

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Agosto ■ 2012



imcyc®

EDITADO POR EL INSTITUTO
MEXICANO DEL CEMENTO Y
DEL CONCRETO, A.C.



Tubos de concreto
presforzado sin
cilindro de acero para
conducción y
distribución de agua
a presión,
**especificaciones
y métodos
de ensayo.**

Segunda parte

60

SECCIÓN
COLECCIONABLE

Tubos de concreto presforzado sin cilindro de acero para conducción y distribución de agua a presión, especificaciones y métodos de ensayo.

Segunda parte

En este resumen se presenta la Norma mexicana NMX-C-252-ONNCCE-2011. El lector puede aprovechar la siguiente información para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma. Sin embargo, este texto no reemplaza al estudio indispensable de la Norma.

Permeabilidad:

Objetivo del ensayo

Determinar la permeabilidad del revestimiento en concreto o del mortero sobre el producto terminado por medios no destructivos. El ensayo está destinado a medir la cantidad de agua absorbida bajo presión constante.

Equipo:

- Casco con una superficie de apoyo fija sobre la superficie exterior del tubo, este casco debe contar con un orificio para obtener una superficie de contacto directa del agua con la superficie del tubo, (Fig. 5).
- Un tubo de vidrio transparente, fijado dentro de una cámara, provista de un manómetro de capacidad mínima de $4,0 \text{ kg/cm}^2$.
- Un tanque de oxígeno con regulador para aplicar presión constante de $300 \text{ kPa} \pm 20 \text{ kPa}$.
- $(3,0 \text{ kg/cm}^2 \pm 0,2 \text{ kg/cm}^2)$.
- Agua coloreada, de tal manera que permita observar la cantidad de agua consumida por la absorción en el concreto.
- Cronómetro que mida también horas.

El líquido probador es el agua, a la cual se le debe agregar un poco de fluoresceína u otro tipo de material similar, con la finalidad de facilitar la toma de las lecturas. Estos productos no deben dejar mancha sobre el concreto.

Desarrollo:

Se debe instalar el aparato sobre el tubo a analizar y sujetarlo firmemente a través de eslingas, cables o tensores. El tubo sujeto al ensayo debe tener por lo menos 15 días de edad. El ensayo se realiza en forma continua durante 6 hrs. Debe llenarse hasta la parte superior del nivel visible del tubo de vidrio con el agua coloreada con fluoresceína u otro material. Habrá que subir la presión; verificar que no existan fugas de agua. En caso de existir, hay que suprimir la presión del aparato y verificar su colocación. Se debe repetir lo anterior hasta que no existan fugas.

Durante las 5 hrs. posteriores anotar cada media hora el nivel del agua para la medición de la permeabilidad. La presión debe mantenerse constante en $300 \text{ kPa} \pm 20 \text{ kPa}$ ($3,0 \text{ kg/cm}^2 \pm 0,2 \text{ kg/cm}^2$) hasta cumplir las 6 hrs. totales del ensayo. Al final del ensayo se retira el aparato y se determina el área (en cm^2) de la superficie sometida al ensayo; esto se puede hacer con papel milimétrico, calibrador vernier u otros medios. La curva del ensayo es establecida en función del tiempo en el volumen absorbido en cm^2 (área de contacto para todas las mediciones realizadas a cada 30 min).

Resultados de los ensayos:

Los resultados de los ensayos deben estar expresados en cm^3 (valor de agua absorbido) sobre cm^2 (área de contacto) para todas las mediciones realizadas durante cada 30 min.

Criterios de aceptación para el ensayo de permeabilidad:

Un ensayo es satisfactorio cuando combina con el siguiente criterio: La relación no debe ser mayor de $0,15 \text{ cm/hr.}$ para el periodo comprendido entre los 121 min y 180 min de ensayo. Si esta condición no se satisface durante este periodo, el reporte debe determinarse entonces por los periodos posteriores de 121 min, 240 min, 300 min, 360 min, 420 min, 480 min..., hasta que esta condición sea cumplida. Si esta

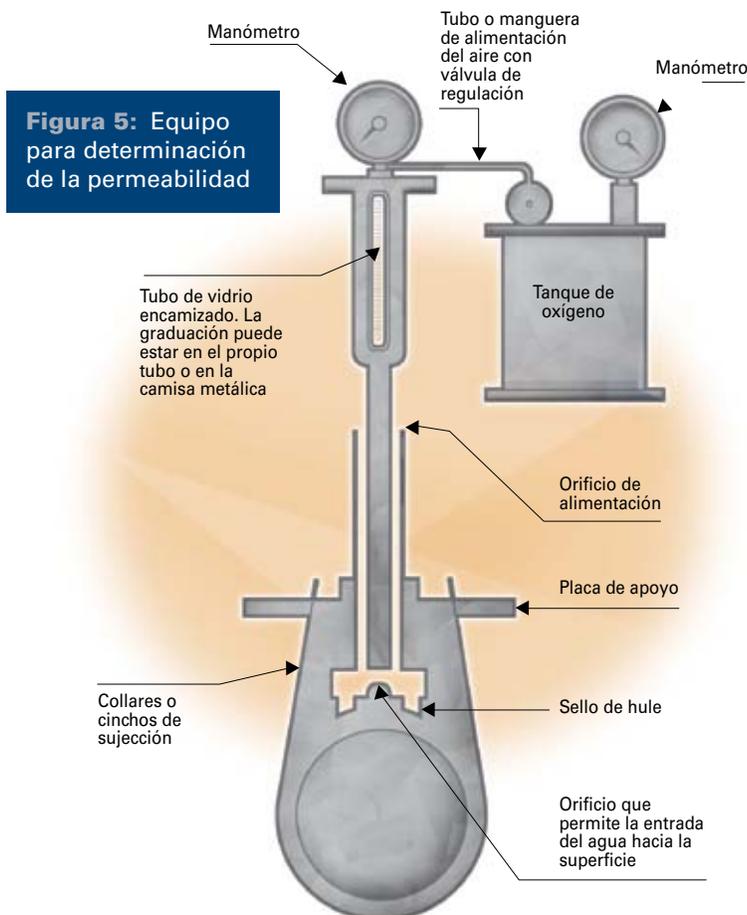


Figura 5: Equipo para determinación de la permeabilidad

Figura 6: Posición del tubo durante el ensayo.

condición no es cumplida en los 480 min, el tubo no satisface el ensayo.

Evaluación de los resultados:

Para la evaluación de los resultados se consideran como:

- Ensayos críticos: la prueba hidrostática.
- Ensayos mayores: la absorción del concreto y la permeabilidad.
- Ensayos menores: las dimensiones y el acabado.

Si en los ensayos críticos y mayores los defectos son menores que uno, el producto para este tipo de especificaciones se considera que se cumple.

Marcado:

- Nombre del fabricante o marca o logotipo en lados opuestos exteriores del cuerpo de cada tubo.
 - Designación de la Norma (NMX-C-252-0NNCCE)
 - Diámetro nominal (Dn).
 - Presión de trabajo.
 - La identificación de la planta (en caso de ser más de una por fabricante de tubos).
 - La leyenda "Hecho en (escribir el país de origen)".
 - Lote y fecha de fabricación.
- Cualquier otra marcación debe ser indicada por el cliente y por escrito.

Concordancia con normas internacionales:

Esta norma no coincide con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna en el momento de su elaboración.

Vigencia:

La presente norma mexicana entra en vigor a los sesenta días naturales siguientes a su declaratoria de vigencia publicada en el *Diario Oficial de la Federación* por parte de la Secretaria de Economía (SE).

Apéndice informativo:

Métodos de ensayo para tubería instalada

En este apéndice encontramos los ensayos a que se somete la tubería para conocer sus características de desempeño en sitio.

Ensayo hidrostático de la tubería instalada:

Para efectos de este ensayo se debe tomar en consideración el equipo indicado en esta norma. Luego se procede a aplicar la presión hidrostática en el tramo por ensayar. La medición de la presión se debe realizar sobre la punta de la tubería de cota más baja, la cual debe ser igual al 115% de la presión de trabajo, durante un tiempo mínimo de 24 h. Para mantener la presión de ensayo después de saturada la tubería normalmente es necesario añadir agua. El volumen requerido de agua no debe exceder de 6 litros por Pa (1,033 kg/cm²) de presión interna por centímetro de diámetro y por kilómetro de línea en 24 horas.

Resistencia al aplastamiento:

Las cargas para el ensayo de aplastamiento se definen considerando las condiciones del proyecto en

donde se emplean los tubos. Este método de ensayo se realiza de común acuerdo entre fabricante y cliente con base en lo siguiente:

Equipo:

Máquina –o dispositivo manual– en el que los movimientos del cabezal de carga se apliquen con una velocidad uniforme de no menos de 7.3 kN/m ni más de 36.5 kN/m de tubo por minuto (no menos de 745 kg/m ni más de 3 720 kg/m de tubo, por minuto). Debe ser rígida, de tal manera que la distribución de la carga no se afecte de forma apreciable, por la deformación o la cedencia de cualquier parte.

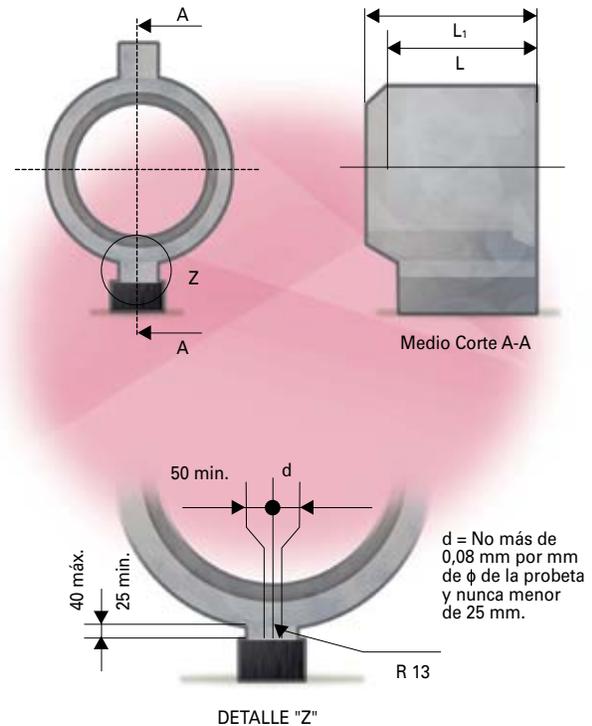
El tubo se soporta sobre dos tiras longitudinales paralelas que se extienden en la longitud total de éste; la carga se aplica a través de una pieza de carga en la parte superior que también se extiende en la longitud total del tubo (Fig. 6). Debe diseñarse de manera que la carga se distribuya con relación al centro de la longitud total del tubo (Fig. 2, de la primera parte de este artículo, en la edición anterior).

Como opción del fabricante, el centro de la carga se puede aplicar en cualquier punta de la longitud total del tubo. La carga puede aplicarse ya sea en un solo punto o en puntos múltiples, dependiendo de la longitud del tubo y de la rigidez del marco de ensayo. Los múltiples puntos de aplicación de carga superior permiten el uso de tiras delgadas sin deflexión, por lo que el equipo debe contar con la calibración vigente al momento de efectuar el ensayo, y dicha calibración; además, debe ser otorgada por un laboratorio acreditado.

Apoyos inferiores:

Los apoyos en donde se debe soportar el tubo deben ser dos tiras de madera dura o de hule endurecido, rectas y deben tener una sección transversal de no menos de 50 mm de ancho y no menos de 25 mm, ni más de 40 mm de espesor y tener, en la parte superior, las esquinas interiores redondeadas. Las tiras de hule endurecido deben tener una dureza Shore A de no menos de 45 ni más de 60; deben contar con una sección transversal rectangular que tenga un ancho de no menos de 50 mm y un espesor de no menos de 25 mm ni más de 40 mm y con la esquina interior superior redondeada.

Las tiras del apoyo inferior deben estar fijas a una pieza de madera o de acero -o directamente a una base de concreto- la cual debe proporcionar suficiente resistencia y rigidez para permitir la aplicación de la carga máxima. Los lados interiores verticales de las tiras deben ser paralelos, y estar separados a



una distancia de no más de 0.08 mm por milímetro de diámetro exterior del tubo. Las caras de carga de las tiras del apoyo inferior deben tener una superficie plana que no varíe en más de 0.003 mm por mm en el largo, bajo carga.

Soporte superior de carga:

Debe ser una pieza de madera dura con una tira de hule; la pieza de madera debe ser sana y recta de extremo a extremo. Debe estar fija a una pieza de acero o madera, con dimensiones tales que las deflexiones bajo la carga máxima no sean mayores de $1/720$ de la longitud del tubo. Cuando se use una tira de hule duro sobre la cara de carga, debe tener una dureza *Shore A* de no menos de 25 ni más de 40 y debe asegurarse a la pieza de madera de tal forma que se cumplan los requisitos anteriores. Por acuerdo mutuo entre el fabricante y el comprador, antes del ensayo puede colocarse un "cabeceo" de emplasto de yeso -u otro material- que no exceda de 25 mm de espesor, sobre la superficie de los soportes superior e inferior.

Procedimiento:

Se coloca el tubo sobre las dos tiras de apoyo inferiores, de tal forma que el tubo descansa firme y de manera uniforme en la mayor parte del apoyo de cada tira, en la longitud total de la pared de la probeta.

Se marcan los dos extremos de la probeta en una punta, a la mitad entre las tiras de apoyo y la punta diametralmente opuestas en cada extremo.

Después de colocar el tubo en la máquina sobre las tiras inferiores, se alinea simétricamente el apoyo superior. Se aplica la carga a la velocidad indicada en el punto A.2.1., hasta que aparezcan grietas de 0.25 mm de ancho, o bien si se alcanza una carga de resistencia máxima, según se especifique. No es necesario que la velocidad de carga especificada se mantenga después que se ha alcanzado la carga correspondiente a la aparición de la grieta de 0.25 mm.

La carga correspondiente a las grietas de 0.25 mm es la máxima carga aplicada al tubo antes de que

tenga una grieta con un ancho de 0.25 mm, medida a intervalos fijos, y que ocurre en un tramo de 300 mm o más. Se considera la grieta de 0.25 mm de ancho cuando en el punto de medida penetra un calibrador, sin forzarlo, de 1.58 mm de grueso, a intervalos fijos en una distancia específica de 300 mm. Se mide el ancho de la grieta mediante un calibrador con hoja de acero de 0.254 mm de espesor apoyando en puntos de 1.6 mm de ancho con esquinas rígidas y con un desván de 0.25 mm por mm (Fig. 7). La carga máxima se alcanza cuando el tubo no soporta ningún incremento de carga.

Cálculos:

La resistencia de ruptura en kg/m o en kN/m se debe calcular midiendo la carga total sobre el tubo entre la longitud *L*. Para tubos machihembrados en la longitud *L* debe incluirse ya sea la longitud del macho o de la hembra, la que sea mayor.

Apéndice informativo II:

Materiales empleados en la fabricación de tubos de concreto

Este apéndice proporciona algunas de las características de los materiales a emplear en la fabricación de tubos de concreto, tales como: cemento, anillos de hule, acero de refuerzo, etc., los cuales, por la característica de desempeño de la presente norma, no se incluyeron en el cuerpo de la misma.

Cemento:

El cemento utilizado en la elaboración del concreto con que se fabrican los tubos, debe cumplir con las especificaciones indicadas en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE. Cuando se utilicen agregados que sean identificados como "potencialmente reactivos o reactivos con los álcalis del cemento", es necesario utilizar además un cemento con la característica especial BRA (Baja Reactividad Alkali-Agregado).

Agregados:

Los agregados deben cumplir con las especificaciones indicadas en la Norma Mexicana NMX-C-111-ONNCCE de modo que, debidamente proporcionados con la cantidad especificada de cemento y agua, se obtenga un concreto de la calidad adecuada y así garantizar una pared sólida, compacta y homogénea, y con una superficie interior lisa. Los agregados no deben de ser reactivos con los álcalis contenidos en el cemento empleado en la fabricación, comprobable con las especificaciones indicadas en las normas mexicanas NMX-C-271-ONNCCE, NMX-C-180-ONNCCE, NMX-C-265-ONNCCE y NMX-C-272-ONNCCE o algún otro método normalizado. Cabe decir que los agregados deben de contener un máximo de sulfatos del 0.10%, expresados como ion sulfato, y cloruros con un máximo del 0.06%

Agua

El agua utilizada en la elaboración del concreto y para el curado de los tubos, debe cumplir con las

Figura 7: Calibrador.



especificaciones indicadas en la Norma Mexicana NMX-C-122-ONNCCCE. La evidencia del cumplimiento de este apartado debe ser mediante informes proporcionados por un laboratorio, de preferencia acreditado. La frecuencia debe estar establecida en los documentos del sistema de calidad del proceso de manufactura del fabricante.

Aditivos:

Se prohíbe el uso de aditivos que contengan cloruros. El uso de aditivos es responsabilidad del fabricante de los tubos. El aditivo que se utilice debe cumplir con las especificaciones indicadas en la norma mexicana NMX-C-255-ONNCCCE. La frecuencia debe estar establecida en los documentos del sistema de calidad del proceso de manufactura del fabricante.

Acero para presfuerzo:

Todo el acero –tanto para presfuerzo, como para refuerzo– debe de estar libre de escamas, aceites, grasas y herrumbre. El alambre para el presfuerzo debe ser de acero de alta resistencia y cumplir con las especificaciones indicadas en la norma mexicana NMX-B-293-CANACERO.

Las mallas de alambre para refuerzo del concreto en los tubos deben cumplir con las especificaciones indicadas en la norma mexicana NMX-B-290-CANACERO. Esto se verifica mediante informes proporcionados por el laboratorio del fabricante del acero, o informes de un laboratorio, acreditado con preferencia en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. La frecuencia debe estar establecida en los documentos del sistema de calidad del proceso de manufactura del fabricante. NMX-C-252-ONNCCCE-2011.

Apéndice informativo III:

Preparación para protección catódica

Todos los tubos deben quedar preparados para que, en caso de ser necesario, se pueda utilizar algún método de protección catódica mediante la colocación de una o varias tiras de acero del espesor y el ancho convenientes, libres de impurezas, y presentar una superficie limpia, que haga un buen contacto con el alambre de presfuerzo.

Las tiras deben ser colocadas a lo largo del tubo, fijadas por el zunchado, a fin de tener continuidad eléctrica con todas las espiras en esta operación. Estas tiras deben estar provistas de uno o más conectores adecuados para conectarse con un sistema de protección catódica. 

Bibliografía:

NOM- 008-SCFI Sistema General de Unidades de Medida.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 2002, México.
NMX-B-018 Varillas corrugadas y lisas, de acero, procedentes de riel para refuerzo de concreto, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1988, México.
NMX-B-072-CANACERO Industria Siderúrgica Varilla Corrugada de acero, grado 60, laminada en frío para refuerzo de concreto-Especificaciones y Métodos de prueba alambre

corrugado de acero, laminado en frío para refuerzo de concreto, Cámara Nacional del Hierro y del Acero, 2006, México.

NMX-B-253-CANACERO Industria Siderúrgica-Alambre de acero liso o corrugado para refuerzo de concreto-Especificaciones y Métodos de Prueba, Cámara Nacional del Hierro y del Acero, 2006, México.

NMX-B-294 Industria Siderúrgica-Varillas corrugadas de acero, torcidas en frío, procedentes de lingote palanquilla, para refuerzo de concreto. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1986, México.

NMX-C-122-ONNCCCE Industria de la Construcción-Agua para concreto-Especificaciones, ONNCCCE, 2004, México.

NMX-C-155-ONNCCCE Industria de la Construcción-Concreto-Concreto hidráulico industrializado-Especificaciones, ONNCCCE, 2004, México.

NMX-C-407-ONNCCCE Industria de la construcción-Varilla corrugada de acero proveniente de lingote y palanquilla para refuerzo de concreto-Especificaciones y Métodos de Prueba, ONNCCCE, 2001, México.

UNE-EN642 Tubos de presión de hormigón pretensado, con y sin camisa de chapa, incluyendo juntas, accesorios y prescripciones particulares relativas al acero de pretensar para tubos, AENOR, 1995, Unión Europea.

ASTM-A-227/A227M Standard Specification for Steel Wire, Cold-Drawn for Mechanical Springs, ASTM International, 2006 (2011), Estados Unidos.

ASTM-A-414/A 414M Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, for Pressure Vessels, ASTM, International, 2007, Estados Unidos.

ASTM-A-421/A 421M Standard Specification for Uncoated Stress-Relieved Steel Wire for Prestressed Concrete, ASTM International, 2005, Estados Unidos.

ASTM-A-496/A 496M Standard Specification for Steel Wire, Deformed for Concrete Reinforcement-ASTM International, 2007, Estados Unidos.

ASTM-A-615/A 615M Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement, ASTM International, 2009b, Estados Unidos.

ACI-214 Practice for evaluation for compression test results of field concrete, American Concrete Institute, 1989, Estados Unidos.

AWWA-C-301 Prestressed Concrete Pressure Pipe, Steel-Cylinder Type, for Water and Other Liquids, American Water Works Association, 2007, Estados Unidos.

Referencias:

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes:

NMX-B-290-CANACERO Industria siderúrgica –Malla electrosoldada de acero liso o corrugado para refuerzo de Concreto-Especificaciones y métodos de prueba.

NMX-B-293 Alambre sin recubrimiento, relevado de esfuerzos, para usarse en concreto presforzado.

NMX-C-083 Industria de la Construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a la compresión de Cilindros de concreto-Método de prueba.

NMX-C-111-ONNCCCE Industria de la Construcción-Agregados para Concreto Hidráulico-Especificaciones y Métodos de prueba.

NMX-122-ONNCCCE Industria de la Construcción-Agua para concreto-Especificaciones.

NMX-C-160 ONNCCCE Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.

NMX-C-180-ONNCCCE Industria de la Construcción-Cementos hidráulicos –Determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis de cementantes hidráulicos por medio de barras de mortero.

NMX-C-265-ONNCCCE Industria de la Construcción-Agregados para concreto hidráulico-Examen petrográfico-Método de prueba.

NMX-C-271 –ONNCCCE Industria de la Construcción-Agregados para concreto-Determinación de la reactividad Potencial (Método químico).

NMX-C-272- ONNCCCE Industria de la Construcción-Agregados-Reactividad potencial de rocas de carbonatos en agregados para concreto con los álcalis (Método del cilindro de roca).

NMX-C-412 –ONNCCCE Industria de la Construcción-Anillos de hule empleados como empaque en las juntas de tuberías y elementos de concreto para drenaje en los sistemas de alcantarillado hermético.

NMX-C-414 –ONNCCCE Industria de la Construcción-Cementos hidráulicos -Especificaciones y métodos de ensayo.

Nota: Tomado de la Norma Mexicana NMX-C-252-ONNCCCE-2011. Industria de la Construcción. Tubos de Concreto Presforzado sin Cilindro de Acero para Conducción y Distribución de Agua a Presión. Especificaciones y métodos de ensayo. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas con agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: normas@mail.onnccce.org.mx, o al teléfono 5663 2950, de México, DF.