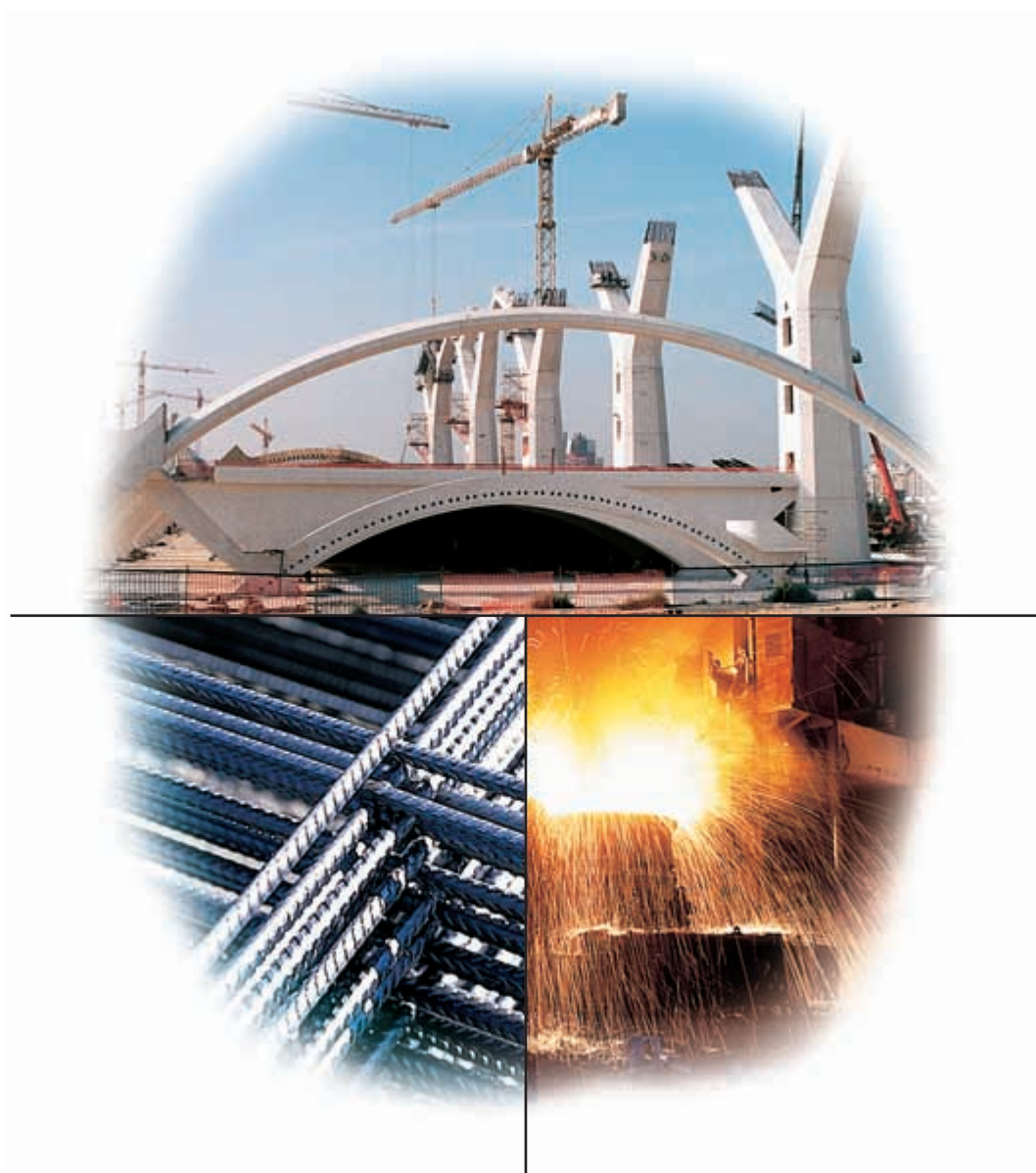


# DUCTILIDAD CELSA

## GARANTÍA DE SEGURIDAD



# BARRAS CORRUGADAS DE ACERO B 400 SD



## NECESIDAD DE LAS BARRAS DE ACERO CORRUGADO B 400 SD

Como ya hemos expuesto la **ductilidad** es una característica de los aceros para hormigón armado muy deseable en todos los casos e imprescindible en unas situaciones determinadas, como es el caso de estructuras sometidas a solicitaciones de tipo **sísmico, dinámicas o de impacto**.

Una ductilidad elevada junto con las restantes características exigidas a este acero, proporciona las condiciones adecuadas para que las zonas plastificadas (**rótulas**) que se formen en la estructura dispongan de una capacidad de giro suficiente y compatible con las exigencias de deformación de la estructura para poder seguir admitiendo solicitaciones hasta que se alcance el mecanismo de colapso de la misma.

**En definitiva, la ductilidad es deseable en todos aquellos casos en los que se quieran evitar roturas frágiles que puedan producir su colapso.**

La Instrucción de Hormigón Estructural EHE recoge por primera vez, en su Anejo 12, Tabla A.12.1, Artículo 4, un nuevo tipo de acero con características especiales de ductilidad, denominado **B 400 SD**, y recomienda especialmente el empleo de este acero en los casos de acciones sísmicas.

Para satisfacer esta necesidad estructural, CELSA y NERVACERO, pertenecientes al Grupo

Siderúrgico CELSA, lanzan al mercado el acero corrugado **B 400 SD**, denominado "DUCTICELSA" y "NERVADUCTIL" respectivamente, que cumple con los requisitos exigidos por la Norma UNE 36065 EX:1999.

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

El tipo de acero normalizado del redondo "DUCTICELSA" o "NERVADUCTIL" es del tipo: **B 400 SD** UNE 36065 EX:1999

donde :

- la letra **B** indica el tipo de acero (acero para hormigón armado)
- el número **400** indica el valor del límite elástico nominal garantizado, expresado en Mpa.
- las letras **SD** indican la condición de soldable y las características especiales de ductilidad.

Las características mecánicas que deben satisfacer las barras de este tipo de acero, son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Límite elástico ( $f_y$ ) (1)	$\geq 400$ Mpa
Resistencia a la tracción ( $f_s$ ).	$\geq 480$ Mpa
Relación $f_y$ (real) / $f_y$ (nominal)	1,20 (*)
Aptitud al doblado - desdoblado	



Los parámetros de ductilidad ( $A_5$  y  $f_s/f_y$ ) son **muy superiores** a los del antiguo acero B 500 S<sup>o</sup>.

Los parámetros de ductilidad, correspondientes a este tipo de acero B 400 SD, deben cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

PARÁMETROS DE DUCTILIDAD	
Alargamiento de rotura, ( $A_5$ )	$\geq 20\%$ ó $\epsilon_{m\acute{a}x}$ 9%
Relación: resistencia a tracción/límite elástico	$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35$ (*)

(\*) Estas acotaciones se realizan para evitar hiperresistencias en las estructuras que retrasen la formación de rótulas plásticas, y por lo tanto no permitan a las mismas desarrollar un comportamiento dúctil frente al colapso.

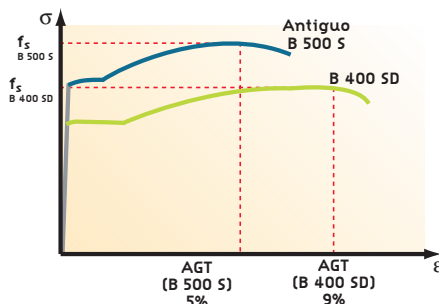
## CARACTERÍSTICAS FRENTE A CICLOS DE FATIGA

Tal como se ha indicado la fatiga es un fenómeno que provoca la rotura del acero sin llegar a alcanzarse la resistencia a tracción del material, por la actuación cíclica de la sollicitación.

Dada la particularidad de este tipo de sollicitación la Instrucción EHE, a diferencia de sus antecesoras EH, introduce un nuevo estado límite especial de resistencia a fatiga que debe ser cumplido por todos los tipos de aceros.

Las barras "DUCTICELSA" y "NERVADUCTIL", de calidad B 400 SD, cumplen los requisitos relativos a su comportamiento frente a la fatiga exigidos por la Norma UNE 36065 EX:1999.

### COMPARACION DE CURVAS TENSION/DEFORMACION ENTRE ACEROS: Antiguo B 500 S y B 400 SD.



## ENSAYO DE FATIGA

El ensayo consiste en someter a las barras a un esfuerzo axial, cíclico y controlado, entre un valor máximo y otro mínimo, ambos positivos (tracción).

El ensayo se realizará sobre barras rectas a las que se aplicará una tensión pulsatoria pero siempre de tracción.

Las probetas tendrán la sección completa de la barra, es decir no se considera válido el ensayo de probetas mecanizadas.

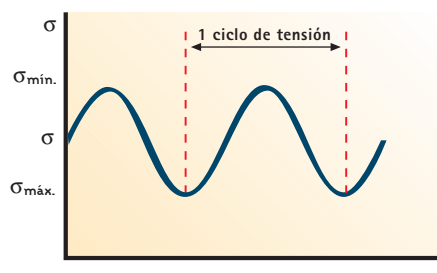
Las condiciones del ensayo para el acero B 400 SD son:

Tensión máxima:	$\sigma_{m\acute{a}x} = 0,6 \times f_s \text{ nominal} = 240 \text{ Mpa}$
Amplitud	$2\sigma_a = 150 \text{ Mpa}$
Frecuencia	$\leq 200 \text{ Hz}$
Longitud libre entre mordazas	$\leq 10 \varnothing$

El ensayo se realizará a temperatura ambiente (entre 10 °C y 35 °C).

El ensayo se continúa hasta que se alcancen  $2 \times 10^6$  ciclos o hasta que se produzca la rotura de la probeta. Si la rotura se produce en la zona de mordazas a una distancia inferior a  $2 \varnothing$  de la barra medidas desde el punto de sujeción, el ensayo se considera nulo.

### GRÁFICA TÍPICA DE DEFINICIÓN DEL ENSAYO DE FÁTIGA



# BARRAS CORRUGADAS DE ACERO B 400 SD

## COMPORTAMIENTO FRENTE A CICLOS DE HISTÉRESIS

Al hablar de ciclos de histéresis, nos referimos a los casos en que las tensiones en el acero pasan repetidamente de ser tracciones a ser compresiones, de forma que se generan los llamados **ciclos completos de histéresis**.

El comportamiento que experimenta el acero cuando es solicitado por tensiones cíclicas o repetidas y de signo cambiante (tracciones-compresiones), como es el caso de las generadas por el sismo, es muy diferente del descrito para la fatiga en el apartado anterior.

Esta alternancia en el signo de las tensiones de las armaduras produce un efecto destructivo del acero muy superior al que genera la fatiga.

Estas sollicitaciones constituyen un modelo aproximado de una acción de tipo sísmico, en la cual, las armaduras pasan de estar traccionadas a estar comprimidas por el cambio en el sentido de las acciones.

En estos casos deben realizarse ensayos con ciclos de histéresis completos, en los que se han de fijar como variables:

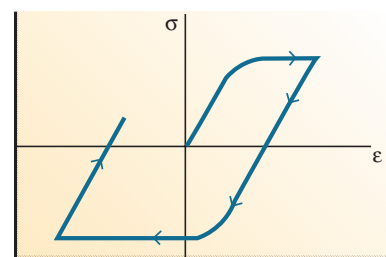
- la variación de tensión (tracción-compresión) en cada ciclo,
- la variación de las deformaciones (alargamiento-acortamiento) impuesta en cada ciclo.
- en definitiva, hay que definir las leyes  $\sigma$  ó  $\epsilon$  -  $\epsilon$ .

El comportamiento de los aceros frente a este tipo de sollicitaciones está lógicamente relacionado con su ductilidad. Por ello, una de

las exigencias expuestas en algunos Códigos, en particular en el Eurocódigo 8, es la de disponer de relaciones  $f_s/f_y$  muy altas, del orden de 1.20 y de unos alargamientos bajo carga máxima,  $\epsilon_{m\acute{a}x}$ , también muy elevados, del orden del 9%.

El nuevo tipo de acero "DUCTICELSA" o "NERVADUCTIL", considerado en la Instrucción EHE como se expuso con anterioridad, cumple los requisitos más exigentes del Eurocódigo 8 para su empleo en estructuras sismorresistentes.

### GRÁFICA DEL CICLO DE HISTÉRESIS



### ENSAYO DE CICLOS DE HISTERESIS

Tal y como se recoge en el apartado 10.8 de la Norma UNE 36065 EX:1999, el ensayo de carga cíclica consiste en someter a una probeta a tres ciclos completos de histéresis, simétricos, a una frecuencia de 1 a 3 Hz y con las longitudes libres entre mordazas y las deformaciones máximas de tracción y compresión siguientes:

DIAMETRO NOMINAL	LONGITUD LIBRE	DEFORMACIÓN (%)
$\varnothing < 16 \text{ mm}$	$5 \varnothing$	$\pm 4$
$16 \text{ mm} < \varnothing < 25 \text{ mm}$	$10 \varnothing$	$\pm 2,5$
$25 \text{ mm} < \varnothing$	$15 \varnothing$	$\pm 1,5$



## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y MARCAS DE IDENTIFICACIÓN

Las características geométricas fundamentales de estos aceros de ductilidad especial "DUCTICELSA" y "NERVADUCTIL", que permiten diferenciarlo de las otras barras de acero actuales son :

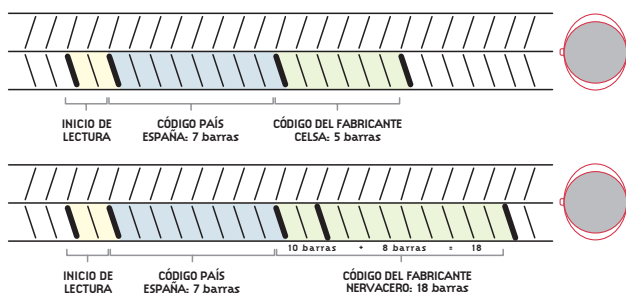
- Geometría de **2 caras**.
- Corrugas en forma de **"espiga"**.
- **Igual separación** de corrugas en ambas caras.

Además de los requisitos de **resistencia** y **ductilidad**, el hormigón armado tiene que poder funcionar como un conjunto y eso exige unas características de **adherencia** entre el hormigón y el acero.

Este tipo de acero proporciona unas tensiones de adherencia con el hormigón, que cumplen el ensayo "Beam Test" definido según la Norma UNE 36740:1997 y recogido en la Instrucción EHE. Es decir, el "DUCTICELSA" y el "NERVADUCTIL" satisfacen las condiciones de adherencia exigidas por dicha Instrucción.

El marcado de identificación de las barras del acero B 400 SD está definido en el Apartado nº 12 de la Norma UNE 36065 EX:1998 y se consigue mediante el regruessamiento de corrugas tal y como se presenta en la ilustración inferior.

### MARCAS DE IDENTIFICACIÓN DUCTICELSA / NERVADÚCTIL



Las características geométricas del corrugado vienen definidas por el **Certificado de Homologación de Adherencia** expedido por INTEMAC.

Además, cada paquete está identificado mediante dos etiquetas de color negro.

### Etiqueta A

- Nombre del Fabricante (CELSA o NERVACERO), dirección y teléfono.
- Marca ARCER.
- Nombre comercial del producto (DUCTICELSA o NERVADUCTIL).
- Calidad del acero (B 400 SD).
- Diámetro de la barra.
- Número de colada.
- Longitud de la barra.
- Marcas de identificación de las barras según la Norma UNE 36065 EX:1999 y el Informe Técnico UNE 36811:1986.
- Número de Contrato de AENOR.
- Número del Certificado de Homologación de Adherencia realizado por INTEMAC.

### Etiqueta B

- Marca ARCER, con el Código de Certificación.
- La denominación: "DUCTIBAR".
- Calidad del acero (B 400 SD)
- Nombre y señas del fabricante.
- Marcas de identificación de las barras.



# BARRAS CORRUGADAS DE ACERO B 400 SD

## APLICACIONES DEL "DUCTICELSA" Y DEL "NERVADUCTIL"

Las posibles aplicaciones del acero de ductilidad especial "DUCTICELSA" y "NERVADUCTIL" son las siguientes:

**Estructuras sometidas a solicitaciones sísmicas.** Frente a este tipo de solicitaciones la respuesta de la estructura está muy condicionada por la ductilidad del acero ya que, en esta situación excepcional es fundamental la capacidad de adaptación de la estructura, pues se sobrepasan las fases elásticas del acero y se precisa de una máxima reserva de energía posible.

**Estructuras calculadas con un método de cálculo no lineal** o en las que se admitan redistribuciones limitadas de esfuerzos. En particular, en las estructuras hiperestáticas es necesario disponer de armaduras que dispongan de la ductilidad suficiente para poder garantizar los grados de redistribución esperados.

**Estructuras solicitadas por acciones difíciles de cuantificar,** ya sea por la naturaleza de dichas acciones o por el insuficiente conocimiento sobre sus efectos en la estructura considerada.

Estas acciones pueden ser:

- Solicitaciones dinámicas.
- Explosiones.
- De impacto.

- Relacionadas con efectos de retracción o fluencia.

- Sobrecargas accidentales.

En definitiva, el empleo del acero de ductilidad especial es adecuado en aquellas estructuras en donde la prevención de una rotura frágil y sin aviso evite pérdidas importantes.

**Estructuras en donde el riesgo de incendio sea grande.** Si por la acción del fuego una sección de una estructura dúctil plastifica generando una rótula, las secciones colindantes se adaptan y retrasan el colapso de la estructura mejor que si la estructura fuera frágil.

Siempre y cuando una estructura hiperestática disponga de un buen diseño que le confiera ductilidad estructural, el grado de ductilidad del acero favorecerá la redistribución de esfuerzos, y por tanto, el mecanismo de formación de las rótulas plásticas.

**Estructuras existentes en donde se prevee un cambio de uso, o bien, estructuras antiguas que deben ser rehabilitadas.** En estas situaciones puede ser conveniente el realizar una redistribución limitada de esfuerzos para trasladar la ley de momentos flectores con el fin de aprovechar al máximo la capacidad resistente de la estructura original y al mismo tiempo minimizar las operaciones de refuerzo, o que éstas se realicen en las zonas de mayor facilidad de ejecución.



## TABLAS DE SECCIONES Y CAPACIDADES MECÁNICAS

B 400 SD							
DIÁMETRO NOMINAL mm	SECCIÓN cm <sup>2</sup>	MASA NOMINAL kg/m	SECCIÓN DE ACERO EN cm <sup>2</sup> /m SEGÚN SEPARACIÓN ENTRE BARRAS				
			10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
6	0,283	0,222	2,83	1,88	1,41	1,13	0,94
8	0,503	0,395	5,03	3,35	2,51	2,01	1,68
10	0,785	0,617	7,85	5,24	3,93	3,14	2,62
12	1,131	0,888	11,31	7,54	5,65	4,52	3,77
16	2,011	1,578	20,11	13,40	10,05	8,04	6,70
20	3,142	2,47	31,42	20,94	15,71	12,57	10,47
25	4,909	3,85	49,09	32,72	24,54	19,63	16,36
32	8,042	6,31	80,42	53,62	40,21	32,17	26,81
40	12,566	9,86	125,66	83,78	62,83	50,27	41,89

DIÁMETRO NOMINAL mm	MASA NOMINAL kg/m	SECCIÓN DE ACERO "A" EN cm <sup>2</sup> , SEGÚN NÚMERO DE BARRAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,222	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
16	1,578	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
20	2,47	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,31	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	9,86	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

DIÁMETRO NOMINAL mm	MASA NOMINAL kg/m	CAPACIDAD MECÁNICA EN kn, SEGÚN NÚMERO DE BARRAS (trabajando a tracción y compresión) - Para $\gamma_s = 1.15$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,222	9,83	19,67	29,50	39,34	49,17	59,01	68,84	78,68	88,51	98,35
8	0,395	17,48	34,97	52,45	69,93	87,42	104,90	122,39	138,87	157,35	174,84
10	0,617	27,32	54,64	81,95	109,27	136,59	163,91	191,23	218,55	245,86	273,18
12	0,888	39,34	78,68	118,01	157,35	196,69	236,03	275,37	314,71	354,04	393,38
16	1,578	69,93	139,87	209,80	279,74	349,67	419,61	489,54	559,48	629,41	699,35
20	2,470	109,27	218,55	327,82	437,09	546,36	655,64	764,91	874,18	983,46	1092,73
25	3,850	170,74	341,48	512,22	682,95	853,69	1024,43	1195,17	1365,91	1536,65	1707,39
32	6,31	279,74	559,48	839,22	1118,95	1398,69	1678,43	1958,17	2237,91	2517,65	2797,38
40	9,86	437,09	874,18	1311,27	1748,36	2185,46	2622,55	3059,64	3496,73	3933,82	4370,91

$$\frac{\pi^2}{4} \times \pi \times \frac{400}{1,15} \times \frac{n}{1000} \quad \varnothing \text{ en mm} / n: \text{ núm. de barras}$$

# ROLLOS DE ACERO CORRUGADO B 400 SD



## GENERALIDADES

El rollo de acero corrugado CELSAFER D - B 400 SD es otra novedad, fruto del trabajo de I+D que se desarrolla en el seno de nuestro grupo, con el fin de conseguir las mismas ventajas que ofrece el "CELSAFER 500 S" y responder a las necesidades que requieren el empleo del acero de ductilidad especial B 400 SD.

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas que debe satisfacer el "CELSAFER D - B 400 SD" son las mismas que las expuestas para el "DUCTICELSA" y el "NERVADUCTIL": Además, al ser un acero B 400 SD, debe verificar los requisitos exigidos por la Instrucción EHE referente a su comportamiento frente a la fatiga y a los ciclos de histéresis.

### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Límite elástico ( $f_y$ ) (1)	$\geq 400$ Mpa
Resistencia a la tracción ( $f_s$ ).	$\geq 480$ Mpa
Relación $f_y$ (real) / $f_y$ (nominal)	1,20 (*)
Aptitud al doblado - desdoblado	

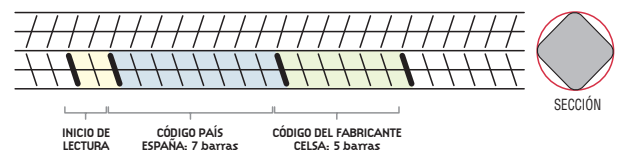
### PARÁMETROS DE DUCTILIDAD

Relación: resistencia a tracción/límite elástico	$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35$
--	-------------------------------

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y MARCAS DE IDENTIFICACIÓN

La geometría del "CELSAFER D - B 400 SD", al igual que la del "CELSAFER 500 S", es de **cuatro caras**, por lo que su núcleo presenta en su sección recta la forma de un **cuadrado** cuyas esquinas están truncadas (redondeadas), inscribiéndose todo el conjunto en un círculo que forman las corrugas.

### MARCAS DE IDENTIFICACIÓN CELSAFER-D 400 SD



Las características geométricas del corrugado vienen definidas por el **Certificado de Homologación de Adherencia** expedido por INTEMAC.

## GAMA DE FABRICACIÓN

GAMA DE FABRICACIÓN					
Diámetro nominal (mm)	6	8	10	12	16
Sección útil (cm <sup>2</sup> )	0,28	0,50	0,78	1,13	2,01
Peso (Kg/m)	0,222	0,395	0,617	0,888	1,578



Cada rollo está identificado a su vez por dos etiquetas de color negro.

### Etiqueta A

- Nombre del Fabricante (CELSA), dirección y teléfono.
- Marca ARCER.
- Nombre comercial del producto (CELSAFER D - B 400 SD).
- Calidad del acero.
- Diámetro de la barra.
- Número de colada.
- Marcas de identificación de las barras según la Norma UNE 36065 EX:1999 y el Informe Técnico UNE 36811:1986.
- Número de Contrato de AENOR.
- Número del Certificado de Homologación de Adherencia realizado por INTEMAC.

### Etiqueta B

- Marca ARCER, con el Código de Certificación.
- La denominación: "DUCTIBAR". ROLLO.
- Calidad del acero (B 400 SD).
- Nombre y señas del fabricante.
- Marcas de identificación de las barras.



## VENTAJAS DEL EMPLEO DEL "CELSAFER D - B 400 SD"

Las ventajas que ofrece este producto para su utilización en las máquinas automáticas de transformación de la ferralla, son las siguientes:

**Geometría de cuatro caras de corrugas.** Cuando la barra es enderezada por la estribadora automática, se minimiza la rotación producida alrededor de su eje. Como consecuencia, al conformarse cercos o estribos cerrados, se consigue una mejor disposición de las ramas extremas en el mismo plano.

**Con el CELSAFER D - B 400 SD no se produce aplastamiento de los nervios.**

Se precisan máquinas estribadoras menos potentes.

Provoca un desgaste de los rodillos muy inferior.

No se produce desgaste ni aplastamiento de las corrugas, ya que la proyección normal de la sección recta es un círculo.



# MALLAS ELECTROSOLDADAS CON BARRAS DE ACERO CORRUGADO B 400 SD



## ¿POR QUÉ LA DUCTIMALLA AGT 9?

Ya hemos comentado la conveniencia en determinadas ocasiones de abordar el armado de elementos estructurales de hormigón armado mediante barras corrugadas de acero dotadas de unas prestaciones especiales de ductilidad como las que le confiere el acero B 400 SD.

En el caso de las mallas electrosoldadas, la necesidad obviamente es la misma que se origina en el caso de las barras.

Para ello ponemos a su disposición la malla "AGT 9", la cual está constituida por barras de acero de ductilidad especial B 400 SD.

Los parámetros de ductilidad ( $A_5$  y  $f_s/f_y$ ) de la malla AGT 9 son muy superiores a los de la malla AGT 5

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

El acero empleado en la fabricación de las mallas "DUCTIMALLA - AGT 9" es un acero: B 400 SD UNE 36065 EX:1998.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Límite elástico ( $f_y$ ) (1)	$\geq 400$ Mpa
Resistencia a la tracción ( $f_s$ )	$\geq 480$ Mpa
Relación $f_y$ (real) / $f_y$ (nomina)	1,20
Aptitud al doblado - desdoblado	

PARÁMETROS DE DUCTILIDAD	
Alargamiento de rotura, ( $A_5$ )	$\geq 20\%$ ó $\epsilon_{m\acute{a}x} 9\%$
Relación: resistencia a tracción/límite elástico	$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35$

Estos dos criterios deben cumplirse simultáneamente.

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y MARCAS DE IDENTIFICACIÓN

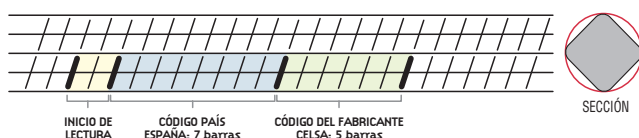
La geometría de las barras que componen la malla "AGT 9" es de 4 caras de corrugas.

La disposición de las corrugas es en forma de "rosca", como se expone en la figura.

## COMPORTAMIENTO FRENTE A LA FATIGA Y A LAS CARGAS CÍCLICAS

Las barras que conforman las mallas "AGT 9" deberán cumplir los requisitos que la Norma UNE 36065 EX:1999 exige a las barras de acero B 400 SD.

### MARCAS DE IDENTIFICACIÓN AGT 9



Las características geométricas del corrugado vienen definidas por el Certificado de Homologación de Adherencia expedido por INTEMAC.

## IDENTIFICACIÓN DE LOS PANELES

Con el fin de poder identificar sin problemas la "DUCTIMALLA - AGT 9", se disponen tres etiquetas distintas :

### Etiqueta panel

- En ella se indica la marca ARCER, la denominación "DUCTIMALLA - AGT 9", el diámetro principal, el tipo de acero (B 400 SD) y el nombre del fabricante.

Dos etiquetas de color negro en cada paquete:

### Etiqueta A

- Nombre del Fabricante, dirección y teléfono.
- Marca ARCER.
- Nombre comercial del producto.
- Calidad del acero.
- Código de la malla.
- Separaciones entre barras de la malla.
- Diámetros de las barras.
- Dimensiones del panel.
- Lote.
- Número de paneles por paquete.
- Denominación de la malla, según Norma UNE 36092:1996.
- Marcas de identificación de las barras que forman las mallas según la Norma UNE 36065:1999 y el Informe Técnico UNE 36811:1986.
- Número de Contrato de AENOR.
- Número del Certificado de Homologación de Adherencia realizado por INTEMAC.

### Etiqueta B

- Marca ARCER, con el Código de Certificación.
- La denominación: "DUCTIMALLA".
- Calidad del acero (B 400 SD).
- Nombre y señas del fabricante.
- Marcas de identificación de las barras.

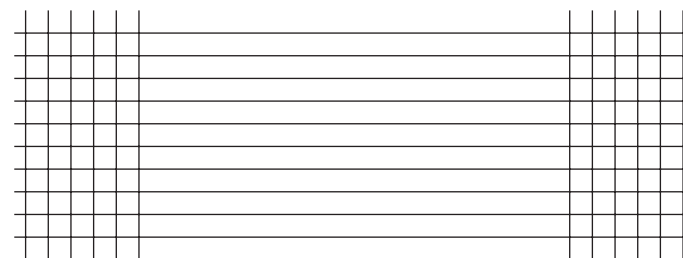
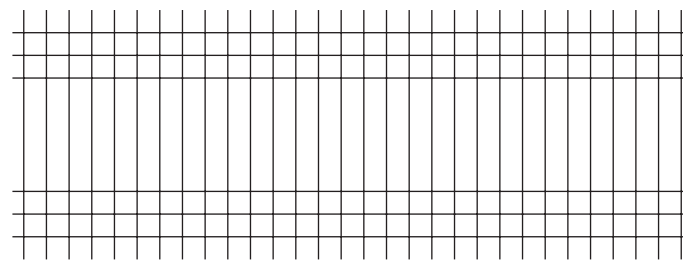
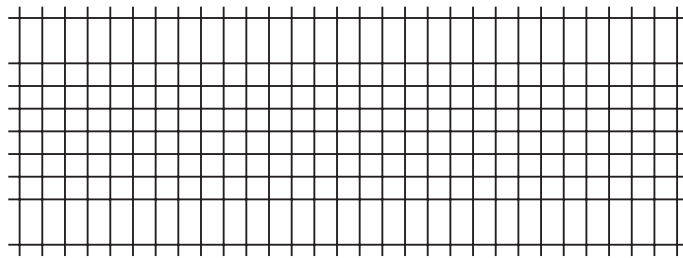
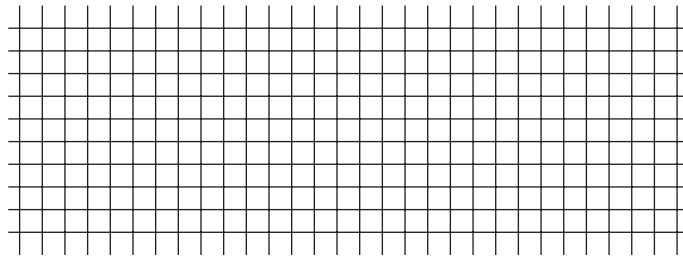


## TIPOS DE PANELES "DUCTIMALLA - AGT 9"

Las mallas "AGT 9" se fabrican "**bajo pedido**", por lo tanto, no existe una gama de mallas estándar DUCTIMALLA-AGT 9.

La tipología del panel podrá ser la misma que la de las mallas "ESTÁNDAR - AGT 5 ", o bien la de la "OPTIMALLA - AGT 5 ", o cualquier otra posible de fabricar.

En las figuras siguientes se representan algunas estructuras de paneles dentro de las múltiples posibles de fabricación.



## TABLAS DE SECCIONES Y CAPACIDADES MECÁNICAS

B 400 SD		SECCIÓN DE ACERO EN cm <sup>2</sup> /m SEGÚN SEPARACIÓN ENTRE BARRAS				
DIÁMETRO NOMINAL mm	SECCIÓN cm <sup>2</sup>	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
6	0,283	2,83	1,88	1,41	1,13	0,94
8	0,503	5,03	3,35	2,51	2,01	1,68
10	0,785	7,85	5,24	3,93	3,14	2,62
12	1,131	11,31	7,54	5,65	4,52	3,77

DIÁMETRO NOMINAL mm	MASA NOMINAL kg/m	SECCIÓN DE ACERO "A" EN cm <sup>2</sup> , SEGÚN NÚMERO DE BARRAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,222	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31

DIÁMETRO NOMINAL mm	MASA NOMINAL kg/m	CAPACIDAD MECÁNICA EN kn, SEGÚN NÚMERO DE BARRAS (trabajando a tracción y compresión) - Para $\gamma_s = 1.15$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,222	9,83	19,67	29,50	39,34	49,17	59,01	68,84	78,68	88,51	98,35
8	0,395	17,48	34,97	52,45	69,93	87,42	104,90	122,39	139,87	157,35	174,84
10	0,617	27,32	54,64	81,95	109,27	136,59	163,91	191,23	218,55	245,86	273,18
12	0,888	39,34	78,68	118,01	157,35	196,69	236,03	275,37	314,71	354,04	393,38

$$\frac{\sigma^2}{4} \times \pi \times \frac{400}{1,15} \times \frac{n}{1000} \quad \sigma \text{ en mm} / n: \text{ n.º de barras}$$



**GRUPO CELSA** Polígono Industrial San Vicente, s/n. - 08755 CASTELLBISBAL (Barcelona) España  
Tel. +34 93 773 05 00 - Fax +34 93 773 05 02 | E-mail: [sales@gcelsa.com](mailto:sales@gcelsa.com) | <http://www.gcelsa.com>