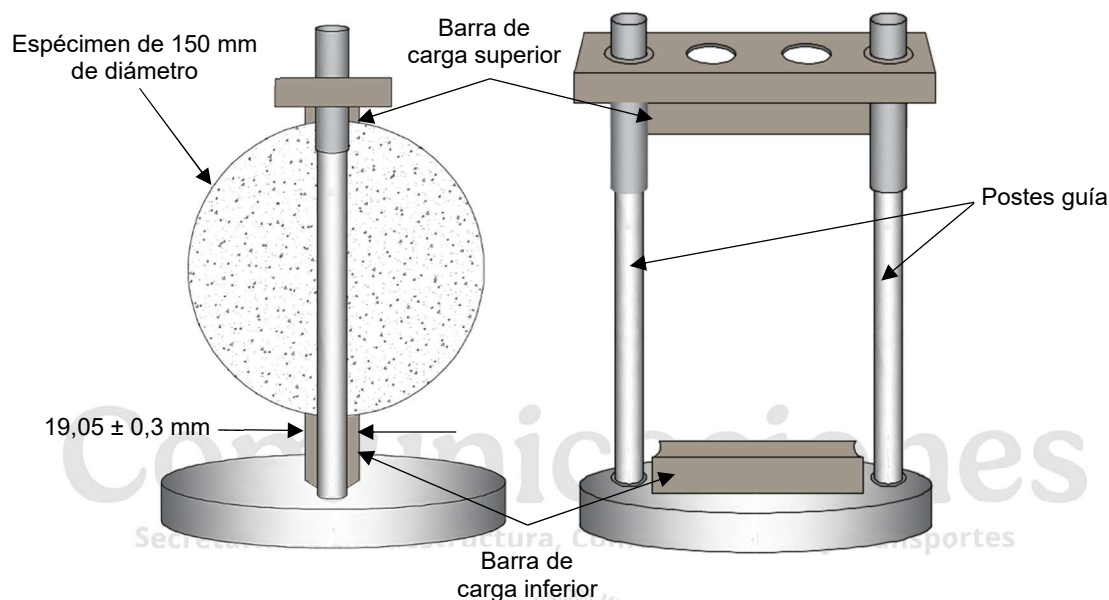


FIGURA 1.- Mordaza tipo Lottman

## D.3. BALANZA

Con capacidad mínima de 10 kg y una resolución de 0,1 g.

## D.4. BAÑO DE AGUA

Controlado termostáticamente, capaz de mantener una temperatura del agua de  $25 \pm 1$  °C, con el fondo perforado que permita el libre flujo del agua y con una profundidad mínima de 150 mm.

## D.5. HORNO

De ventilación forzada, controlado termostáticamente, capaz de mantener la temperatura de prueba en  $\pm 1$  °C y con una capacidad mínima de 240 L.

## D.6. TERMÓMETRO INFRARROJO

Con un rango de medición de 0 a 100 °C y con una resolución de 1 °C o cualquier otro dispositivo de igual exactitud, precisión y sensibilidad.

## D.7. VERNIER

Con un rango de medición de 200 mm y con una resolución de 0,1 mm, para medir la altura de la muestra.

## D.8. MARCADOR

Con tinta indeleble, sin que la tinta se corra o borre, para identificar los especímenes.

## E. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE PRUEBA

- E.1. Se preparan 6 especímenes cilíndricos de 150 mm de diámetro y 95 mm de espesor de acuerdo con el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·058, *Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio*, salvo que se empleará una mezcla asfáltica elaborada con material recuperado y cemento asfáltico espumado.
- E.2. Sobre una superficie plana se extraen los especímenes del molde y se identifican con una clave en una de sus caras. Se colocan en el horno de ventilación forzada a una temperatura de  $40 \pm 1$  °C por un periodo mínimo de 72 h.
- E.3. Transcurridas las 72 h, se retiran los especímenes del horno, se determina la masa seca preliminar y se registra como  $m_{s1}$ .
- E.4. Se regresan todos los especímenes al horno a una temperatura de 40 °C durante 4 h más; se retiran los especímenes del horno y se vuelve a determinar su masa seca y se registra como  $m_s$ , en g. Si la masa de algún espécimen disminuyó 10 g o más, se regresan todos los especímenes al horno durante 24 h más. Este procedimiento se repite las veces que sean necesarias hasta que los especímenes alcancen masa constante.
- E.5. Una vez que los especímenes alcanzaron masa constante, se dejan enfriar a una temperatura constante de  $25 \pm 2$  °C.
- E.6. Se determina con el vernier el diámetro promedio de cada uno de los especímenes, para lo cual se toman tres mediciones en distintas partes del espécimen y se registra el promedio como  $d$ , en mm.
- E.7. Se determina y registra la altura de cada uno de los especímenes, realizando cuatro mediciones utilizando el vernier en diferentes puntos espaciados alrededor de la circunferencia del espécimen, registrando el promedio de estas dimensiones como la altura del espécimen,  $h$ , en mm.

## F. ACONDICIONAMIENTO DE LOS ESPECÍMENES

- F.1. Se clasifican los especímenes en 2 grupos de 3 especímenes cada uno, de tal manera que un grupo será sometido a un proceso de acondicionamiento, mientras que el segundo grupo no será acondicionado.

### F.2. ESPECÍMENES SIN ACONDICIONAR O SECOS

Para los especímenes secos, es decir, sin acondicionar, se realiza la prueba de resistencia a tensión indirecta a cada uno de los especímenes, de acuerdo con lo indicado en la Cláusula G. de este Manual.

### F.3. ESPECÍMENES ACONDICIONADOS O SATURADOS

Para los especímenes que se someterán al proceso de saturación o acondicionamiento, estos se colocan en un baño de agua durante 24 h a una temperatura de  $25 \pm 2$  °C. Transcurridas las 24 h, los especímenes se retiran del agua y se secan superficialmente. Nuevamente se determinan sus dimensiones, como se indica en las Fracciones E.6. y E.7. de este Manual, así como su masa, la cual se registra como  $m_{ac}$ , en g, de manera que la diferencia entre la masa del espécimen seco,  $m_s$ , y la masa del espécimen acondicionado,  $m_{ac}$ , permita conocer la masa de agua que fue absorbida por el espécimen. Posteriormente, se realiza la prueba de resistencia a tensión indirecta a cada uno de ellos, de acuerdo con lo indicado en la Cláusula G. de este Manual.

## G. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

La prueba se realiza en los especímenes tanto acondicionados como no acondicionados, de acuerdo con lo siguiente:

- G.1. Con ayuda del termómetro infrarrojo se comprueba que la temperatura de los especímenes sea de  $25 \pm 2$  °C.
- G.2. Se coloca un espécimen en la mordaza tipo Lottman centrado en la barra de carga inferior, como se muestra en la Figura 2 de este Manual.

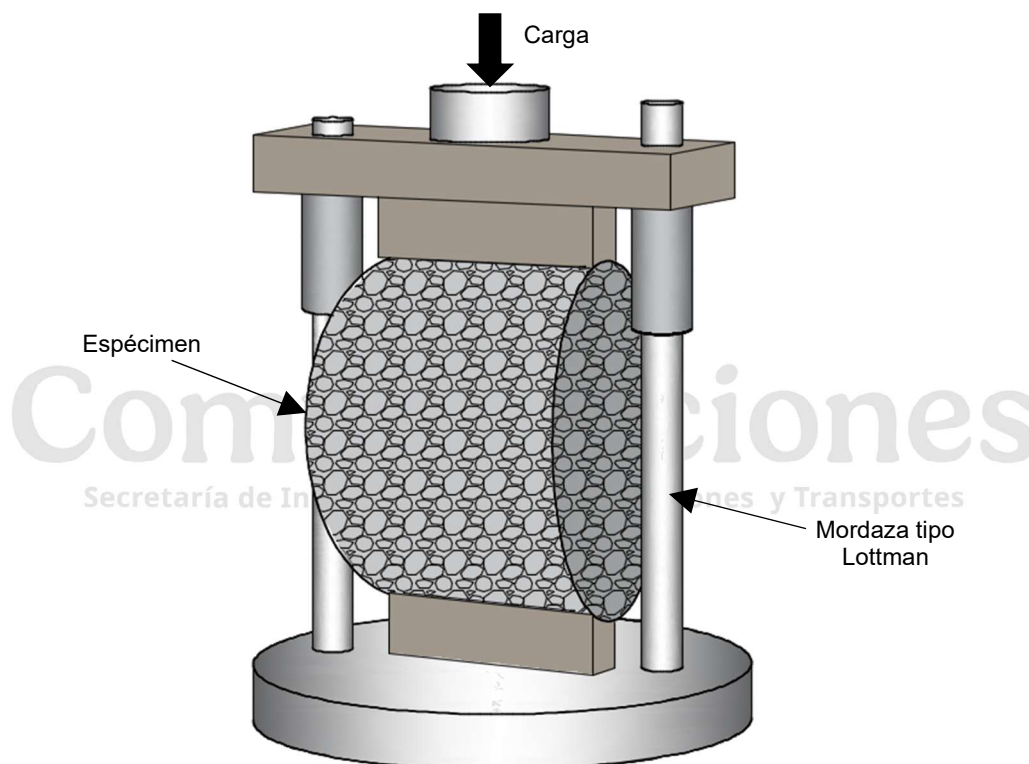


FIGURA 2.- Especimen colocado en la mordaza tipo Lottman

- G.3. Se centra la mordaza con el espécimen debajo del pistón de carga y se aplica una carga de contacto de 0,1 kN (10 kg).
- G.4. A continuación, se aplica la carga al espécimen a una velocidad de desplazamiento de 50,8 mm/min hasta alcanzar la carga máxima. Se registra la carga máxima soportada por el espécimen como  $P$ , en kN (t).

## H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Los cálculos y resultados de la prueba se registran en la Tabla 1 de este Manual, de acuerdo con lo que se indica a continuación:

- H.1. Se calcula la resistencia a la tensión indirecta para especímenes no acondicionados (secos) y acondicionados (saturados) con la siguiente expresión:

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10^6$$

Donde:

$ITS$  = Resistencia a la tensión indirecta, (kPa)

$P$  = Carga máxima aplicada, (kN)

$h$  = Altura promedio del espécimen, (mm)

$d$  = Diámetro promedio del espécimen, (mm)

**TABLA 1.- Ejemplo de hoja de registro para la prueba de resistencia a la tensión indirecta**

Responsable:						
No. de muestra:						
Tipo de mezcla asfáltica:						
Fecha y hora de la prueba:						
	Espécimen no acondicionado (seco)			Espécimen acondicionado (saturado)		
Número de espécimen	1	2	3	1	2	3
Fecha de fabricación del espécimen						
Fecha de colocación en el horno						
Fecha en que se retiró del horno						
Diámetro promedio, $d$ , mm	150,0	149,9	149,9	150,1	149,9	150,0
Altura promedio, $h$ , mm	95,6	95,6	95,6	95,7	95,7	95,7
Temperatura de la prueba, °C	23,8	24,9	24,5	25,3	25,2	26,1
Masa del espécimen seco, $m_s$ , g	3 374,5	3 405,1	3 395,3	3 379,7	3 416,3	3 398,5
Masa del espécimen acondicionado, $m_{ac}$ , g				3 483,2	3 551,9	3 522,3
Masa de agua absorbida, g				103,5	135,6	123,8
Velocidad de carga, mm/mín	50,8	50,8	50,8	50,8	50,8	50,8
Carga máxima ( $P$ ), kN	5,700	7,432	6,852	6,285	7,618	7,065
Resistencia a la tensión indirecta, $ITS$ , kPa	253,0	330,2	304,4	278,5	338,1	313,3
<b>Resistencia promedio a la tensión indirecta, <math>ITS_{PROM}</math>, kPa</b>	<b>295,9</b>			<b>310,0</b>		

**H.2.** Se determina el valor promedio de la resistencia a la tensión indirecta en especímenes secos,  $ITS_{SECO}$ , de los especímenes sin acondicionar.

**H.3.** Se determina el valor promedio de la resistencia a la tensión indirecta en especímenes saturados,  $ITS_{SATURADO}$ , de los especímenes acondicionados.

**H.4.** Además de lo indicado en las Fracciones H.1. a H.3. de este Manual, el informe de los resultados incluirá, como mínimo, los siguientes datos:

- Proyecto u obra y ubicación.
- Clave de identificación del cemento asfáltico empleado.
- Nombre y firma del responsable de ejecutar la prueba.
- Fecha y hora de la prueba.
- Número de especímenes acondicionados (saturados) y no acondicionados (secos).
- Mezcla asfáltica utilizada.
- Temperatura ambiental y humedad relativa en el momento en que se realizó la prueba.
- Temperatura de prueba, en °C.
- Velocidad de aplicación de la carga, en mm/mín.
- Observaciones.

## I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- I.1. Que la prueba se realice en un lugar cerrado, bien ventilado, limpio y libre de corrientes de aire, de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de la muestra de material.
- I.2. Que todo el equipo esté perfectamente limpio para que, al realizar la prueba, los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado.
- I.3. Que el anillo o celda de carga estén debidamente calibrados y en perfectas condiciones de mantenimiento, de acuerdo con lo establecido por el fabricante.
- I.4. Que en las mezclas asfálticas no se exceda la temperatura de acondicionamiento de 40 °C.
- I.5. Que se evite la presencia de humedad o suciedad en la superficie de aplicación de la prueba, para evitar afectaciones en la precisión de las mediciones.
- I.6. Que el horno de curado no exceda los 40 °C durante el curado.
- I.7. Que la velocidad de aplicación de la carga no exceda lo indicado en este Manual.

# Comunicaciones

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes



# Comunicaciones

Secretaría de Infraestructura, 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](http://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](mailto:normas@imt.mx)