

**LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE
LOS MATERIALES**

**PARTE: 3. MATERIALES PARA OBRAS DE DRENAJE
Y SUBDRENAJE**

TÍTULO: 02. Tubos de Concreto con Refuerzo

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene las características de calidad de los tubos de concreto hidráulico con refuerzo, que se utilicen en obras de drenaje.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Los tubos de concreto con refuerzo son elementos prefabricados de sección circular, huecos y alargados, elaborados con concreto reforzado y que provistos de un sistema de junteo adecuado forman una tubería continua, con el objeto de conducir aguas residuales y pluviales recolectadas evitando inundaciones y encharcamientos.

Normalmente tienen un diámetro interior mayor de noventa y un (91) centímetros y se emplean cuando el colchón de protección que se construye sobre el tubo, no es de espesor suficiente para soportar las presiones ejercidas sobre un tubo de concreto sin refuerzo, de manera que se eviten fracturas en sus paredes, por lo que es necesario un refuerzo de acero para resistir dichas presiones.

Según su resistencia, los tubos de concreto con refuerzo, pueden ser de Clase 1, Clase 2, Clase 3 ó Clase 4.

C. REFERENCIAS

Son referencias de esta Norma, las Normas aplicables del Título 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Acero de Refuerzo para Concreto Hidráulico	N-CMT-2-03-001
Muestreo de Tubos de Concreto	M-MMP-3-01-001
Inspección de Tubos de Concreto	M-MMP-3-01-002
Resistencia de Tubos de Concreto	M-MMP-3-01-003
Absorción de Tubos de Concreto	M-MMP-3-01-004
Permeabilidad de Tubos de Concreto	M-MMP-3-01-005

D. REQUISITOS DE CALIDAD

D.1. CONCRETO

Todos los materiales que se utilicen en la elaboración del concreto para la fabricación de tubos con refuerzo, cumplirán con las características de calidad establecidas en las Normas aplicables del Título 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*. La dosificación de los materiales será tal que se obtenga una mezcla homogénea, a fin de producir un tubo que cumpla con los requisitos establecidos en esta Norma.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, la resistencia del concreto que se utilice será la indicada en las Tablas 1 a 4 de esta Norma.

D.2. ACERO DE REFUERZO

D.2.1. El acero de refuerzo que se utilice para la fabricación de tubos de concreto con refuerzo, cumplirá con las características de calidad establecidas en la Norma N-CMT-2-03-001, *Acero de Refuerzo para Concreto Hidráulico*.

TABLA 1.- Requisitos de calidad para tubos de concreto reforzado Clase 1

Resistencia del concreto f_c MPa (kg/cm ²)	Diámetro interior mm		Reforzamiento cm ² /m de pared de tubo						Resistencia método de los tres apoyos kN/m (kg/m)			
	Nominal	Real	Pared A		Espesor de pared mm	Pared B		Carga a la 1ª grieta	Carga máxima			
			Interior	Exterior		Reforzamiento elíptico	Reforzamiento circular Interior Exterior			Reforzamiento elíptico		
27,6 (280)	300	310	44	1,5	---	---	51	1,5	---	---	15,0 (1 530)	22,5 (2 294)
	380	395	47	1,5	---	---	57	1,5	---	---	19,0 (1 937)	28,5 (2 906)
	450	465	50	1,5	---	---	63	1,5	---	---	22,5 (2 294)	33,8 (3 442)
	610	630	63	2,8	---	---	76	1,5	---	---	30,5 (3 110)	45,8 (4 665)
	760	785	70	3,2	---	---	89	3,0	---	---	38,0 (3 875)	57,0 (5 812)
	910	935	76	3,0	2,1	---	101	2,5	1,9	---	45,5 (4 640)	68,3 (6 960)
	1 070	1 100	89	3,4	2,5	---	114	3,2	2,5	---	53,5 (5 455)	80,3 (8 183)
	1 220	1 250	101	4,5	3,4	---	127	3,8	3,0	---	61,0 (6 220)	91,5 (9 330)
	1 370	1 405	115	5,3	4,0	---	140	4,7	3,4	---	68,5 (6 985)	102,8 (10 478)
	1 520	1 561	127	6,4	4,7	---	152	5,3	4,0	---	76,0 (7 750)	114,0 (11 625)
34,5 (350)	1 830	1 880	152	8,7	6,4	---	178	7,4	5,5	---	91,5 (9 330)	137,3 (13 996)
	2 130	2 186	---	---	---	---	203	9,7	7,2	---	106,5 (10 860)	159,8 (16 290)
	2 130	2 186	178	10,8	8,3	---	---	---	---	---	106,5 (10 860)	159,8 (16 290)
34,5 (350)	2 440	2 506	203	13,1	10,3	---	228	12,1	9,1	---	122,0 (12 441)	183,0 (18 661)
	3 050	3 131	---	---	---	---	279	---	---	---	152,5 (15 551)	228,8 (23 326)

TABLA 2.- Requisitos de calidad para tubos de concreto reforzado Clase 2

Resistencia del concreto f_c MPa (kg/cm ²)	Diámetro interior mm		Reforzo cm ² /m de pared de tubo								Resistencia método de los tres apoyos kN/m (kg/m)	
	Nominal	Real	Pared A				Pared B				Carga a la 1ª grieta	Carga máxima
			Reforzo circular		Reforzo elíptico	Espesor de pared mm	Reforzo circular		Reforzo elíptico			
			Interior	Exterior			Interior	Exterior				
27,6 (280)	300	310	44	1,5	---	---	51	1,5	---	---	19,5 (1 988)	30,0 (3 059)
	380	395	49	1,5	---	---	57	1,5	---	---	24,7 (2 519)	38,0 (3 875)
	450	465	51	1,5	---	1,5	63	1,5	---	---	29,3 (2 983)	45,0 (4 589)
	600	630	63	3,6	---	3,0	76	1,5	---	---	39,7 (4 043)	61,0 (6 220)
	760	785	70	4,0	---	3,8	89	3,8	---	---	49,4 (5 037)	76,0 (7 750)
	910	935	76	4,4	3,4	4,7	101	3,6	2,8	4,0	59,2 (6 032)	91,0 (9 279)
	1 070	1 100	89	5,3	4,0	5,9	114	4,4	3,4	4,9	69,6 (7 092)	107,0 (10 991)
	1 220	1 250	101	6,8	5,1	7,4	127	5,1	3,8	5,7	79,3 (8 086)	122,0 (12 441)
	1 370	1 405	114	8,4	6,1	8,9	140	6,1	4,6	6,8	89,1 (9 081)	137,0 (13 970)
	1 520	1 561	127	9,3	7,0	10,4	152	7,2	5,5	8,0	98,8 (10 075)	152,0 (15 500)
34,5 (350)	1 830	1 880	152	12,1	9,1	13,3	178	10,4	7,8	11,4	119,0 (12 130)	183,0 (18 661)
	2 130	2 186	178	15,2	11,4	16,9	203	14,7	11,0	17,3	138,5 (14 118)	213,0 (21 720)
	2 440	2 506	203	19,7	14,8	21,8	229	16,1	12,1	17,8	158,6 (16 173)	244,0 (24 881)

TABLA 3.- Requisitos de calidad para tubos de concreto reforzado Clase 3

Resistencia del concreto f_c MPa (kg/cm ²)	Diámetro interior mm		Reforzo cm ² /m de pared de tubo								Resistencia método de los tres apoyos kN/m (kg/m)			
	Nominal	Real	Pared A				Pared B				Carga a la 1 ^a grieta	Carga máxima		
			Espesor de pared mm	Reforzo circular		Espesor de pared mm	Reforzo circular		Reforzo elíptico					
				Interior	Exterior		Interior	Exterior						
27,6 (280)	300	310	44	3,2	---	---	---	51	1,5	---	---	---	30,0 (3 059)	45,0 (4 589)
	380	395	47	3,4	---	---	---	57	2,1	---	---	---	38,0 (3 875)	57,0 (5 812)
	450	465	51	3,6	---	---	3,2	63	3,0	---	---	2,3	45,0 (4 589)	67,5 (6 883)
	610	630	63	6,1	---	---	5,7	76	5,7	---	---	4,9	61,0 (6 220)	91,5 (9 330)
	760	785	70	8,0	---	---	7,4	89	7,4	---	---	5,9	76,0 (7 750)	114,0 (11 625)
	910	935	---	---	---	---	---	101	6,3	4,7	7,0	7,0	91,0 (9 279)	136,5 (13 919)
	1 070	1 100	---	---	---	---	---	114	7,4	5,5	8,3	8,3	107,0 (10 911)	160,5 (16 366)
	1 220	1 250	---	---	---	---	---	127	8,9	6,8	9,9	9,9	122,0 (12 440)	183,0 (18 661)
	1 370	1 405	---	---	---	---	---	140	10,6	7,8	11,6	11,6	137,0 (13 970)	205,5 (20 955)
	34,5 (350)	1 520	1 561	---	---	---	---	152	12,5	9,5	14,0	14,0	152,0 (15 500)	228,0 (23 249)
	1 830	1 880	---	---	---	---	178	16,7	12,7	18,6	18,6	183,0 (18 661)	274,5 (27 991)	

TABLA 4.- Requisitos de calidad para tubos de concreto reforzado Clase 4

Resistencia del concreto f_c MPa (kg/cm ²)	Diámetro interior mm		Reforzamiento cm^2/m de pared de tubo						Resistencia método de los tres apoyos kN/m (kg/m)	
	Nominal	Real	Espesor de pared mm	Pared A		Pared B		Reforzamiento elíptico	Carga a la 1ª grieta	Carga máxima
				Reforzamiento circular		Reforzamiento circular				
				Interior	Exterior	Interior	Exterior			
27.6 (280)	300	310	51	2.1	2.1	2.1	2.1	42.0 (4 283)	52.5 (5 359)	
	380	395	57	3.0	3.0	3.0	3.0	53.2 (5 425)	66.5 (6 781)	
	450	465	63	4.0	4.0	4.0	3.4	63.0 (6 424)	78.8 (8 030)	
	610	630	76	6.4	6.4	6.4	5.1	85.4 (8 708)	106.8 (10 865)	
	760	785	89	8.7	8.7	8.7	9.7	106.4 (10 850)	133.0 (13 562)	
	910	935	101	10.6	10.6	10.6	11.9	127.4 (12 991)	159.3 (16 239)	
	1 070	1 100	114	12.7	12.7	12.7	14.2	149.8 (15 275)	187.3 (19 094)	
	1 220	1 250	127	15.5	15.5	15.5	17.1	170.8 (17 417)	213.5 (21 771)	
	1 370	1 405	140	19.1	19.1	19.1	21.8	191.8 (19 558)	239.8 (24 448)	
	1 520	1 561	155	22.8	22.8	22.8	26.0	212.8 (21 670)	266.0 (27 124)	
	1 830	1 880	185	28.2	28.2	28.2	32.3	256.2 (26 125)	320.3 (32 656)	
	2 130	2 186	215	34.6	34.6	34.6	37.8	298.2 (30 408)	372.8 (38 010)	
	2 440	2 506	245	42.0	42.0	42.0	47.0	341.6 (34 833)	427.0 (43 542)	
	3 050	3 131	305	53.8	53.8	53.8	54.2	427.0 (43 542)	533.8 (54 427)	

- D.2.2.** A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, el acero de refuerzo será de alta resistencia, de alto carbono, sin recubrimiento y relevado de esfuerzos, obtenido por el proceso de estirado en frío, con límite de fluencia mínimo de cuatrocientos veintiocho (428) megapascales (4 200 kg/cm²), en la cantidad necesaria para cumplir con el área de acero indicada en las Tablas 1 a 4 de esta Norma. Cuando se utilice acero con límite de fluencia mayor, el área de refuerzo circular indicada en las Tablas mencionadas, se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$A_m = A_n (4\ 200 / f'_y)$$

Donde:

A_m = Nueva área de acero calculada

A_n = Área de acero con límite de fluencia de cuatrocientos veintiocho (428) megapascales, (4 200 kg/cm²)

f'_y = Límite de fluencia del acero a utilizar

- D.2.3.** El fabricante puede proponer diseños distintos a los indicados en las Tablas 1 a 4 de esta Norma, presentando a la consideración de la Secretaría un estudio técnico que los justifique. Cuando se propongan diámetros distintos a los contenidos en la misma Tabla, las cargas que deberán resistir los tubos propuestos, se determinarán utilizando las siguientes expresiones:

$$C_g = (D \times F_g) / 1\ 000$$

$$C_m = (D \times F_m) / 1\ 000$$

Donde:

C_g = Carga a la primera grieta, (kN/m)

C_m = Carga máxima, (kN/m)

D = Diámetro nominal del tubo, (mm)

F_g = Factor para la carga a la primera grieta, (N/[m·mm])

F_m = Factor para la carga máxima, (N/[m·mm])

Los valores de F_g y F_m se obtienen de la Tabla 5 de esta Norma. El espesor de pared y el refuerzo circular y elíptico se calculan por interpolación.

TABLA 5.- Factores para el cálculo de la resistencia

Clase	F_g	F_m
	N/(m·mm) (kg/[m·mm])	N/(m·mm) (kg/[m·mm])
1	50 (5,1)	75 (7,6)
2	65 (6,6)	100 (10,2)
3	100 (10,2)	150 (15,3)
4	140 (14,3)	175 (17,8)

- D.2.4.** En la campana y cuerpo de todos los tubos y en la espiga de aquellos con diámetro mayor a setenta y seis (76) centímetros, se colocará acero de refuerzo en forma de anillos y de barras longitudinales.
- D.2.5.** Las capas de refuerzo circulares estarán unidas rígidamente a varillas longitudinales, para mantener su forma y posición correctas dentro del molde.
- D.2.6.** Si el refuerzo circular simple se sustituye por uno de doble capa, la separación entre capas no será mayor que el diámetro del acero empleado en la capa simple (refuerzo interior) más seis (6) milímetros. Las dos capas deben ligarse para formar un sólo armazón y los requisitos de traslape, soldadura y colocación, serán los mismos, considerando lo indicado en los Incisos D.2.7. a D.2.9. de esta Norma.
- D.2.7.** En los tubos de noventa y un (91) centímetros de diámetro o mayor, las áreas de acero en la campana y en la espiga, serán iguales al área de refuerzo interior del cuerpo del tubo. Las tolerancias para la colocación del acero de refuerzo serán las indicadas en la Fracción D.4. de esta Norma.
- D.2.8.** En las uniones traslapadas del acero de refuerzo y en la separación de los anillos, se tomará en cuenta lo siguiente:
- D.2.8.1.** En varillas corrugadas y alambre corrugado estirado en frío, el traslape no será menor de veinte (20) veces su diámetro.
- D.2.8.2.** En varillas lisas y alambre liso estirado en frío, el traslape no será menor de cuarenta (40) veces su diámetro.

- D.2.8.3.** En mallas de alambre prefabricadas, el traslape no será menor de un módulo.
- D.2.8.4.** Se vigilará que no se deteriore la continuidad del acero de refuerzo, durante la fabricación del tubo.
- D.2.9.** En las uniones soldadas del acero de refuerzo y en la separación de los anillos, se tomará en cuenta lo siguiente:
- D.2.9.1.** Cuando se trate de refuerzo helicoidal en el que se permita el procedimiento de soldadura a presión para varillas y alambres, la unión tendrá por lo menos el setenta y cinco (75) por ciento de la resistencia mínima de proyecto para el acero.
- D.2.9.2.** Cuando las uniones se hagan en traslape, la longitud mínima será de cinco (5) centímetros y la unión tendrá por lo menos el cincuenta (50) por ciento de la resistencia mínima de proyecto para el acero.
- D.2.9.3.** En tubos con espesor de pared de diez (10) centímetros o menos, la separación centro a centro de los anillos de refuerzo adyacentes, no excederá de diez (10) centímetros. En tubos de pared más gruesa, la separación no será mayor que su espesor y en ningún caso, excederá de quince (15) centímetros.
- D.2.10.** La variación máxima en la posición del acero de refuerzo, no será mayor del diez (10) por ciento del espesor de la pared del tubo o de uno coma tres (1,3) centímetros, lo que sea mayor.
- D.2.11.** Cuando se use una capa de refuerzo circular o de refuerzo elíptico, el área de acero no será menor del noventa y siete (97) por ciento de las indicadas para el refuerzo interior o el elíptico en las Tablas 1 a 4 de esta Norma, según corresponda.
- D.2.12.** Cuando se usen dos capas de refuerzo circular, el área del acero de la capa interior no debe ser menor del ochenta y cinco (85) por ciento del área de refuerzo elíptico para el mismo diámetro de tubo, y el área de acero de la capa exterior, no debe ser menor del sesenta y cuatro (64) por

ciento del área de refuerzo elíptico para el mismo diámetro de tubo, además de que el área total de acero de las dos capas de refuerzo circular, no debe ser menor que el ciento cincuenta y tres (153) por ciento del área de acero de dicha capa de refuerzo elíptico.

D.3. ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

- D.3.1. En tubos con espesor de pared menor de seis coma cuatro (6,4) centímetros y refuerzo circular simple, el recubrimiento será de uno coma tres (1,3) centímetros como mínimo, medidos a partir de su superficie interior.
- D.3.2. En tubos con espesor de pared de seis coma cuatro (6,4) centímetros o mayor y refuerzo circular simple, el recubrimiento será del treinta y cinco (35) al cincuenta (50) por ciento de su espesor.
- D.3.3. En tubos con doble capa de refuerzo circular, el recubrimiento será de dos coma cinco (2,5) centímetros en cada capa.
- D.3.4. En tubos con espesor de pared de seis coma cuatro (6,4) centímetros o mayor y refuerzo elíptico, el recubrimiento mínimo será de dos coma cinco (2,5) centímetros.

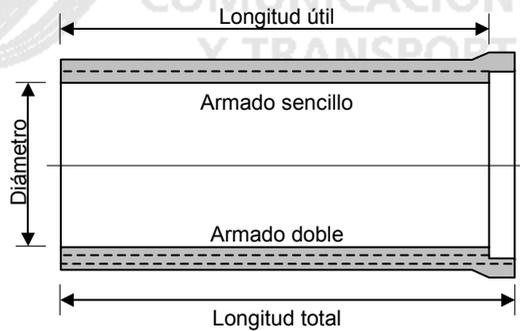
D.4. DIMENSIONES

- D.4.1. Las variaciones permisibles para los diámetros interiores de tubos de concreto con refuerzo serán las indicadas en la Tabla 6 de esta Norma (ver Figura 1).
- D.4.2. El espesor de la pared del tubo no será menor que el indicado en las Tablas 1 a 4 de esta Norma, en más de cinco (5) por ciento o de cinco (5) milímetros, lo que sea mayor. Se pueden aceptar variaciones locales mayores, siempre y cuando se cumpla con el recubrimiento del acero y satisfagan los requisitos de resistencia.
- D.4.3. La diferencia entre dos mediciones de longitud del tubo hechas en puntos diametralmente opuestos, no debe ser mayor de un (1) centímetro por cada metro de diámetro, con un máximo de uno coma cinco (1,5) centímetros para cualquier diámetro, excepto cuando la Secretaría ordene que los tubos se fabriquen con extremos en corte diagonal o curvo.

TABLA 6.- Variación permisible en diámetro interno de tubos de concreto hidráulico con refuerzo

Unidades en cm

Diámetro interno	Tolerancia
30	+1,0
38	+1,5
45	+1,5
61	+2,0
76	+2,5
91	+2,5
107	+3,0
122	+3,0
137	+3,5
152	+4,1
165	+4,5
183	+5,0
213	+5,6
244	+6,6
305	+8,1
345	+9,0
360	+9,5



Tubo con sección de campana

FIGURA 1.- Tubos de concreto con refuerzo

D.4.4. La longitud del tubo respecto a la de proyecto, no será mayor de un (1) centímetro por metro, con un máximo de uno coma cinco (1,5) centímetros para cualquier longitud.

D.5. GEOMETRÍA

- D.5.1.** Los tubos serán rectos, con una variación no mayor de un (1) centímetro por cada metro de longitud total.
- D.5.2.** Los planos de los extremos de los tubos serán paralelos entre sí y perpendiculares a su eje longitudinal.
- D.5.3.** Las conexiones sesgadas tendrán un extremo cortado a un ángulo de cuarenta y cinco (45) grados con respecto a su eje longitudinal.

D.6. ACABADO

- D.6.1.** La superficie interior de los tubos será lisa y regular. Además, el acabado en sus extremos deberá permitir una junta continua y uniforme al ser unido con otra pieza.
- D.6.2.** Las articulaciones tendrán un acabado tal que se logre una unión efectiva para evitar filtraciones.
- D.6.3.** Las bifurcaciones tendrán macho y hembra en sus extremos cortados en un ángulo de aproximadamente cuarenta y cinco (45) grados con respecto al eje longitudinal.
- D.6.4.** Las conexiones “T” y “doble T” tendrán su eje perpendicular al eje longitudinal del tubo. Las ramificaciones “Y” y “doble Y” tendrán sus ejes aproximadamente a cuarenta y cinco (45) grados con respecto al eje longitudinal del tubo.
- D.6.5.** El tubo estará libre de fracturas, roturas y ampollas grandes o profundas, laminaciones y rugosidades.
- D.6.6.** No deberán presentar defectos de ajuste en las conexiones con piezas especiales, ni fallas que indiquen mal acomodo del concreto.
- D.6.7.** Únicamente cuando lo indique el proyecto o lo apruebe la Secretaría, se dejará un máximo de dos agujeros en las paredes de los tubos para facilitar su manejo.

D.7. RESISTENCIA

La resistencia de los tubos de concreto con refuerzo, según su clase, cumplirá con lo establecido en las Tablas 1 a 4 de esta Norma.

D.8. ABSORCIÓN

La absorción de los tubos no deberá exceder de nueve (9) por ciento con respecto a su masa seca.

D.9. PERMEABILIDAD

Los tubos no deberán mostrar ninguna mancha de humedad en su superficie al ser sometidos a la prueba de permeabilidad.

E. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Con el propósito de evitar el deterioro de los tubos de concreto con refuerzo antes de su utilización, se tendrá cuidado en su transporte y almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

- E.1.** Los tubos de concreto con refuerzo serán almacenados y transportados apilándolos con su mayor dimensión en forma horizontal. Cuando tengan un extremo en campana, se apilarán de tal forma que los extremos macho y hembra queden alternados, evitando así desportilladuras.
- E.2.** El número de filas apiladas será tal que no se produzcan grietas o desportilladuras en los tubos de las filas inferiores.
- E.3.** Se colocarán cuñas para evitar que los tubos rueden, especialmente al ser transportados.

F. CRITERIOS PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO

Para que un tubo de concreto con refuerzo sea aceptado por la Secretaría, es necesario que cumpla con todos y cada uno de los requisitos de calidad indicados en esta Norma, según el tipo de tubo establecido en el proyecto. Además, con objeto de controlar la calidad de los tubos, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias, en muestras obtenidas como se establece en el Manual

M-MMP-3-01-001, *Muestreo de Tubos de Concreto*, para verificar las dimensiones, geometría y acabados de dichos tubos, así como determinar la resistencia, absorción y permeabilidad de los mismos, mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Todas las pruebas se harán en el número y con la periodicidad que se establezca en el proyecto, entregando a la Secretaría los resultados en la forma que ésta lo indique.

En todo momento la Secretaría puede verificar que los tubos suministrados cumplan con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

