

# Uso de barras de refuerzo en el concreto estructural

*Ing. Guillermo Santana, Ph.D., Universidad de Costa Rica*

*Publicado en-línea en el blog Ingeniería Estructural e Ingeniería de Puentes (21 mayo 2013)  
concretoestructural.blogspot.com/2013/05/uso-de-barras-de-refuerzo-de-acero-astm.html*

## **Concreto reforzado**

Se denomina concreto estructural al concreto que se usa en edificaciones y obras civiles como material que permite no solo sostener su propio peso sino que además sirve de sostén para pesos o cargas adicionales producto del uso designado a esas edificaciones y obras civiles. Normalmente se clasifica al concreto estructural como de dos tipos: concreto simple y concreto reforzado. Como su nombre lo indica, el concreto simple es concreto que no contiene refuerzo y el concreto reforzado es el que si lo tiene. El refuerzo utilizado de manera casi universal consiste de barras de acero aunque también se utiliza alambre de acero y otros materiales de reciente producción como los polímeros reforzados con fibras.

La necesidad de utilizar refuerzo de barras de acero en el concreto estructural surge de dos hechos, el primero porque el concreto es muy resistente a la compresión pero muy débil a la tracción. El segundo es consecuencia de la forma estructural que se escoja fabricar con el concreto.

Si a manera de explicación consideramos como forma estructural una viga de concreto sobre apoyos simples, la aplicación de cargas puede dar paso a esfuerzos de tracción en exceso de su resistencia, produciéndose grietas inicialmente y posteriormente el colapso de la viga. Este problema se resuelve utilizando barras de refuerzo en los lugares en donde se presentaron grietas. De esta forma, podemos concluir que es necesario utilizar barras de refuerzo en todos los elementos soportantes que constituyen una edificación.

El concreto simple o sin refuerzo se utiliza en casos en los cuales la forma estructural precluye la aparición de grietas debidas a tracción en el concreto como es el caso de las represas de gravedad o aun en arcos.



### ***Barras de refuerzo***

Actualmente, las barras de refuerzo que se emplean en la fabricación del concreto reforzado son en su mayoría barras corrugadas laminadas en caliente. Estas barras son de sección transversal circular con corrugaciones laminadas en su superficie para ayudar en el anclaje al concreto. Internacionalmente se acepta su producción de acuerdo a la normativa denominada ASTM de origen estadounidense. Esta normativa regula dimensiones y propiedades químicas y mecánicas de las barras. Las denominaciones utilizadas en Costa Rica son la ASTM A 615<sup>1</sup> y la ASTM A 706<sup>2</sup> aunque también existen otras como la ASTM A 996 producida a partir de aceros de rieles y de ejes y la ASTM A955 para barras de acero inoxidable.

**ASTM A 615** es la especificación estándar para barras corrugadas y lisas de acero al carbón para concreto reforzado. Normalmente está disponible en tres niveles de resistencia denominados grados: 40 [280], 60 [420] y 75 [520].

**ASTM A 706** es la especificación estándar para barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación para concreto reforzado. Normalmente se encuentra disponible en grado 60 [420] aun cuando recientemente también se ofrece en grado 80 [550].

Las barras de refuerzo manufacturadas de acuerdo con la especificación ASTM A 615 son las de mayor uso en las construcciones que utilizan concreto reforzado. Las barras de refuerzo que cumplen con la especificación ASTM A 706 aparecieron en el mercado después de que las primeras ya eran utilizadas en forma generalizada.

## ***Edificaciones sismorresistentes***

La filosofía de diseño imperante para las construcciones erigidas en regiones con sismicidad de moderada a alta obliga a contar con características mecánicas en los elementos constituyentes que van más allá de lo requerido para condiciones de sismicidad baja. El criterio actual tiene sus orígenes en los años sesenta del siglo pasado y consiste en proveer además de resistencia adecuada, una mayor capacidad de deformación a los denominados sistemas sismorresistentes<sup>3, 4</sup> que componen la edificación.

Los sistemas sismorresistentes en una edificación se pueden dividir en dos tipos, los *pórticos especiales resistentes a momento* y los *muros estructurales especiales*. Estos dos sistemas pueden ser utilizados por el profesional a cargo del diseño como líneas de resistencia ante las sollicitaciones laterales inducidas por sismos. La utilización de un sistema no precluye la utilización del otro actuando en forma asociada para formar varias líneas de resistencia. Se genera así una gran variedad de posibles combinaciones de edificios a base de pórticos, edificios a base de muros estructurales y edificios con estructuración dual a base de pórticos y muros.

La escogencia hecha por el profesional a cargo del diseño tiene como consecuencia la necesidad de procurar la deformabilidad de los sistemas sismorresistentes cuando se presenta una demanda extrema. Además tiene también la consecuencia de garantizar la resistencia adecuada cuando se presenta una demanda menor que la extrema. Este par de condiciones procuran que ante sismos moderados, las edificaciones no sufren daños estructurales y que ante sismos severos, las estructuras no sufren colapso con lo cual garantizan la seguridad física de los ocupantes.

Las condiciones descritas anteriormente obligan al profesional a cargo del diseño a tener mucho control sobre los materiales que constituyen los sistemas sismorresistentes, es decir sobre el concreto y sobre el refuerzo de acero utilizados. En el caso del refuerzo de acero, esto obliga a tener control sobre las propiedades mecánicas de las barras de refuerzo tanto en su capacidad de alcanzar esfuerzos de fluencia y último como también en su capacidad de alcanzar deformaciones (elongaciones) máximas. Estas exigencias adicionales tuvieron como consecuencia el desarrollo de la especificación para las barras de refuerzo denominada ASTM A 706<sup>5</sup>. Adicionalmente, esta especificación incluye requisitos para la soldadura de barras con el fin de facilitar la construcción en concreto reforzado. La primera especificación A 706 data de 1974, muchos años después de que se empezaran a utilizar barras de

refuerzo en el concreto.

Es necesario aclarar que, de acuerdo con la normativa vigente, otros componentes de una edificación construida en una región con sismicidad de moderada a alta no requieren del uso de la barra de especificación A 706. Losas de entrepiso, zapatas de fundación, escaleras y otros elementos no requieren de este tipo especial de acero por cuanto no forman parte de las líneas de resistencia de la edificación identificadas anteriormente como sistemas sismorresistentes.

### ***Uso de A 615 en sistemas sismorresistentes***

El American Concrete Institute (ACI) es reconocido internacionalmente como la institución que dicta la más completa y aceptada normativa para la construcción de edificios de concreto estructural. Esta normativa se publica bajo el nombre de Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural<sup>6</sup> (ACI 318). El Código Sísmico de Costa Rica<sup>7</sup> (CSCR-2010) adopta este reglamento como parte de su normativa tal como lo indica en su artículo 8.1.1.a. La edición de la normativa ACI adoptada se denomina ACI 318-08, publicada en español en Costa Rica por la Asociación ACI-Capítulo de Costa Rica y de amplia distribución en el medio profesional.

Tanto la norma ACI 318-08 y el CSCR-2010 establecen que a pesar de que—como se indicó anteriormente—se debe usar el acero A 706 en los sistemas sismorresistentes, también es posible utilizar el acero A 615 bajo la condición de que se cumpla con dos salvedades de carácter obligatorio. Las salvedades tienen por objeto garantizar el mismo control sobre las propiedades mecánicas de las barras de refuerzo que ofrecen las que cumplen con la especificación A 706 pero sin la soldabilidad de esta última. Las salvedades se indican a continuación.

*Se permite el uso de acero de refuerzo ASTM A 615, grados 40 [280] y 60 [420], siempre y cuando:*

- a) la resistencia real a la fluencia basada en ensayos realizados por la fábrica no sea mayor que el esfuerzo de fluencia en más de 125 MPa;*
- b) la relación entre la resistencia real de tracción y la resistencia real de fluencia no sea mayor de 1.25.*

En base a lo indicado, es claro que los sistemas sismorresistentes definidos anteriormente deben construirse utilizando acero ASTM A 706. Si este tipo de acero no estuviera disponible entonces es posible utilizar el acero ASTM A 615 con las restricciones indicadas de cumplimiento infranqueable.

Sin embargo, vale la pena notar que en Costa Rica, el Reglamento Técnico RTCR 452: 2011 Barras y Alambres de Acero de Refuerzo para Concreto,<sup>8</sup> en su inciso 9.1.2.4 generaliza las salvedades presentadas arriba como necesarias para la utilización de las barras de refuerzo ASTM A 615 en componentes específicos de las edificaciones de concreto reforzado y las hace regir para todas las barras de refuerzo A 615 disponibles en el país.

## **Uso de barras de refuerzo en mampostería**

Las edificaciones construidas a base de muros de bloques de concreto requieren de la utilización de barras de refuerzo de acero. Este refuerzo se coloca dentro del muro con orientaciones vertical y horizontal y a través de uniones entre muros perpendiculares y en esquinas. La forma estructural aunada a la necesidad de utilizar muros en las dos direcciones horizontales en estructuras de baja altura hace que la demanda de deformabilidad, es decir de elongaciones de las barras de refuerzo, no sean tan altas como en el caso del concreto estructural. Es decir, en el caso de las edificaciones de mampostería indicadas aquí, no se requiere el alto nivel de control sobre la resistencia y la deformabilidad de las barras en vista de que no se requiere una capacidad de deformación tan grande. En este caso, la capacidad de resistencia y la capacidad de deformación de la barra de refuerzo normal que cumple con la especificación ASTM A 615 es considerada suficiente. Esto se puede constatar en la normativa utilizada en Estados Unidos y publicada por la Sociedad Americana de la Mampostería<sup>9</sup> (TMS) en conjunto con el American Concrete Institute (ACI). La edición adoptada por el código sísmico de Costa Rica (CSCR-2010) es la denominada TMS 402-08/ACI 530-08.

## **Uso de barras de refuerzo en vivienda unifamiliar**

En el caso particular de las estructuras de mampostería dedicadas a vivienda unifamiliar, tampoco es necesaria la utilización de las barras de refuerzo de acero ASTM A 706 y tampoco es necesario exigir que las barras de refuerzo de acero ASTM A 615 a utilizar cumplan con ninguna de las salvedades indicadas anteriormente. Dada la correcta aplicación de las demás indicaciones del capítulo 17 del código sísmico de Costa Rica<sup>7</sup> (CSCR-2010), la utilización de las barras de refuerzo normal ASTM A 615 no menoscaba en nada la capacidad de la vivienda para resistir las fuerzas inducidas por sismos.

## Conclusiones

En las edificaciones de concreto reforzado construidas en Costa Rica, es necesario definir líneas de resistencia para hacer frente a las acciones producidas por la ocurrencia de eventos sísmicos. Estas líneas de resistencia consisten normalmente de uno o más sistemas sismorresistentes los cuales forman parte de la estructura de la edificación. En el presente informe se establece que, ante la necesidad de enfrentar el embate de los terremotos, las edificaciones construidas a base de concreto reforzado necesitan contar con características mecánicas especiales en ciertos componentes específicos designados por el profesional a cargo del diseño. Esos componentes específicos deben ser construidos con materiales especiales de fabricación rigurosa. En particular, las barras de refuerzo que se deben utilizar en los componentes indicados tienen que cumplir con las especificaciones de la norma ASTM A 706 según lo dispone la normativa costarricense vigente. Por otro lado, es posible para el profesional mencionado, sustituir las barras de refuerzo en esos componentes con barras que cumplan con la norma ASTM A 615 sujeto ineludiblemente a las dos importantes salvedades mencionadas en este informe. Asimismo, los demás componentes de las edificaciones de concreto reforzado que no forman parte de los sistemas sismorresistentes no necesitan de las características especiales discutidas en este informe y por lo tanto pueden ser fabricados utilizando barras de refuerzo de acero que cumplen con las especificaciones ASTM A 615 sin necesidad de cumplir con ninguna de las salvedades indicadas en este informe. Es claro por lo tanto, que la generalización de las salvedades para todas las barras A 615 no solo es innecesaria sino que resulta un ejercicio superfluo.

Finalmente, se concluye también que después de analizar la normativa internacional de referencia, la utilización de barras de refuerzo en mampostería tampoco requiere de ninguna característica especial por encima de lo provisto por las barras de refuerzo de acero ASTM A 615 sin necesidad de cumplir con ninguna de las salvedades indicadas en este informe. Esta última conclusión también es válida para la construcción de viviendas unifamiliares que utilicen paredes de mampostería como base de su sistema estructural.

## Referencias

1. American Standard Testing Materials, Standard Specification for Deformed and Plain Carbon Steel Bars for Concrete Reinforcement (A 615/A 615M).
2. American Standard Testing Materials, Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement (A 706/A 706M).
3. Moehle, Jack T., Hooper, John D., and Lubke, Chris D. (2008). "Seismic design of reinforced concrete special moment frames: A guide for practicing engineers," *NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 1*, produced by the NEHRP Consultants Joint Venture, a partnership of the Applied Technology Council and the Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, for the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA, NIST GCR 8-917-1.
4. Moehle, Jack T., Ghodsi, Tony, Hooper, John D., Fields, David C., and Gedhada, Rajnikanth (2011). "Seismic design of cast-in-place concrete special structural walls: A guide for practicing engineers," *NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 6*, produced by the NEHRP Consultants Joint Venture, a partnership of the Applied Technology Council and the Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, for the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA, NIST GCR 11-917-11REV-1.
5. Gustafson, David P. y Felder, Anthony L., Questions and Answers on ASTM A 706 Reinforcing Bars, Concrete International, July 1991.
6. ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA, 2008.
7. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, Código Sísmico de Costa Rica 2010, Editorial Tecnológica, Cartago, Costa Rica, 2011.
8. MEIC, Reglamento Técnico RTCR 452: 2011 Barras y Alambres de Acero de Refuerzo para Concreto, Alcance Digital No. 152, La Gaceta, Costa Rica.
9. ACI Committee 530, Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures (TMS 402-08/ACI 530-08/ASCE 5-08), The Masonry Society, Boulder, CO, USA, 2008.