

# Alambres de Acero Galvanizados utilizados en Invernaderos

Por: J. Senobua\*, E. Garzón\*

## RESUMEN.

Se han realizado varios ensayos sobre los diferentes tipos de alambres utilizados en invernaderos de Almería, con el propósito de establecer las diferencias mecánicas existentes entre los diversos tipos de alambres. Para ello se rompieron a tracción en una máquina electromecánica, diversas probetas de alambres acerados, reforzados, dulces recocidos, siguiendo las normas UNE 7474-1:1992, UNE 7474-2:1992 y UNE 37503:1975.

Los resultados indican que los alambres son más resistentes, pero menos dúctiles, a medida que aumenta su contenido de carbono. Sin embargo, el tratamiento de recocido que suele realizarse sobre los alambres dulces, tiene un efecto totalmente contrario, ya que disminuye la resistencia pero aumenta la ductilidad del acero.

## INTRODUCCIÓN.

El alambre de acero galvanizado utilizado en la estructura de los invernaderos de Almería, tiene como función más importante la de sujetar la cubierta y resistir cargas exteriores, tanto las debidas al viento como al peso de la cubierta de plástico (Díaz et al., 1994; Matallana y Montero, 1995). Las estructuras formadas con alambre tienen una gran difusión, esto es debido a que resultan muy económicas, son adaptables a terrenos con linderos irregulares y con pendiente, pueden formar unidades de gran extensión y además presentan una elevada resistencia a la acción del viento (Matallana y Montero, 1995).

Puede decirse que hay distintos tipos de alambre galvanizado que son utiliza-

dos en la gran mayoría de los invernaderos. Además la forma de nombrar al producto varían según el fabricante, lo que da lugar a que el tipo de alambre normal sea llamado también como blando, suave o dulce, y que el otro tipo se denomine alambre duro o acerado (<http://www.moreda.com>; <http://www.proderac.es>; <http://www.rcp.net.pe/prodac>). El contenido en carbono del acero es la característica que determina si el material pertenece a un grupo o a otro, ya que el alambre normal tiene bajo contenido en carbono, mientras que el alambre duro posee un contenido en carbono más alto (<http://www.rcp.net.pe/prodac>).

Un procedimiento empleado para modificar las características del metal es el recocido, por lo que los alambres sometidos a este tratamiento, que generalmente son del tipo normal, presentarán unas propiedades que les distinguirán de los que no estén tratados (Barroso et al., 1996; Callister, 1995; DeGarmo et al., 1994; Smith, 1998; <http://www.moreda.com>). Otra forma de diferenciar el producto es según el recubrimiento de zinc que tenga en su superficie, así pues el alambre podrá tener un galvanizado normal, o un galvanizado reforzado si la capa protectora es más gruesa

(<http://www.moreda.com>). Esta característica influirá en la posterior degradación del material en el invernadero, ya que una mayor capa de zinc proporciona mejor protección contra la corrosión (Evans, 1987; Uhlig, 1979; <http://www.moreda.com>).

Este producto no suele pasar por ninguna comprobación de calidad, a parte de la que efectúa el propio fabricante, por este motivo, y dada la importancia que tiene dicho material en la estructura del invernadero, se puede considerar la realización de un posterior control de su calidad, tal y como se realiza con algunos tipos de aceros para la construcción.

## 2.- MATERIAL Y MÉTODOS.

En primer lugar se tomaron probetas de alambre galvanizado (nuevo) procedentes del Poniente y Campo de Níjar: de dulce recocido, de reforzado y acerado, pertenecientes a varios fabricantes y distintos diámetros comprendidos entre 2 y 4,4 milímetros (Figura 1). Cada uno poseía una etiqueta donde figura el nombre del fabricante y los datos de éste, pero no se hace referencia a la norma UNE que regula la calidad del alambre.

La rotura a tracción de las probetas de alambre se ha realizado con una máqui-



Rollos de alambre galvanizado expuesto para su venta.

\*Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.



na universal electromecánica, modelo ELIB-100 de la empresa IBERTEST, con 100 kN de capacidad máxima. En este modelo se distinguen la zona de ensayos y el sistema de control, adquisición y análisis de datos (Figura 2). Esta se calibró el 31 de enero de 2001, según la Norma UNE 7474-2:1992.

Para conocer la normativa que establece la calidad del producto, se realizaron varias consultas en la base de datos de AENOR (<http://www.aenor.es/busnor.htm>) y en páginas web de fabricantes de alambre galvanizado, ya que en las mismas casas distribuidoras de este material no se indicaba ninguna referencia a la norma UNE 37506:1983, aplicable a los alambres de acero galvanizados en caliente.

Todas las muestras de alambre se ensayaron a tracción siguiendo la Norma UNE 7474-1:1992 que regula este ensayo, para materiales metálicos, efectuado a la temperatura ambiente (entre 10 y 35 °C).

Primero se determinó la sección inicial de la muestra según la Norma UNE 7474-1:1992. Para ello se hacen dos medidas sobre dos diámetros perpendiculares (d1 y d2) utilizando un micrómetro. Luego se calculó la media aritmética (D) de ambas dimensiones, ya que este dato es el utilizado para definir dicha sección.

$$(S_0 = \frac{\pi}{4} D^2).$$

Después se confeccionaron las probetas siguiendo las directrices del Anexo B de la Norma UNE 7474-1:1992, que es aplicable a los alambres ensayados a tracción. Y se calculó la longitud inicial entre puntos ( $L_0 = 11,3 \cdot \sqrt{S_0}$ )

Por último, teniendo en cuenta todos

$$\text{Tensión máxima: } \sigma \text{ (MPa)} = \frac{\text{Fuerza máxima (N)}}{\text{Sección resistentete (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Deformación en resistencia máxima: } \epsilon \text{ (\%)} = \frac{\text{Alargamiento en resistencia máxima (mm)}}{\text{Longitud inicial entre puntos (mm)}} \cdot 100$$

$$\text{Deformación en rotura: } \epsilon \text{ (\%)} = \frac{\text{Alargamiento en rotura (mm)}}{\text{Longitud inicial entre puntos (mm)}} \cdot 100$$

los aspectos anteriores, se dio comienzo al ensayo y la máquina alargó la probeta aplicándole un esfuerzo axial de tracción hasta su rotura.

Los resultados obtenidos en la prueba se procesaron y se almacenaron en el ordenador acoplado a la máquina, por lo que posteriormente se pueden visualizar en la pantalla del monitor gracias a un programa informático de Ibertest, con el que además se controla todo el proceso introduciendo los siguientes parámetros iniciales: referencia del ensayo, tipo de ensayo (tracción), longitud inicial entre puntos, sección inicial, escala de fuerza y velocidad del ensayo.

El programa informático que controla el ensayo, proporciona los valores de fuerza máxima (expresada en kN), alargamiento en resistencia máxima y alargamiento en rotura (expresados en mm).

Así pues, el tratamiento estadístico se realiza sobre los valores calculados de tensión máxima (expresada en MPa), deformación en resistencia máxima y deformación en rotura (expresadas en porcentaje), que se determinan a partir de los resultados de los ensayos como se indica a continuación:

Estas tres características mecánicas se determinan para cada uno de los tipos de alambre galvanizado utilizados generalmente en invernadero (el dulce recocado, el reforzado y el acerado).

### 3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la figura 1 se presentan los porcentajes de ensayos efectuados sobre los tres tipos de alambre galvanizado (nuevo) estudiados.

En la tabla 1 se presentan las diferencias existentes entre los tres tipos de alambre galvanizado utilizados en invernadero, observando que el alambre acerado presenta una resistencia a la tracción superior a la de los otros tipos, mientras que el dulce recocado es el que menor tensión ha resistido, hecho que concuerda con lo citado en la bibliografía (Díaz et al., 1994; <http://www.moreda.com>). Sin embargo, al hablar de deformaciones, los valores máximos se dan en el alambre dulce recocado, habiendo soportado el acerado los menores alargamientos porcentuales registrados. Con el alambre reforzado se obtuvieron unos valores de tensión y deformación intermedios.

Estos resultados confirman que el proceso de recocado reduce la dureza del material y esto genera una bajada de la resistencia máxima (DeGarmo et al., 1994). Sin embargo aumenta la ductilidad en los aceros con bajo contenido de carbono deformados en frío (Barroso et al., 1996).

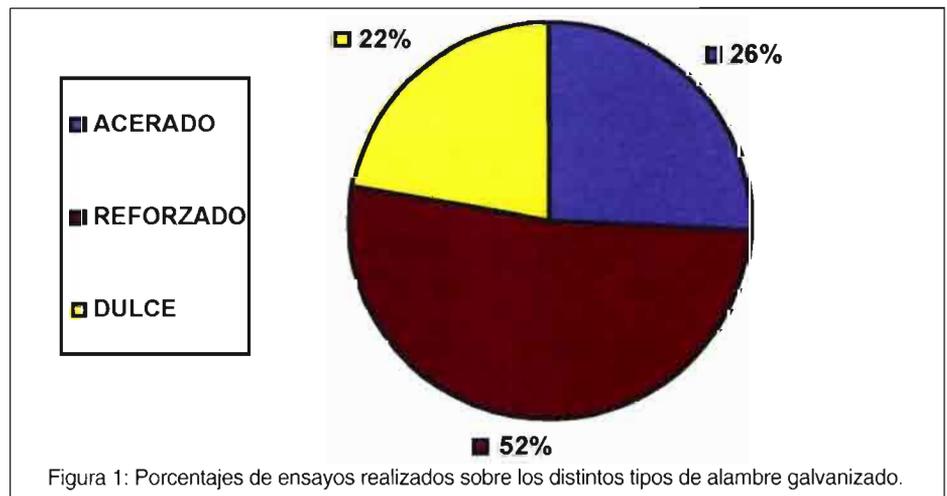


Figura 1: Porcentajes de ensayos realizados sobre los distintos tipos de alambre galvanizado.

Tabla 1. Características mecánicas obtenidas en los ensayos de alambre galvanizado utilizados en invernaderos del SE de España.

PARÁMETROS		Rm (kp/mm <sup>2</sup> )	Rm (MPa)	Am (%)	Ar (%)
ALAMBRE ACERADO	Máximo	141,54	1.388,54	21,81	60,55
	Media	138,41	1.357,84	16,38	52,83
	Mínimo	135,96	1.333,74	13,90	47,29
ALAMBRE REFORZADO	Máximo	89,50	878,00	40,36	52,01
	Media	86,58	849,31	26,92	45,36
	Mínimo	81,30	797,54	17,57	38,58
ALAMBRE DULCE RECOCIDO	Máximo	53,74	527,18	85,97	119,16
	Media	50,52	495,64	63,53	93,00
	Mínimo	46,05	451,75	45,98	59,23

Nota: Resistencia máxima a tracción (Rm), Alargamiento porcentual bajo carga máxima (Am), Alargamiento porcentual de rotura (Ar).

### Calidad de los alambres de acero galvanizado (Nuevo).

En la norma UNE 37506:1983 se establece la resistencia a la tracción (Rm) mínima para los alambres de acero con alto contenido en carbono (grupo I), pero no se impone ningún valor a los alambres de acero con bajo contenido en carbono (grupo II), donde se incluyen todos los alambres ensayados.

Según los datos de tensión máxima (Rm) obtenidos en los ensayos de tracción (tabla 1), ninguno de los alambres estudiados alcanza los valores mínimos indicados en la citada norma para los alambres de acero del grupo I, por lo que sí alguno de los materiales ensayados perteneciera al mismo, no estaría cumpliendo con las condiciones impuestas por la normativa.

La evaluación de la calidad de este producto resulta difícil si se tiene en cuenta que, para clasificar el alambre según la norma UNE 37506:1983 (entre los grupos I y II), debe conocerse primero si el contenido en carbono del acero es mayor o menor del 0,25%. Este porcentaje no es indicado normalmente por el fabricante, por lo que el distribuidor que suministra el material al agricultor ni lo conoce ni tiene constancia de este dato.

Otro hecho importante es que, en las etiquetas colocadas en los rollos de alambre vistos, no se especifica la normativa que establece las características mecánicas exigidas en el producto, lo cual hace sospechar que los controles de calidad efectuados sobre el material no aseguran

el cumplimiento de la norma UNE 37506:1983.

### Influencia del tipo de alambre y de la casa suministradora sobre las propiedades mecánicas del alambre de acero galvanizado.

En la tabla 2 se resumen los factores que han influido sobre los parámetros estudiados en el tratamiento estadístico, indicando la influencia de los factores estudiados sobre las características mecánicas.

Al comparar los tres tipos de alambre por separado, el resultado obtenido fue que las propiedades mecánicas de los materiales, pertenecientes a las distintas casas distribuidoras visitadas, son muy parecidas entre sí, ya que los análisis de la

varianza (P<0,05) realizados así lo indicaron. La única diferencia estadísticamente significativa se dio entre la deformación de rotura de los alambres dulces de la casa Nitroforska (con una media del 72,52%), y la de los alambres dulces de la casa Salinas y García (con una media del 113,49%).

### CONCLUSIONES.

Con el estudio realizado sobre los alambres de acero galvanizado, se verifican las diferencias existentes entre las propiedades mecánicas de los distintos tipos, reconociéndose el efecto del recocido y del contenido en carbono de éstos. Este aumenta la deformación que es capaz de soportar el material pero disminuye su resistencia a la tracción, mientras que el carbono tiene un efecto totalmente contrario conforme aumenta su contenido en el material. Así pues, los alambres dulces recocidos soportan los mayores alargamientos porcentuales, seguidos de los reforzados y de los acerados por este orden.

Las propiedades de los materiales suministrados por las distintas casas comerciales son bastante homogéneas para cada tipo de alambre, aunque debe mencionarse que ninguno de éstos presenta la resistencia a tracción establecida en la norma UNE 37506:1983 para alambres de acero galvanizado con alto contenido en carbono. Por lo tanto, si alguna de las muestras ensayadas tuviera un porcentaje de más del 0,25% de C, estaría incumpliendo dicha normativa por no alcanzar los valores mínimos requeridos.

La metodología para controlar las características mecánicas del alambre, debe basarse en las normas UNE 37503:1975, UNE 7474-1:1992, UNE 7474-2:1992.

Tabla 2. Influencia del tipo de alambre y de la casa distribuidora sobre las características mecánicas del alambre galvanizado (según los análisis estadísticos).

FACTOR	PARÁMETROS		
	Tensión máxima Am	Deformación Am	Deformación Ar
TIPO ALAMBRE	SI	SI	SI
SUMINISTRADOR ACERADO	NO	NO	NO
SUMINISTRADOR REFORZADO	NO	NO	NO
SUMINISTRADOR DULCE RECOCIDO	NO	NO	SI

Nota: Resistencia máxima a tracción (Rm), Alargamiento porcentual bajo carga máxima (Am), Alargamiento porcentual de rotura (Ar).

Nuevo año, nueva moneda, nuevas técnicas...

## CUANDO TODO CAMBIA ES BUENO SEGUIR TENIENDO UN Punto DE REFERENCIA

regístrese en

Podrá ganar  
importantes  
premios

fertiberia.com



**www.fertiberia.com**  
*El dominio del campo*

- Respuesta a todas sus dudas.
- Noticias y precios agrícolas.
- Todas las novedades del sector.
- El tiempo en su localidad.
- Guía de fertilizantes de cultivos.
- Catálogo de productos.
- Análisis y recomendaciones de abonado.

  
**Fertiberia**