

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

PARTE: **2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS**

TÍTULO: **02. Materiales para Concreto Hidráulico**

CAPÍTULO: **020. Granulometría de los Agregados Pétreos**

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar la granulometría de los agregados pétreos a que se refiere la Norma N·CMT·2·02·002, *Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico*, en muestras tomadas conforme al Manual M·MMP·2·02·019, *Muestreo de Agregados Pétreos*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Determinar la composición por tamaños (granulometría) de las partículas de los agregados pétreos empleados en mezclas de concreto hidráulico, mediante su paso por un juego de mallas con aberturas determinadas.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMA Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico.....	N·CMT·2·02·002
Muestreo de Agregados Pétreos.....	M·MMP·2·02·019
Partículas más Finas que la Malla N°200 (0,075 mm) en los Agregados.....	M·MMP·2·02·030

D. EQUIPO

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

D.1. BALANZAS

Una con capacidad mínima de 50 kg y aproximación de 1 g, y otra con capacidad de 2 kg y aproximación a 0,1 g.

D.2. JUEGO DE MALLAS

Fabricadas con alambre de bronce o de acero inoxidable de diversos calibres, tejidos en forma de cuadrícula, con las aberturas indicadas en la Tabla 1 de este Manual. El tejido estará sostenido mediante un bastidor circular metálico, de lámina de bronce o de latón, de 206 ± 2 mm de diámetro interior y de 68 ± 2 mm de altura, sujetando la malla rígida y firmemente mediante un sistema de engargolado de metales, a una distancia de 50 mm del borde superior del bastidor. Para el caso del agregado grueso y con el propósito de facilitar su cribado, se podrán utilizar mallas con mayor diámetro interior o con bastidor cuadrado de 400 mm o más por lado.

TABLA 1.- Juego de mallas

Unidades en mm

Malla		Variación permisible de la abertura promedio con respecto a la denominación de la malla	Abertura máxima permisible para no más del 5% de las aberturas de la malla	Abertura máxima individual permisible	Diámetro nominal del alambre ^[1]
Designación	Abertura nominal				
4 in	101,0	± 3,0	104,0	104,8	6,30
3½ in	89,0	± 2,7	93,6	94,4	6,30
3 in	75,0	± 2,2	78,1	78,7	5,80
2½ in	63,0	± 1,9	65,6	66,2	5,50
2 in	50,0	± 1,5	52,1	52,6	5,05
1½ in	37,5	± 1,1	39,1	39,5	4,59
1 in	25,0	± 0,8	26,1	26,4	3,80
¾ in	19,0	± 0,6	19,9	20,1	3,30
½ in	12,5	± 0,39	13,10	13,31	2,67
⅜ in	9,5	± 0,30	9,97	10,16	2,27
N°4	4,75	± 0,15	5,02	5,14	1,54
N°8	2,36	± 0,08	2,515	2,60	1,00
N°16	1,18	± 0,045	1,270	1,330	0,650
N°30	0,60	± 0,025	0,660	0,695	0,390
N°50	0,30	± 0,014	0,337	0,363	0,215
N°100	0,15	± 0,008	0,174	0,192	0,110

[1] El diámetro promedio de los alambres que forman cualquier malla no variará de los valores nominales en 5% para mallas con aberturas mayores de 0,6 mm y 7,5% para mallas con aberturas de 0,6 mm a 0,125 mm.

D.3. MÁQUINA AGITADORA PARA LAS MALLAS

De acción mecánica, activada por un motor eléctrico o manivela de velocidad constante, mediante el cual se transmita un movimiento excéntrico controlado a un plato de soporte, sobre el que se sujeten las mallas en orden descendente.

D.4. HORNO

Eléctrico o de gas, con capacidad suficiente para contener la muestra, con termostato capaz de mantener una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

D.5. CUCHARÓN

De acero galvanizado de 20 cm de largo, 11 cm de ancho y 10 cm de altura, formando un cajón rectangular con cuatro caras, cuya cara menor tenga un mango metálico de sección circular de 13 cm de largo.

D.6. CHAROLAS

Tres de lámina galvanizada, con forma rectangular de aproximadamente $40 \times 70 \times 20$ cm.

D.7. TAPAS Y CHAROLAS DE FONDO

De forma circular de 206 ± 2 mm de diámetro interior y que embonen perfectamente con el bastidor de las mallas. Las charolas tendrán 68 ± 2 mm de altura.

D.8. REGLA

De madera y con las dimensiones adecuadas al volumen por cuartear.

D.9. BROCHA

Con las dimensiones y cerdas adecuadas para desprender el material que se adhiera al interior del cubo de lámina y las mallas.

D.10. PALA

De acero, de forma cuadrada.

E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La preparación de las muestras de agregados pétreos obtenidas conforme a lo indicado en el Manual M-MMP-2-02-019, *Muestreo de Agregados Pétreos*, se realiza de la siguiente manera:

- E.1.** Cada muestra de agregado fino o de agregado grueso se mezcla completamente y se humedece ligeramente de manera que se evite la segregación y pérdida del material fino.
- E.2.** Se reduce la muestra por cuarteo de la siguiente manera:
- E.2.1.** Sobre una charola y utilizando el cucharón, se coloca el material formando un cono trunco, el cual se extiende hasta lograr una capa circular de espesor uniforme.
- E.2.2.** Se divide el material en cuatro partes iguales y con el material de dos cuadrantes opuestos se obtiene la porción de prueba del tamaño indicado en la Tabla 2 de este Manual para el agregado grueso o de aproximadamente 500 g para el agregado fino. Se tendrá cuidado de distribuir y de no perder el material fino en cada operación de cuarteo, para lo cual se podrá utilizar una brocha.

TABLA 2.- Masa mínima para la porción de prueba para agregados gruesos

Tamaño máximo de las partículas de agregado grueso mm (in)	Tamaño mínimo de la porción de prueba kg
101,0 (4)	40
89,0 (3½)	35
75,0 (3)	30
63,0 (2½)	25
50,0 (2)	20
37,5 (1½)	15
25,0 (1)	10
19,0 (¾)	5
12,5 (½)	2,5
9,5 (¾)	1

- E.2.3.** En caso de que el tamaño de la muestra sea excesivo, se continúa cuarteándola siguiendo el procedimiento señalado en los Incisos E.2.1. y E.2.2. de este Manual las veces necesarias para reducirla hasta que se obtenga la cantidad de material deseada para la porción de prueba.
- E.3.** Cuando se trate de agregado grueso de tamaño máximo superior de 31,5 mm (1¼ in), la muestra se reducirá por cuarteo preferentemente mediante un cuarteador mecánico de tamaño adecuado. Si no se dispone del cuarteador mecánico, el cribado se efectúa en fracciones de la porción de

prueba de manera tal que la suma total de la masa de esas fracciones corresponda al tamaño mínimo de la porción de prueba, conforme a lo indicado en la Tabla 2 de este Manual.

- E.4.** Si se tienen muestras con los agregados fino y grueso mezclados, el material se separa en dos tamaños utilizando la malla con abertura 4,75 mm (Nº 4) y se preparan separadamente las porciones de prueba de agregado fino y de agregado grueso, de acuerdo con lo indicado en las Fracciones E.1. y E.2. de este Manual.
- E.5.** La porción de prueba obtenida como se indica en las Fracciones E.2. y E.3. de este Manual, se deja secar a temperatura ambiente.

F. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

La porción de prueba se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante, y se registra la masa del agregado grueso o la masa del agregado fino como W_{pp} , ambas en g y a continuación se realiza lo siguiente:

F.1. PREPARACIÓN DEL JUEGO DE MALLAS

Dependiendo de los límites granulométricos correspondientes al agregado fino o al tamaño nominal del agregado grueso, establecidos en la Norma N-CMT-2-02-002, *Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico*, se seleccionan las mallas para el cribado. Dichas mallas se preparan separadamente para el agregado grueso y el agregado fino, ensamblándolas en orden descendente de aberturas de acuerdo con lo indicado en la Tabla 1 de este Manual y terminando con la charola fondo.

F.2. CRIBADO

Se deposita sobre la malla superior (malla de mayor abertura) la porción de prueba del agregado grueso o del agregado fino, según sea el caso y se coloca finalmente la tapa. A continuación se inicia el cribado del material mediante la agitación de las mallas, con alguno de los siguientes métodos:

F.2.1. Agitación con máquina agitadora

F.2.1.1. Se colocan las mallas debidamente sujetas en la máquina agitadora, haciéndola funcionar durante un tiempo suficiente hasta que se observe que durante un minuto extra de cribado continuo, en cada malla no pase más del 1% de la masa del material retenido. Esto se hace de la siguiente manera:

- a) Una vez separadas las mallas se manejan en forma individual, colocándoles sucesivamente una charola y una tapa bien ajustadas en cada uno de sus extremos.
- b) Se coloca la malla en turno con su tapa y charola en posición ligeramente inclinada sobre una superficie rígida, se balancea con rapidez de un lado a otro, dando un ligero golpe con la mano aproximadamente a cada sexto de vuelta hasta completar 25 golpes.
- c) Para lograr la máxima eficiencia en el cribado de las partículas de tamaños mayores a la malla Nº4, se limitará la cantidad de material sobre cada malla, de tal forma que sólo se permita colocar una capa de partículas cada vez, aunque esto implique efectuar la comprobación por partes hasta agotar todo el material de cada malla.
- d) En el caso de que pase más del 1% a través de cualquier malla, se repetirá el cribado a partir de esa malla.

- F.2.1.2.** Finalmente se determina y registra la masa retenida en cada malla como W_{Ri} en g, donde i corresponde a la designación de la malla, vertiendo su contenido en el plato de la balanza, considerando que las partículas que hayan quedado atoradas en cada malla forman parte del material retenido de la malla correspondiente, por lo que se reintegrará este material cepillando las mallas por el revés.

F.2.2. Cribado manual de agregados gruesos con tamaño máximo superior a 25,0 mm (1 in)

Para el caso particular de agregados gruesos de tamaño máximo superior a 25,0 mm (1 in), que son de difícil manejo, se requiere un juego de mallas y una máquina agitadora de tamaños adecuados, que no siempre están disponibles, por lo que se puede emplear el método que se describe a continuación:

- F.2.2.1.** Se trabaja individualmente cada malla usando tres charolas rectangulares; en la primera se coloca la porción de prueba seca, a la que previamente se le ha determinado su masa.
- F.2.2.2.** Dentro de la segunda charola se pone la malla de mayor tamaño y con el cucharón se colocan fracciones de la porción de prueba, en cantidad tal que no se cubra la malla con más de una capa de partículas. Se agita la malla con ambas manos y se verifica que todas las partículas tengan movimiento sobre ésta. Cuando ya no pase material, el retenido en la malla de mayor tamaño se coloca en la tercera charola y se continúa con otra fracción hasta agotar la porción de prueba.
- F.2.2.3.** Una vez que se cribaron todas las fracciones de la porción de prueba por la primera malla, se determina y registra la masa total retenida en esa malla, como W_i en g, donde i corresponde a la designación de la malla, con lo que se libera la tercera charola, que pasa a ser la segunda para el cribado por la malla subsecuente.
- F.2.2.4.** Todo el material que pasó por la malla previa se criba por la malla subsecuente de la misma manera descrita en los Párrafos F.2.2.2. y F.2.2.3. de este Manual, repitiendo consecutivamente el proceso para cada una de las mallas hasta cribar toda la porción de prueba por todas las mallas.

F.2.3. Material más fino menor que la malla N°200 (0,075 mm)

El material más fino que pasa la malla N°200 (0,075 mm) se determina conforme a lo indicado en el Manual M·MMP·2·02·030, *Partículas más Finas que la Malla N° 200 (0,075 mm) en los Agregados*.

G. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- G.1.** Para ambos agregados, se calcula y reporta el porcentaje retenido acumulado en cada malla con relación a la masa de la porción de prueba, el cual se determina sumando la masa del material retenido parcial en la malla más la masa del material retenido acumulado obtenido en la malla anterior, y así sucesivamente, como se indica en la siguiente expresión, comenzando por la malla de mayor a menor abertura, para lo cual se pueden utilizar los formatos que se muestran en las Figuras 1 ó 2 de este Manual:

$$R_i = \frac{\sum W_{R_{i-1}} + W_{R_i}}{W_{PP}} \times 100$$

Donde:

R_i = Masa del material retenido acumulado en la malla i , (%), aplica para el agregado grueso o fino.

W_{PP} = Masa de la porción de prueba determinada de acuerdo con lo indicado en la Cláusula F. de este Manual, (g)

W_{R_i} = Masa del material retenido en la malla i , (g)

i = Designación de la malla utilizada, perteneciente al arreglo de mallas empleado para determinar la granulometría del agregado grueso o del agregado fino, empezando con la malla de mayor abertura.

- G.2.** El módulo de finura de los agregados finos, M_{SF} , se calcula y reporta como la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas que utilizaron para determinar su granulometría, con aproximación al décimo mediante la siguiente expresión:

$$M_{SF} = \frac{\sum R_i}{100}$$

Donde:

M_{SF} = Módulo de finura de los agregados finos

R_i = Masa del agregado fino retenido acumulado en la malla i , (%)

i = Designación de la malla utilizada, perteneciente al arreglo de mallas empleado para determinar la granulometría del agregado fino, empezando con la malla de mayor abertura.

- G.3.** Una vez efectuados los cálculos indicados en esta Cláusula, tanto para el agregado grueso como para el agregado fino, se grafica y reporta el porcentaje retenido acumulado de cada malla utilizando los formatos mostrados en las Figuras 1 ó 2 de este Manual, según sea el caso.

- G.4.** El porcentaje del material más fino que pasa la malla N°200 (0,075 mm), se calcula y reporta de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-2-02-030, *Partículas más Finas que la Malla N° 200 (0,075 mm) en los Agregados*.

H. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- H.1.** Que la prueba se realice en un lugar cerrado, con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire que puedan provocar la contaminación de la muestra de prueba con otras partículas.
- H.2.** Que las muestras estén secas al momento de efectuar su cribado.
- H.3.** Que todo el equipo esté perfectamente limpio y funcional. Especialmente las mallas estarán limpias y sin indicios de falla, es decir, que los hilos presenten aberturas uniformes y no estén dañados ni rotos.
- H.4.** Que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.

MATERIALES PARA: Estructuras
 MUESTRA TOMADA DE: Banco del Río

OBRA: Alcantarilla de losa Km 37+850
 LOCALIZACIÓN: Carretera: Poza Rica - Gutiérrez Zamora
 TRAMO: Km 0+000 a km 150+000
 SUBTRAMO: Km 0+000 a km 50+000
 ORIGEN: Poza Rica
 PRUEBA N°: 74 - 163
 MUESTRA N°: 2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO HIDRÁULICO

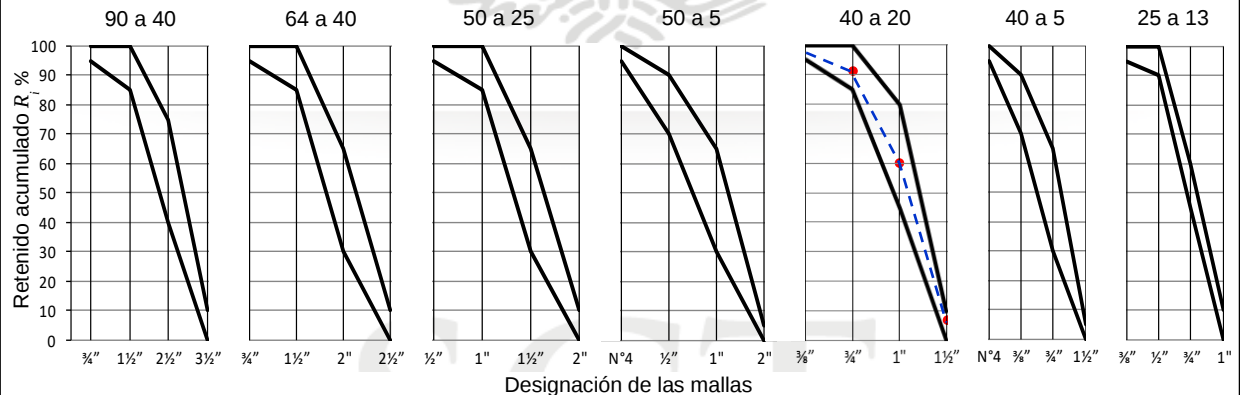
MASAS: DE LA MUESTRA 50 000 g
 MASA SECA DE LA PORCIÓN DE PRUEBA 21 500 g
 TAMAÑO NOMINAL 40 a 20 mm
 PASA MALLA No. 200 * 1 %

FECHA: 22-julio-2017
 OPERADOR: Arturo Velasco
 CALCULISTA: Daniel Hernández
 REVISÓ: Juan Nepomuceno

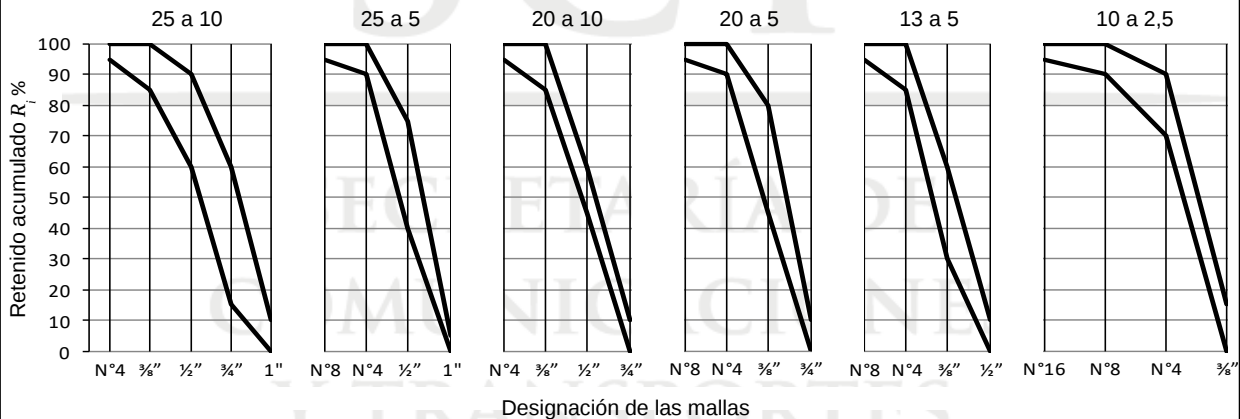
MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4

DESIGNACIÓN DE LA MALLA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO
(in)	W _i (g)	(%)	R _i (%)
1½	1 720	8	8
1	11 180	52	60
¾	6 880	32	92
3/8	1 075	5	97
S U M A	20 855		
Pasa 3/8	645	3	97

TAMAÑO NOMINAL



TAMAÑO NOMINAL



Observaciones: _____

*Determinado conforme al Manual M-MMP-2-02-030, *Partículas más Finas que la Malla N° 200 (0,075 mm) en los Agregados*

FIGURA 1.- Análisis granulométrico de agregado grueso para concreto hidráulico

MATERIALES PARA: Estructuras
 MUESTRA TOMADA DE: Banco el Pozo

OBRA: Alcantarilla de losa Km 37+850
 LOCALIZACIÓN: Carretera: Poza Rica - Gutiérrez Zamora
 TRAMO: Km 0+000 a km 150+000
 SUBTRAMO: Km 0+000 a km 50+000
 ORIGEN: Poza Rica
 PRUEBA N°: 74 - 163
 MUESTRA N°: 1

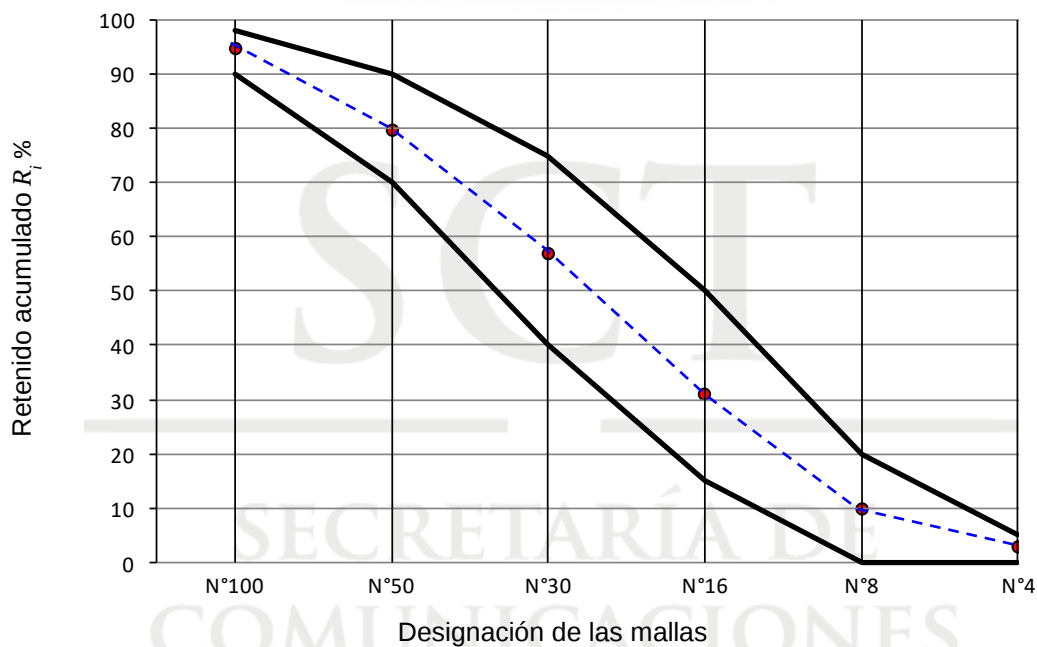
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE
 AGREGADO FINO PARA
 CONCRETO HIDRÁULICO

MASAS: DE LA MUESTRA 5 000 g
 MASA SECA DE LA PORCIÓN DE PRUEBA 2 500 g
 PASA MALLA No. 200 * 2 %

FECHA: 22-julio-2017
 OPERADOR: Arturo Velasco
 CALCULISTA: Daniel Hernández
 REVISÓ: Juan Nepomuceno

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4

DESIGNACIÓN DE LA MALLA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO
(in)	W _i (g)	(%)	R _i (%)
No.4	75	3	3
No.8	175	7	10
No.16	525	21	31
No.30	675	27	58
No.50	550	22	80
No.100	425	17	97
S U M A	2 425		279
Pasa No.100	75	3	97
MÓDULO DE FINURA (M _{sf})			2,79



Observaciones: _____

*Determinado conforme al Manual M-MMP-2-02-030, Partículas más Finas que la Malla N° 200 (0,075 mm) en los Agregados

FIGURA 2.- Análisis granulométrico de agregado fino para concreto hidráulico

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