



Prácticas de Materiales de Construcción – I.T. Obras Públicas

## **PRÁCTICA Nº 16**

### **ACEROS PARA HORMIGONES I**

Contenido:

#### **16.1 Generalidades**

##### **16.1.1 Definiciones**

##### **16.1.2 Designación**

##### **16.1.3 Prescripciones**

#### **16.2 Identificación visual**

##### **16.2.1 Tipos de acero corrugado**

##### **16.2.2 Fabricante (país y fábrica) del acero**

##### **16.2.3 Clase técnica**

#### **16.3 Determinación de la sección equivalente**

#### **16.4 Adherencia y geometría**

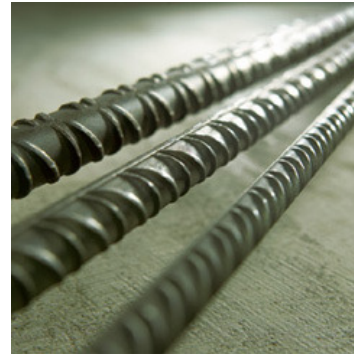
##### **16.4.1 Medición de la geometría superficial del acero corrugado**

##### **16.4.2 Determinación del factor de corruga ( $f_R$ )**

## 16.1 Generalidades

---

Para la fabricación de hormigones, la EHE-08 diferencia los aceros empleados para formación de las armaduras activas (alambres, barras y cordones de pretensado), de los utilizados para las armaduras **pasivas: barras rectas de acero corrugado soldable** (producto acabado laminado en caliente en el que nos centraremos en estas prácticas), rollos de acero corrugado soldable, alambres de acero corrugado o grafilado soldable y alambres lisos de acero soldable.



### 16.1.1 Definiciones

- *Ferralla:*

Conjunto de los procesos de transformación del acero corrugado, suministrado en barras o en rollos, que tienen por finalidad la elaboración de armaduras pasivas y que incluyen las operaciones de corte, doblado, soldadura, enderezado, etc.

- *Armado:*

Proceso por el que se proporciona la disposición geométrica definitiva a la ferralla, a partir de las armaduras elaboradas o de mallas electrosoldadas.

- *Montaje:*

Proceso de colocación de la ferralla armada en el encofrado, conformando la armadura pasiva (colocación de separadores, cumplimiento recubrimientos, etc.)

- *Corrugas:*

Estrías, resaltos o nervaduras discontinuas y no paralelas al eje longitudinal de la barra.

- *Aletas:*

Resaltos continuos, paralelos al eje longitudinal de la barra y diametralmente opuestos.

- *Núcleo:*

Parte de la barra no afectada por las corrugas ni por las aletas.

- *Altura máxima de corruga (a) o de la aleta (a<sub>1</sub>):*

Distancia existente entre el punto más alto de la corruga o de la aleta y el núcleo de la barra, medida en dirección normal al eje de la barra y en un plano que contenga a dicho eje y a la mencionada normal.

- *Separación de corrugas (c):*

Distancia existente entre los planos ortogonales al eje de la barra que pasan por los puntos homólogos de dos corrugas consecutivas.

- *Inclinación de la corruga ( $\beta$ ):*

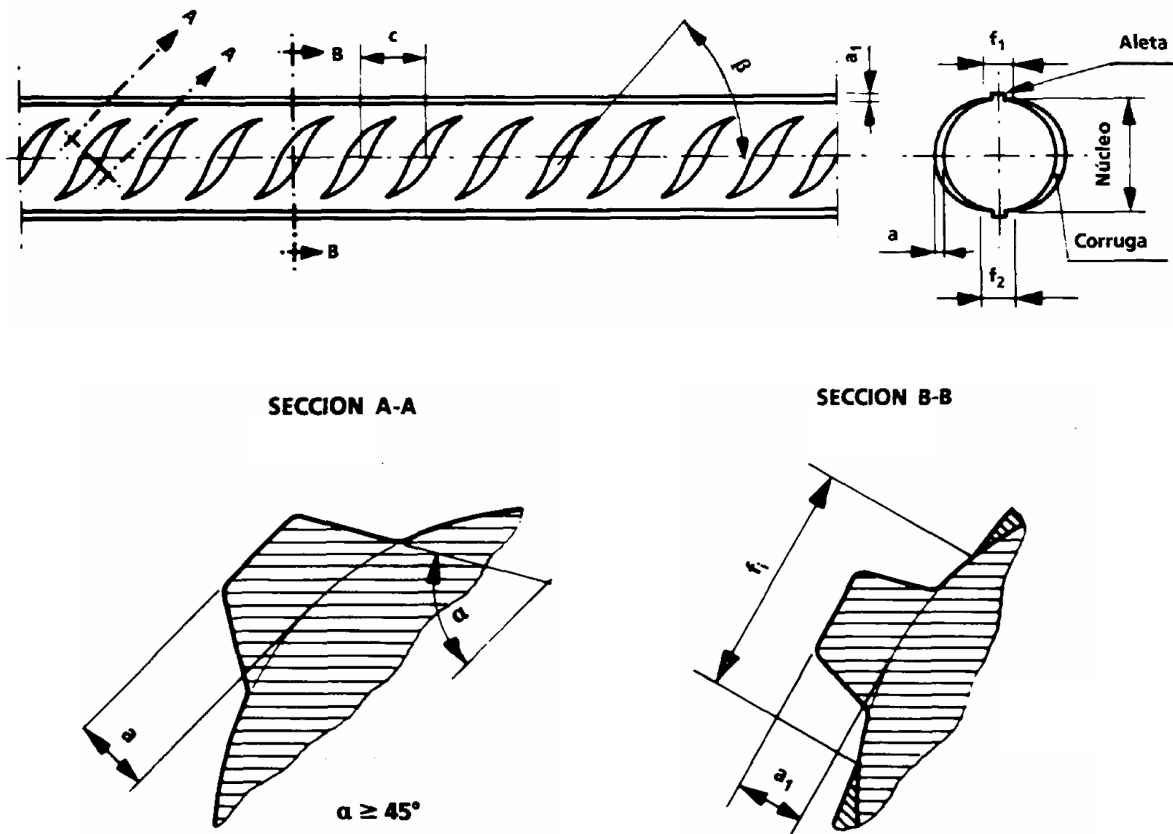
Ángulo que forma el eje de la corruga con el eje longitudinal de la barra.

- *Inclinación del flanco de la corruga ( $\alpha$ ):*

Ángulo del flanco de la corruga medido perpendicularmente al eje longitudinal de la corruga.

- *Perímetro sin corrugas ( $\sum f_i$ ):*

Longitud, medida en la proyección de la barra sobre un plano ortogonal a su eje, de los arcos de circunferencia del núcleo sobre los que no se proyectan la corrugas. En la figura adjunta se han designado por  $f_1$  y  $f_2$  las dos zonas del perímetro sin corrugas, siendo este perímetro sin corrugas la suma de  $f_1 + f_2$ . (a efectos prácticos se sustituye la medición del arco por el de la cuerda).



Fuente: UNE 36068:1994

- *Diámetro nominal ( $d$ ):*

Número convencional que define el círculo, indicado en la tabla adjunta, respecto al cual se establecen tolerancias.

A partir del diámetro nominal, se determinan los valores nominales del área de la sección recta transversal y de la masa nominal por metro lineal (kg/m), adoptando convencionalmente como masa específica del acero el valor **7,85 kg/dm<sup>3</sup>**.

**Ejemplo:** Dada una barra de acero con  $d = 10$  mm, determina el valor nominal del área de la sección transversal y su masa por metro lineal (comprueba resultado con tabla adjunta).

**Tabla 6**  
 Valores de los diámetros nominales preferentes, áreas de la sección transversal y masas por metro

Diámetro nominal mm	Barras	Rollos y productos enderezados	Mallas electrosoldadas	Armaduras básicas electrosoldadas en celosía	Área nominal de la sección transversal mm <sup>2</sup>	Masa nominal por metro kg/m
4,0		X		X	12,6	0,099
4,5		X		X	15,9	0,125
5,0		X	X	X	19,6	0,154
5,5		X	X	X	23,8	0,187
6,0	X	X	X	X	28,3	0,222
6,5		X	X	X	33,2	0,260
7,0		X	X	X	38,5	0,302
7,5		X	X	X	44,2	0,347
8,0	X	X	X	X	50,3	0,395
8,5		X	X	X	56,7	0,445
9,0		X	X	X	63,6	0,499
9,5		X	X	X	70,9	0,556
10,0	X	X	X	X	78,5	0,617
11,0		X	X	X	95,0	0,746
12,0	X	X	X	X	113	0,888
14,0	X	X	X	X	154	1,21
16,0	X	X	X	X	201	1,58
20,0	X				314	2,47
25,0	X				491	3,85
28,0	X				616	4,83
32,0	X				804	6,31
40,0	X				1 257	9,86
50,0	X				1 963	15,4

Fuente: Norma EN 10080:2005 Acero soldable para armaduras de hormigón armado

En el caso concreto de las barras corrugadas, los posibles diámetros nominales serán los definidos en la siguiente serie:

**6 – 8 – 10 – 12 – 14 – 16 – 20 – 25 – 32 y 40**

### 16.1.2 Designación

La normativa establece unas reglas para la designación simbólica de los aceros mediante caracteres alfanuméricos que expresan su aplicación y sus características principales, por ejemplo mecánicas, físicas o químicas, para identificarlos de forma abreviada. En la normativa vigente: *EHE-08*, *UNE-EN 10080:2005 (Acero soldable para armaduras de hormigón armado)* y *UNE 36-068-94:1994 (Barras corrugadas de acero soldable para armaduras de hormigón armado)*, se fija al respecto que la designación deberá contener la siguiente información:

- a) Descripción de la forma del producto  
Es decir, si es barra o rollo
- b) El número de la norma europea del producto
- c) Las dimensiones nominales
- d) La clase técnica (ver codificación en apartado 16.2.3)

Servirá para indicar las prestaciones del acero definidas por una serie de parámetros:

- $R_e (f_y)$ : Límite elástico
- $A_{gt} (\epsilon_{m\acute{a}x})$ : Porcentaje total de alargamiento bajo carga máxima
- $R_m / R_e (f_s / f_y)$ : Relación resistencia a la tracción / límite elástico
- $R_{e,real} / R_{e,nom} (f_{y,real} / f_{y,nom})$  (si procede): Relación límite elástico real / límite elástico especificado
- Resistencia a la fatiga (si procede)
- Aptitud al doblado, soldabilidad, adherencia, tolerancias y dimensiones.

Igualmente la designación se compondrá de los siguientes símbolos:

- Símbolo  $\emptyset$
- El diámetro nominal (mm)
- La letra **B**, indicativa del tipo de acero (acero para hormigón armado)
- Un número de tres cifras que indica el valor del límite elástico nominal garantizado, expresado en MPa. (puede ser **400** ó **500**)
- La letra **S**, que indica la condición de soldable. Se añadirá la letra **D** cuando el acero tenga características especiales de ductilidad.

Nota: *Ductilidad* es la capacidad de un acero para deformarse plásticamente sin romperse una vez superado su límite elástico. Este tipo de aceros mejora la seguridad frente al colapso en situaciones de sollicitaciones difíciles de cuantificar o de carácter extraordinario, como las sísmicas, y para poder efectuar cálculo plástico.

Ejemplo:

Escribe la designación de una barra corrugada soldable de 12 mm de diámetro nominal, con un límite elástico de 400 MPa

### 16.1.3 Prescripciones

A estos aceros se les exige una serie de características respecto a las cuales se fijan unas limitaciones:

- A.- Tipo de acero, fabricante y clase técnica
- B.- La sección equivalente
- C.- Características de adherencia (geometría superficial)
- D.- Características mecánicas
- E.- Ausencia de grietas tras ensayo de doblado-desdoblado ó doblado simple.
- F.- Los aceros con características especiales de ductilidad cumplirán con el ensayo de fatiga así como al ensayo de deformación alternativa (cargas cíclicas)
- G.- Composición química (durabilidad y soldabilidad)

A lo largo de estas prácticas veremos los requisitos A, B, C, D y E

## 16.2 Identificación visual

---

### 16.2.1 Tipos de acero corrugado

Diferenciamos 4 tipos de acero:

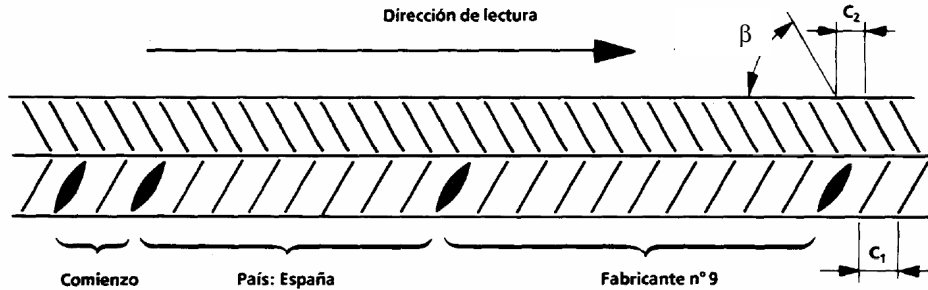
Tipo de acero	<b>B 400 S</b>	<b>B 500 S</b>	<b>B 400 SD</b>	<b>B 500 SD</b>
Norma de producto	UNE 36068	UNE 36068	UNE 36065	UNE 36065

Estos aceros los identificamos mediante la disposición de las corrugas en los dos sectores opuestos de la barra:

a) Acero soldable

• **B 400 S**

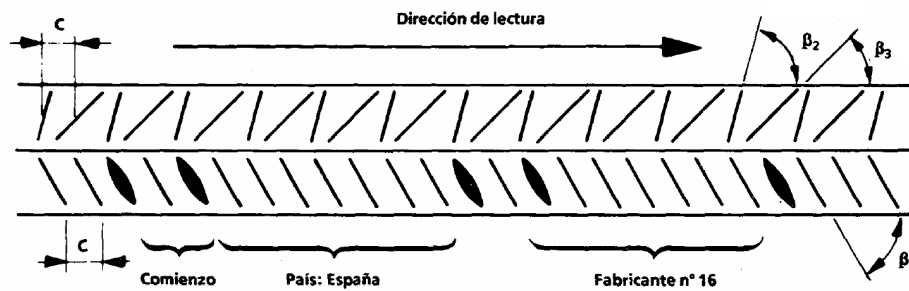
Las corrugas de los dos sectores tienen diferente separación y en cada sector todas las corrugas tienen la misma inclinación y están uniformemente separadas:



Fuente: UNE 36068:1994

• **B 500 S**

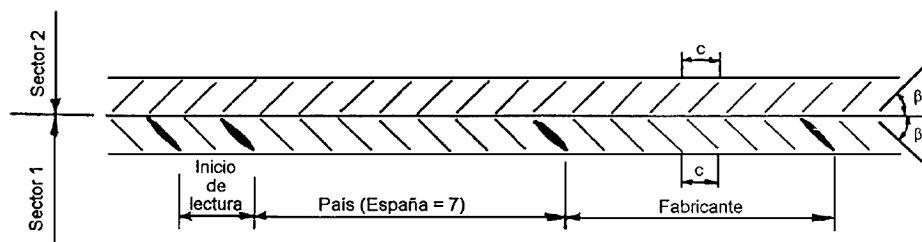
Las corrugas de los dos sectores tienen diferente separación. Las corrugas del sector inferior tienen misma inclinación y están uniformemente separadas; Las del sector opuesto están agrupadas en dos series de igual separación pero distinta inclinación:



Fuente: UNE 36068:1994

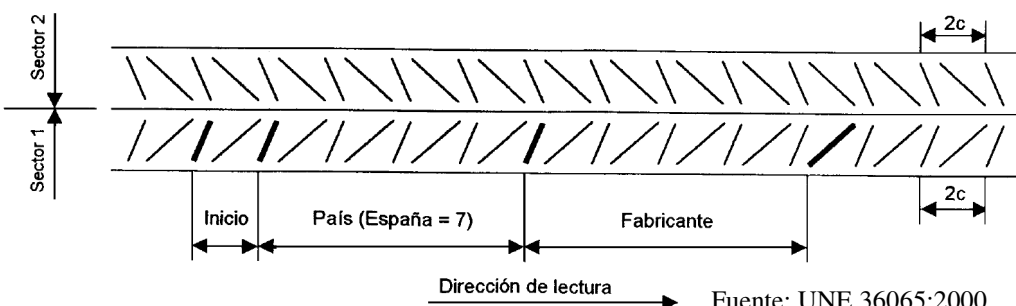
b) Acero soldable con características especiales de ductilidad

• **B 400 SD**



Fuente: UNE 36065:2000

• **B 500 SD**



Fuente: UNE 36065:2000

Describe los tipos B 400S D y B 500 SD:

### 16.2.2 Fabricante (país y fábrica) del acero

Podremos encontrar en el mercado barras fabricadas con dos criterios de identificación en función de la normativa aplicada:

- Normas *UNE 36068* y *UNE 36065*

Se realiza mediante el engrosamiento de algunas corrugas en uno de los sectores de la barra. Cada acero llevará en una de sus filas (sector) de corrugas una marca que identifique el país y la fábrica, debiendo repetirse a intervalos inferiores a **1,5 metros**.

En el caso del acero B400S, el sector utilizado para la identificación es el de mayor separación entre corrugas, en el B500S se utiliza el de las corrugas de igual inclinación, y en los aceros SD, la identificación se realiza sobre cualquiera de los sectores de corrugas (ver dibujos páginas anteriores).

En el código de identificación se diferencian tres zonas:

#### **Inicio y dirección de lectura**

Se señala mediante una corruga normal entre dos engrosadas, que se situará a la izquierda del observador.

#### **País** (del 1 y el 9)

A continuación de las corrugas de inicio de lectura, una serie de corrugas normales limitada por una nueva corruga engrosada identifica el país del fabricante. España y Portugal tienen asignado el código 7.



País	Número de identificación
Alemania, Austria, Eslovaquia, Polonia, República Checa	1
Bélgica, Holanda, Luxemburgo, Suiza	2
Francia, Hungría	3
Italia, Malta, Slovenia	4
Irlanda, Islandia, Reino Unido	5
Dinamarca, Estonia, Finlandia, Letonia, Lituania, Noruega, Suecia	6
España, Portugal	7
Chipre, Grecia	8
Otros países	9

### **Fábrica** (del 1 y el 99)

Cada fabricante tiene asignado un número de identificación, que se indica en la barra mediante otro grupo de corrugas normales limitado por una nueva corruga engrosada.

Dado que se sigue el sistema de numeración decimal, en algunos casos la identificación se realiza con dos grupos de corrugas normales separados por una corruga engrosada, correspondiendo el primer grupo a las decenas y el segundo a las unidades.

### CONDICIONES PARA LA IDENTIFICACIÓN (fábrica)

- 1.- No se pueden utilizar los números 1 y 2.
- 2.- Los códigos de dos cifras se representarán mediante un grupo de corrugas para las unidades y otro para las decenas, separados por una corruga engrosada, excepto para los múltiplos de 10 y para los números terminados en 1 que se representarán de la siguiente forma:

\* Códigos múltiplos de 10: se indicarán con un número de corrugas igual al número de la decena menos uno, seguido de una corruga engrosada y a continuación 10 corrugas normales seguidas de otra engrosada.

Ejemplo: Fabricante 30 → **/////////////**

\* Códigos terminados en 1: se indicarán con un número de corrugas igual al número de la decena menos uno, seguido de una corruga engrosada y a continuación 11 corrugas normales seguidas de otra engrosada.

Ejemplo: Fabricante 21 → **/////////////**

Excepciones: Los códigos 11, 12, 13, 22 y 23, que los representaremos de la siguiente forma:

- 11.- //
- 12.- //
- 13.- //
- 22.- ///
- 23.- ///

- Norma UNE-EN 10080:2005

Nos indica que en el caso de realizarla mediante engrosamiento de corrugas (existen otras formas), el inicio de la lectura debe de consistir en dos corrugas consecutivas engrosadas, el país de origen igual al visto anteriormente y respecto al número de la fábrica consistirá en un número de uno o dos dígitos comprendido entre el 1 y el 99, con excepción de los múltiplos de 10.



Inicio

País nº 4

Fábrica nº 16

### 16.2.3 Clase técnica (UNE-EN 10080:2005)

Debe identificarse mediante un número de producto (código) que es asignado y registrado, y que servirá para indicar las prestaciones del acero definidas los parámetros comentados anteriormente.

Este número se identifica en la fila (sector) opuesta a la que se identifica el fabricante, y se repite igualmente cada 1,5 metros. Si el sistema de identificación se representa mediante engrosamiento de corrugas, el inicio de la lectura se realizará con 3 corrugas consecutivas engrosadas, y a continuación el número de producto (entre el 101 y el 999 con excepción de los múltiplos de 10).

Ejemplo: producto nº 226



### ENSAYO 16.1: Identificación visual

Resolver el Ejercicio 16.1 del ANEJO 1

### 16.3 Sección equivalente

---

Para su determinación aplicamos la siguiente expresión:

$$A_e = \frac{P}{7,85 * L}$$

Siendo:

$A_e$  = Sección equivalente ( $cm^2$ ), con tres cifras significativas

$P$  = Peso de la probeta (en gramos)

7,85 = masa específica del acero ( $kg/dm^3$ ) o ( $g/cm^3$ )

$L$  = longitud de la probeta (cm), cumpliéndose que  $L \geq 50$  cm

CRITERIO DE ACEPTACIÓN:  $A_e \geq 95,5\% A_n$  (sección nominal)

Nota: También podemos hablar de *Diámetro equivalente*: diámetro del círculo cuya área es igual a la sección equivalente.

### ENSAYO 16.2: Determinación de la sección equivalente

Cada grupo de alumnos dispondrá de una probeta de acero corrugado y deberá comprobar su validez respecto a los valores obtenidos de su sección:

## 16.4 Adherencia y geometría

---

Los productos de acero corrugado se caracterizan por su geometría superficial, a través de la cual se consigue su adherencia con el hormigón.

Para demostrar la conformidad del producto, mientras no esté vigente el marcado CE, deberemos comprobar que:

- Las características geométricas de las barras suministradas, están comprendidas entre los límites admisibles establecidos en el certificado específico de adherencia elaborado por un laboratorio oficial acreditado, en el que se consignarán obligatoriamente, además de los resultados del ensayo específico de adherencia (*ensayo de la viga*), la marca comercial y dichos límites admisibles de las características geométricas.
- alternativamente, que las barras suministradas cumplen con el correspondiente factor de corruga o adherencia ( $f_R$ ) (también llamado *área proyectada de las corrugas* o *índice de corruga*).

### 16.4.1 Medición de la geometría superficial del acero corrugado.

Utilizando este método general debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Generales:
- Los aceros corrugados se caracterizan por las dimensiones, el número y la configuración de las corrugas transversales y longitudinales.
  - Los productos deben tener dos o más filas de corrugas transversales uniformemente distribuidas a lo largo de su perímetro.
  - Dentro de cada fila, las corrugas deben estar uniformemente espaciadas.
  - Las aletas longitudinales pueden estar presentes o no.
  - Los parámetros de corrugado pueden especificarse mediante el área relativa de corruga ( $f_R$ ), mediante la combinación de la separación, altura e inclinación de las corrugas transversales, o bien mediante ambos criterios (en cualquier caso siguiendo la UNE-EN ISO 15630-1).

b) Corrugas transversales:

- La separación, altura e inclinación de la corruga debe encontrarse dentro los intervalos recogidos en la siguiente tabla:

**Tabla 7**  
**Intervalos para los parámetros del corrugado**

Altura de corruga $h$	Separación entre corrugas $c$	Inclinación de la corruga $\beta$
0,03 $d$ a 0,15 $d$	0,4 $d$ a 1,2 $d$	35° a 75°

*Fuente: Norma UNE-EN 1080 (Acero soldable para armaduras de hormigón armado)*

- Deben tener forma de media luna y fundirse suavemente con el núcleo del producto.
- La proyección de las corrugas transversales debe extenderse sobre, al menos, el 75% de la circunferencia del producto, calculada a partir del diámetro nominal.
- La inclinación de los flancos de las corrugas transversales ( $\alpha$ ) debe ser  $\geq 45^\circ$  y la transición entre corruga y núcleo debe ser redondeada.

c) Aletas longitudinales:

- Cuando existan, su altura no debe ser superior a 0,15  $d$  (siendo  $d$  el diámetro nominal del producto).

**ENSAYO 16.3: Medición de características geométricas**

UNE-EN ISO 15630-1:2003

**MATERIAL UTILIZADO**

Las características geométricas deben medirse mediante un instrumento (pie de rey, flexómetro o regla metálica) con una resolución de al menos:

- 0,02 mm para la altura de las corrugas transversales.
- 0,05 mm para la separación entre corrugas transversales de dos filas contiguas (zona sin corrugas).
- 0,5 mm para la medición de la distancia entre corrugas transversales.

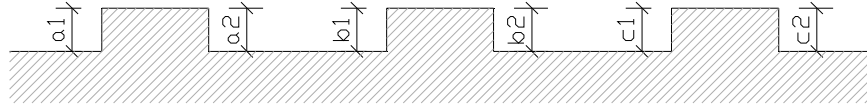
**PROCEDIMIENTO**

- Altura de corrugas transversales (h):

- Valor máximo ( $a_{\text{máx}}$ )

Debe determinarse como la media de al menos 3 mediciones por fila (sector) de la altura máxima de corrugas no utilizadas para la identificación de la barra.

Ejemplo:



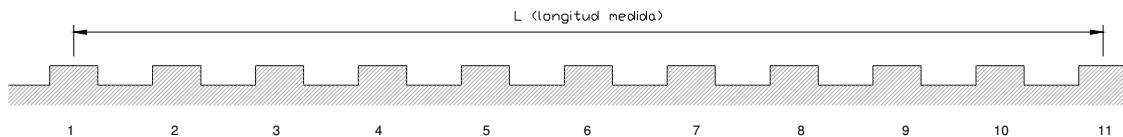
Dada una barra de diámetro nominal  $d =$  mm, comprobar si cumple con las limitaciones de “h” de la norma, a partir de las mediciones realizadas:

- Separación de corrugas (c)

Se determina a partir de la longitud medida dividida por el número de espacios entre corrugas incluidas en dicha longitud, siendo la longitud medida el intervalo entre el centro de una corruga y el centro de otra en la misma fila determinada en una línea recta y paralela al eje longitudinal del producto. Esta longitud debe ser al menos 10 huecos entre corrugas.

Ejemplo: Dada una barra de diámetro nominal  $d =$

¿Cumple con las limitaciones de “c”?



- Altura de aletas ( $a'$ )

Debe determinarse como la media de al menos 3 mediciones de la altura de cada corruga en tres posiciones diferentes.

Ejemplo: Dada una barra de diámetro nominal  $d =$   
¿Cumple con las limitaciones de “a”’?

- Parte de la circunferencia sin corrugas ( $\sum e_i$ )

Es la suma del espaciamiento medio ( $e$ ) entre cada par de filas (sectores) contiguas y será la media de tres medidas como mínimo.

Nota: estos valores se utilizan para el caso de determinación del factor de adherencia.

Ejemplo: Determina la circunferencia sin corrugas de la probeta de acero dada

- Ángulo de inclinación de la corruga ( $\beta$ )

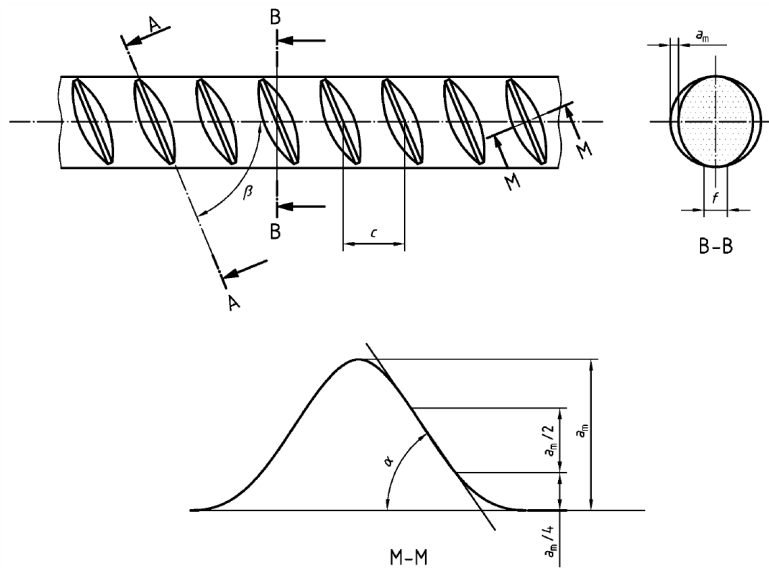
Se determina respecto al eje de la barra y como resultado de la media de los ángulos individuales medidos para cada fila (sector) con el mismo ángulo nominal.

Ejemplo: Comprobar si la barra dada cumple con las limitaciones respecto a  $\beta$  de la norma

- Inclinación del flanco de la corruga transversal ( $\alpha$ )

Se determina como la media de las inclinaciones individuales en el mismo lado de la corruga sobre al menos dos corrugas distintas por fila (sector), no empleadas en la identificación de la barra. (Ver figura sección M-M)

Ejemplo: Comprobar si la barra dada cumple con las limitaciones respecto a  $\alpha$  de la norma



Fuente: UNE-EN ISO 15630-1:2003

**16.4.2 Determinación del factor de adherencia ( $f_R$ )**

Si se determina este factor de adherencia, se deberán cumplir las condiciones de la siguiente tabla:

<b>d (mm)</b>	$\leq 6$	8	10	12-16	20-40
<b><math>f_R</math></b>	$\geq 0.039$	$\geq 0.045$	$\geq 0.052$	$\geq 0.056$	$\geq 0.056$

Fuente: "Instrucción de Hormigón Estructural" (EHE-08)



Para determinar este factor de adherencia, o área proyectada de las corrugas, la normativa permite el uso de diferentes fórmulas simplificadas, entre las que se encuentra la de la parábola:

$$f_R = \frac{2a_m}{3\pi d c} (\pi d - \sum e_i)$$

Siendo:

d = Diámetro nominal de la barra

c = Separación de las corrugas de igual inclinación

a<sub>m</sub> = Altura de corruga en el punto medio (ver figura anterior sección B-B)

$\sum e_i$  = Parte de la circunferencia sin grafila  $\cong \sum f_i$  (ver figura anterior sección B-B)

Tomando datos de las probetas utilizadas en ejemplos anteriores determina el valor de este coeficiente y comprueba su validez: