

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS

TÍTULO: 04. Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas

CAPÍTULO: 004. Equivalente de Arena de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar el equivalente de arena de los materiales pétreos a que se refiere la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, en muestras tomadas conforme al Manual M-MMP-4-04-001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite determinar el contenido y actividad de los materiales finos o arcillosos presentes en los materiales pétreos empleados en mezclas asfálticas. La prueba consiste en agitar un cilindro, que contiene una muestra del material pétreo que pasa la malla N°4, mezclada con una solución que permite separar la arena de la arcilla.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* y el Manual M-MMP-4-04-001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

D. EQUIPO Y MATERIALES

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. CILINDRO DE PRUEBA

De acrílico transparente, con diámetro interior de 3,15 cm (1¼") y altura de 43 cm (17"), graduado a cada 1 mm, desde el fondo hasta una altura de 38,1 cm (15"), que permita medir los niveles de arena sedimentada y de finos suspendidos.

D.2. TAPÓN DE HULE

Que permita tapar herméticamente al cilindro descrito en la Fracción anterior, a fin de evitar la pérdida de materiales o de solución.

D.3. TUBO IRRIGADOR

Que conste de una tubería de cobre o latón, con diámetro exterior de 0,63 cm (¼"), con uno de sus extremos cerrado formando una punta en forma de cuña. Contará con dos perforaciones laterales hechas con una broca N°60, en los lados planos de la cuña, cerca de la punta.

D.4. BOTELLA

Con capacidad aproximada de 4 L, con equipo sifón consistente en un tapón con dos orificios y un tubo de cobre doblado, como el que se muestra en la Figura 1.

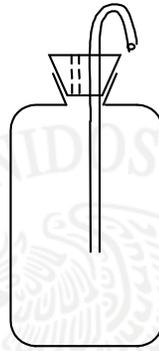


FIGURA 1.- Botella con sifón

D.5. SOPORTE O DISPOSITIVO DE POSICIONAMIENTO

Que permita ubicar la botella y todo el dispositivo del sifón a la altura y de la forma indicada en este Manual.

D.6. MANGUERA DE HULE

Para conectar el sifón al tubo irrigador. De 0,48 cm ($\frac{3}{16}$ ") de diámetro, con una pinza para obturarla.

D.7. PISÓN

Como el mostrado en la Figura 2 de este Manual, formado por una varilla de 46 cm de longitud y 0,63 cm ($\frac{1}{4}$ ") de diámetro. En su extremo superior contará con un lastre suficiente para que la masa total del dispositivo sea de 1 kg y en el otro extremo tendrá una base hexagonal cónica. Tendrá un indicador del nivel de la arena en su parte media que ajuste en el interior cilindro de prueba.

D.8. CÁPSULA

Con capacidad de 90 mL.

D.9. EMBUDO DE BOCA ANCHA

Para depositar la muestra dentro del cilindro.

D.10. EMBUDO PARA FILTRADO

De vidrio, con capacidad de 375 mL, que permita vaciar los reactivos de la solución de reserva.

D.11. MALLA N°4

Fabricada con alambre de bronce o de acero inoxidable, tejido en forma de cuadrícula y con aberturas de 4,75 mm.

D.12. PAPEL FILTRO

Whatman N°12 o equivalente, de material resistente a los reactivos y soluciones que se utilizarán.

D.13. BALANZA

Con capacidad de 2 000 g y aproximación de 0,1 g.

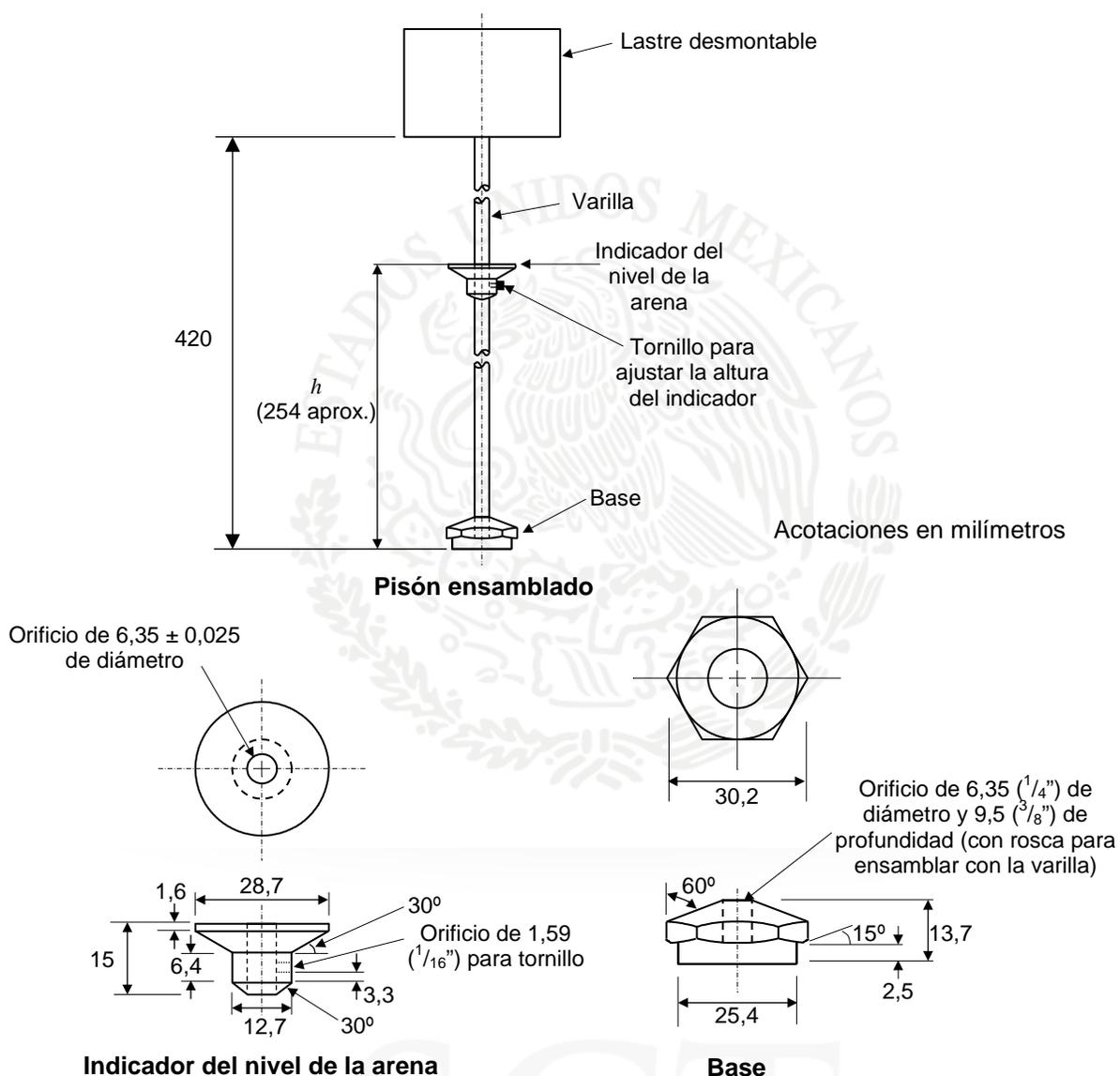


FIGURA 2.- Pisón

D.14. MATRACES ERLLENMEYER

De vidrio, graduados, de 2 000 cm³ de capacidad.

D.15. AGITADOR AUTOMÁTICO O MANUAL

D.15.1. Si es automático, que esté equipado con un cronómetro de dos velocidades (ASTM y California) y circuito de sincronización, accionado por un motor de 49,71 W (¹/₁₅ hp) y capaz de sostener de 175 a 180 ciclos por minuto con una extensión de carrera de 200 ± 3 mm, como el mostrado en la Figura 3 de este Manual.

D.15.2. Si es manual, que cuente con una base de apoyo y un sujetador de probeta para garantizar un movimiento completamente horizontal, como el mostrado en la Figura 4 de este Manual.

D.16. GUANTES

De hule.

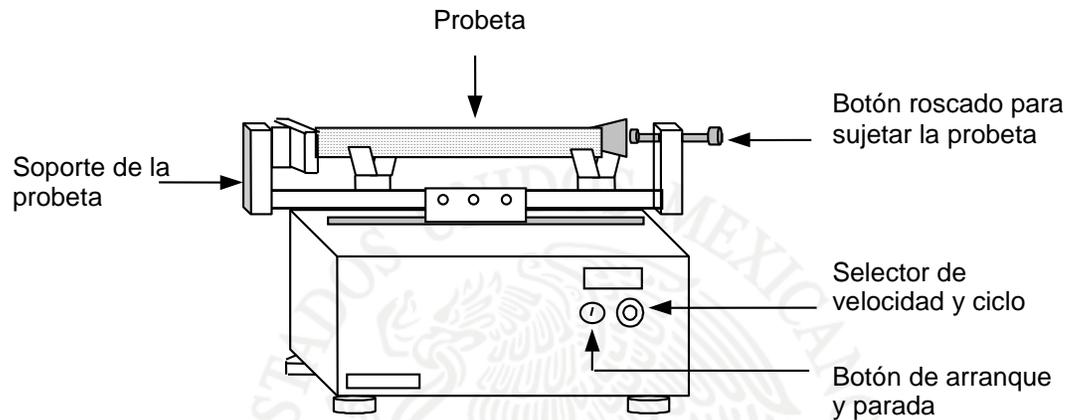


FIGURA 3.- Agitador mecánico

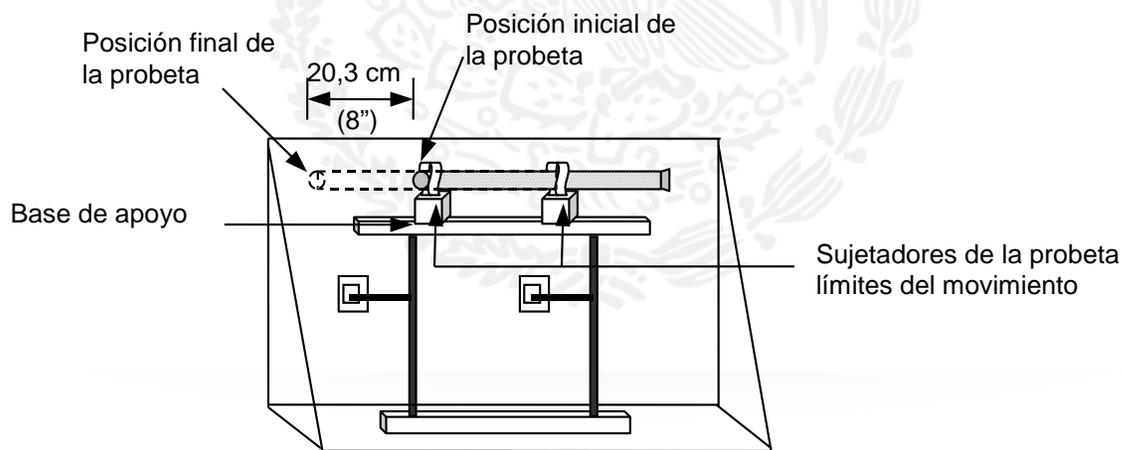


FIGURA 4.- Agitador manual

D.17. AGUA

Destilada o potable.

D.18. COMPONENTES PARA ELABORAR UNA SOLUCIÓN DE RESERVA

D.18.1. Cloruro de calcio anhidro.

D.18.2. Glicerina USP.

D.18.3. Formaldehído RA (solución volumétrica al 40%).

E. PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NECESARIAS PARA LA PRUEBA

Previo al inicio de la prueba, se preparan las soluciones necesarias de acuerdo con lo indicado a continuación:

E.1. SOLUCIÓN DE RESERVA

E.1.1. Se disuelven 454 g de cloruro de calcio en 1,9 L de agua destilada.

E.1.2. Se enfría la solución al aire libre, hasta alcanzar la temperatura ambiente y después se pasa a través del papel filtro.

E.1.3. Se agregan 47 g de formaldehído y 2 047 g de glicerina, mezclándose bien y diluyéndose con agua destilada hasta completar 3,2 L de líquido.

E.2. SOLUCIÓN DE TRABAJO

Para preparar la solución de trabajo, en la botella equipada con el equipo sifón se diluyen 90 mL de la solución de reserva en 3,8 L de agua destilada.

F. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra de materiales pétreos, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-4-04-001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se hace de la siguiente manera:

- F.1. Si la muestra del material envasado que se recibe en laboratorio está saturada, se extiende sobre una superficie limpia para dejar que se escurra hasta la condición de saturado y superficialmente seco, para posteriormente disgregar de forma manual aquel material que presente grumos, teniendo la precaución de no fragmentarlo por la presión aplicada. Hecho lo anterior, se *cuartea* el material hasta obtener una muestra de 10 kg, como se describe a continuación:
 - F.1.1. Una vez que el material está disgregado, saturado y superficialmente seco, se apila hasta formar un cono.
 - F.1.2. Desde el eje del cono y hacia la periferia se extiende el material hasta formar un cono truncado de 15 a 20 cm de altura.
 - F.1.3. Se divide el cono truncado en cuatro partes iguales, de las cuales se toman dos cuartos opuestos para formar una muestra de aproximadamente 10 kg; en caso de exceder esta masa, se procede a reducir la cantidad de material mediante cuarteos sucesivos.
- F.2. Si la muestra original está seca, se humedecerá un poco antes de realizar la prueba a fin de evitar la pérdida del material fino durante el cribado.
- F.3. Se hace pasar la muestra por la malla N°4, y si el material retenido en dicha malla presenta partículas finas adheridas, se frota entre las manos con guantes a fin de desprender y recuperar dichas partículas, las cuales se añadirán al material que pasó la malla. El material retenido en la malla se elimina.
- F.4. El material que pasa la malla N°4 se disgrega y se cuartea como se indica en los Incisos F.1.1. a F.1.3. de este Manual, hasta reducirlo a una masa de aproximadamente 2 kg.
- F.5. Se llena la cápsula con este material hasta enrasar su superficie. Una vez llena, contendrá aproximadamente 110 g de material suelto.

G. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

La botella equipada con el equipo sifón se coloca de tal manera que su base quede a $91,5 \pm 2,5$ cm de altura con relación a la superficie de la mesa de trabajo, uniendo la botella mediante la manguera de hule al tubo irrigador, como se muestra en la Figura 5 de este Manual.

H. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

- H.1. Una vez preparado el sifón, se sopla dentro de la botella por la parte superior o a través de un pequeño tubo estando abierta la pinza, para que el sifón quede listo para usarse.
- H.2. Por medio del sifón, se introduce la solución de trabajo al cilindro hasta una altura de 10 cm (4").
- H.3. Con la ayuda del embudo, se vacía al cilindro de prueba la muestra de material contenida en la cápsula, golpeando firmemente varias veces el fondo del cilindro contra la palma de la mano para eliminar las burbujas de aire atrapado dentro del material y acelerar la saturación de la muestra.

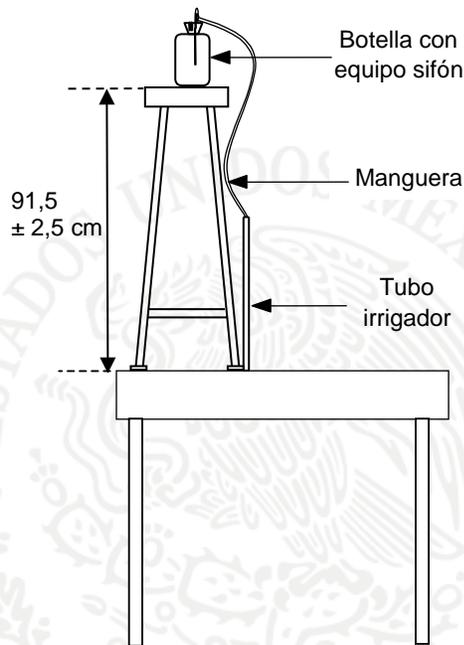


FIGURA 5.- Habilitado del sifón

H.4. Se deja reposar la muestra durante 10 min, se cierra el cilindro de prueba con un tapón y se agita considerando lo siguiente:

H.4.1. Agitado manual

Se agita vigorosamente el cilindro colocado en posición horizontal de un lado a otro en sentido longitudinal durante 90 ciclos en un tiempo de 30 s, con una carrera aproximada de 20 cm, entendiendo que un ciclo comprende un movimiento completo de oscilación, es decir, de un lado a otro hasta concluir en la posición de partida.

H.4.2. Agitado con equipo

La agitación se conseguirá mediante alguna de las dos formas siguientes:

H.4.2.1. Si se utiliza un equipo de operación eléctrica, se coloca el cilindro de prueba sobre el dispositivo, sujetándolo como se muestra en la Figura 3 de este Manual, y se programa el número de ciclos para que el equipo aplique la agitación automáticamente con los parámetros de longitud y tiempo que se requieren.

H.4.2.2. Si se utiliza un equipo de operación manual, se monta el cilindro de prueba en los sujetadores como se muestra en la Figura 4 de este Manual, y se procede con la agitación, midiendo el tiempo y el número de ciclos. En realidad la función del equipo manual consiste únicamente en delimitar los movimientos longitudinales del cilindro.

H.5. Concluida la agitación, se coloca el cilindro sobre la mesa de trabajo y se le quita el tapón, inmediatamente se le inserta el tubo irrigador con el cual se lavan las paredes del cilindro de arriba a abajo hasta concluir en el fondo. Con el fin de hacer la irrigación uniforme en todo el recorrido, se gira el cilindro conforme avanza el tubo irrigador, propiciando la separación entre el material arcilloso y el arenoso.

H.6. Cuando el nivel del líquido llegue a 38,1 cm (15"), medido sobre la escala del cilindro de prueba, se extrae lentamente el tubo irrigador sin cortar el flujo de solución, de manera que el nivel del líquido se mantenga en los 38,1 cm después de retirar completamente el tubo.

- H.7. Se deja reposar el cilindro durante 20 min, evitando cualquier movimiento o vibración durante este período, transcurrido el cual, la arena se ha sedimentado y los finos permanecen en suspensión.
- H.8. Se mide y registra como (LNS_{finos}) el nivel superior de los finos en suspensión, con aproximación de 2 mm (0,1" aprox.). Dicha lectura se hará en condiciones de iluminación que permitan apreciar claramente el nivel máximo de las partículas, observando el cilindro desde uno de sus lados, de tal manera que la línea de visión forme ángulo recto con la pared del cilindro, como se muestra en la Figura 6 de este Manual.

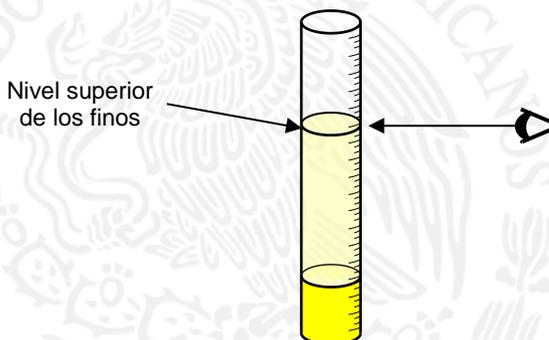


FIGURA 6.- Medición del nivel de los finos

- H.9. A continuación se introduce lentamente la varilla con pisón dentro del cilindro, cuidando de no formar turbulencias, hasta que la base descansa sobre la arena, como se muestra en la Figura 7 de este Manual. Se observa el nivel de la parte superior del indicador en la escala del cilindro, se le resta la altura h (254 mm aprox.) y se registra como el nivel superior de la arena (LNS_{arena}), con aproximación de 2 mm (0,1" aprox.). Durante la medición se tendrán las mismas consideraciones citadas en la Fracción anterior.

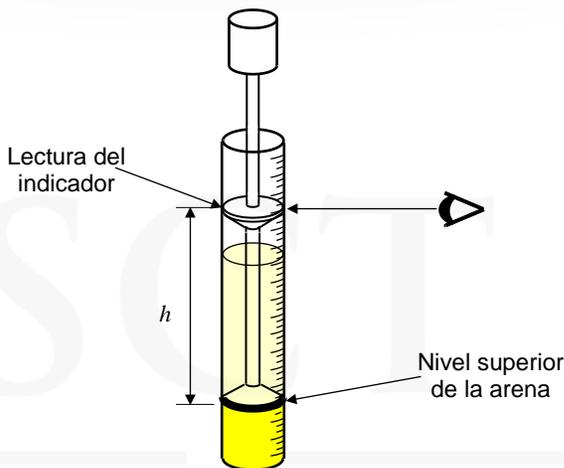


FIGURA 7.- Medición del nivel de arena

- H.10. Una vez concluida la prueba, se limpia el cilindro, tapándolo y agitándolo en posición vertical; se voltea y se destapa para vaciarlo inmediatamente. Para finalizar se lava dos veces con agua, hasta eliminar cualquier residuo de material en su interior.

I. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- I.1. Se calcula y reporta como resultado de la prueba el equivalente de arena, utilizando la siguiente expresión:

$$\% EA = \left(\frac{LNS_{arena}}{LNS_{finos}} \right) \times 100$$

Donde:

$\%EA$ = Equivalente de arena, (%)

LNS_{arena} = Nivel superior de la arena, (cm)

LNS_{finos} = Nivel superior de los finos, (cm)

- I.2. Si el valor del equivalente de arena es inferior al valor indicado en la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* para el material de que se trate, u otro valor especificado, se ejecutará la prueba dos veces más utilizando la misma muestra original.
- I.3. En caso de que se hayan hecho tres pruebas, según lo señalado en la Fracción anterior de este Manual, el equivalente de arena por reportar será el promedio de los tres resultados calculados con la expresión indicada en la Fracción I.1. de este Manual.

J. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- J.1. Realizar la prueba 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 las muestras de material.
- J.2. Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al hacer la prueba los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado. En forma especial, el cilindro estará limpio y sin residuos de material de pruebas anteriores.
- J.3. Verificar que los reactivos y soluciones correspondan a las características de los materiales indicados en el procedimiento de prueba.
- J.4. Cuidar que el operario de laboratorio esté capacitado para aplicar la irrigación y mantener el nivel de la solución dentro de los parámetros de prueba.
- J.5. Cuidar que el periodo de agitación, los ciclos y carrera del mismo, así como el tiempo de reposo del material y la solución, correspondan a lo indicado en este Manual.
- J.6. Cuidar que las lecturas se tomen inmediatamente después de terminado el periodo de reposo del material, sin realizar movimientos bruscos para no alterar las partículas, asimismo, que la iluminación sea adecuada y que el ángulo de visión sea el especificado. De no cumplirse lo indicado en esta Fracción, la lectura será considerada incorrecta y se repetirá la prueba.

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
AV. COYOACÁN 1895
COL. ACACIAS
CIUDAD DE MÉXICO, 03240
WWW.GOB.MX/SCT

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
NUEVA YORK 115, 4º PISO
COL. NÁPOLES
CIUDAD DE MÉXICO, 03810
WWW.IMT.MX
NORMAS@IMT.MX