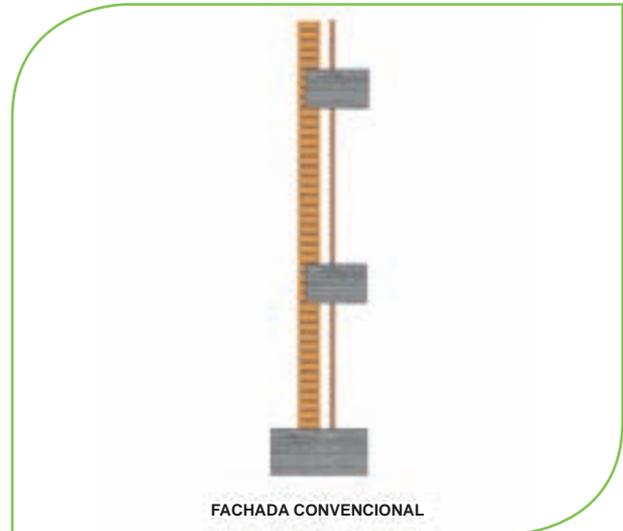
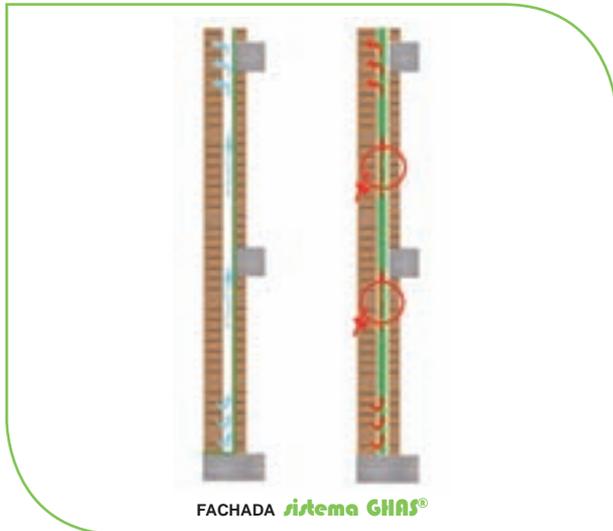




# mitos y leyendas de las fábricas y sus productos

## 1. ¿LAS FACHADAS TIENEN QUE CUMPLIR EL CTE? ¿DÓNDE VIENE EL CAPÍTULO DE FACHADAS?



El **CTE** establece las prestaciones que debe tener el edificio, pero no impone condiciones específicas para las fachadas, ni para los productos, ni para ningún elemento constructivo particular. Las condiciones de todos ellos son las necesarias, en cada caso, para garantizar las prestaciones del edificio.

Las prestaciones del edificio en las que intervienen las características de las fachadas son cinco:

- Resistencia y estabilidad: Las fachadas tienen que resistir las acciones sin romperse, sin caerse y sin fisurarse.

- Ahorro de Energía: La fachada es un elemento fundamental en la transmisión del calor como envolvente externa del edificio.
- Estanquidad: La fachada constituye el principal elemento protector del edificio frente al exterior.
- Aislamiento Acústico: La fachada debe suponer una barrera frente al ruido aéreo y al ruido exterior.
- Protección frente a Incendio: La fachada debe suponer una barrera para impedir la propagación, tanto interior como exterior, del incendio.

## 2. ¿CON EL CTE SE PUEDEN HACER FACHADAS DE LADRILLO APOYADAS EN LOS FORJADOS COMO TODA LA VIDA?

El **CTE** no impone ni descalifica ninguna solución constructiva. Se puede hacer fachadas con cualquier sistema, siempre que se garanticen las prestaciones del edificio relacionadas con la fachada. La prestación estructural (que el muro no se caiga ni se rompa) se puede conseguir con el **sistema convencional** (sólo en situaciones domésticas de altura de planta, viento moderado y suficiente entrega en los forjados). Sin embargo,

el resto de prestaciones del edificio encomendadas a las fachadas, relativas a la estanquidad y aislamiento térmico no se consiguen fácilmente con la solución convencional. Para poder lograr simultáneamente todos los requisitos que debe tener la fachada, con el **sistema convencional**, es preciso recurrir a soluciones complejas, caras y, en la mayoría de los casos, incompatibles con el requisito de estabilidad.

## 3. ENTONCES, ¿ES IMPOSIBLE CONSEGUIR TODOS LOS REQUISITOS DE UNA FACHADA DE FORMA ECONÓMICA?

No es imposible. Existe un sistema constructivo muy económico, seguro y de fácil ejecución, para cumplir simultáneamente todos los requisitos encomendados

a la fachada. Este sistema constructivo es el **sistema GHAS®**.

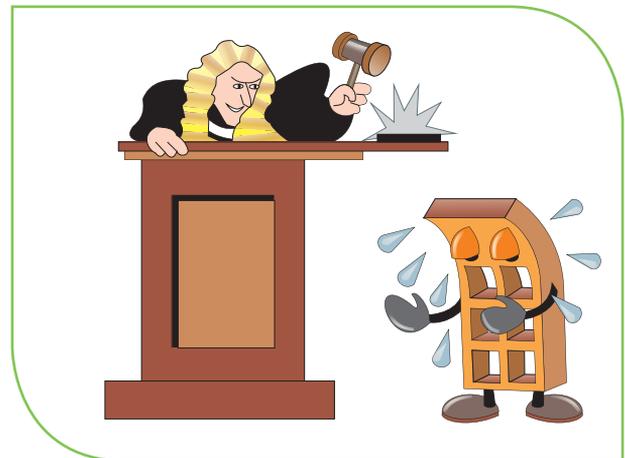
## 4. ¿TENGO QUE RENUNCIAR A LAS FACHADAS DE LADRILLO PARA HACER UNA FACHADA VENTILADA?

No hay que renunciar a los ladrillos para realizar fachadas ventiladas. Con el **sistema GHAS®** se pueden conseguir las prestaciones de una fachada

ventilada y, además, constituye la solución más económica, con gran diferencia, de todas las que existen en el mercado.

## 5. EL LADRILLO NO TIENE LA CULPA

Los procesos patológicos de los muros de fábrica no se deben achacar ni al tipo de pieza ni a su calidad. La causa fundamental es el sistema constructivo adoptado, que no suele ser el indicado en la inmensa mayoría de los casos con procesos patológicos. El tipo y calidad de las piezas tiene trascendencia sólo en aspectos relacionados con la absorción de humedad, eflorescencias, heladicidad, etc. El ladrillo no se fisura ni se cae, lo que realmente se fisura o se cae es el muro.



## 6. ESTO SE HACE COMO SE HA HECHO TODA LA VIDA

Lo único que se puede hacer como toda la vida son los ladrillos, y la forma de ejecutar los muros de fábrica. Los muros tienen unas características particulares, fundamentalmente geométricas, que no se pueden generalizar. De la misma manera que no es lo mismo una viga de 4 metros de luz, que una viga de 7 metros (aunque las dos se hagan como toda la vida), no es lo mismo un muro de 3 metros de altura que un muro de 5 metros (aunque la forma

de ejecutarlos sea la misma). Sus condiciones de resistencia y estabilidad son muy diferentes, y los recursos para conseguirlas no puede ser los mismos. De igual forma que a nadie se le ocurre diseñar todas las vigas que hace en su vida con la misma geometría o armadura, independientemente de su luz, de su carga, o de sus condiciones de apoyo, a nadie se le debería ocurrir dimensionar los muros sin tomar en consideración la longitud, altura o carga.

## 7. ¿LOS MUROS DE FÁBRICA SE DEBEN CALCULAR?

Independientemente del papel estructural que desempeñe un muro, en todos los casos los muros tienen que sobrevivir sin caerse, sin romperse y sin fisurarse. Para poder garantizar estos requisitos (como en cualquier otro elemento constructivo) es preciso analizar y calcular. Existe otro método que es el de "prueba y error", pero no resulta viable en obras de edificación por razones obvias. El resultado del análisis es lo que determina el sistema constructivo más adecuado en cada situación, y además, el cálculo permite optimizar los recursos, disponiendo sólo los suficientes y todos los necesarios.



## 8. ¿MI FACHADA PUEDE RESISTIR LA ACCIÓN DE SISMO?

La acción de sismo es una acción horizontal (al igual que la debida al viento) y sus valores vienen explícitamente definidos en la NCSE-02. Por

consiguiente, se trata de una acción cuantificable y, por lo tanto, susceptible de ser introducida en el cálculo como cualquier otra.

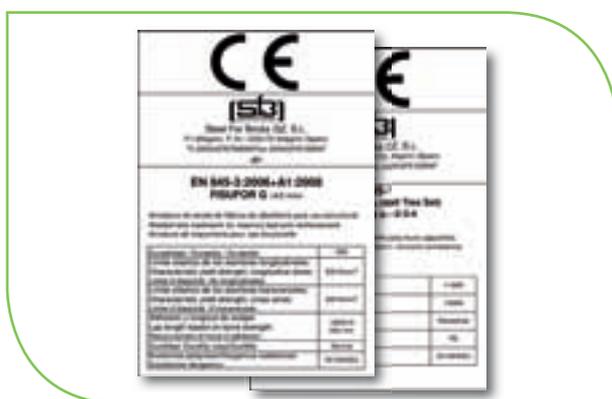
## 9. ¿QUÉ SE NECESITA PARA CALCULAR UN MURO?

Para calcular un muro hay que saber qué esfuerzos tiene, y cómo se resisten esos esfuerzos. Los esfuerzos que tiene que resistir un muro se deducen directamente del CTE, en el que consta explícitamente el valor de las acciones y el método de cálculo. Lo que resiste un

muro también se deduce directamente del CTE a partir de las prestaciones mecánicas de sus componentes (ladrillos, mortero, armaduras, anclajes, etc). Las prestaciones mecánicas de todos los elementos se garantizan en el reglamentario marcado CE.

## 10. ¿POR QUÉ ES IMPRESCINDIBLE EL MARCADO CE?

En primer lugar porque es obligatorio para los productos que se incorporan de forma permanente en un edificio. En segundo lugar porque el marcado CE, realizado dentro del marco legal vigente, junto con la aplicación del CTE, suponen la única garantía de calidad (por parte del Estado, no de la empresa suministradora). Además constituye la única medida de comprobación de que los productos que se incorporan en el muro tienen las prestaciones requeridas en el cálculo. De nada sirve calcular si no existe un valor de comparación para dimensionar.

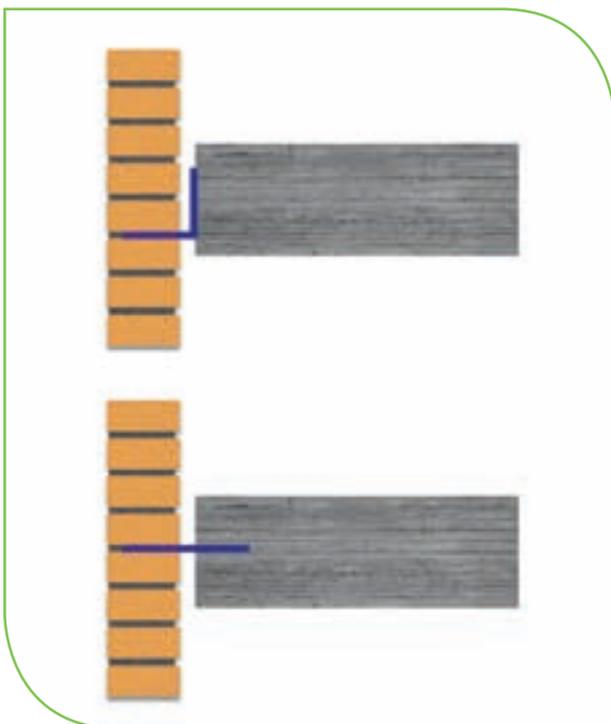


## 11. EL MITO DEL FLEJE: "PARA QUEDARME TRANQUILO PONGO FLEJES"

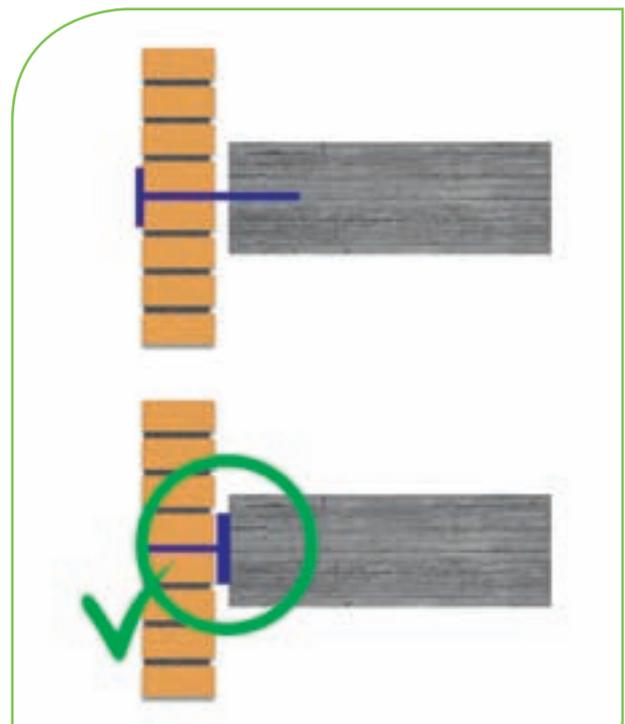
El fleje sólo sirve para tranquilizar la conciencia del que lo pone, pero no se le puede encomendar ninguna prestación relacionada con el comportamiento mecánico del muro. Cualquier elemento de retención

debe resistir, tanto a tracción como a compresión. Para que el fleje tuviera una mínima resistencia a tracción, debería estar tenso; y a compresión no tiene ninguna resistencia en ningún caso.

## 12. EL MITO DEL ANGULAR: "SI ME FALTA APOYO PONGO UN ANGULAR"



Todos los muros precisan apoyo, para transmitir el peso; y entrega o retención para resistir el viento. No se deben confundir estos conceptos, aunque el angular sobra en los dos casos. El peso de una fachada continua se transmite por contacto hasta el arranque (tanto si hay angulares interpuestos, como si no los hay); por consiguiente, la primera hilada hay que calcularla para todo el peso en cualquier caso (esto lo dice explícitamente el CTE). Para que el peso se transmita, a través de los angulares, a los forjados de cada planta, sería



necesario interrumpir la continuidad, pero entonces el muro quedaría en precario ante el viento. Para resistir el viento, si la entrega en los forjados es escasa, basta disponer elementos de retención, y la misión del angular se puede conseguir de forma más barata, segura y funcional con anclajes. Frente al peso sólo funciona el elemento que esté bajo la primera hilada, los angulares interpuestos sobran; frente a viento sólo funciona el "taco" con una simple garra, el resto de acero que constituye el angular sobra.

### 13. “ME PARECE MUY BIEN TODO LO ANTERIOR, PERO YO, PARA QUEDARME TRANQUILO, PONGO UN ANGULAR EN LOS FORJADOS COMO TODA LA VIDA”

El angular no es inocuo. Supone una conexión rígida entre el muro y los forjados, lo que habilita una posible transmisión de cargas de los forjados al muro, por la enorme diferencia de rigidez; y no al revés, como se pretende. La presencia de angulares embutidos convierte a la fachada en muro de carga. La fachada no sólo tiene que resistir su peso en el arranque, sino el procedente de los forjados, transmitido por los angulares. Esta medida no puede dejar tranquilo a nadie, puesto que produce el efecto contrario al que se pretende conseguir.



### 14. COMO TENGO UN MURO MUY ALTO, PARA QUE NO SE ME CAIGA, VOY A PONER MUCHA ARMADURA DE TENDEL

La armadura no es un elemento de retención: un muro con mucha armadura, si no está suficientemente sujeto a la estructura, se puede caer con la armadura incluida; eso sí, se caerá entero, pero se caerá. La armadura por sí sola no da estabilidad al muro;

su misión es proporcionar ductilidad y, por tanto, disminuir considerablemente el riesgo de fisuración. Para poder encomendar una misión estructural a la armadura, es imprescindible que el muro esté sujeto a los pilares de la estructura con anclajes.

### 15. PARA MEJORAR LAS PRESTACIONES DE MI MURO FRENTE A LA ACCIÓN DEL SISMO VOY A PONER MUCHA ARMADURA DE TENDEL

Para la acción sísmica, la armadura por sí sola supone una mejora del comportamiento mecánico del muro, porque proporciona ductilidad. Sin embargo, por las mismas razones expuestas en el punto anterior, no se le puede asignar a la armadura, por sí misma,

ninguna prestación relacionada con la estabilidad del muro. Para que la armadura se pueda computar en un cálculo a sismo, debe ir acompañada de elementos de retención, es decir, de anclajes, a los pilares.

### 16. QUIERO ARMAR MIS MUROS PARA PREVENIR LA FISURACIÓN, ¿CUÁNTA ARMADURA TENGO QUE PONER?

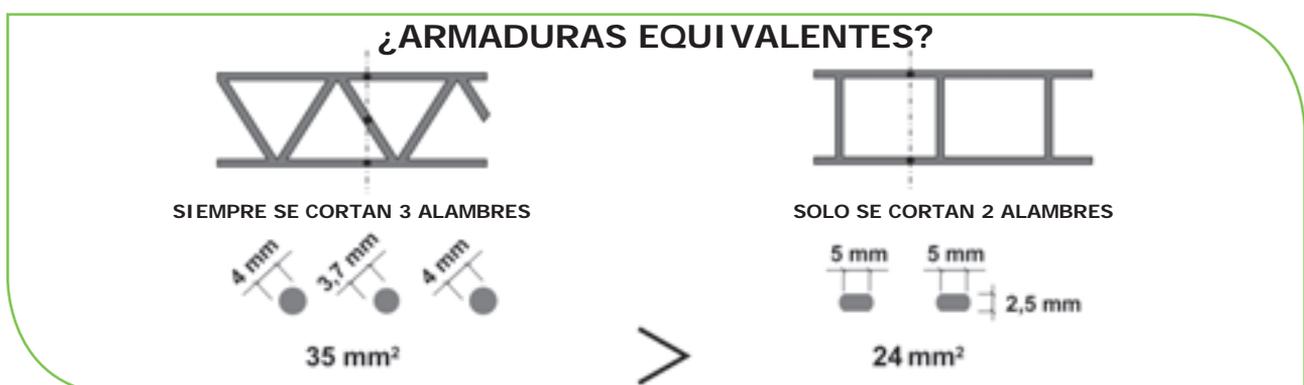
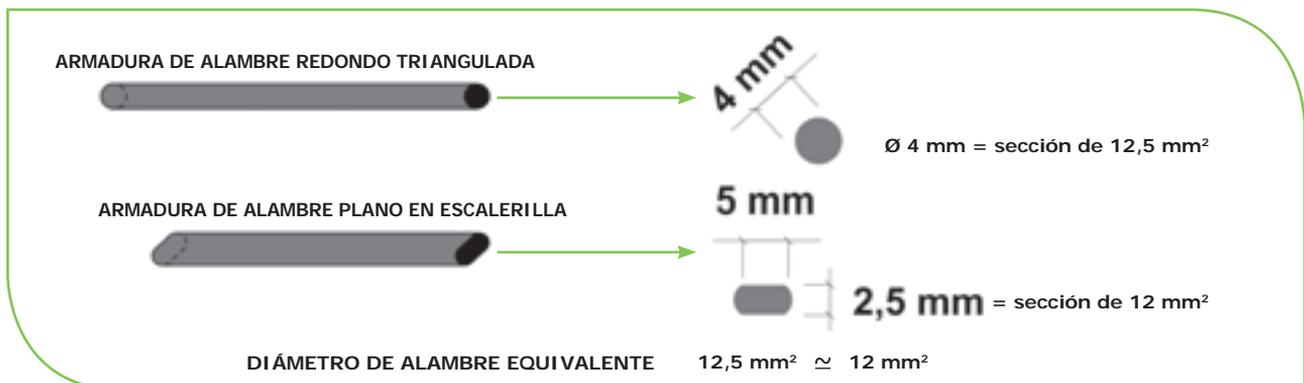
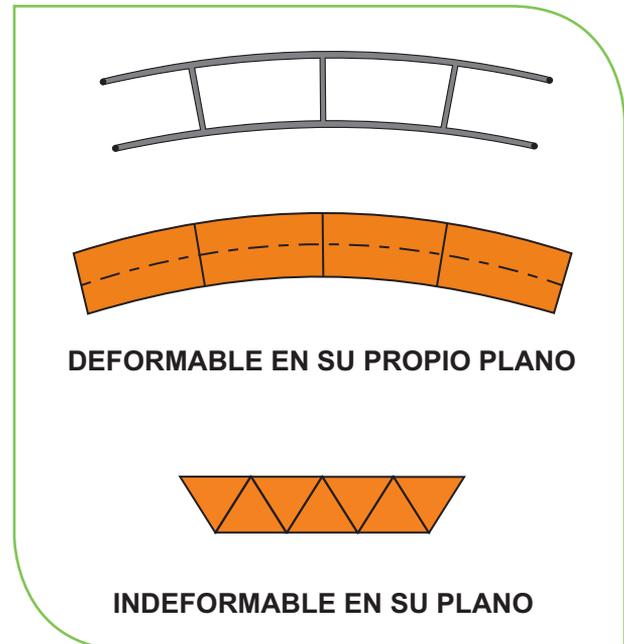
El CTE define explícitamente la cuantía mínima de armadura para dotar a la fábrica de ductilidad y prevenir la fisuración. En este sentido, determina que la separación vertical entre hiladas armadas no superará los 60 cm y que el área de acero no será inferior al 0,03% del área del muro. Esta medida es preventiva y, dado que está explícita en el CTE,

puede ayudar para hacer frente a la responsabilidad civil derivada de procesos patológicos producidos por fisuración en los muros. Sin embargo, esta medida, por sí sola, no constituye una garantía al 100% de ausencia de fisuras. Lo que realmente es efectivo para evitar la fisuración es un buen diseño de la solución constructiva que evite las situaciones de riesgo.

## 17. ¿ES IGUAL UNA ARMADURA DE PLETINA EN ESCALERILLA QUE UNA ARMADURA DE ALAMBRE REDONDO TRIANGULADA?

No se debe confundir diámetro de alambre equivalente con armadura equivalente. Cuando se comparan los distintos tipos de armadura para control de fisuración, el cómputo de la cuantía hay que hacerlo con el área de acero que atraviesa cualquier sección vertical del muro. En una armadura triangulada siempre se puede contar con la sección de tres alambres en toda su longitud; por el contrario, en una armadura en escalerilla sólo se puede contar con dos. Por consiguiente, para cumplir con los requisitos de armado mínimo, a igualdad de secciones de alambre equivalentes, con la armadura triangulada se necesita menos cuantía por metro cuadrado de muro.

Sin embargo, cuando la armadura tiene asignado un papel estructural para resistir acciones laterales, la única configuración geométrica aceptable es la armadura triangulada, por ser la única indeformable en su propio plano.



QUE DOS ARMADURAS TENGAN ALAMBRES EQUIVALENTES, NO SIGNIFICA QUE LA SECCIÓN TOTAL DE LA MISMA SEA EQUIVALENTE (LA FORMA GEOMÉTRICA SI MARCA DIFERENCIA)

## 18. ¿QUÉ ARMADURAS SON REALMENTE EQUIVALENTES?

	ARMADURA DE PLETINA	fisufor® Ø3
Dimensiones	Pletina de 5 m x 2,5 mm	Alambre redondo 3 mm Ø
Sección de alambre de la armadura	12 mm <sup>2</sup>	7,06 mm <sup>2</sup>
Alambres por armadura	2	3
Sección mm <sup>2</sup> de armadura	24 mm <sup>2</sup>	21 mm <sup>2</sup>
Peso	0,55 kg/pieza	0,51 kg/pieza

	ARMADURA DE PLETINA	fisufor® Ø4
Dimensiones	Pletina de 8 m x 2,5 mm	Alambre redondo 4 mm Ø
Sección de alambre de la armadura	20 mm <sup>2</sup>	12,56 mm <sup>2</sup>
Alambres por armadura	2	3
Sección mm <sup>2</sup> de armadura	40 mm <sup>2</sup>	35,86 mm <sup>2</sup>
Peso	0,86 kg/pieza	0,88 kg/pieza

Sirva como ejemplo que para cumplir las cuantías mínimas que exige el CTE para conseguir una fábrica armada a efectos de contratar la fisuración

sería suficiente con colocar una armadura de 3 mm de Ø cada 60 cm.

## 19. ¿QUÉ PROTECCIÓN DE LA ARMADURA CONTRA LA CORROSIÓN TENGO QUE ELEGIR?

El CTE deja muy claro que tipo de protección contra la corrosión debe tener la armadura en función del ambiente donde vaya a ser instalada:

- Ambiente interior → Galvanizado
- Ambiente exterior → Galvanizado+Orgánico
- Ambiente agresivo (marino) → Inoxidable

## 20. ¿UN AUMENTO EN LA RESISTENCIA DEL ACERO QUE COMPONE LA ARMADURA MEJORA EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MI MURO?

Para control de fisuración, la resistencia del acero de la armadura no influye en la cuantía de armadura necesaria, sólo influye el área de la sección transversal.

Cuando la armadura tiene asignado un papel estructural, la circunstancia de que el acero resista más, no significa necesariamente que se pueda reducir la cantidad de armadura en la misma proporción, puesto que, por requisitos de cuantía mínima, en la inmensa mayoría de los casos, el

acero no llega a exhibir ni la mitad de su resistencia. El parámetro del acero, para armadura de tendel, que realmente mejora el comportamiento mecánico del muro, es el que da cuenta de su ductilidad, no de su resistencia. Por esta razón, tanto para prevenir fusuración, como para transmitir esfuerzos, en una armadura de tendel, es preferible que el acero tenga un elevado porcentaje de deformación en rotura (que es el parámetro que determina la ductilidad), a que tenga una elevada resistencia.

## 21. ¿ES IMPORTANTE LA ADHERENCIA DE LA ARMADURA?

La adherencia de la armadura, si tiene configuración de celosía triangulada, no interviene en absoluto en la transmisión de esfuerzos entre el primer y último nudo de la triangulación. La transmisión de esfuerzos en estos tramos se realiza en su totalidad a través de los alambres diagonales, incluso en ausencia del mortero, en virtud de la configuración geométrica de la armadura, indeformable en su plano.

Donde realmente es imprescindible la adherencia para la transmisión de esfuerzos entre una pieza y la contigua, es en sus extremos, donde se termina la

triangulación. Por eso se precisa el solape, con una longitud proporcionada al esfuerzo que se transmite y un adecuado recubrimiento en las zonas de solape. Para transmitir el máximo esfuerzo que puede resistir la armadura, es suficiente una longitud de solape de 250 mm (este valor debe estar garantizado mediante ensayos). Para conseguir una adecuada transmisión de esfuerzos por adherencia en las zonas de solape, deben estar separados entre sí los alambres que se solapan, como mínimo, una distancia igual al diámetro de los mismos.

## 22. ¿MEJORA LA ADHERENCIA QUE EL ALAMBRE SEA CORRUGADO?

La armadura de tendel no mejora en absoluto por el hecho de que el alambre sea corrugado. Las condiciones de adherencia, cuando se trata de transmitir esfuerzos muy repartidos a través de barras de pequeño diámetro, como es el caso de la armadura de tendel, dependen en mayor medida del mortero, y no de la armadura. La adherencia que suministran las barras corrugadas se precisa cuando la fuerza que se desea transmitir por la barra es muy grande, y eso sólo ocurre con barras muy gruesas. En el caso de la armadura de tendel

que se comercializa, un número vale más que mil palabras: dos barras de 4 mm de diámetro pueden transmitir, con la seguridad que exige la normativa, a lo sumo 10 kN. Este valor está garantizado mediante ensayos con armaduras lisas. Por otra parte, el cálculo demuestra que el valor real de la fuerza que se transmite en las armaduras de tendel (debido a que hay que cumplir prescripciones de cuantía mínima) es, en el peor de los casos, del orden de la mitad. Por consiguiente, la armadura corrugada no supone ninguna prestación adicional respecto de la

armadura que ha existido siempre. Es significativo el hecho de que la técnica del hormigón armado, apta para transmitir grandes esfuerzos, utiliza barras lisas cuando éstas son de pequeño diámetro. Lo

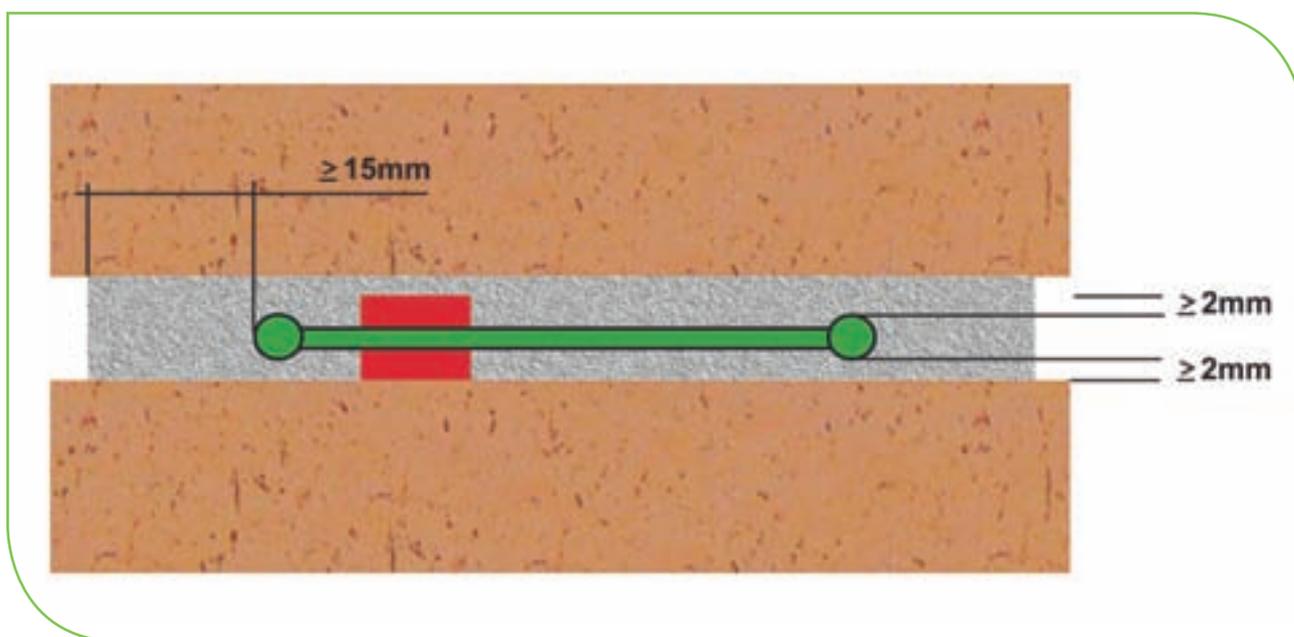
que realmente mejora la prestación relacionada con la transmisión de esfuerzos es la existencia de un adecuado recubrimiento de las armaduras en las zonas de solape.

## 23. ¿CUÁLES SON LOS RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS DE LA ARMADURA?

Los recubrimientos de mortero superior e inferior no deben ser inferiores a 2 mm. Es muy importante, para cumplir con el CTE, que este recubrimiento sea constante a lo largo de toda la armadura. Cualquier contacto puntual del alambre que configura las armaduras con las piezas de fábrica incumple el CTE en cuanto a recubrimiento mínimo y, además,

constituye un puente de humedad que puede generar diversos procesos patológicos.

Los recubrimientos de mortero laterales no deben ser inferiores a 15 mm. En este caso también debe ser constante a todo lo largo de la armadura, incluida la zona de solape.



## 24. ¿INFLUYE EL ANCHO DE LA ARMADURA EN LAS PRESTACIONES DE LA FÁBRICA?

La armadura dispuesta para control de fisuración no precisa un ancho específico, puesto que lo único que cuenta en este caso es el área de la sección de acero.

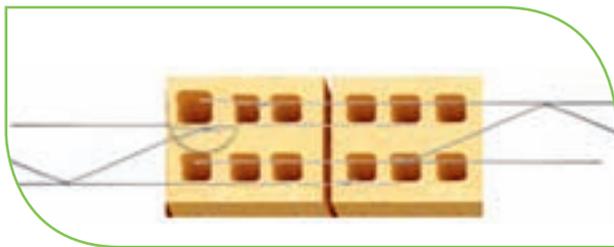
Por el contrario, el ancho de la armadura tiene un

papel fundamental cuando ésta tiene una función estructural, ya que al aumentar el brazo mecánico se aumenta, en la misma proporción, la capacidad resistente a flexión horizontal de los muros de fábrica.

## 25. ¿CÓMO ELEGIR EL ANCHO CORRECTO DE ARMADURA?

El recubrimiento con mortero de las armaduras es un requisito fundamental para garantizar la protección del acero frente a la corrosión. Por consiguiente, cuando se trata de conseguir esta prestación, las condiciones de recubrimiento tienen distinta importancia según sea el acabado de la armadura de tendel.

Sin embargo, el recubrimiento también es un requisito esencial para la correcta transmisión de esfuerzos por adherencia en las zonas de solape, y esto es común para todas las armaduras con uso estructural, independientemente del tipo de acabado.



N - ANCHO NOMINAL DE LA ARMADURA

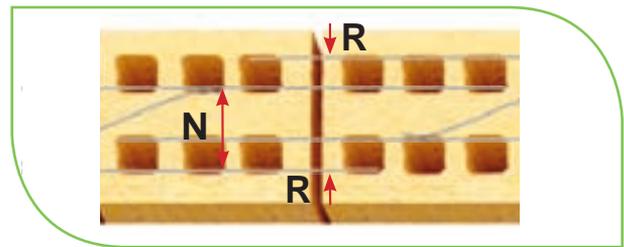
R - ANCHO REAL DEL REFUERZO =  $N + 20 \text{ mm} + \varnothing$  DEL ALAMBRE LONGITUDINAL.

Por lo tanto y para garantizar el recubrimiento lateral mínimo de las armaduras en la zona de solape se debe escoger la armadura más ancha que cumpla: ancho total del mortero  $\geq R + 30 \text{ mm}$ .

Ejemplo: Para un muro de 11,5 cm en el que el

Para conseguir esta prestación, se deben respetar los espesores mínimos de recubrimiento, tanto superior e inferior, como lateral.

El recubrimiento lateral en las zonas de solape es imprescindible para que se produzca la transmisión de esfuerzos entre una pieza de armadura y la contigua, y esta circunstancia se debe tener en cuenta a la hora de elegir el ancho de la armadura adecuado al espesor del muro. Si la armadura no tiene un diseño específico para el solape, se debe restringir su ancho para permitir el recubrimiento lateral de todos los alambres longitudinales.



ancho total de mortero es 11 cm la armadura más adecuada será:

ancho total del mortero =  $N + 20 \text{ mm} + \varnothing + 30 \text{ mm}$ .

$$110 = N + 20 + 4 + 30$$

$$N = 110 - 54$$

$$N = 56 \text{ mm} \sim \text{armadura de } 50 \text{ mm de ancho}$$

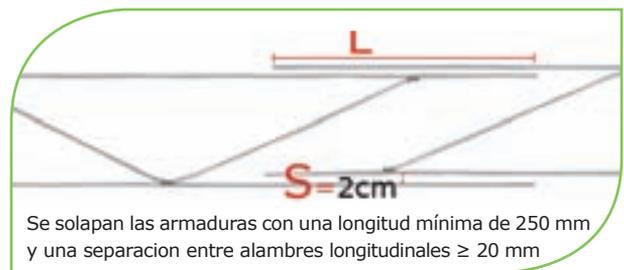
El ancho adecuado de armadura para un muro de 11,5 cm sería 50 mm.

## 26. ¿CÓMO EJECUTAR UN CORRECTO SOLAPE?



Para cumplir con la normativa vigente para un correcto solape entre armaduras de tendel en celosía se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Longitud de solape: 250 mm (0,6 de la distancia entre nudos)
- Distancia horizontal entre barras solapadas: 20 mm
- Recubrimiento lateral mínimo en los puntos de corte: 30 mm (excepto acabados inoxidable).



**IMPORTANTE:** en los extremos de las armaduras con uso estructural deben concurrir los tres requisitos: ADHERENCIA, RECUBRIMIENTO y SOLAPE.



[www.geohidrol.com](http://www.geohidrol.com)

C/ Ingeniero Fernandez Casado, 1  
28823 Coslada. Madrid (España)  
Tel. +34 91 674 25 69 · Fax: +34 91 674 39 65  
e-mail: [geohidrol@geohidrol.com](mailto:geohidrol@geohidrol.com)

### Otras empresas del grupo GZ:



**ZFoam**

Las informaciones y fotos expuestas en este catálogo son de carácter informativo y no responsabilizan a Geohidrol. Los productos pueden ser objeto de modificaciones sin previo aviso. Queda terminantemente prohibido toda reproducción total o parcial sin autorización escrita.