

# TRATAMIENTOS TÉRMICOS PARA LA OBTENCIÓN DE ACEROS DUAL PHASE

## HEAT TREATMENTS TO ACHIEVE DUAL PHASE STEELS

**María José Castillo** <sup>(1)(2)</sup> (P), **Alejandro A Mateos** <sup>(1)</sup>, **Gianluca Lombardo** <sup>(1)</sup>, **Hernán Svoboda** <sup>(2)(3)</sup>

(1) Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEMEJ) – Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Junín, Buenos Aires, Argentina

(2) DEYTEMA – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás, San Nicolás, Buenos Aires, Argentina.

(3) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina  
Dirección de contacto: [mjcastillo@unnoba.edu.ar](mailto:mjcastillo@unnoba.edu.ar)

**Eje temático:** 4 – Diseño y fabricación de productos para soldadura

### Resumen

Los Aceros Avanzados de Alta Resistencia han encontrado en los últimos años numerosas aplicaciones en diversas industrias, especialmente en productos tipo chapa. Los aceros Dual Phase (DP) forman parte de esta familia y presentan una buena combinación de resistencia y tenacidad. Las mallas electrosoldadas utilizadas como refuerzo de estructuras de hormigón son ampliamente utilizadas en la industria de la construcción y emplean productos denominados ATR500N. El objetivo de este trabajo es desarrollar tratamientos térmicos que permitan obtener aceros DP a partir de barras de construcción utilizadas actualmente como refuerzos de hormigón, con el fin de desarrollar una variante para las mallas electrosoldadas. Para ello, se probaron distintos tratamientos de austenización parcial con intervalos de 20°C dentro del rango intercrítico, variando también, los tiempos de mantención. Posteriormente, se realizaron revenidos a 200 °C sobre las probetas previamente tratadas. Las temperaturas intercríticas fueron definidas en función de lo establecido en trabajos anteriores de los autores. Para la evaluación del desempeño de los tratamientos empleados se realizaron estudios metalográficos y ensayos de microdureza y tracción para evaluar el cumplimiento de la norma IRAM U 500 26. A partir de los resultados obtenidos se pudo concluir que para ciertas condiciones de tratamiento se superaron los requerimientos mínimos establecidos por la norma previamente mencionada obteniendo un material clasificable como ATR500, con elevada resistencia mecánica y una fuerte capacidad de endurecimiento por deformación.

---

El hormigón armado (H<sup>o</sup>A<sup>o</sup>) es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, está compuesto por hormigón y barras de acero dispuestas en las zonas sometidas a esfuerzos de tracción, que el hormigón no es capaz de soportar. Al ser utilizado en obras de ingeniería, el H<sup>o</sup>A<sup>o</sup> experimenta el fenómeno de fisuración. Es por esto, que, en este material estructural, cada uno de los componentes, y su interacción, son sumamente importantes para determinar su desempeño en servicio. Las características plásticas del acero tienen gran importancia ya que evitan las roturas frágiles, redistribuyen esfuerzos y aumentan la capacidad de disipar energía bajo cargas dinámicas, como es el caso de las cargas sísmicas. En los últimos años, se ha desarrollado una familia de aceros denominada Aceros Avanzados de Alta Resistencia que presentan propiedades optimizadas respecto de los materiales convencionales. Dentro de esta familia se encuentran los Dual Phase (DP) cuya microestructura está constituida principalmente por islas de martensita dispersas en una matriz de ferrita, donde dicha matriz garantiza una buena ductilidad y la martensita proporciona alta resistencia. Los aceros DP se caracterizan por su comportamiento de fluencia continua, elevado endurecimiento por deformación, elevada resistencia a la tracción, entre otros aspectos.

En ciertas aplicaciones vinculadas a la construcción se emplean mallas electrosoldadas, fabricadas a partir de aceros ATR 500N (IRAM-IAS U 500 26 (2016)), las cuales logran sus propiedades por trabajado en frío y son soldadas a través del proceso de soldadura por proyección, (PW; Projection Welding). El objetivo de este trabajo es desarrollar tratamientos térmicos que permitan obtener aceros DP a partir de barras de construcción utilizadas actualmente como refuerzos de hormigón, que resulten aptas para el conformado posterior de mallas mediante el proceso de soldadura PW.

Para dar cumplimiento a este objetivo se partió de un acero comercial del tipo ADN 420 S (C = 0,183; Si: 0,205; Mn: 0,921, S: 0,024; P: 0,014) de 8 mm de diámetro (IRAM-IAS U 500 207 (2004)). Muestra de dicho material fue sometido a un tratamiento térmico de normalizado a 850 °C, durante 20 min y enfriamiento al aire. Posteriormente, se realizaron templeados intercríticos sobre las barras a temperaturas entre 750°C y 830°C (Castillo et al, (2018)). El tiempo de mantenimiento fue de 30 minutos y el enfriamiento se realizó en agua. La etapa final del tratamiento térmico consistió en un revenido a 200 °C, durante 10 minutos con enfriamiento en horno abierto (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Tratamientos térmicos realizados

Probeta	Tratamiento térmico		
	Temperatura AP* (°C)	Temp. Rev. (°C)	Tiempo Rev. (min)
R 75*	750	200	10
R 77*	770	200	10
R 79*	790	200	10
R 81*	810	200	10
R 83*	830	200	10

AP: Previa austenización parcial durante 30 min. y enfriamiento en agua; R: Revenido.

Las probetas así obtenidas fueron caracterizadas metalográficamente, para ello cortes transversales fueron preparados para observación metalográfica. Posteriormente, se atacaron con Nital 2. La evaluación mecánica se llevó a cabo a través de ensayos de tracción (Máquina Universal de Ensayos DIGIMESS, 600 kN), determinándose el límite proporcional (Rp0,2), la resistencia a la tracción (Rm) y el alargamiento a rotura (A %). Asimismo, se realizaron ensayos de microdureza con 1000 gf y 10 segundos de mantención (Microdurómetro Vickers DIGIMESS MHVD-1000 LCD).

En relación a la microestructura, pudo observarse una correspondencia creciente y directa entre la temperatura de austenización parcial y el contenido de martensita, tal como puede observarse en las microfotografías (Figura 1), el cual varió entre aproximadamente un 40 % a un 90 %. En cuanto a las propiedades mecánicas, los resultados de microdureza mostraron, en general, un incremento al aumentar el contenido de martensita (desde 240 HV has 450 HV), mientras que en resistencia a tracción se observó un incremento al aumentar la temperatura de austenización parcial. En el caso de la resistencia al límite proporcional, la probeta R75 fue la única que no alcanzó el mínimo establecido por norma. Asimismo, para la resistencia máxima, los valores se encuentran muy por encima de los mínimos establecidos por norma. En cuanto al alargamiento, los resultados más favorables se encontraron para las probetas tratadas a menores temperaturas, encontrándose valores por debajo de los mínimos requeridos para aquellas muestras tratadas intercríticamente a más de 800 °C. El aporte más destacable del material obtenido está asociado al fuerte endurecimiento por deformación que experimenta, así como una elevada resistencia a la tracción en comparación con los materiales convencionales.

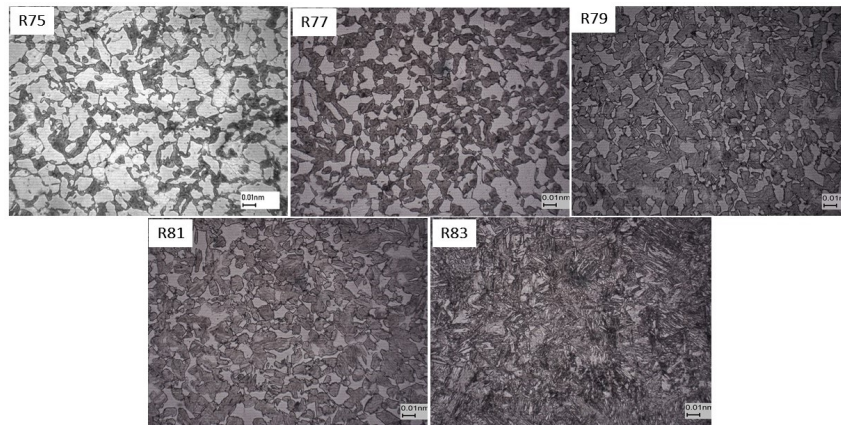


Figura 1: Microfotografías de las muestras tratadas térmicamente

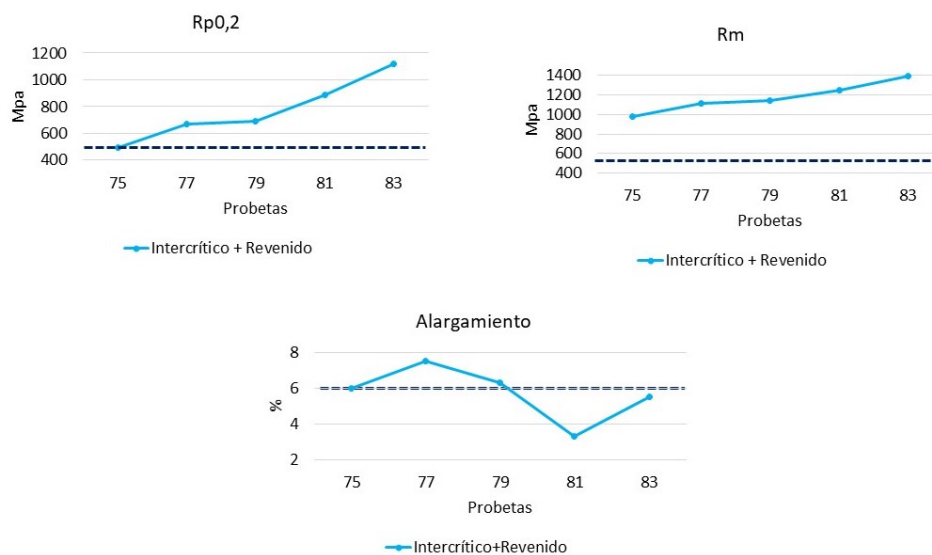


Figura 2: Resultados de las propiedades mecánicas de tracción

Los gráficos de la Figura 2 muestran que la probeta R 79 satisfacen los requerimientos mínimos de propiedades mecánicas establecidos por norma (IRAM-IAS U 500 026 (2016)). En este sentido, en una etapa posterior de trabajo se evaluará su comportamiento en juntas soldadas por PW con diferentes parámetros de soldadura.

## Referencias

Castillo, M. J. y Svoboda, H. (2018). Avance de tesis doctoral: Obtención de aceros dual phase susceptibles de ser utilizados como refuerzo en estructuras de hormigón. *6ta. Jornadas de Metalurgia-5ta Jornada de Doctorandos*.

IRAM-IAS U 500 26. Alambres de acero para armadura en estructuras de hormigón. Perú 552/6, C1068AAB, Buenos Aires, Argentina. 2016.

IRAM-IAS U 500 207. Barras de acero conformadas de dureza natural soldables, para armadura en estructuras de hormigón. Perú 552/6, C1068AAB, Buenos Aires, Argentina. 2004. 6República

Kelesternur, O., Halidun Kelesternur M. & Yildiz, S. (2009). Improvement of Mechanical Properties of Reinforcing Steel Used in the Reinforced Concrete Structures. *Journal of Iron and Steel Research International*, 16 (3), 55-63.