

CONCEPTO SOBRE RESULTADOS DEL ENSAYO A TRACCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO.

De acuerdo con el reglamento NSR-10, las barras corrugadas para refuerzo de concreto deben cumplir con la norma técnica NTC 2289. Sujetos al cumplimiento de dicha norma, los productores de acero producen barras y rollos laminados en caliente. Las barras rectas se pueden producir en todos los diámetros, mientras que los rollos se fabrican principalmente para diámetros menores: #2, #3, #4 e incluso #5. La producción en rollos facilita a su fabricante la logística, almacenamiento y transporte.

Actualmente, los proyectos de construcción solicitan a sus proveedores, que gran parte del refuerzo suministrado sea figurado, es decir cortado a la medida, con la forma y con los ganchos necesarios, según los planos de construcción.

Se ha extendido la práctica de que cuando se trata de diámetros menores, por lo general el refuerzo figurado proviene de rollos, pues las máquinas enderezadoras-figuradoras tienen menos desperdicio y más eficiencia cuando son alimentadas por rollo. En un pedido de refuerzo figurado, inclusive las barras rectas suministradas de longitud estándar (6m, 9m, 12m), pueden provenir de rollos.

En este proceso de figuración, el rollo es sometido a un enderezado mecánico e industrial con trabajo en frío, que afecta las propiedades mecánicas e incluso la altura de los resaltes. Las afectaciones de las barras de acero, dependiendo de la magnitud del trabajo en frío, pueden consistir en un incremento del punto de fluencia, la pérdida aparente de su ductilidad o la disminución de su capacidad de alargamiento.

Las barras laminadas en caliente presentan un diagrama esfuerzo deformación con una zona de fluencia bien definida (meseta), permitiendo determinar valores de fluencia muy similares por los diferentes métodos de ensayo (Detención de la máquina, desplazamiento u "offset", extensión total).

Cuando se tienen barras de acero con trabajo en frío, es posible que no se presente la zona de fluencia bien definida, si no que fluyen gradualmente y el fenómeno no es detectable fácilmente en el diagrama esfuerzo deformación.

El control de calidad del productor de acero, para la evaluación de las propiedades de fluencia, resistencia a la tracción y alargamiento, se realiza con ensayos sobre especímenes de fábrica (barras y rollos laminados en caliente). La NTC 2289 indica que cuando el acero se suministre en rollos se deben enderezar cuidadosamente antes del ensayo, procurando minimizar el trabajo en frío, para evitar que se modifiquen sus propiedades mecánicas y cuando se suministre en barras rectas cortadas, también se deben cumplir los requisitos establecidos en la NTC 2289.

Cuando al constructor se le suministre el acero en barras rectas cortadas, el control de calidad se hace bajo la NSR-10 numeral C.3.5.10.1, orientado hacia el muestreo y ensayo de los materiales recibidos en obra. Según el escenario anterior, es posible que las propiedades del acero recibido en obra, hayan tenido variaciones respecto a las indicadas en los certificados de calidad de la colada original, suministrados por el proveedor.

El productor de acero debería especificar en la remisión de suministro si la barra recta corrugada procede de laminado en caliente que cumple con la NTC 2289, como debe ser; o si se trata de una barra que ha sido enderezada a partir de rollos laminados en caliente, con trabajo en frío, en cuyo caso se sale del alcance de dicha norma y debería considerarse como un alambre de refuerzo corrugado, el cual debe cumplir con la Norma NTC 5806. Estos alambres corrugados no pueden usarse en elementos longitudinales que hagan parte de sistemas sismo-resistentes clasificados con grados de disipación de energía DES y DMO.

Lo expuesto, se ha visto reflejado en algunos resultados de laboratorio de barras #2, #3 y #4 muestreadas en obra, en los cuales la resistencia a la fluencia ha dado valores mayores respecto a lo esperado; también se han presentado incrementos en las resistencias a la tracción o no se ha cumplido con la relación de resistencia a la tracción respecto a la fluencia ($F_t/F_y \geq 1.25$) o se han disminuido las elongaciones.

Cuando se presentan estos casos o hay valores en duda, la primera alternativa es enviar al laboratorio las barras testigo de la misma muestra, que se deben haber guardado de todos los muestreos y solicitar ensayarlas con el método del desplazamiento, que permite obtener el valor de fluencia, así no esté bien definido el fenómeno en el diagrama esfuerzo deformación.

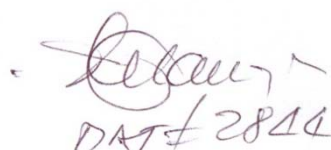
Nuevos resultados por fuera de los límites de aceptación, indicarían posible afectación de las propiedades mecánicas respecto a la colada original. En estos casos se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- No es conveniente su uso como refuerzo longitudinal de elementos que hagan parte del sistema de resistencia sísmica de la estructura, como son columnas, vigas, elementos de borde de muros de concreto y muros de mampostería estructural.
- Si el refuerzo ya se encuentra embebido, analizar conjuntamente por parte de constructor, diseñador estructural y supervisión técnica la relevancia de cada caso. Puede ser útil tener en cuenta entre otros factores: la localización del acero, los elementos estructurales involucrados, la relación demanda capacidad, los resultados del concreto obtenidos en dichos elementos, la cercanía a los criterios de aceptación, la combinación con barras de otros diámetros y cualquier otra variable que permita valorar con apropiado criterio técnico el verdadero nivel de afectación de la estructura, debido al resultado no conforme.
- También se puede considerar cada ensayo particular evaluando el conjunto de resultados (Fluencia, Tracción, F_t/F_y , Elongación). Por ejemplo: resultado alto de fluencia y tracción, cumpliendo F_t/F_y y elongación, indicarían que la barra aún conserva su ductilidad. Otro caso puede ser la no determinación de la fluencia por el método de detención y que no haya sido posible enviar barras testigo, si la resistencia a tracción y el porcentaje de elongación cumplen, la incertidumbre o duda sería menor.

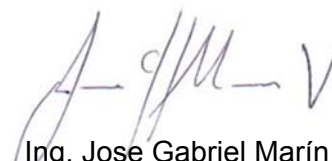
- Dentro de los análisis que se hagan y en el caso de resistencia a fluencia superior al límite máximo permitido por la NSR-10 y la NTC 2289, se sugiere una revisión del cortante plástico de los elementos, teniendo en cuenta lo establecido en el comentario CR21.1.5 de NSR-10:
“El empleo de refuerzo longitudinal con resistencia mayor que la supuesta en el diseño, conduce a esfuerzos cortantes y de adherencia, mayores en el instante en que se desarrollen los momentos de fluencia. Estas condiciones pueden originar fallas frágiles por cortante o adherencia y deben evitarse aun cuando dichas fallas puedan ocurrir a cargas mayores que las previstas en el diseño. Por lo tanto, se impone un límite superior a la resistencia real a la fluencia del acero.”
- En el caso de barras #2, #3 y #4, donde no se tengan grandes diferencias respecto a los criterios de aceptación, se considera que pueden ser usadas en elementos que no hagan parte del sistema de resistencia sísmica e incluso como refuerzo transversal en los elementos de resistencia sísmica.

Finalmente, lo más importante es no tener resultados de muestras tomadas en la obra que incumplan las especificaciones del acero dadas en la NTC 2289. A fin de lograrlo, los productores de acero, así cumplan la NTC 2289 sobre especímenes de fábrica, podrían introducir mejoras en sus coladas, previendo el trabajo en frío al cual se somete el acero antes de ser suministrado a sus clientes y poder garantizar sus propiedades mecánicas cuando sean ensayadas en muestras tomadas en obra.

Otra opción sería que las obras soliciten al proveedor, que al menos el refuerzo para colocación longitudinal de los elementos que hacen parte del sistema estructural sismo-resistente sea figurado a partir de barras rectas laminadas en caliente o comprar lotes de longitudes estándar fabricados y suministradas como barras rectas laminadas en caliente, en este caso se tendría mayor desperdicio en la obra.



Ing. Jesús Humberto Arango T
Mat. 2844



Ing. Jose Gabriel Marín Vargas
Mat 05202130816

Asesoría Técnica Ingeconcreto.
Julio 11 de 2023