

LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS

TÍTULO: 03. Acero y Productos de Acero

CAPÍTULO: 002. Acero de Presfuerzo para Concreto Hidráulico

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los requisitos de calidad del acero de presfuerzo (torón) compuesto de siete alambres sin recubrimiento, relevado de esfuerzos que se utilice en estructuras de concreto pretensadas o postensadas.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

El acero de presfuerzo es un cable denominado *torón*, compuesto de seis alambres dispuestos en forma helicoidal sobre uno central, con un paso uniforme no menor de doce ni mayor de dieciséis veces el diámetro nominal del torón. Los torones se clasifican en dos grados según su resistencia última mínima, como se indica en la Tabla 1 de esta Norma.

TABLA 1.- Clasificación de los torones según su resistencia última

Grado	Resistencia última MPa (kg/cm²), mínimo
176	1 725 (17 590)
190	1 860 (18 967)

C. REFERENCIAS

Es referencia de esta Norma, la norma ASTM E328-02, *Standard Test Methods for Stress Relaxation Tests for Materials and Structures*.

Además, esta Norma se complementa con los siguientes:

MANUALES	DESIGNACIÓN
Muestreo de Materiales y Productos de Acero.....	M-MMP-2-03-001
Resistencia a la Tensión de Productos Metálicos.....	M-MMP-2-03-002

D. REQUISITOS QUÍMICOS

El material para la fabricación de los torones será acero al carbono. Debido a que los torones se producen básicamente por sus propiedades mecánicas, no se especifica la composición química de los alambres y por consiguiente no es necesario identificar la colada, ya que es posible que se requieran alambres provenientes de diferentes coladas, para fabricar el paquete o rollo. La verificación de los torones consistirá en identificar los rollos o carretes como los suministra e informa el fabricante.

E. REQUISITOS FÍSICOS

E.1. El acero será de calidad tal que cuando sea estirado en frío para formar alambre redondo con el diámetro nominal requerido y posteriormente sometido a un proceso de fabricación para formar el torón, relevado de esfuerzos después de torcerse, tendrá las propiedades y características indicadas en esta Norma.

E.2. Después de terminada la operación de torcido, todos los torones serán sometidos a un tratamiento térmico continuo de relevado de esfuerzos, para obtener las propiedades mecánicas exigidas.

E.3. ACABADO

E.3.1. El alambre para la fabricación del torón tendrá un acabado común estirado en frío.

E.3.2. Los torones tendrán un diámetro uniforme, sin defectos perjudiciales.

E.3.3. Cuando el torón se corte, sin sujetadores, los alambres no deben quedar fuera de su posición. Cuando uno o varios alambres queden fuera de su posición y sea posible acomodarlos manualmente, el torón se considerará como satisfactorio.

E.3.4. A menos que el proyecto o la Secretaría especifiquen lo contrario, no se aceptarán juntas ni traslapes en la longitud total de los torones.

- E.3.5.** Durante el proceso de fabricación de los alambres individuales para fabricar el torón, se permitirá la soldadura antes del tratamiento térmico de patentado o en la última etapa de patentado del alambre, antes del estirado final.
- E.3.6.** Durante la fabricación del torón, pueden hacerse juntas soldadas a tope en los alambres individuales, previendo que no exista más de una (1) junta en cualquier tramo de cuarenta y cinco (45) metros de torón terminado. Cuando el proyecto o la Secretaría especifiquen *torón sin uniones soldadas*, se proporcionará un producto libre de soldadura.
- E.3.7.** No se permitirá que los torones estén aceitados o engrasados; la oxidación no será motivo de rechazo siempre que ésta no haya causado picaduras visibles a simple vista.

E.4. DIMENSIONES

- E.4.1.** El torón terminado se clasifica con el diámetro nominal, en milímetros, como se indica en la Tabla 2 de esta Norma, con una tolerancia para los torones grado 176, de más menos cero coma cuarenta ($\pm 0,40$) milímetros y para grado 190, de más cero coma sesenta y seis (+0,66) a menos cero coma quince ($-0,15$) milímetros; dicho diámetro será medido como se muestra en la Figura 1.

TABLA 2.- Diámetro nominal, diferencia mínima entre alambre central y alambres exteriores, área nominal, masa nominal

Diámetro nominal del torón mm	Diferencia mínima entre el diámetro del alambre central y el diámetro de cualquier alambres exterior mm	Área nominal del torón mm ²	Masa nominal kg/m
Grado 176			
6,35	0,025	23,22	0,182
7,94	0,038	37,42	0,294
9,52	0,051	51,61	0,405
11,11	0,063	69,68	0,548
12,70	0,076	92,90	0,730
15,24	0,102	139,35	1,094
Grado 190			
9,52	0,051	54,84	0,432
11,11	0,063	74,19	0,582
12,70	0,076	98,71	0,775
15,24	0,102	140,00	1,102

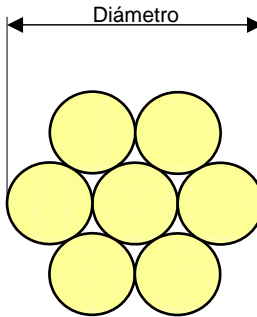


FIGURA 1.- Sección transversal del torón

E.4.2. El diámetro del alambre central de cualquier torón, será mayor que el diámetro de cualquiera de los seis (6) alambres exteriores que lo constituyen, conforme a lo indicado en la Tabla 2 de esta Norma.

E.4.3. El área nominal del torón terminado será la que se indica en la Tabla 2, según su diámetro nominal. Las variaciones en el área de la sección transversal, como consecuencia de la variación en el diámetro del torón, no serán motivo de rechazo, siempre y cuando las diferencias en el diámetro de los alambres individuales y el diámetro del torón estén dentro de las tolerancias indicadas en esa Tabla y en el Inciso E.4.1. de esta Norma.

E.4.4. Pueden emplearse torones relevados de esfuerzos o torones de bajo relajamiento con diámetros nominales hasta diecinueve (19,0) milímetros, siempre y cuando el proyecto o la Secretaría especifique la resistencia de ruptura, y que la resistencia de fluencia cumpla con lo indicado en el Inciso E.5.2. de esta Norma.

E.5. RESISTENCIA A LA TENSIÓN

E.5.1. La resistencia a la tensión del torón terminado, determinada de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-2-03-002, *Resistencia a la Tensión de Productos Metálicos*, cumplirá con los requisitos de resistencia a la ruptura indicados en la Tabla 3 de esta Norma.

TABLA 3.- Resistencia a la ruptura para torones

Unidades en N (kg)

Diámetro nominal del torón mm	Carga inicial	Carga mínima para alargamiento del 1 %	Resistencia a la ruptura mínima
Grado 176			
6,35	4 000 (408)	34 000 (3 466)	40 000 (4 077)
7,94	6 500 (663)	54 700 (5 576)	64 500 (6 575)
9,52	8 900 (907)	75 600 (7 706)	89 000 (9 072)
11,11	12 000 (1 223)	102 300 (10 428)	120 100 (12 242)
12,70	16 000 (1 631)	136 200 (13 884)	160 100 (16 320)
15,24	24 000 (2 446)	204 200 (20 815)	240 200 (24 485)
Grado 190			
9,52	10 200 (1 040)	87 000 (8 869)	102 300 (10 428)
11,11	13 800 (1 407)	117 200 (11 947)	137 900 (14 057)
12,70	18 400 (1 876)	156 100 (15 912)	183 700 (18 726)
15,24	26 100 (2 661)	221 500 (22 579)	260 700 (26 575)

E.5.2. El límite de fluencia mínimo del torón terminado, determinado por el método de deformación bajo carga para una deformación del uno (1) por ciento, no será menor del ochenta y cinco (85) por ciento de la resistencia de ruptura mínima indicada en la Tabla 3 de esta Norma, según su diámetro nominal.

E.6. ALARGAMIENTO

El alargamiento del torón terminado, determinado según se indica en el Manual M-MMP-2-03-002, *Resistencia a la Tensión de Productos Metálicos*, cumplirá con los valores indicados en esta Fracción, considerando lo siguiente:

E.6.1. El alargamiento total del torón bajo carga, será como mínimo del tres coma cinco (3,5) por ciento, con base a una longitud calibrada de seiscientos diez (610) milímetros.

E.6.2. Cuando las probetas que se rompan fuera de la zona calibrada y que cumplan con los valores mínimos establecidos, se considerará que satisfacen los requisitos de alargamiento.

- E.6.3.** Si se cumple con el requisito de alargamiento mínimo antes de la ruptura, no será necesario determinar el valor de alargamiento hasta la carga de ruptura.

F. REQUISITOS FÍSICOS ESPECIALES PARA TORONES DE BAJO RELAJAMIENTO

En caso de que el proyecto especifique torones de bajo relajamiento o así lo indique la Secretaría, las pruebas de relajamiento serán realizadas de acuerdo con lo indicado en la norma ASTM E328-02, *Standard Test Methods for Stress Relaxation Tests for Materials and Structures*, considerando lo siguiente:

F.1. PROPIEDADES DE RELAJAMIENTO

Los torones de bajo relajamiento cumplirán con los requisitos físicos descritos en esta Norma para torones relevados de esfuerzos, además de que el relajamiento, es decir, la pérdida de tensión después de mil (1 000) horas a una temperatura de veinte más menos dos (20 ± 2) grados Celsius, no será mayor de dos coma cinco (2,5) por ciento, cuando la carga inicial sea del setenta (70) por ciento de la carga de ruptura mínima especificada del torón, o no mayor de tres coma cinco (3,5) por ciento, cuando se cargue al ochenta (80) por ciento de la carga de ruptura mínima especificada.

F.2. CARGA DE FLUENCIA DE TORÓN DE BAJO RELAJAMIENTO

La carga de fluencia del torón de bajo relajamiento, no será menor de noventa (90) por ciento de la carga de ruptura mínima especificada en la Tabla 3 para torones relevados de esfuerzos.

G. MARCADO Y EMBALAJE

G.1. MARCADO

- G.1.1.** En la designación del torón deben incluirse, como mínimo, datos tales como nombre del material, grado, diámetro, longitud, tipo de embalaje, requisitos especiales si se requieren y la contraseña autorizada de cumplimiento con esta Norma.

G.1.2. Cada carrete o rollo de torón llevará dos (2) etiquetas resistentes, firmemente adheridas, en las que se indique la longitud, número de carrete, tamaño, grado, la contraseña autorizada de cumplimiento con esta Norma y el nombre o marca del fabricante. Una etiqueta deberá colocarse en el centro del carrete o rollo de forma que no se extravíe durante el traslado y la otra etiqueta deberá colocarse en la parte exterior donde sea accesible para una fácil identificación.

G.1.3. Los productos que cumplan con los requisitos del torón de bajo relajamiento, serán identificados haciendo notar precisamente esta característica.

G.2. EMBALAJE

G.2.1. A menos que se indique lo contrario, los torones se entregarán en carretes o en rollos compactos, que tendrán un diámetro del núcleo de seiscientos diez (610) milímetros como mínimo.

G.2.2. La longitud contenida en los carretes o en los rollos, cumplirá con la establecida en los términos del pedido.

H. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Con el propósito de evitar el deterioro del acero de presfuerzo antes de su utilización, se tendrá cuidado en su transporte y almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

H.1. El acero para presfuerzo se almacenará clasificándolo según su diámetro nominal, en locales previamente acondicionados para protegerlo contra la humedad, agentes corrosivos, golpes y partículas incandescentes producidas durante el corte o soldadura.

H.2. Los torones deben protegerse contra daños mecánicos durante el embalaje y traslado.

I. CRITERIOS PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO

La aceptación del acero de presfuerzo por parte de la Secretaría, se hará considerando lo siguiente:

- I.1. Para que el acero de presfuerzo sea aceptado por la Secretaría, antes de su utilización, el Contratista de Obra o el proveedor cuando se trate de obras por administración directa, entregará a la Secretaría un certificado de calidad por cada lote, que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma o los especificados en forma especial en el proyecto, expedido por su laboratorio o por un laboratorio externo, aprobados por la Secretaría.
- I.2. Con el objeto de controlar la calidad del acero de presfuerzo, durante la ejecución de la obra, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias, en muestras obtenidas como se establece en el Manual M-MMP-2-03-001, *Muestreo de Materiales y Productos de Acero* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma, en el número y con la periodicidad que se establezca en el proyecto autorizado por la Secretaría, que verifiquen que los requisitos físicos cumplan con los valores establecido en esta Norma o los especificados especialmente en el proyecto, entregando a la Secretaría los resultados de dichas pruebas.
- I.3. En caso de que exista duda respecto a los resultados en las pruebas iniciales, o que el torón no cumpla con alguno de los requisitos establecidos en esta Norma, se probarán dos (2) muestras adicionales tomadas del mismo carrete o rollo; si cualquiera de estas dos muestras no cumple los requisitos antes señalados, el lote de donde proceden las muestras será rechazado.
- I.4. Si en la primera prueba del torón, la falla se presenta en una junta soldada de cualquiera de los alambres que lo forman, no será necesario repetir la prueba y el lote será rechazado.
- I.5. En cualquier momento la Secretaría puede verificar que el acero de presfuerzo suministrado, cumpla con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma o los fijados especialmente para el proyecto, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

J. BIBLIOGRAFÍA

Comité Técnico de Normalización Nacional de la Industria Siderúrgica, Norma Mexicana NMX-B-292-1988, *Torón de siete alambres sin recubrimiento, relevado de esfuerzos para concreto presforzado*, México (1988).

American Society for Testing and Materials (ASTM), A416, *Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete.*

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), M 203M/M 203-95, *Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Concrete Reinforcement.*

