

## 7. Fachadas convencionales. Soluciones GEOANC®

<b>7.1 Tradicional o convencional</b>	<b>321</b>
<b>7.2 Razón de ser de las Soluciones GEOANC®</b>	<b>324</b>
<b>7.3 Prestaciones de las Soluciones GEOANC®</b>	<b>325</b>
<b>7.4 Elementos GEOANC®</b>	<b>326</b>
7.4.1 Armadura de tendel tipo cercha FISUFOR®	327
7.4.2 Anclajes tipo GEOANC.P®	332
7.4.3 Anclajes tipo GEOANC.CDM®	334
7.4.4 Llaves de atado para juntas de movimiento ANCONFIX.PPS®	337
7.4.5 Láminas de revestimiento ZETAFLOR®	338
<b>7.5 Soluciones GEOANC® para puntos singulares</b>	<b>339</b>
7.5.1 Arranque sobre forjado	339
7.5.2 Chapado de los frentes de forjado	340
7.5.3 Encuentro con soportes	341
7.5.4 Formación de esquinas	342
7.5.5 Encuentros en "T"	343
7.5.6 Petos de cubierta	343
7.5.7 Formación de huecos	344
7.5.8 Juntas de movimiento	345
<b>7.6 Normas de instalación de los elementos GEOANC®</b>	<b>346</b>
7.6.1 Instalación de la armadura de tendel FISUFOR®	346
7.6.2 Instalación de los anclajes GEOANC®	347
7.6.3 Puesta en obra de las llaves ANCONFIX PPS® para juntas de movimiento	349
7.6.4 Instalación de la lámina de revestimiento ZETAFLOR®	350



## 7. Fachadas convencionales. Soluciones GEOANC®

Esta sección está dedicada fundamentalmente al análisis y descripción pormenorizada de lo que se entiende por el sistema tradicional de construcción de muros de fábrica, con función exclusiva de cerramiento de fachada; presentando los procedimientos de análisis que determinan las soluciones constructivas y los recursos necesarios para un correcto comportamiento.

### 7.1 Tradicional o convencional

Calificar de “tradicional” a cualquier sistema empleado para la construcción de muros de fábrica, cuando éstos se utilizan con la única función de cerramiento, implica una profunda contradicción.

En primer lugar, lo tradicional de las fábricas es su trabajo básicamente a compresión. Los muros de cerramiento, en general, no están cargados, por lo que, para verificar sus condiciones de estabilidad, se requieren procedimientos de análisis que distan mucho de los procedimientos tradicionales.

En segundo lugar, los muros de fábrica, tradicionalmente, estaban formados por un único material, con suficiente espesor como para dar respuesta a todas las exigencias del edificio encomendadas al cerramiento, tanto las de carácter resistente, como las relacionadas con los aspectos de protección y confort. En este sentido, los muros eran capaces, no sólo de soportar las cargas de los forjados, sino también de proteger el espacio interior de las

inclemencias del medio. La función específica de cerramiento se conseguía a base de espesor, y estaba ligada intrínsecamente a la función portante.

A principios del siglo XX se introducen en la construcción el acero y el hormigón armado, como nuevos materiales estructurales, capaces de soportar tensiones muy superiores a los materiales de fábrica, dando origen a las estructuras porticadas, lo que supuso una liberación del espacio disponible respecto de las limitaciones de compartimentación que implican las estructuras de muros.

Ello produjo como consecuencia un cambio radical en la concepción de los edificios, presentando elementos portantes específicos y claramente diferenciados de los elementos de cerramiento.

El cambio en la concepción tradicional de la utilización de las fábricas en los edificios no sólo se debe a la aparición de nuevos materiales estructurales, sino también a la aparición de nuevos productos sintéticos con propiedades físicas y químicas específicas para cumplir los requisitos de aislamiento, sellado, impermeabilización, etc., con espesores extraordinariamente reducidos. Los muros de cerramiento han pasado de ser un elemento único a tener una configuración multicapa; no sólo han perdido su función portante, sino que ha disminuido progresivamente su espesor; todo ello favorecido por la necesidad de conseguir la máxima superficie útil en el interior del edificio, y la máxima economía de medios en su ejecución.

La forma habitual de construir hoy en día los cerramientos de fachada consiste en disponer una hoja exterior de



fábrica, de espesor comprendido entre 12 cm y 15 cm, una cámara con aislamiento, y un tabique interior. Todo ello suele estar confinado entre los forjados de piso, y ambas hojas sólo se conectan en torno a los huecos.

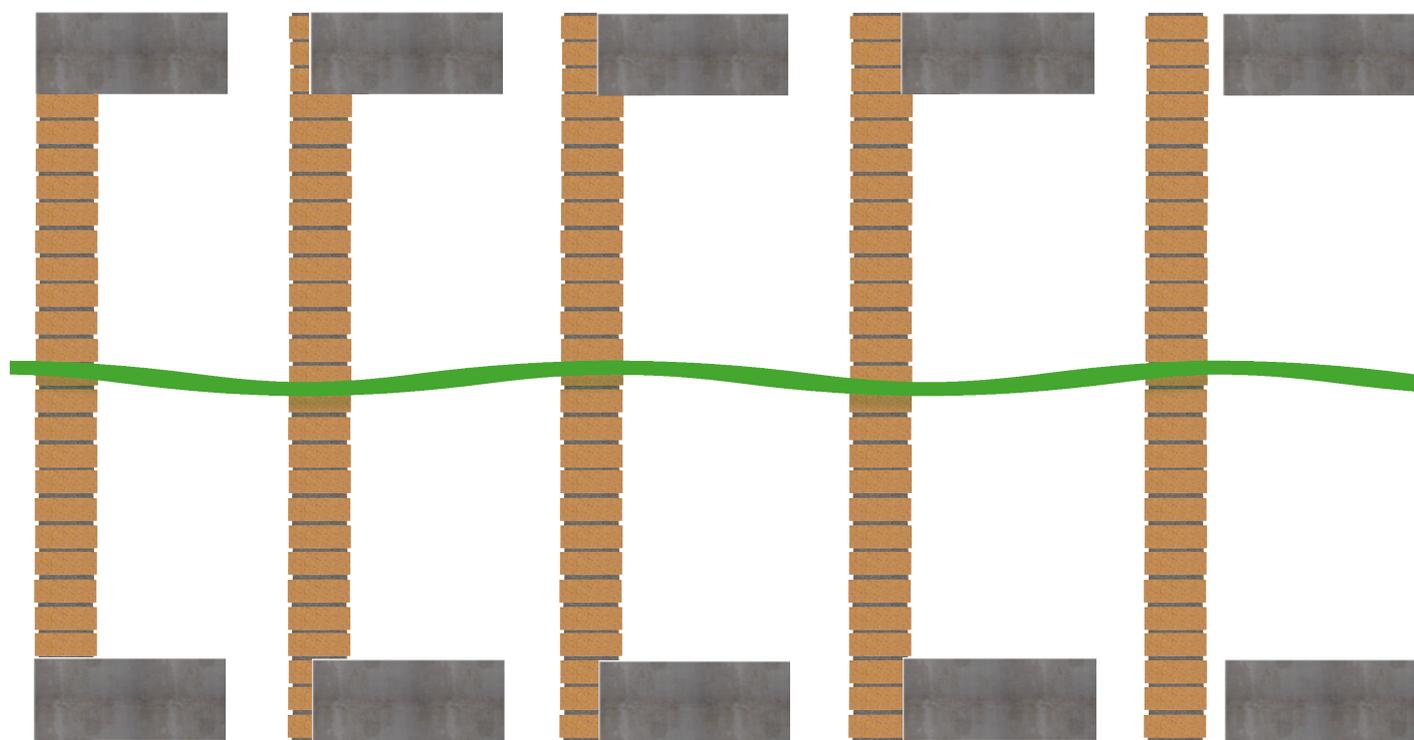
Este procedimiento de construir los cerramientos, desde el punto de vista mecánico, supone un comportamiento esencialmente distinto al comportamiento tradicional de las fábricas, incluso cuando los muros de cerramiento se constrúan con doble hoja. Los muros tradicionales de doble hoja se denominan en la bibliografía especializada sobre el tema “*muros capuchinos*”, y en nuestro país no han tenido demasiada profusión.

La diferencia fundamental entre la solución de cerramiento de doble hoja que se utiliza habitualmente y el *muro capuchino* radica en que en éste último, la hoja interior está cargada por el peso del forjado, por lo que tiene un espesor considerable, y sirve para estabilizar por gravedad a la hoja exterior, que puede ser más delgada, ante las acciones horizontales. En estas condiciones, la verificación de la estabilidad del conjunto es muy sencilla, puesto que la acción horizontal, cuando sólo se debe al viento, simplemente supone una oblicuidad de la acción gravitatoria que, para las situaciones habituales, no es superior al 3%. La hoja interior cargada, aunque tenga que hacer frente a las acciones

horizontales, sigue trabajando básicamente a compresión.

Los únicos requisitos adicionales objeto de comprobación o dimensionado de un muro capuchino son: la capacidad de los elementos de anclaje para transmitir los esfuerzos debidos a la acción horizontal, desde la hoja exterior al muro de carga interior; y la capacidad resistente a flexión de la hoja exterior entre puntos de anclaje.

Los elementos de conexión suelen ser llaves metálicas dispuestas a distancias muy limitadas, por lo que la comprobación a flexión de la hoja exterior, que recibe directamente la acción de viento, acaba siendo una comprobación trivial.



Solución convencional

Solución no convencional



La distancia máxima entre llaves está prescrita en la normativa, y es tan reducida que el esfuerzo que supone para los elementos de anclaje es muy pequeño por lo que, en general, basta con respetar las limitaciones de separación entre puntos de conexión, para conseguir un correcto funcionamiento del sistema, sin necesidad de realizar ningún cálculo específico, más que la comprobación de la capacidad resistente a compresión de la hoja interior.

Desde el momento en que la hoja interior cargada se sustituye por una estructura de pórticos, y las condiciones higrotérmicas se consiguen con láminas muy delgadas de productos específicos, los requisitos de los cerramientos se resuelven con menor espesor total. Además, están desprovistos de la acción gravitatoria estabilizante que suponía la carga de los forjados, por lo que deben hacer frente, por sí mismos, a la flexión originada por la acción de viento. Los únicos puntos de anclaje posibles a la estructura son los soportes y forjados, cuyas distancias tienen un valor considerable, por lo que la resistencia a flexión de la fábrica se convierte en el parámetro fundamental de su comportamiento mecánico, y la verificación de la estabilidad y resistencia del cerramiento no es inmediata.

El hecho de que la verificación del comportamiento mecánico de los cerramientos habituales no sea inmediata, no quiere decir que no sea posible. Pero es importante destacar que no se pueden utilizar los procedimientos y modelos de análisis tradicionales. En los cerramientos no cargados, el trabajo estructural es básicamente a flexión, lo que supone un cambio radical en el planteamiento de los modelos.

Por estas razones, en adelante nos referiremos a la solución habitual de los cerramientos indicada anteriormente con el calificativo de solución *convencional*, en vez de solución *tradicional*. No obstante, es preciso, en cualquier caso, establecer las *convenciones* que delimitan el ámbito de aplicación de la solución para garantizar un correcto comportamiento.

El vacío legal en el que han evolucionado los cerramientos de fachada ha propiciado la aparición de toda clase de reglas para estos elementos basadas en recursos de índole constructiva, cuando en realidad, si fuera posible establecer convenciones, éstas se deberían plantear en términos geométricos, puesto que la geometría constituye la característica fundamental de las fábricas, y el principal condicionante de su comportamiento mecánico.

El Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico de Seguridad Estructural dedicado a las Fábricas, reconoce por primera vez sin precedentes en la normativa de obligado cumplimiento de nuestro país, la capacidad de funcionamiento estructural de las fábricas sin ninguna reserva; sólo con las limitaciones que se deducen del análisis estructural. En la mayoría de los casos, el análisis se puede plantear en términos geométricos, puesto que la resistencia es prácticamente un invariante que condiciona muy poco el resultado.

Los diferentes procedimientos y sistemas constructivos lógicamente condicionan el comportamiento mecánico de los cerramientos, en cuanto que suponen determinadas condiciones de sustentación que deben ser con-

sideradas en el análisis; pero ninguno de ellos se puede imponer o descalificar a priori. Cada sistema o solución particular incide en cumplir mejor un requisito a costa de otro, y ello puede ser objeto de polémica. La solución idónea, en cada caso, tiene que proceder de un pacto para conseguir las condiciones imprescindibles de estabilidad, con tensiones soportables por el material, y minimizando en lo posible el riesgo de fisuración; y todo ello a un coste razonable. Resulta obvio que la solución para cada situación particular no tiene por qué ser única.



## 7.2 Razón de ser de las Soluciones GEOANC®

Las Soluciones GEOANC® han sido concebidas con el objeto de suministrar los recursos necesarios para un correcto comportamiento de las fábricas convencionales.

Tal como se ha expuesto en secciones anteriores, es posible justificar el cumplimiento de las condiciones resistentes y de estabilidad de los cerramientos convencionales, sin recursos adicionales, cuando se trata de situaciones domésticas.

También se ha mostrado, mediante el análisis, la trascendencia de cada una de las variables que intervienen en el correcto comportamiento mecánico de los cerramientos. Cabe destacar que las variables fundamentales son de índole geométrica<sup>1</sup>.

Se ha mostrado, mediante ejemplos que tratan de reproducir situaciones habituales, la enorme sensibilidad que tienen los cerramientos de 1/2 pie a las condiciones de entrega en los forjados, en relación con la estabilidad necesaria frente a las acciones horizontales. El margen de tolerancia es del orden de 2 cm; lo cual no se corresponde con los márgenes de tolerancias razonables en el replanteo de la estructura.

Por otra parte, el análisis estructural sólo permite la verificación de las condiciones de estabilidad y de resistencia. Las condiciones de fisuración no se pueden verificar mediante el análisis porque no existen modelos establecidos para ello. Sólo es posible plantear el problema en términos de prevención de riesgos.

El conocimiento, cada vez más difundido, de estas circunstancias, unido a la experiencia, cada vez más generalizada, en procesos patológicos ocasionados por un comportamiento deficiente de los cerramientos, ha originado la proliferación de recomendaciones, medidas de prevención e, incluso, improvisaciones en obra, encaminadas todas ellas a paliar posibles efectos perniciosos, sin haber determinado ni cuantificado las causas.

La disposición de recursos adicionales en los cerramientos de forma sistemática, utilizando como único argumento la incertidumbre acerca de su correcto comportamiento, conduce a soluciones innecesariamente costosas para situaciones pretendidamente convencionales.

La ausencia de normativa de obligado cumplimiento sobre el tema suscitó una polémica acerca de la idoneidad de los sistemas constructivos que se utilizan habitualmente en nuestro país para los cerramientos de los edificios domésticos. La polémica, que ya estaba planteada desde hace años y había llegado, incluso, a cuestionar la viabilidad de los sistemas convencionales de cerramientos, ha quedado zanjada con la reciente normativa que no cuestiona la bondad de ningún sistema constructivo siempre que se pueda justificar el cumplimiento de las prestaciones de seguridad y confort que se exige a los edificios.

Las Soluciones GEOANC® salen al paso de esta polémica, presentando un conjunto de elementos y recursos auxiliares para resolver satisfactoriamente cualquier solución de cerramiento, concebida como “convencional”.

Cada componente de las Soluciones GEOANC® cumple una misión específica, y ha sido concebida para incrementar las prestaciones mecánicas del cerramiento en cada uno de los aspectos en los que puede ser deficitario.

Ello no significa que sea preciso utilizar todos los componentes en todos los casos. Los elementos necesarios en cada situación particular, así como el dimensionado y disposición de los mismos deben estar determinados por el análisis.

Todos los elementos y recursos auxiliares GEOANC® tienen una misión estructural asignada que se puede cuantificar. Por consiguiente, con las soluciones GEOANC® se puede calcular, optimizar y, sobre todo, garantizar la solución constructiva del cerramiento. La cuantía y coste de los recursos necesarios sólo dependen de las características particulares de la obra en cuestión, fundamentalmente de sus condiciones geométricas y estructurales. Se pueden determinar exactamente en cada caso, en la fase de proyecto, sin dejar estas cuestiones a merced de incertidumbres, apreciaciones subjetivas o circunstancias imprevistas en obra, que son la principal fuente de conflictos, tanto técnicos como económicos.



### 7.3 Prestaciones de las Soluciones GEOANC®

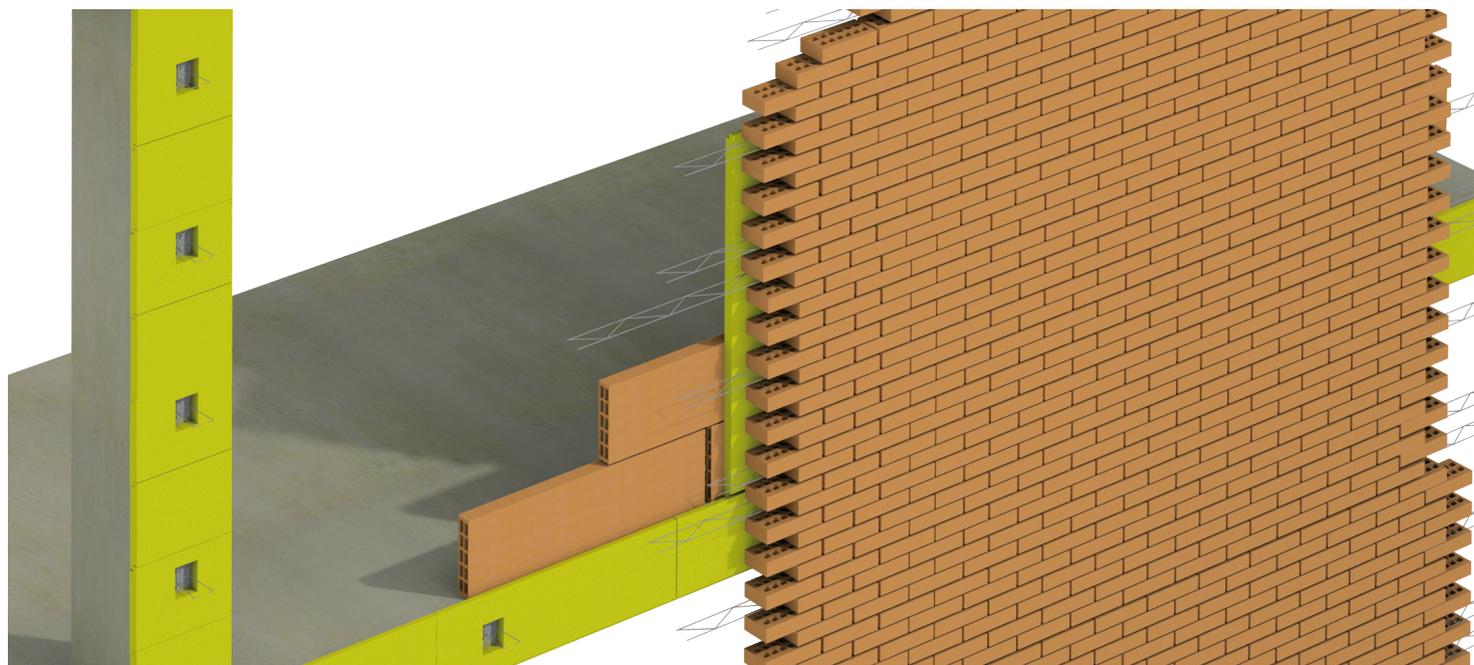
Las soluciones GEOANC® permiten el dimensionado de cualquier tipo de fábrica convencional para cumplir satisfactoriamente tres requisitos fundamentales:

- **Resistencia y estabilidad:** ante acciones horizontales, considerando los valores de cálculo establecidos por la normativa en cada caso, con posibilidad de dimensionar cada elemento para cumplir satisfactoriamente la misión resistente que tiene asignada como componente del conjunto.
- **Control de fisuración:** producida por efectos higrotérmicos, posible asientos diferenciales o concentraciones locales de tensión. Las soluciones con armado puntual en las primeras

hiladas, huecos y esquinas evitan el progreso de la fisuración iniciada en estos puntos por acumulación de tensiones. Las soluciones con armado homogéneo en los tendeles proporciona a los paños la ductilidad implícita en los modelos de análisis que establece la normativa. Además, las llaves y los dispositivos de anclaje GEOANC® permiten libertad de determinados movimientos en el plano de la fachada para prevenir cualquier riesgo de fisuración por incompatibilidad con la estructura del edificio.

- **Durabilidad:** todos los elementos metálicos GEOANC® son de acero inoxidable o con la protección adecuada para poder ser utilizados en las distintas clases de exposición, tal como prescribe la normativa acerca de los elementos metálicos embutidos en fábricas.

1 Incluso para la verificación de la resistencia, influye decisivamente la geometría de los paños, y apenas tiene trascendencia el valor de la resistencia a compresión de la fábrica. Esto es importante tenerlo en cuenta, porque se pueden evitar engorrosos ensayos para la determinación de la resistencia de los materiales constitutivos de las fábricas, cuando se hayan detectado errores o alteraciones de los parámetros especificados en proyecto.



## 7.4 Elementos GEOANC®

Para cumplir satisfactoriamente los tres requisitos indicados en el apartado anterior, las soluciones GEOANC® utilizan tres elementos fundamentales:

- **Armadura de tendel:** se utiliza para prevenir el riesgo de fisuración, con la cuantía mínima establecida en la normativa. Además, en las soluciones GEOANC®, la armadura de tendel tiene asignada la misión estructural de

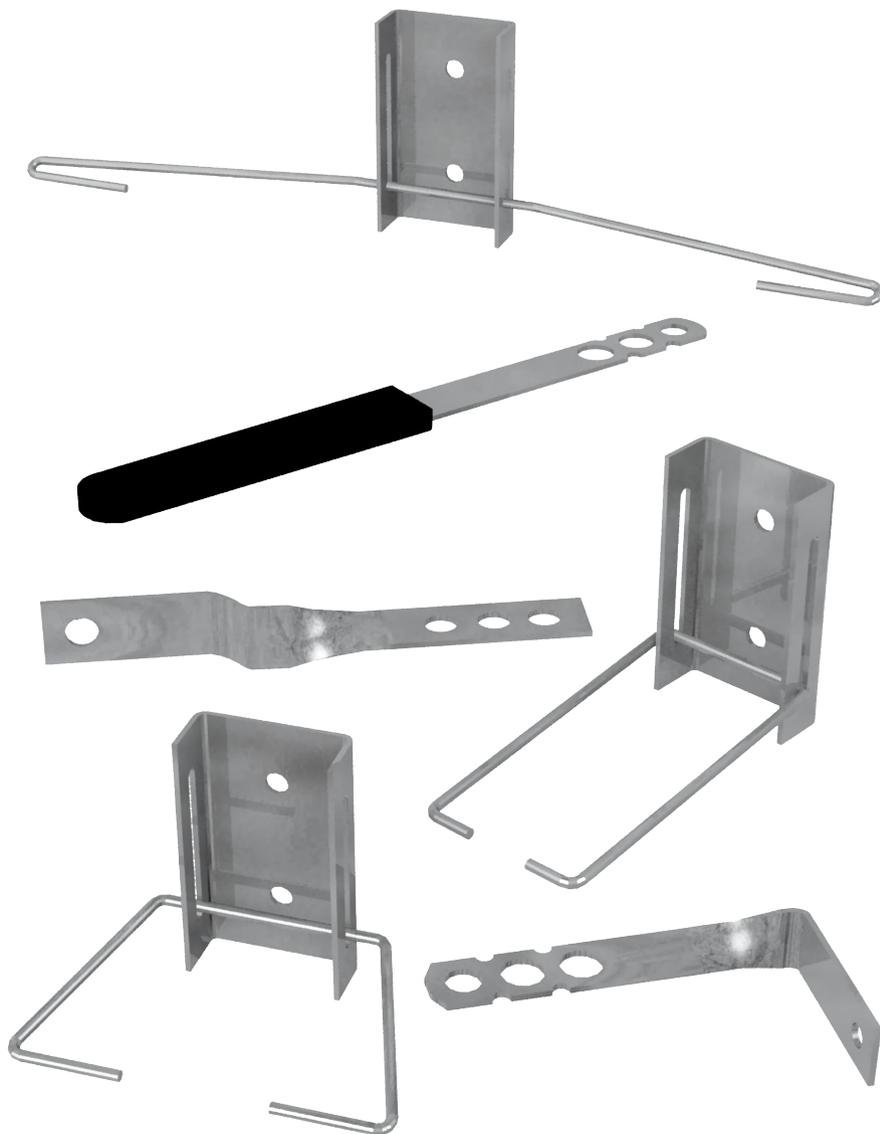
resistir esfuerzos, tanto los producidos por las acciones horizontales, como los producidos por descensos diferenciales en los apoyos.

- **Anclajes a forjados y soportes:** se utilizan para garantizar la estabilidad ante acciones horizontales. Los anclajes a forjados garantizan la estabilidad independientemente de las condiciones de entrega del cerramiento; los anclajes a soportes son imprescindibles para que se genere el mecanismo de resistencia a viento por flexión horizontal.

- **Llaves de atado en juntas de movimiento:** se utilizan para la transmisión de determinados esfuerzos a través de las juntas, permitiendo el libre movimiento horizontal en el plano de la fábrica. Eventualmente, y sólo cuando el análisis lo exige, las soluciones GEOANC® se complementan con otros elementos de tipo estándar que sirven para suplir la ausencia de los correspondientes elementos estructurales en fachada. Estos elementos son fundamentalmente los siguientes:

- **Pilastras verticales sustentadas en forjados:** se disponen en los casos en los que no existen soportes en el plano de fachada; o en situaciones de luz excesiva entre los soportes estructurales.

- **Angulares de apoyo en el arranque:** se disponen cuando existen faldones por debajo del primer forjado o en casos de grandes huecos corridos.



### 7.4.1 Armadura de tendel tipo cercha FISUFOR®

#### Descripción del producto

La armadura FISUFOR® es una armadura prefabricada, constituida por una malla plana formada por dos alambres paralelos unidos por otro alambre continuo en forma de zigzag, soldado en el mismo plano a los anteriores, de forma que el espesor total de la malla no es nunca superior al diámetro de los alambres longitudinales. Se incorpora preferentemente en los tendeles de la fábrica.

#### Características geométricas

Las principales características geométricas que identifican a la armadura FISUFOR® son las siguientes:

- La malla posee una configuración en forma de celosía triangulada. Ello hace que la armadura sea indeformable en su plano, resistiendo por sí misma esfuerzos de flexión y cortante, independientemente del material de relleno.
- Todos los alambres que constituyen la malla están soldados en el mismo plano, por lo que su espesor es igual al diámetro de los alambres longitudinales, consiguiendo el máximo recubrimiento con el mortero del tendel, imprescindible para una adecuada transmisión de esfuerzos por adherencia.

#### Dimensiones

Existe una gama completa de armaduras FISUFOR® con diferentes anchos, adaptadas a los distintos espesores de la fábrica a realizar.

En la tabla 7.1 se indican los anchos de armaduras FISUFOR® recomendados para utilizar en fábricas de diferentes espesores. En general, el criterio a seguir es que el ancho de la armadura utilizada permita un recubrimiento del mortero de los tendeles entre las barras longitudinales y el exterior, no menor de 15 mm. Por tanto, el ancho “a” de la armadura, en función del espesor “t” del muro debe ser:

$$a \text{ (mm)} \leq t \text{ (mm)} - 30 \text{ mm}$$

Los alambres de la armadura FISUFOR® tienen una sección proporcionada al ancho de la pieza de manera que, si se respeta la distancia máxima entre armaduras establecidas en el DB SE-F (600 mm), se cumpla automáticamente la condición de cuantía mínima superior al 0,03% de la sección vertical de la fábrica, establecida para prevenir fisuración.

#### Acabados

Las armaduras FISUFOR® se comercializan con los siguientes acabados:

- **Galvanizado en caliente (G):** los alambres que las conforman son de acero al carbono protegido por una capa de cincado en caliente al 99,5 %. Se pueden utilizar en muros de fábrica protegidos contra la humedad.
- **Acero Inoxidable (S):** los alambres son de acero inoxidable austenítico macizo. Se recomienda su uso en medios agresivos.

#### Características mecánicas

Los alambres de la armadura FISUFOR® son de acero corrugado trefilado, que cumplen las especificaciones de la instrucción de hormigón estructural EHE para los aceros de armar, con las características mecánicas que se resumen en la tabla 7.2.

#### Presentación comercial

Las piezas de armadura FISUFOR® tienen una longitud de 3,05 m. Se presentan en paquetes de 25 unidades. El palé estándar está compuesto por 40 paquetes de 25 piezas colocadas sobre pequeños soportes de madera.

Las características físicas y de presentación estándar de la armadura FISUFOR® se especifican en la tabla 7.3.

#### Aplicaciones de la armadura de tendel FISUFOR®

La armadura FISUFOR® embutida en los tendeles de las fábricas desempeña un papel similar al de las armaduras embutidas en el hormigón: modifican el comportamiento mecánico del material, de manera que la fábrica armada adquiere las propiedades que caracterizan a un *material compuesto*.

En general, es recomendable su utilización, con carácter preventivo, en todo tipo de fábricas, para evitar los riesgos de fisuración esporádica debidos al carácter frágil de los materiales pétreos. Pero además se le puede encomendar un papel estructural específico, constituyendo, por tanto, un elemento objeto de dimensionado

según los criterios y procedimientos del DB SE-F, para resistir los siguientes tipos de esfuerzos:

- **Esfuerzos de flexión por acción gravitatoria:** La armadura FISUFOR® desempeña el papel de *tirante* en un elemento de fábrica suspendido entre apoyos.
- **Esfuerzos de flexión por acciones horizontales:** La armadura FISUFOR® desempeña el papel de viga en celosía triangulada, indeformable en su propio plano, pudiendo resistir esfuerzos de cortante y flexión horizontal, por sí misma, independientemente de la contribución de las bielas comprimidas de mortero.

- **Esfuerzos de corte por acciones horizontales en muros transversos:** La armadura FISUFOR® desempeña la función de armadura de cosido, incrementando sustancialmente la resistencia al corte en los muros de arriostramiento dispuestos entre soportes.

Las aplicaciones concretas de la armadura de tendel tipo cercha FISUFOR® se resumen en los puntos que se indican a continuación:

- **Asientos diferenciales del plano de apoyo:** los movimientos diferenciales de la base de sustentación de una fábrica provocan que ésta se quede “*en vano*” debido a la enorme rigidez

del muro. La colocación de armaduras FISUFOR® en las primeras hiladas suministran la tracción necesaria en el tirante del arco de descarga, para que éste se produzca sin riesgo de fisuración.

- **Esquinas, encuentros y cruces de muros:** los enlaces entre muros son zonas propensas a la acumulación de tensiones. Ello se agrava si no se consigue una correcta traba entre los elementos que se conectan. La armadura FISUFOR® restituye la traba interrumpida y disipa las tensiones acumuladas.

- **Formación de huecos:** los huecos son zonas debilitadas de la superficie del muro, muy propensas a la acumulación de tensiones, principalmente en las esquinas. La armadura FISUFOR® colocadas en las hiladas superiores e inferiores al hueco y prolongadas adecuadamente en el interior del muro disipan las tensiones acumuladas. Con la cuantía necesaria en función de las dimensiones del hueco y la carga del muro, puede servir para eliminar el cargadero.

Tabla 7.1 Ancho recomendado de la armadura FISUFOR®

Ancho de FISUFOR® (mm)	Espesor del muro (mm)							
	70	90	115	140	190	240	290	Dos hojas
	30	50	80	100	150	200	250	250

Tabla 7.2 Características mecánicas de la armadura FISUFOR®

	Acabado	Durabilidad	Límite elástico, $f_y$	Solape por adherencia	Clase de ductilidad	Resistencia a cortante de la soldadura
FISUFOR 3 mm	Galvanizado	R20	400 N/mm <sup>2</sup>	250 mm (10 kN)	normal	1,6 kN
FISUFOR 4 mm	Galvanizado	R20	500 N/mm <sup>2</sup>	250 mm (10 kN)	normal	2,5 kN
	Inoxidable	R3	580 N/mm <sup>2</sup>	250 mm (10 kN)	alta	2,5 kN
FISUFOR 5 mm	Galvanizado	R20	580 N/mm <sup>2</sup>	250 mm (10 kN)	normal	2,5 kN
	Inoxidable	R3	580 N/mm <sup>2</sup>	250 mm (10 kN)	alta	2,5 kN



Tabla 7.3 Características físicas de la armadura FISUFOR®

Tipo	Ancho (mm)	Φ Longitudinal (mm)	Φ Diagonal (mm)	Paso de la celosía (mm)	Sección de los dos alambres longitudinales (mm <sup>2</sup> )	Peso por pieza (kg)	Longitud de la pieza (m)	Piezas por paquete	Piezas por palé	Peso por palé (kg)
FISUFOR 3/G	30	3	3	406	14	0,509	3,05	25	1000	519
	50					0,512				522
	80					0,520				530
	100					0,527				537
	150					0,548				558
FISUFOR 4/G	30	4	3,7	406	25	0,861	3,05	25	1000	872
	50					0,866				877
	80					0,879				890
	100					0,890				901
	150					0,926				937
FISUFOR 5/G	50	5	3,7	406	35	1,205	3,05	25	1000	1215
	80					1,217				1227
	100					1,227				1237
	150					1,260				1270
	200					1,301				1311
	250					1,348				1358
FISUFOR 4/S	30	4	3,7	406	25	0,861	3,05	25	1000	872
	50					0,866				877
	80					0,879				890
	100					0,890				901
	150					0,926				937
FISUFOR 5/S	50	5	3,7	406	35	1,205	3,05	25	1000	1215
	80					1,217				1227
	100					1,227				1237
	150					1,260				1270
	200					1,301				1311
	250					1,348				1358

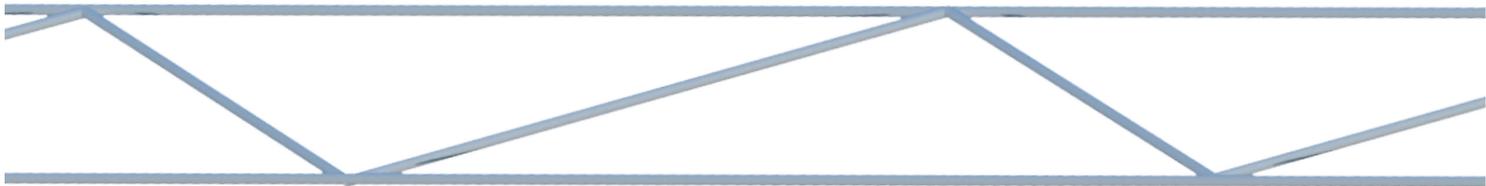
- **Presencia de cargas concentradas:** la armadura FISUFOR® colocada en las hiladas inmediatamente inferiores a la carga concentrada, permite que ésta se reparta adecuadamente en el resto del paño.
- **Muros largos:** la colocación de un armado homogéneo con FISUFOR® permite aumentar entre un 30 y un 50% la separación recomendada entre juntas de movimiento para prevenir los efectos producidos por fenómenos higrotérmicos y de retracción en las fábricas.
- **Zonas de discontinuidad geométrica:** cuando existe un cambio de altura o espesor en el muro, o en zonas debilitadas por la presencia de rebajes o por el encuentro con elementos estructurales, la armadura FISUFOR® permite que se produzca la continuidad de esfuerzos a pesar de la discontinuidad originada por la geometría.
- **Presencia de acciones horizontales:** las más significativas son los empujes del terreno, en muros de sótano;

empujes de material almacenado en silos o depósitos; y acción de viento en fachadas. La armadura FISUFOR® resiste la flexión horizontal originada, siempre y cuando existan los correspondientes contrafuertes o elementos verticales resistentes a flexión, dimensionados para transmitir la reacción correspondiente.

- **Encadenados y zunchos perimetrales de forjados:** la armadura FISUFOR® dispuesta en las hiladas inmediatamente inferiores al apoyo del forjado, posibilita un adecuado reparto de cargas y puede sustituir al zuncho perimetral que exige la normativa.
- **Hastiales:** son elementos solicitados a esfuerzos de tracción en los bordes. La armadura FISUFOR® penetrando en el elemento de borde del hastial y complementada con una armadura inclinada de reparto sirve para evitar el riesgo de fisuración en estos elementos.
- **Muros doblados y capuchinos:** son muros formados por dos hojas adosadas o separadas por una cámara

no superior a 11 cm, respectivamente. La armadura FISUFOR® enlazando las dos hojas puede sustituir a las llaves que exige la normativa para poder considerar el trabajo conjunto de las dos hojas desde el punto de vista estructural.

- **Fábricas sin aparejar:** se suelen diseñar este tipo de fábricas con fines estéticos o cuando se desea combinar diferentes materiales. La armadura FISUFOR® colocada en los tendeles restituye la traba debida al aparejo.
- **Muros de arriostramiento:** son muros encargados de la estabilidad general del edificio ante acciones horizontales. Su sollicitación fundamental es el esfuerzo cortante que es especialmente significativo cuando los muros tienen huecos o no están suficientemente cargados. La armadura FISUFOR® colocada homogéneamente en los tendeles y anclada a soportes verticales, desempeña la función de armadura de cosido entre las zonas traccionada y comprimida del muro, aumentando notablemente su resistencia al corte.



### Cuantías recomendadas de la armadura FISUFOR®

En cada tipo de aplicación indicada anteriormente, la armadura FISUFOR® debe ir colocada en la posición adecuada y se deben respetar unas determinadas cuantías mínimas para que pueda desempeñar correctamente la función asignada.

En la mayoría de los casos, la armadura FISUFOR® es objeto de dimensionado, por lo que será el resultado del análisis el principal factor que determine la cuantía de armadura precisa.

Sin embargo, en los casos habituales que se recogen en la tabla 7.4, se puede prescindir del cálculo si se disponen las cuantías recomendadas que se indican.

### Prescripciones de carácter general relativas a la utilización de armadura

Cuando se utilizan armaduras de tendel embutidas en el interior de la fábrica es preciso observar una serie de prescripciones; unas encaminadas a conseguir una adecuada protección contra la corrosión, incluso en los casos de utilizar alambres protegidos; y otras referentes a la cuantía mínima para evitar el fenómeno de rotura frágil.

Las prescripciones relacionadas con la protección frente a la corrosión son las siguientes:

- La categoría del mortero a emplear en obras de fábrica armada no debe ser inferior a M5.
- El espesor “e” de las juntas de mortero ordinario debe estar comprendido entre 8 mm y 15 mm.

- El espesor mínimo del recubrimiento de mortero respecto al borde exterior no debe ser menor de 15 mm.

- El recubrimiento de mortero por encima y por debajo de la armadura de tendel no debe ser menor de 2 mm, incluso para los morteros de junta delgada.

Las prescripciones relacionadas con la cuantía mínima son las siguientes:

- La cuantía mínima de la armadura de tendel para controlar la fisuración y dotar de ductilidad a la fábrica es de 0,03% de la sección vertical de la misma
- La separación entre armaduras no debe ser mayor de 60 cm.

Tabla 7.4 Cuantías recomendadas de armadura FISUFOR®

Aplicación	Armadura FISUFOR® recomendada	
	Cuantía	Situación
Muros sobre cimentación	5 hiladas cada 40 ó 50 cm	En arranque En el resto
Muros o tabiques sobre forjados	2 hiladas cada 40 ó 50 cm	En arranque En el resto
Encuentro en esquina	cada 40 ó 50 cm	En esquina
Encuentro en “T”	cada 40 ó 50 cm	Esquinas simétricas en hiladas alternas
Encuentro en cruce	cada 40 ó 50 cm	Contrapeada en cada muro
Huecos	2 hiladas 1 hilada	Sobre el dintel Bajo antepecho
Carga concentrada	3 a 5 hiladas	Bajo la carga
Muros largos	cada 40 ó 50 cm	Armado homogéneo
Cambio de altura	3 hiladas	En cabeza del muro menor
Cambio de espesor	cada 40 ó 50 cm	En toda la altura
Muros de sótano	cada 10 ó 20 cm cada 20 ó 40 cm cada 40 ó 50 cm	En arranque (hasta 1,00 m) En el centro (hasta 2,00 m) En cabeza (hasta 3,00 m)
Fachadas	cada 40 ó 50 cm	Armado homogéneo
Encadenados y zunchos	4 hiladas	Bajo apoyo del forjado
Hastiales	cada 40 cm cada 20 cm (altura > 8,00 m) 1 hilada	Armado homogéneo Armado homogéneo Inclinada en borde
Muros de dos hojas	cada 40 ó 50 cm	Armado homogéneo
Muros sin aparejar	cada 1 ó 2 hiladas	Armado homogéneo
Muros transversos	cada 40 ó 50 cm	Armado homogéneo

### 7.4.2 Anclajes tipo GEOANC.P®

Su misión es la rigidización transversal de paños de fábrica confinados entre forjados. Son elementos de sujeción o retención de la fábrica a los soportes estructurales, capaces de transmitir toda o parte de la reacción horizontal debida a la acción de viento.

Son anclajes mecánicos rígidos, que no permiten movimientos diferenciales entre el paño de fábrica y el elemento estructural al que se conectan, por eso se recomienda su uso sólo en los casos de paños confinados entre forjados que tienen, por esta razón, impedida la posibilidad del libre movimiento vertical.

#### Presentación del producto

Los anclajes GEOANC.P® se comercializan en varios modelos, que permiten su colocación en fábricas de ½ pie de espesor, en disposición retranqueada respecto de la cara exterior de los soportes.

Se fabrican en acero inoxidable austenítico, por lo que se pueden utilizar, sin ningún tipo de restricción, tanto en paramentos interiores como exteriores.



#### Aplicaciones

Se recomienda el uso de los anclajes GEOANC.P® en las siguientes situaciones:

- En fábricas que precisen sólo rigidización transversal, porque tienen su estabilidad garantizada por el confinamiento entre forjados.
- Para atado de las fábricas a los soportes, utilizando este recurso de forma sistemática como medida preventiva, con objeto de aumentar las condiciones de estabilidad en paños confinados debilitados por la presencia de grandes huecos y suplir pequeños defectos o errores de ejecución en la entrega de la fábrica en el forjado.
- Cuando no se pueda cumplir la condición de entrega en el forjado por errores en la posición de la tabica del mismo. En este caso, deben ser objeto de dimensionado, puesto que los anclajes deben ser capaces de restituir la condición de entrega precisa para la estabilidad del paño.

En las situaciones indicadas anteriormente, la utilización de los anclajes GEOANC.P® presenta numerosas ventajas frente a la práctica habitual de utilizar dispositivos de amarre improvisados en obra. Las principales ventajas son las siguientes:

- Se instalan con gran facilidad, puesto que se pueden incorporar en los tendeles de la fábrica simultáneamente a su ejecución, pudiéndose realizar la operación de fijación a posteriori.

- Tienen garantizada la protección frente a la corrosión, puesto que son de acero inoxidable.

- Es un producto muy económico.
- Evitan la entrada de humedad en la tabiquería interior.
- Tienen certificado de calidad ISO.

Los elementos improvisados en obra para conseguir la retención de las fábricas tienen, por el contrario, graves inconvenientes, entre los que destacan los siguientes:

- El procedimiento de colocación es engorroso y se precisa la intervención simultánea de, al menos, dos operarios.
- No tienen ninguna protección contra la corrosión, incumpliendo las especificaciones de la norma UNE-EN 845-1:2005 *“Especificación de componentes auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 1: Llaves, amarres, colgadores, ménsulas y ángulos”*. Pueden aparecer manchas de óxido en las fachadas o, en casos más graves, las consecuencias del aumento de volumen experimentado por el acero como consecuencia de la corrosión.
- Si se consideran todos los factores que intervienen (material, mano de obra, tiempo de ejecución, etc.) su empleo supone una repercusión económica superior a la que corresponde al uso de anclajes GEOANC.P®.

- La fijación de los elementos improvisados puede constituir una vía

de entrada de agua y, por tanto, de riesgo de humedades en la hoja interior de los cerramientos.

- Su fabricación es artesanal en obra, sin ningún certificado de calidad.
- No pueden incorporarse en los cálculos, bajo ninguna condición.

Es preciso hacer hincapié en el conocido “fleje”, que sólo es un elemento de embalaje, y no reúne ninguna característica para ser utilizado como elemento de atado entre fábricas y estructura, por lo que se desaconseja rotundamente su empleo para este cometido.

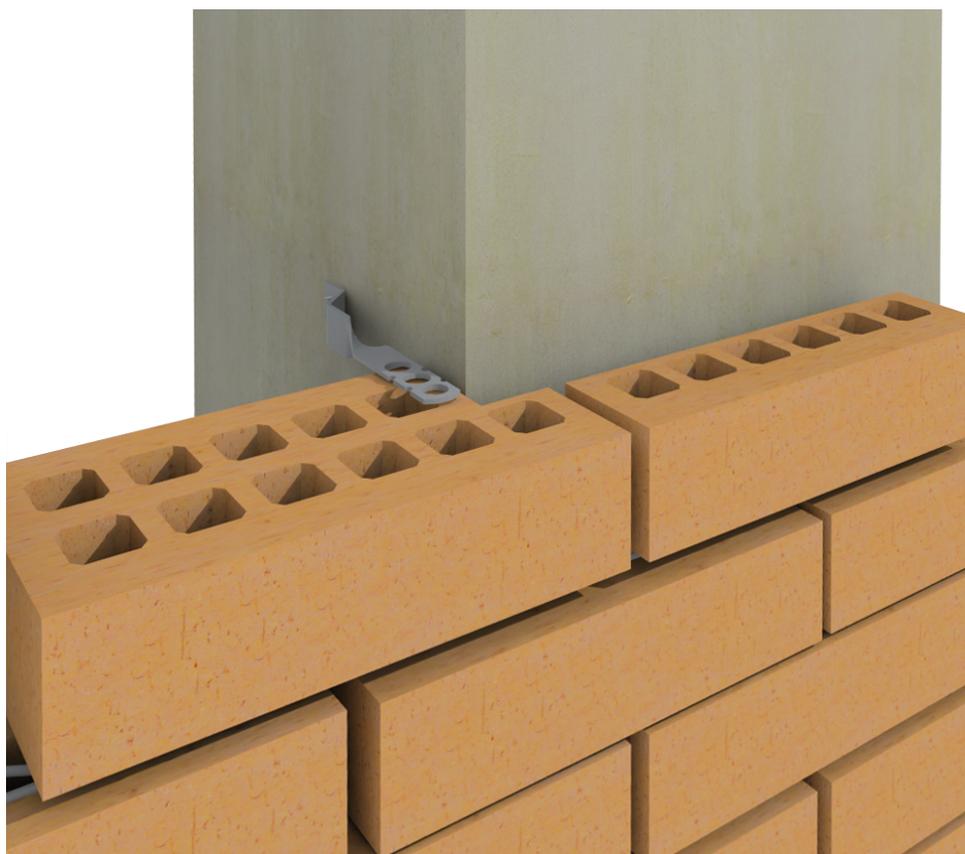
#### Cuantías recomendadas de GEOANC.P®

Como se ha indicado anteriormente, todos los dispositivos de anclaje deben dimensionarse de acuerdo con el tipo y magnitud de los esfuerzos que deben transmitir. Los procedimientos de análisis aplicables a los casos más frecuentes se han desarrollado en la sección de “Requisitos”.

No obstante, en situaciones habituales, en las que los paños de fábrica cuentan con suficiente confinamiento entre forjados, es decir, con un apoyo mínimo en torno a 7 cm para una altura libre no superior a 2,70m, y con una succión de viento no superior a 0,50 kN/m<sup>2</sup> en valor característico, se puede prescindir de los cálculos para la verificación de la estabilidad si se disponen anclajes GEOANC P® a distancias no superiores a las que se indican en la tabla 7.5. En situaciones de entrega deficiente, o de altura o acción de viento superiores a las indicadas, es necesario realizar los cálculos oportunos para su dimensionado.

Tabla 7.5 Cuantía de anclajes en fábricas confinadas

Luz entre soportes, L	Distancia recomendada entre anclajes GEOANC.P®		
	Ladrillo cara vista		Ladrillo tosco
	Formato castellano	Formato catalán	
L ≤ 5,00 m	60 cm (10 hiladas)	60 cm (10 hiladas)	56 cm (7 hiladas)
5,00 m < L < 6,00 m	48 cm (8 hiladas)	54 cm (9 hiladas)	48 cm (6 hiladas)
L ≥ 6,00 m	36 cm (6 hiladas)	48 cm (8 hiladas)	40 cm (5 hiladas)



### 7.4.3 Anclajes tipo GEOANC.CDM®

Son elementos de sujeción o retención de la fábrica a elementos estructurales (soportes y frentes de forjado) que permiten libertad de movimiento en las dos direcciones (horizontal y vertical) contenidas en el plano del muro, evitando el movimiento de vuelco.

La posibilidad del libre movimiento del paño en su propio plano evita el riesgo de fisuración por acumulación de tensiones en las regiones más solicitadas que son aquellas en las que se impone el vínculo con la estructura del edificio.

Por una parte, al permitir el libre movimiento horizontal en el plano del muro, se evita el riesgo de fisuración debido al fenómeno de expansión por humedad que se manifiesta en los materiales cerámicos.

En segundo lugar, al permitir el libre movimiento vertical en el plano del muro, se evita el riesgo de trasvase de carga gravitatoria de los elementos estructurales (fundamentalmente de los forjados) al muro, por la enorme diferencia de rigidez.

Debida a la propiedad de los anclajes GEOANC.CDM® de posibilitar el libre movimiento vertical del paño, se recomienda su empleo en paños que, por su sistema constructivo, no tienen coaccionado este movimiento, es decir, en fábricas pasantes por delante de la estructura.

Su configuración geométrica, con una amplia holgura vertical en el elemento hembra, para posibilitar el libre movimiento, permite su fijación a los elementos estructurales con anterioridad al inicio de construcción de la fábrica, sin necesidad de precisar con exactitud el punto de fijación, puesto que permiten tolerancias de  $\pm 5$  cm para colocar la garra en su posición correcta, a posteriori, en la hilada correspondiente.

La capacidad mecánica de cada anclaje, su cuantía y ubicación en la superficie del muro, y el tipo y especificación concreta a utilizar en cada caso, dependen de los siguientes factores:

- Movimientos relativos que se pueden admitir entre el paño y el elemento estructural al que se fijan.

- Magnitud de las acciones horizontales perpendiculares al plano del muro.

- Espesor del muro y tamaño de la cámara de aire, si la hubiere.

- Posición de acometida del muro contra el elemento estructural.

En todos los casos, la imposibilidad de realizar operaciones de mantenimiento y la ubicación invadiendo la cámara interior del muro, exige la necesidad de utilizar acero inoxidable en la fabricación de todos los elementos constitutivos de los anclajes.

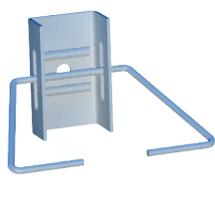
#### Presentación del producto

Los anclajes GEOANC.CDM® se comercializan en cinco formatos diferentes, para permitir su colocación en fábricas de distintos espesores, y con diferentes retranqueos respecto de la cara exterior del soporte o frente de forjado.

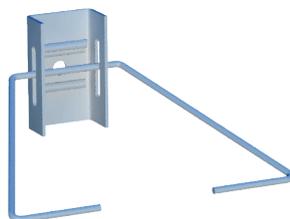
- Anclaje GEOANC.0CDM®: sirve para su ubicación en fábricas de cualquier espesor que acometen "a testa" contra el soporte. Esta



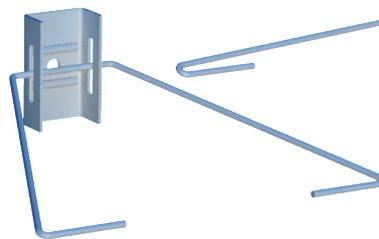
GEOANC.0CDM®



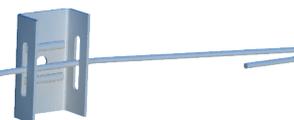
GEOANC.1CDM®



GEOANC.2CDM®



GEOANC.3CDM®



GEOANC.4CDM®

disposición hace inviable la posibilidad de movimiento horizontal del paño, puesto que es precisamente el que se trata de restringir; por lo que sólo poseen libertad de movimiento vertical.

- **Anclaje GEOANC.1CDM®:** sirve para fábricas de ½ pie de espesor que pasan tangentes por delante de los soportes o de los frentes del forjado, sin espacio intermedio para la cámara, por lo que ésta queda interrumpida al paso por esos puntos.

- **Anclaje GEOANC.2CDM®:** se utiliza en fábricas de espesor superior a ½ pie tangentes a los elementos estructurales; o en fábricas de ½ pie con cámara de aire de 5 cm aproximadamente.

- **Anclaje GEOANC.3CDM®:** está diseñado fundamentalmente para fachadas ventiladas, con cámara de ancho superior a 5 cm. También sirve para fábricas de 1 pie de espesor tangentes a los elementos estructurales.

- **Anclaje GEOANC.4CDM®:** es un anclaje concebido para sujetar las “galletas” o “plaquetas” a los elementos estructurales. Se utiliza en situaciones en las que la cara exterior del elemento estructural (soporte o frente de forjado) está situada a unos 4 cm de la cara exterior de la fábrica.

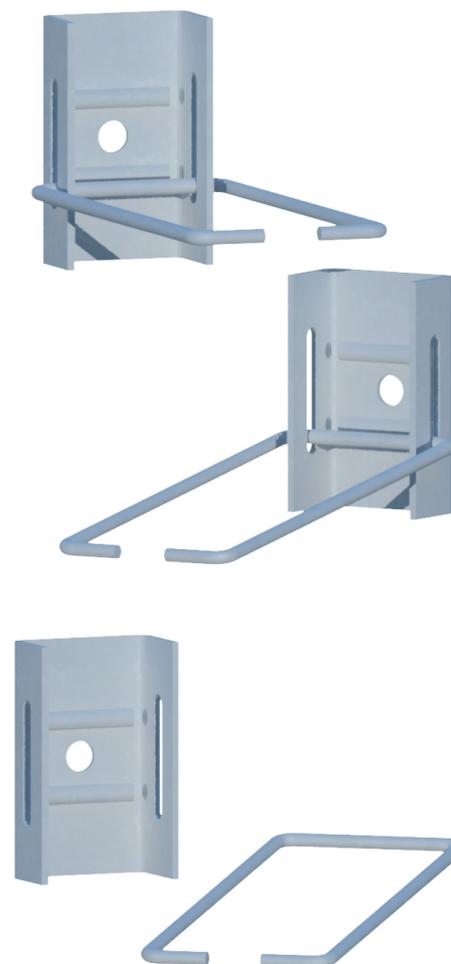
Todos ellos se fabrican en acero inoxidable austenítico, por lo que se pueden utilizar, sin ningún tipo de restricción, tanto en paramentos interiores como exteriores.

### Aplicaciones de los anclajes GEOANC.CDM®

Los anclajes GEOANC.CDM® son dispositivos con una función estructural específica. Ello significa que es imprescindible su utilización, no sólo con carácter preventivo de posibles procesos patológicos, sino para garantizar la estabilidad del cerramiento, en las siguientes situaciones:

- En fábricas no confinadas entre forjados. Esta situación corresponde a los siguientes casos:
  - Cerramientos o tabiques en los que se elimina el “retacado” contra el forjado, sustituyéndolo por una junta elástica.
  - Fachadas autoportantes, que no tienen entrega en el forjado de cada planta.
  - Fachadas ventiladas, con cámara continua que las separa de la estructura del edificio.
- Para atado de fábricas de ½ pie de espesor y altura superior a 3,00 m, en las que la estabilidad no se puede garantizar por simple confinamiento, debido a que se sobrepasa la esbeltez límite.
- Como sustitución del angular que habitualmente se coloca en el frente de forjado cuando las condiciones de entrega de la fábrica en el mismo son insuficientes. En este caso se abarata y se simplifica sustancialmente la solución constructiva y la puesta en obra.

- En general, para sujetar las “plaquetas” de chapado de los frentes de forjado, tanto si la fábrica está confinada, como si hay junta horizontal de movimiento. En todos los casos, es importante que no se produzca trasvase de carga del forjado al cerramiento, por lo que los anclajes deben permitir el libre movimiento vertical.



También se pueden utilizar en las mismas aplicaciones indicadas para los anclajes GEOANC.P®. Es importante destacar que cualquier dispositivo de anclaje tiene como función específica la de *retención* de la fábrica frente a la tendencia al vuelco. En este sentido, la posibilidad de libre movimiento sólo es una propiedad añadida al dispositivo para evitar fenómenos de acumulación de tensión no deseados, pero nunca supone una restricción a su uso, incluso cuando esta precaución no sea necesaria.

El diseño exclusivo de los anclajes GEOANC.CDM® les confiere numerosas ventajas para su utilización, entre las cuales destacan las siguientes:

- Se instalan con gran facilidad, puesto que se fijan con anterioridad a la ejecución del muro, de manera que el operario no tiene más que incorporarlos en la hilada correspondiente a medida que construye la fábrica.
- Es posible supervisar la correcta puesta en obra de los anclajes con anterioridad al inicio de la ejecución del muro.

- Poseen una holgura en vertical de unos 5 cm, lo cual permite su instalación midiendo “a palmos” sin necesidad de utilizar ningún tipo de aparato de precisión para que queden perfectamente alojados en el nivel adecuado.

- Tienen garantizada la protección frente a la corrosión, puesto que son de acero inoxidable.

- Evitan la entrada de humedad en la tabiquería interior.

- Tienen certificado de calidad ISO.

- Son objeto de cálculo, por lo que se puede realizar, para cada caso, un dimensionado estricto de la cuantía necesaria, con total garantía en lo que se refiere al cumplimiento de las condiciones de seguridad exigidas por la normativa.

- Se adaptan a cualquier espesor de la fábrica y a cualquier disposición relativa de la misma respecto a los elementos estructurales.

### Cuantías mínimas de los anclajes GEOANC.CDM®

Los anclajes GEOANC.CDM®, cuando se utilizan en las situaciones indicadas anteriormente, tienen encomendada la función de garantizar la estabilidad de la fábrica, por lo que su dimensionado requiere el cálculo y las comprobaciones correspondientes.

En cualquier caso, incluso en situaciones de valores pequeños de sollicitación, su funcionamiento se basa en un reparto homogéneo de tensiones, sobre todo en las zonas en las que se desarrolla la reacción correspondiente por parte de los elementos estructurales. Ello hace imprescindible limitar las distancias máximas entre los puntos de anclaje aunque, desde el punto de vista resistente, resulten sobredimensionados los dispositivos correspondientes. Si los anclajes se colocan muy distanciados, su funcionamiento no se corresponde con los modelos de análisis utilizados.

Con carácter general, la separación máxima entre anclajes coincide con la separación máxima entre armaduras de tendel. Este valor está relacionado con la cuantía mínima exigida en la normativa para evitar fisuración que, según el diseño de la armadura FISUFOR®, conduce a separaciones predeterminadas independientemente del espesor de la fábrica en cuestión.

Los valores de distancias máximas que se deben respetar en cualquier caso, por requerimientos de cuantía mínima, se indican en la tabla 7.6.

Tabla 7.6 Cuantía de anclajes en fábricas no confinadas

Situación	Distancia máxima entre anclajes GEOANC.CDM®	
	Ladrillo cara vista	Ladrillo toscó
<b>Interior</b>	60 cm (10 hiladas)	56 cm (7 hiladas)
<b>Exterior</b>	48 cm (8 hiladas)	48 cm (6 hiladas)
<b>Frente de forjado</b>	100 cm (4 piezas)	100 cm (4 piezas)



#### 7.4.4 Llaves de atado para juntas de movimiento ANCONFIX.PPS®

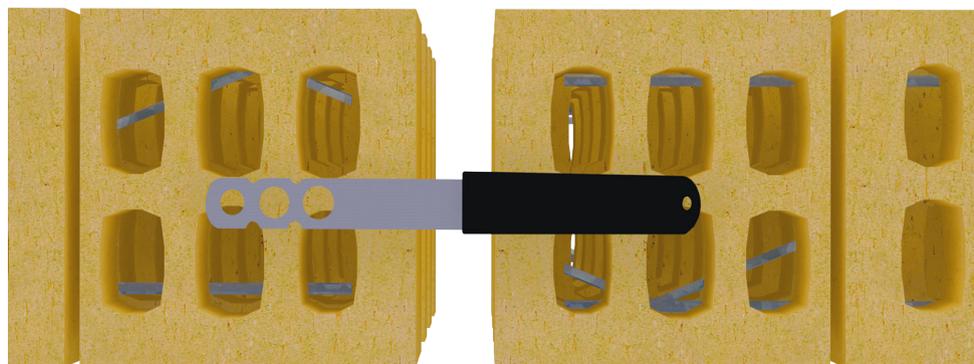
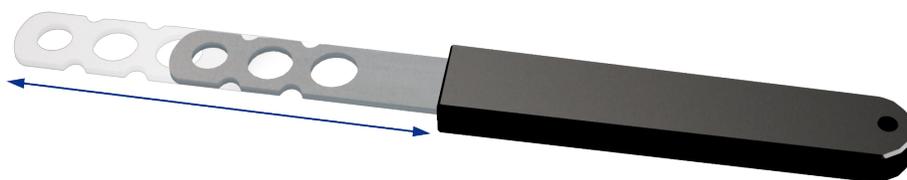
Las llaves de atado son elementos cuya función es la de conectar dos paramentos diferentes de una fábrica separados por una junta vertical de movimiento. Su función es transmitir determinados esfuerzos e impedir otros debidos a deformaciones impuestas.

Es importante distinguir las juntas de movimiento de las juntas estructurales.

Las juntas estructurales separan el edificio en dos elementos totalmente independientes desde el punto de vista mecánico. Por el contrario, a través de las juntas de movimiento se puede producir la transmisión de determinados esfuerzos.

Para que esta transmisión se produzca en perfectas condiciones es imprescindible colocar elementos específicos para esta función que se denominan, de forma genérica, "llaves de atado". Sin ellos quedaría interrumpida la continuidad de esfuerzos a través de la junta, de manera que los bordes se comportarían como bordes libres que, ante las acciones horizontales, pueden experimentar un movimiento ortogonal de la fábrica con respecto al plano de fachada, originando la denominada "ceja".

Las llaves de atado ANCONFIX.PPS®, utilizadas en las juntas verticales de movimiento, tienen uno de sus extremos cubiertos por una funda de plástico, para evitar la adherencia con el mortero. La funda de plástico tiene una holgura de, aproximadamente, 1 cm, respecto al extremo de la llave, suficiente para permitir el libre movimiento horizontal en el plano del muro.



La utilización de las llaves de atado ANCONFIX.PPS® en las juntas de movimiento verticales tiene las siguientes ventajas:

- Se garantiza la continuidad en la transmisión de determinados esfuerzos a través de la junta.
- Son elementos de bajo coste que, sin embargo, evitan procesos patológicos aparatosos.
- Se fabrican únicamente en acero inoxidable, por lo que es imposible que se produzca cualquier proceso de corrosión. Para este tipo de elementos es fundamental esta precaución, puesto que quedan, en parte, expuestos al ambiente exterior, en situación de fácil penetración de humedad.
- Poseen certificado de fabricación ISO.
- Su diseño específico garantiza que únicamente se produzca movimiento horizontal del muro dentro de su mismo plano.

#### Cuantías recomendadas

En general, se recomienda disponer llaves de atado a las mismas distancias en vertical indicadas para los anclajes, sin superar la distancia máxima de 50 cm.

En fábricas de ladrillo de un pie de espesor se recomienda la disposición de llaves por parejas, dos unidades en la hilada correspondiente. En fábricas de ladrillo de ½ pie de espesor es suficiente disponer una llave por hilada.

### 7.4.5 Láminas de revestimiento ZETAFLOT®

Las láminas de revestimiento son elementos que se disponen a modo de forro de soportes y frentes de forjado, y sirven para desolidarizar los cerramientos respecto de la estructura del edificio. Funcionan también como barreras impermeabilizantes y contribuyen a la eliminación de puentes térmicos y acústicos.

La lámina ZETAFLOT® es una lámina de espuma reticulada que se utiliza como aislamiento acústico bajo solados o tarimas flotantes, debido a su elevada capacidad de amortiguación de los ruidos de impacto. Sus principales características son las siguientes:

- Excelente aislamiento acústico a ruido de impacto.
- Buen aislamiento térmico.
- Barrera antihumedad por su estructura de celdas cerradas.
- Resistente a agentes químicos.
- Resistencia al desgarramiento y punzonamiento.

#### Presentación del producto

La lámina ZETAFLOT® se comercializa en tres formatos diferentes, para su aplicación en distintos casos de agresividad del medio:

- **ZETAFLOT® STANDARD:** compuesta de una lámina de polietileno reticulado, de espesores 3, 5 y 10 mm. Se presenta en rollos de 2 x 50 m.

- **ZETAFLOT® SUPER:** compuesta por una lámina de polietileno reticulado de 3 mm de espesor, con filme antidesgarro por una cara. Se presenta en rollos de 2 x 50 m.

- **ZETAFLOT® PLUS:** compuesta por una lámina de espuma reticulada de 4 mm de espesor, un filme antidesgarro por una cara, y 1 mm de PVC por la otra. Se presenta en rollos de 0,75 x 50 m.

#### Características físicas y mecánicas

En la tabla 7.7 se indican las principales propiedades de la lámina ZETAFLOT®, en cada uno de los tres formatos en los que se comercializa, así como el procedimiento de ensayo utilizado para su determinación.

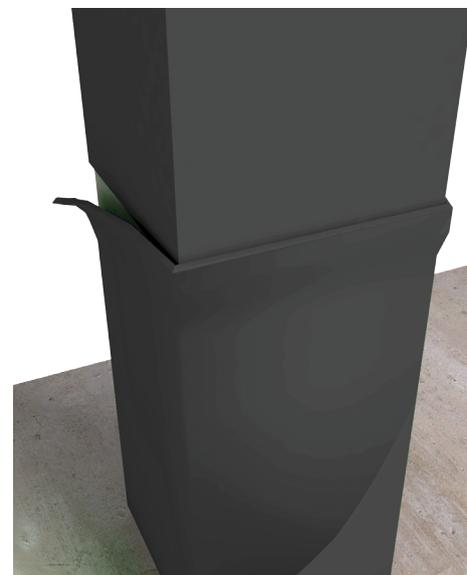


Tabla 7.7 Características de la lámina ZETAFLOT®

Propiedades		Método de ensayo	ZetaFlot® Standard	ZetaFlot® Super	ZetaFlot® Plus
Densidad (kg/m³)		ISO 845	25		
Rango de temperatura de operación (°C)		Interno	-40 / +90	-40 / +90	-40 / +90
Resistencia a la compresión (kPa)	10%	ISO 3386	15	20	20
	25%		30	40	40
	50%		90	100	100
Deformación remanente (%)		ISO 1856	7	6	6
Resistencia a la tracción (kPa)	longitudinal	ISO 1798	200	410	1900
	transversal		180	330	
Elongación de rotura (%)	longitudinal	ISO 1798	100	115	90
	transversal		100	150	75
Absorción de agua (%vol)		DIN 52428	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Coeficiente de conductividad térmica (W/m·K)	a 0°C	ISO 2585	0,039	0,039	0,039
	a 20°C		0,041	0,041	0,041

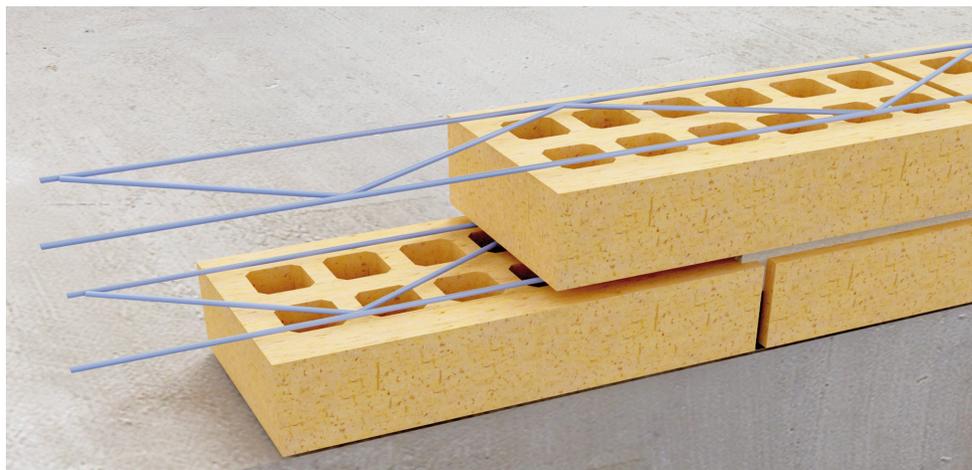


## 7.5 Soluciones GEOANC® para puntos singulares

En este apartado se presentan las disposiciones constructivas para la ejecución de los puntos singulares de los cerramientos de fábrica convencionales, utilizando los elementos GEOANC® recomendados para evitar procesos patológicos, debidos fundamentalmente a fisuración y humedad.

En capítulos anteriores se han indicado los procedimientos de análisis que determinan si los cerramientos encajan dentro de los límites de lo que se entiende por “convencional”, desde el punto de vista de su estabilidad y resistencia frente a acciones horizontales.

Independientemente del dimensionado de los elementos deducido del análisis, las disposiciones que aquí se indican se deben respetar sistemáticamente, pues constituyen procedimientos de prevención de riesgos por causas que no pueden incorporarse en los modelos de análisis.



Se representan únicamente los detalles que son comunes a todas las obras con cerramiento de fábrica. Los detalles singulares no pueden ser objeto de catalogación, por lo que se recomienda consultar con el departamento técnico de GeoHidrol, S.A., para solicitar el estudio particularizado, cuando se trate de casos no catalogados.

### 7.5.1 Arranque sobre forjado

El arranque del cerramiento sobre el forjado constituye un punto delicado.

La condición de entrega, necesaria para la estabilidad ante acciones horizontales, se contrapone con la necesidad de dejar suficiente espacio para las plaquetas de chapado del frente de forjado.

La solución en obra, independientemente de las especificaciones de proyecto, siempre procede de un compromiso para cumplir simultáneamente dos requisitos: la estabilidad del paño

y la estabilidad de las plaquetas. En cerramientos de ½ pie de espesor el margen disponible para cumplir ambos requisitos es muy pequeño.

Por otra parte, existe un fuerte condicionante que determina inevitablemente la posición exacta del arranque del paño. Este condicionante es la situación real de la tabica del forjado, que puede oscilar varios centímetros respecto del valor teórico de proyecto.

Todo ello hace que la condición de entrega no siempre se pueda garantizar. Las soluciones GEOANC® incorporan anclajes adicionales para garantizar la estabilidad de los paños, además del confinamiento en los forjados, de manera que una entrega insuficiente no suponga necesariamente riesgo de inestabilidad.

Utilizando este tipo de recurso, la posición exacta de arranque del cerramiento sobre cada forjado se puede determinar con la única condición de mantener la planeidad de la fachada en toda la altura del edificio.

Con objeto de prevenir los riesgos de fisuración debidos a descensos diferenciales del zuncho o viga de borde del forjado, se recomienda la disposición de armadura de tendel FISUFOR® en las dos primeras hiladas de arranque; y armado homogéneo cada 8 hiladas en el resto del paño, si se ejecuta con ladrillo cerámico de 5 cm de grueso.

La armadura dispuesta en las primeras hiladas de la fábrica desempeña el papel de “tirante” para que la descarga que se produce en las situaciones de “falso apoyo” se pueda producir sin riesgo de fisuración o desprendimiento.

### 7.5.2 Chapado de los frentes de forjado

La necesidad de chapar con plaquetas los frentes de los forjados en los que se sustenta el cerramiento constituye un punto conflictivo que suele ser una de las causas principales de aparición de procesos patológicos.

En primer lugar, el espesor del cerramiento se debe estrangular en este punto, pasando de 11,5 cm a un valor que rara vez puede superar los 5 cm, por las razones anteriormente expuestas.

Si para garantizar la estabilidad del paño se prescribe una entrega generosa en el forjado, lo que queda en precario es la estabilidad de las plaquetas.

En cualquier caso, si no se prevén suficientes tornapuntas en el encofrado del forjado, es probable que el frente quede irregular debido a los empujes

propios del vertido del hormigón. Esto dificulta enormemente la disposición de las plaquetas de chapado, puesto que puede ser necesario disponer piezas de espesor variable a lo largo del mismo.

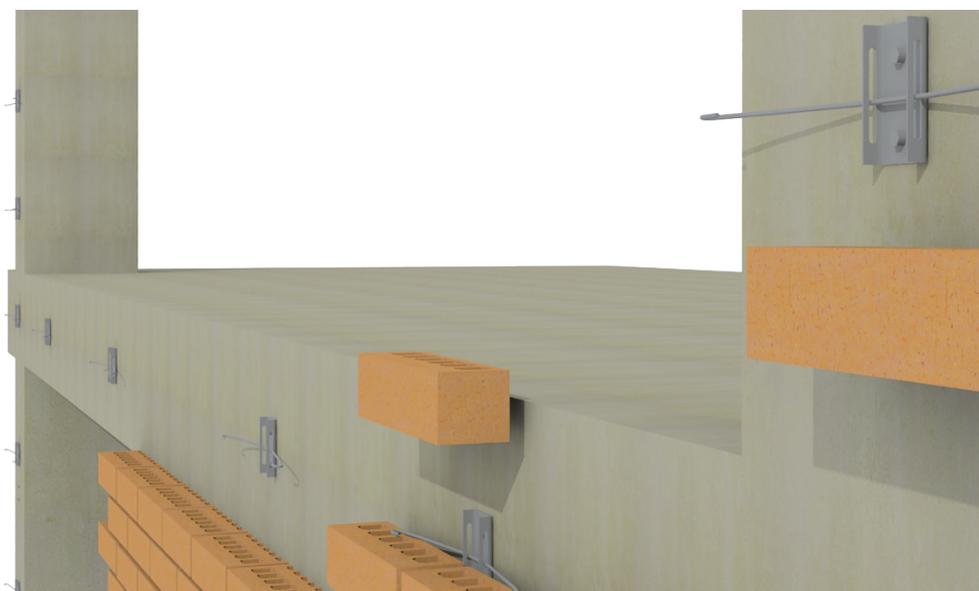
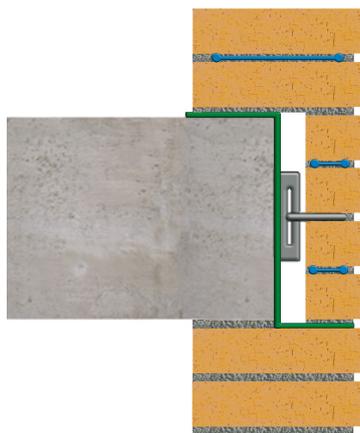
La práctica habitual de solidarizar estos elementos con los forjados y, a su vez, con el resto del paño, origina una incompatibilidad de movimientos cuya consecuencia se manifiesta precisamente en las hiladas de plaquetas, por ser la zona más débil.

Por ello, la sujeción de las plaquetas al frente de los forjados se debe realizar mediante dispositivos que, cuando menos, permitan libertad de movimiento en dirección vertical, para desolidarizar estos elementos del forjado.

Además, los dispositivos de anclaje a los frentes de forjado contribuyen en buena medida, no sólo a la estabilidad

de las plaquetas, sino a la estabilidad del paño frente a cargas de viento. La utilización de los mismos permite prescindir de un control minucioso de las condiciones de entrega, y da la posibilidad de admitir tolerancias más amplias en el replanteo de las tabicas de forjados sucesivos.

Conviene insistir en que la misión de los anclajes a los frentes de forjado es evitar el vuelco, por lo que deben restituir la condición de “*entrega*”, no la condición de “*apoyo*”. Por ello, es imprescindible que permitan que el forjado se mueva en vertical sin implicar en este movimiento al cerramiento, para evitar el riesgo de trasvase de carga gravitatoria del forjado a la fábrica. Este requisito es fundamental cuando los forjados son muy flexibles en el plano de fachada, bien por no existir soportes o por estar estos dispuestos a separaciones importantes.



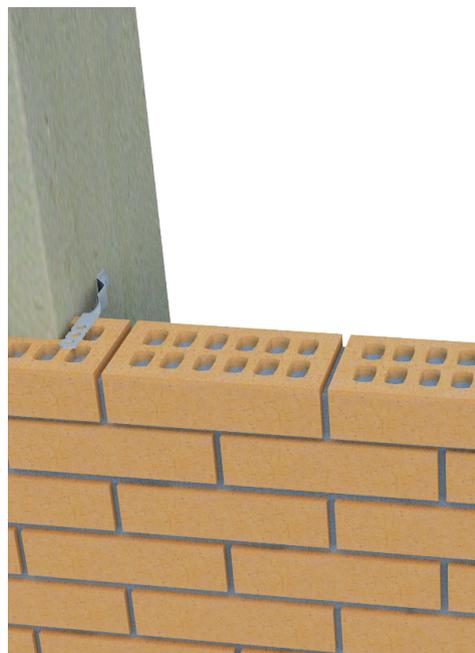
### 7.5.3 Encuentro con soportes

Este punto puede ser objeto de diferentes soluciones, según la distancia disponible desde el frente de los soportes hasta el borde exterior del cerramiento.

En situaciones de soportes enrasados con el borde del forjado o viga de fachada, se produce una situación conflictiva similar a la indicada en el apartado anterior.

El cerramiento se estrangula no sólo al paso por los forjados, sino también al paso por los soportes, precisamente en donde deben producirse las condiciones requeridas para una correcta sustentación.

Es una buena práctica retranquear ligeramente el plano del frente de soportes del plano de borde de forjado.



Ello ocasiona mochetas algo mayores que las que se originan en posición enrasada; sin embargo apenas tiene trascendencia en el diseño. Un retranqueo de 8 cm es suficiente para evitar que un cerramiento de 1/2 pie de ladrillo deba estrangularse al paso por los soportes. Este criterio no sólo favorece la situación del cerramiento, sino también permite solucionar con un margen mayor los encuentros entre armaduras de soportes y vigas de borde, y garantizar un buen anclaje en el extremo de las mismas.

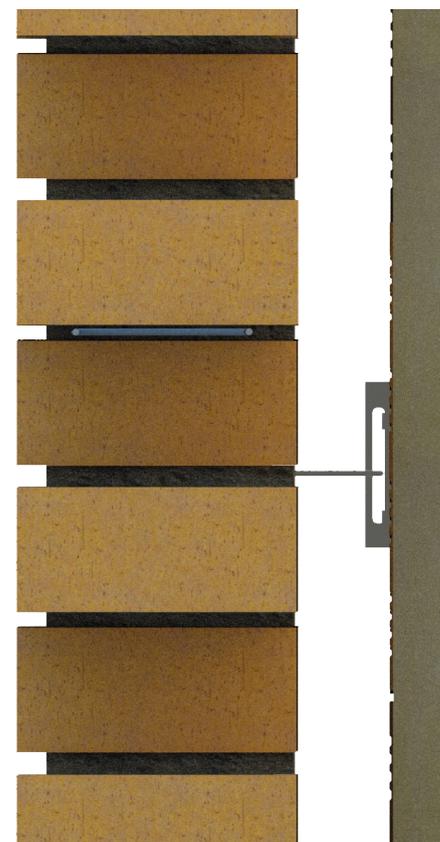
Si los soportes están demasiado retranqueados del plano de fachada, es posible que no se pueda solucionar el anclaje del cerramiento a los mismos. El límite máximo de retranqueo es 10 cm (medido desde el borde interior del cerramiento), y está determinado por el diseño de los dispositivos de



anclaje. Con separaciones superiores se debe recurrir a disponer pilastras auxiliares o casquillos intercalados.

Todas las situaciones intermedias son posibles gracias al diseño específico de los anclajes GEOANC.CDM®, que tienen garras de diferentes anchos para adaptarse a cualquier posición relativa entre los soportes y el cerramiento, dentro de los límites establecidos anteriormente.

Es fundamental, en todos los casos, forrar los soportes para desolidarizarlos del cerramiento al que sujetan.





#### 7.5.4 Formación de esquinas

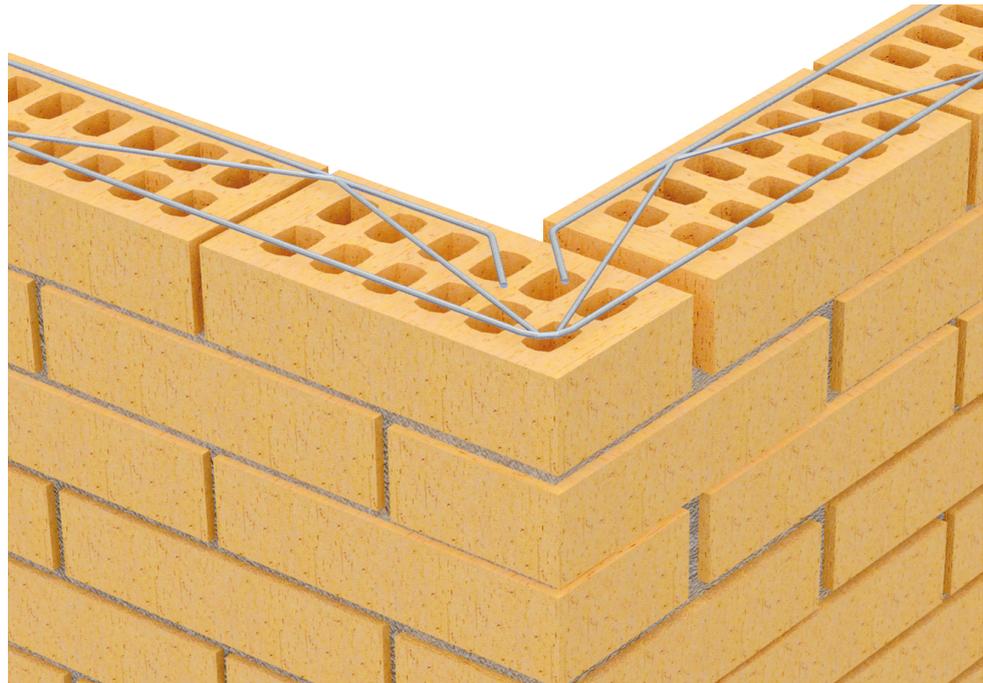
Las esquinas se deben organizar trabadas según el aparejo utilizado. En las esquinas se produce el intercambio de tensiones secundarias que normalmente, y según los procedimientos de análisis descritos, no se tienen en cuenta en el cálculo.

Por esta razón constituyen puntos de elevado riesgo de fisuración, por incompatibilidad de determinados movimientos.

El refuerzo con armadura de tendel en estas zonas es recomendable para garantizar una correcta transmisión de esfuerzos que, aunque no sea imprescindible para el equilibrio, lo es para compatibilizar la deformación, evitando el riesgo de fisuras.

Para controlar la fisuración es suficiente disponer armaduras de tendel tipo cercha FISUFOR® a distancias similares a las recomendadas para armado homogéneo (cada 8 hiladas en fábrica de ladrillo de ½ pie de espesor). Esta armadura puede formar parte de la armadura necesaria por flexión, o se puede disponerse ex-profeso como armado puntual.

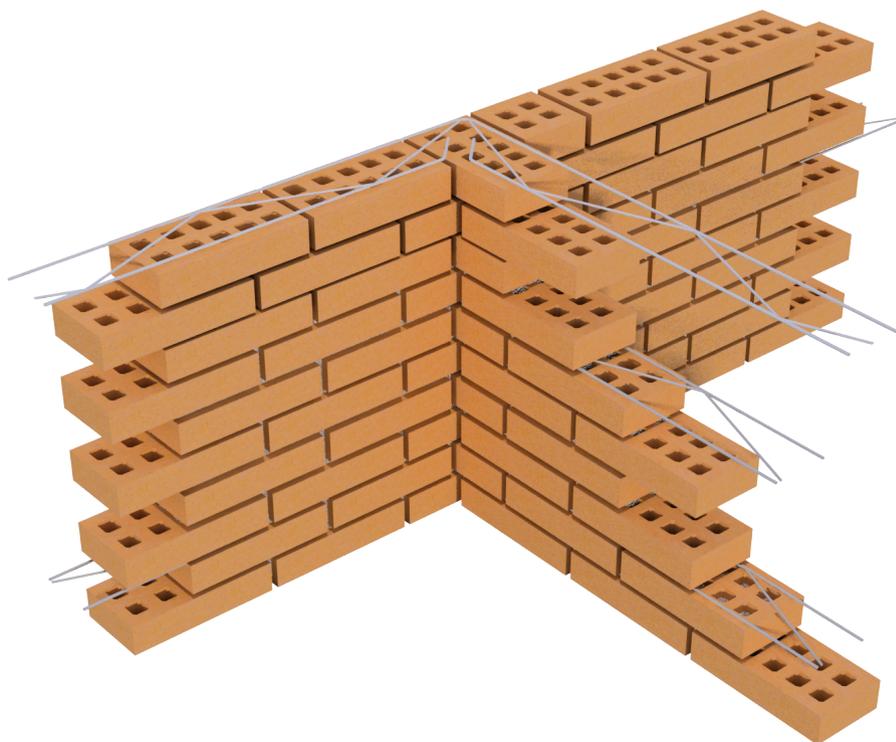
La armadura en esquina debe tener continuidad por la cara exterior. Para ello, se debe utilizar una pieza entera, cortando uno de los alambres longitudinales de la cercha FISUFOR® que quedará en la cara interior, procediéndose al doblado según el ángulo correspondiente.



### 7.5.5 Encuentros en “T”

La misma disposición de armaduras FISUFOR®, cortadas y dobladas en esquina, sirve para reforzar los encuentros de muros en “T”. En este caso, se deben disponer armaduras simétricas, alternativamente.

Esta solución de encuentro, que supone trabazón con aparejo y refuerzo con armadura, es adecuada para muros no cargados. Si uno de los muros es de carga, el encuentro con el cerramiento debe permitir libertad de movimientos verticales, para evitar el efecto de trasvase de carga, y un elevado riesgo de fisuración vertical por cortante. Para estos casos, se recomienda la unión con anclajes tipo GEOANC.OCDM®.



### 7.5.6 Petos de cubierta

La cubierta es un elemento con propensión a sufrir movimientos debidos a cambios de temperatura.

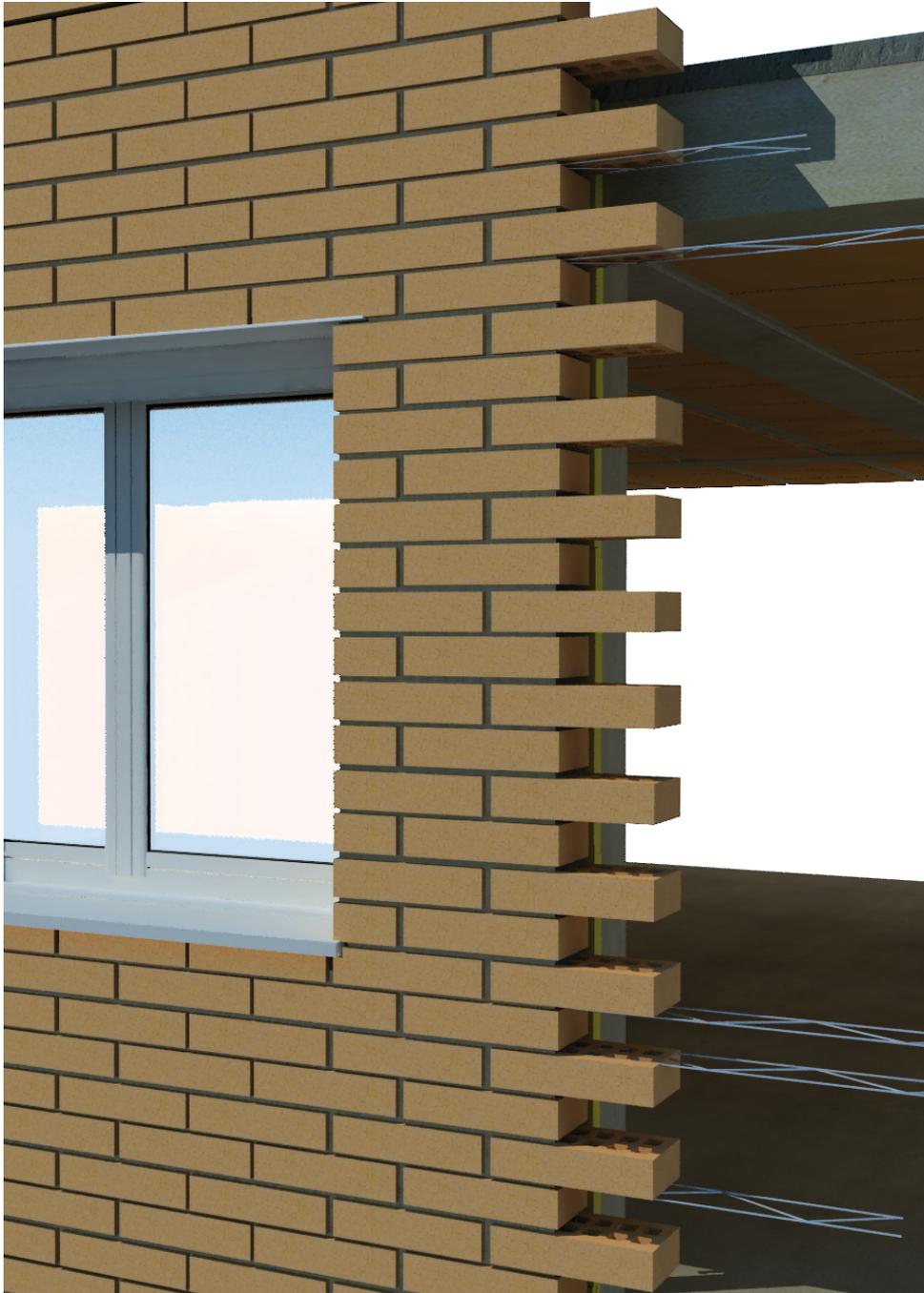
Las cubiertas planas suelen quedar confinadas entre el peto perimetral, y esta situación puede dar lugar a la aparición de fisuras en fachada si no se toman las debidas precauciones.

Además de los criterios de buen diseño, que aconsejan garantizar un correcto aislamiento y ventilación de la cubierta, así como la utilización de materiales de terminación de color claro, es imprescindible la incorporación de una junta de contorno, rellena de un material compresible, en todo

el perímetro de cubiertas planas, para absorber los movimientos e impedir empujes sobre el peto.

Desde el punto de vista de la estabilidad, los petos son los elementos de fábrica que están en peores condiciones, porque no se pueden confinar ni sujetar en cabeza. Por ello, constituye una buena solución doblar el muro, en el tramo que queda sobre el último forjado, atando las dos hojas con armadura FISUFOR®. Una alternativa a esta solución es anclar la hoja exterior del peto con anclajes GEOANC® dispuestos en columnas, a una hoja interior estable.





### 7.5.7 Formación de huecos

La situación de los huecos debe estar bien estudiada en proyecto, para adaptar sus dimensiones y localización a la modulación de los ladrillos. Una correcta modulación requiere que la dimensión del entrepaño sea múltiplo del módulo menos una junta, y que la dimensión del hueco sea múltiplo del módulo más una junta.

Los huecos constituyen un debilitamiento del paño de fábrica aunque, desde el punto de vista de la resistencia, si los huecos son pequeños las carpinterías actúan de bastidores resistiendo, en general holgadamente, los esfuerzos de borde.

Sin embargo, la presencia de un hueco origina inevitablemente una acumulación de tensiones en las esquinas, que provoca una tendencia a la fisuración diagonal. Este proceso patológico es muy frecuente, aunque se puede evitar con facilidad simplemente cosiendo las esquinas con armadura. Es suficiente armar la última hilada bajo el antepecho, y la primera hilada sobre el dintel, para impedir el progreso de cualquier fisura iniciada en la esquina.

Lo fundamental, en esta situación, no es tanto la cuantía de armadura, sino una entrega generosa de la misma. Por ello, es importante observar los criterios de diseño indicados en el capítulo correspondiente, acerca de las distancias mínimas entre huecos y, sobre todo, las dimensiones mínimas de los machones de esquina. Como criterio de carácter general, la armadura se debe poder prolongar una distancia mínima de 50 cm a cada lado del borde del hueco.



### 7.5.8 Juntas de movimiento

Las juntas de movimiento suponen interrupciones de la continuidad del paño, provocadas artificialmente para evitar acumulaciones de tensión por diferentes causas.

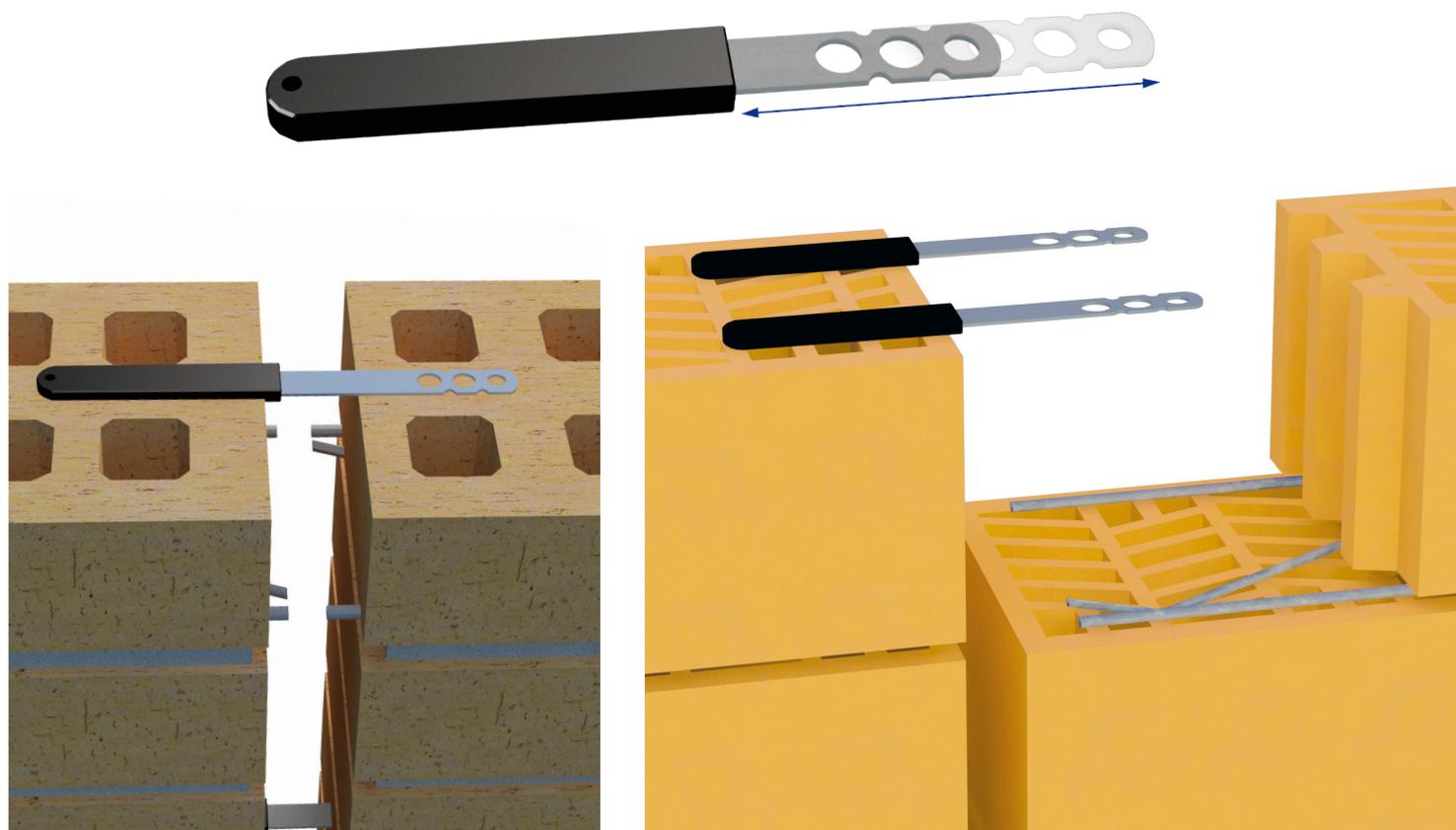
En las juntas verticales se debe interrumpir tanto el aparejo como la armadura. Los extremos de cada tramo de muro, a ambos lados de la junta, funcionan como bordes libres, con posibilidad de movimiento en sentido perpendicular al plano de la fábrica, frente a acciones horizontales.

Si la junta se sitúa próxima a un soporte, existen dos posibles soluciones para evitar los movimientos indicados anteriormente:

- Con anclajes GEOANC.P®: sujetando ambos lados de la junta con anclajes, uno a cada lado del soporte.
- Con anclajes GEOANC.CDM®: es suficiente sujetar un solo lado de la junta.

En ambos casos es fundamental colocar llaves de atado ANCONFIX.PPS® para evitar movimientos diferenciales perpendiculares a la junta.

No es recomendable utilizar llaves de atado en las juntas estructurales, que deben desconectar, a todos los efectos, cada parte del edificio que se separan. En estos casos, debido a que usualmente se duplica el soporte, la estabilidad del cerramiento se consigue duplicando también los anclajes.



## 7.6 Normas de instalación de los elementos GEOANC®

Los elementos GEOANC® tienen una misión estructural asignada, por lo que son objeto de análisis y dimensionado. Por tanto, para un correcto funcionamiento del conjunto, y con objeto de poder obtener las prestaciones para las cuales han sido diseñados, es imprescindible, no sólo disponer las cuantías obtenidas del cálculo, sino respetar las disposiciones constructivas que aquí se indican, por estar íntimamente relacionadas con las condiciones de sustentación, que determinan el resultado del análisis.

### 7.6.1 Instalación de la armadura de tendel FISUFOR®

Con carácter general, para un correcto funcionamiento de la armadura FISUFOR® es fundamental que quede perfectamente recubierta de mortero para que trabaje solidariamente con

la fábrica, y se respeten los recubrimientos para conseguir los niveles de protección adecuados a la clase de exposición correspondiente a la fábrica en la que se ubican.

#### Colocación de la armadura

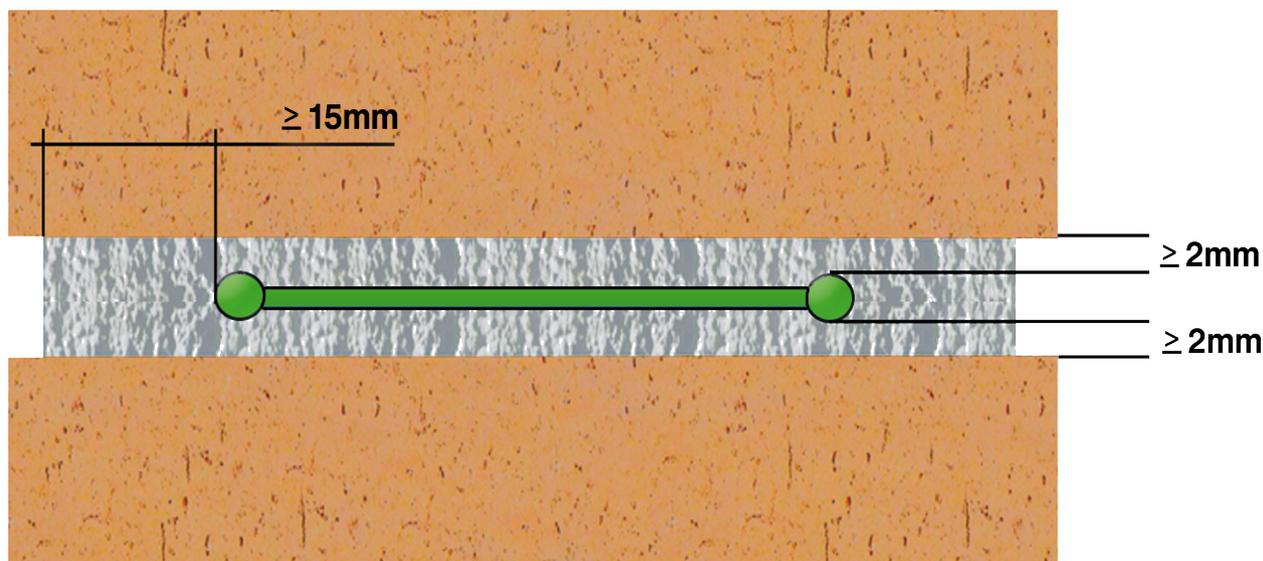
Antes de colocar las armaduras se debe examinar su superficie, comprobando que está libre de sustancias perjudiciales que puedan afectar al acero, al mortero o a la adherencia entre ellos.

Las armaduras se deben colocar en las hiladas previstas, sobre una capa de mortero previamente dispuesta en el tendel, situando el eje de la armadura en el eje de la fábrica, de forma que el grueso del recubrimiento de mortero se reparta proporcionalmente sobre toda la superficie del ladrillo.

La armadura de tendel debe quedar embebida en el mortero para conse-

guir el recubrimiento exigido por la especificación de proyecto. Cuando la especificación de proyecto no lo indique, el recubrimiento para fábricas armadas estructurales debe estar de acuerdo con el DB SE-F, artículo 3.3 "Armaduras", en donde se establece, con carácter general, un recubrimiento mínimo de 15 mm respecto al borde exterior; y de 2 mm, respecto a los bordes superior e inferior, para armaduras de acero galvanizado o acero inoxidable austenítico.

Con la armadura correctamente presentada, se echa otra capa de mortero, de forma que los alambres queden totalmente embebidos. Debido a que los alambres longitudinales y el alambre diagonal están soldados en el mismo plano, se consigue una adherencia óptima de la armadura FISUFOR® cuando los tendeles de mortero tienen un espesor no inferior a 8 mm.



### Anclaje y solape de la armadura

El empalme de las armaduras FISUFOR® se debe hacer por solape, nunca por superposición, para garantizar un perfecto recubrimiento del mortero. La longitud mínima de solape es de 250 mm, tanto para las armaduras de acabado galvanizado como inoxidable. Es importante evitar que en el solape queden las armaduras montadas unas sobre otras.

Si, por necesidades constructivas, la longitud de solape tuviera que ser menor que la mínima exigida, se puede recurrir al doblado en patilla de los alambres longitudinales de la armadura.

Las armaduras se deben dejar en espera cuando se ejecuta el muro en dos fases, para poder incorporarlas en los tendeles en la segunda fase.

Los solapos de armaduras en hiladas consecutivas se deben alternar de manera que no coincidan en la misma vertical.

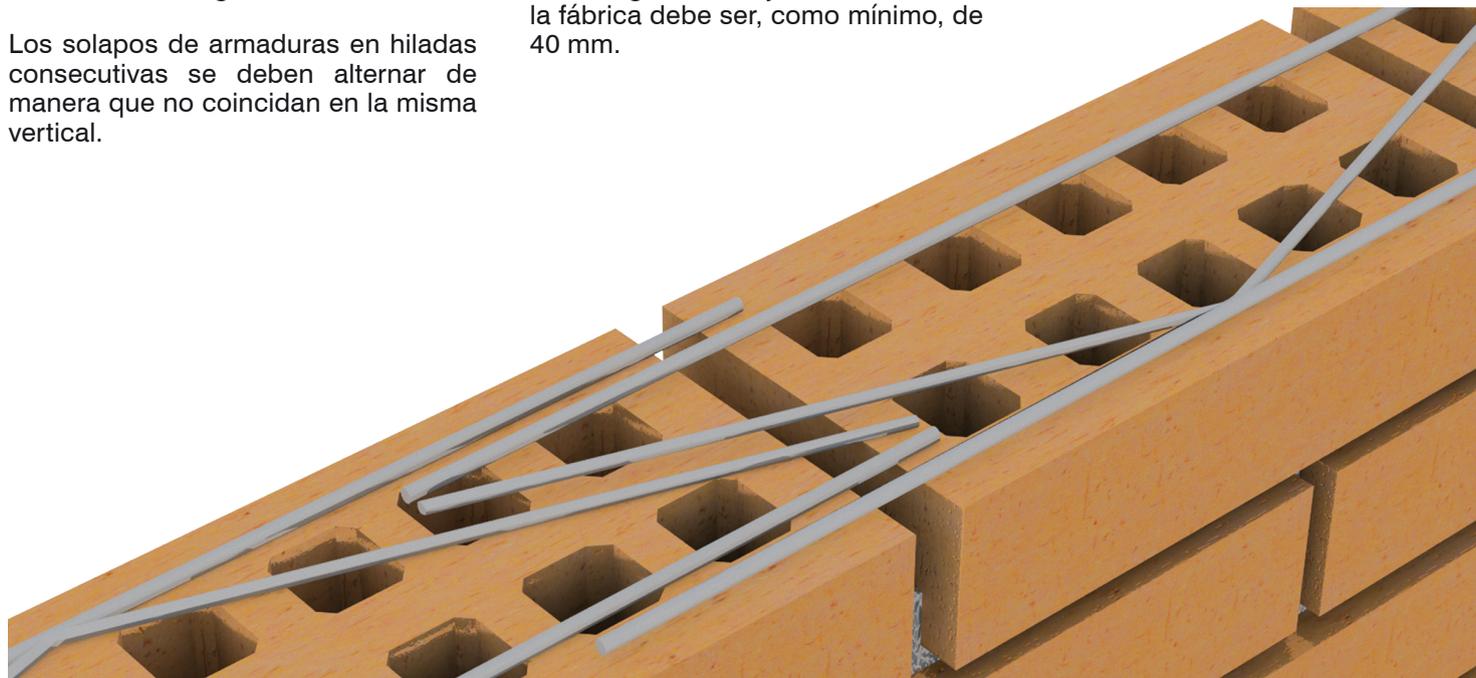
### **7.6.2 Instalación de los anclajes GEOANC®**

Para un correcto funcionamiento de las prestaciones de los anclajes GEOANC®, y un buen rendimiento en obra, se recomienda observar las siguientes normas de instalación.

#### *Instalación de los anclajes GEOANC.P®*

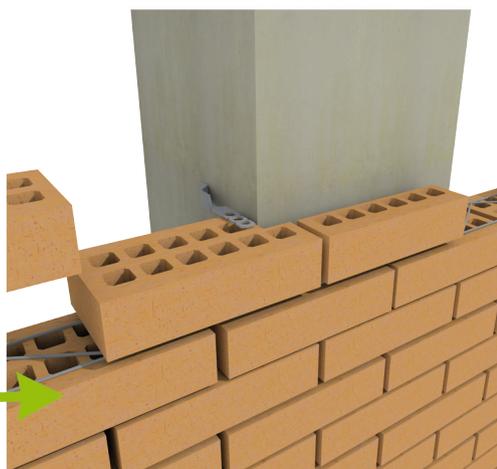
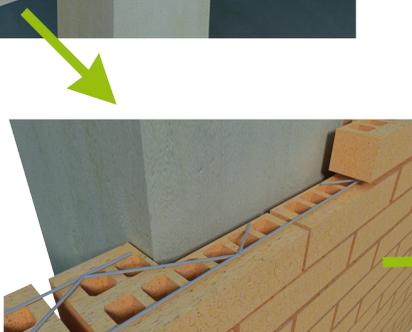
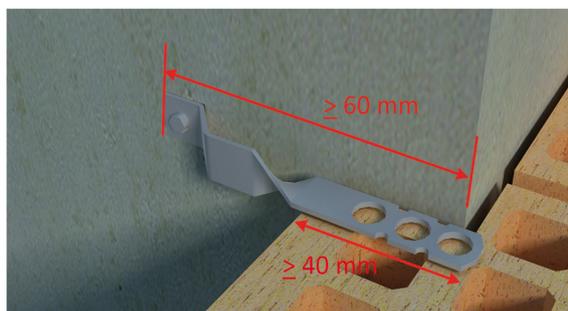
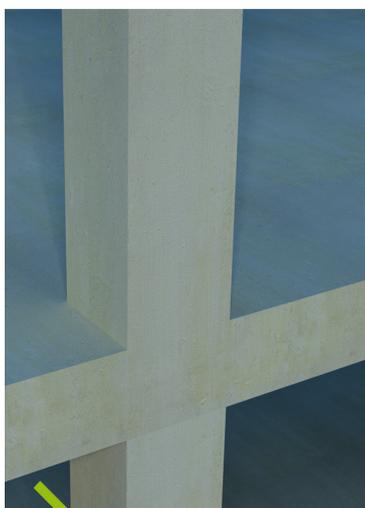
- Se debe preparar el soporte forrándolo con algún producto que evite su contacto con mortero. Para este fin se puede utilizar la lámina ZETAFLOR®.
- El anclaje GEOANC.P® se coloca en los tendeles de la fábrica al mismo tiempo que se levanta ésta. Todo el proceso puede ser realizado por un único operario.
- La entrega del anclaje GEOANC.P® en la fábrica debe ser, como mínimo, de 40 mm.

- Al colocar el anclaje GEOANC.P® en el tendel de la fábrica, se debe tener especial cuidado en dejarlo pegado al soporte, debiendo actuar la lámina ZETAFLOR® como elemento separador entre ambos.
- Inmediatamente después de construir el muro, se fija mecánicamente el anclaje GEOANC.P® al soporte mediante tiros, tacos o soldadura. Estas fijaciones se deben situar a una distancia mínima de 60 mm respecto de los bordes del soporte.



### Instalación de los anclajes GEOANC.CDM®

- Se debe preparar el soporte o el frente de forjado forrándolos con algún producto que evite su contacto con mortero. Para este fin se puede utilizar la lámina ZETAFLOR®.
- El anclaje GEOANC.CDM® se instala con anterioridad al inicio de construcción de la fábrica, fijando la hembra al elemento estructural mediante tacos, tiros o soldadura.
- La garra se deja en espera, introducida en la hembra, para asegurarse de que será colocada por el operario cuando llegue a la hilada correspondiente.
- La configuración simétrica del anclaje obliga a que siempre quede en una correcta posición, para que sea efectiva la posibilidad del movimiento que le caracteriza.
- Al colocar la garra del anclaje GEOANC.CDM® en el tendel de la fábrica, se debe procurar que quede perfectamente recubierta de mortero y se respeten los recubrimientos establecidos.



### 7.6.3 Puesta en obra de las llaves ANCONFIX PPS® para juntas de movimiento

Las juntas de movimiento constituyen un punto delicado en la construcción de fábricas por ser susceptibles a la penetración de humedad. Además pueden presentar al exterior una apariencia antiestética si no se cuida debidamente su ejecución.

Para su correcto funcionamiento, deben observarse las siguientes normas de ejecución:

- Los elementos que constituyen una junta de movimiento son: un relleno interior, un fondo de junta, un material de sellado y llaves de atado ANCONFIX.PPS®.
- Los materiales que se empleen para realizar la junta deben mantener la estanquidad del muro, pese a los movimientos de alargamiento y acortamiento. Además de impermeables, deben ser resistentes a los agentes atmosféricos.
- Si la junta se realiza en un elemento de compartimentación de sectores de incendio diferentes, los materiales empleados en su ejecución deben cumplir las exigencias del DB SI "Seguridad en caso de incendio".
- Los materiales de relleno y sellado deben tener una deformabilidad suficiente. Se recomienda que no sea inferior al 20%.
- Las juntas de movimiento deben tener el ancho necesario para absorber los movimientos esperados en los paños que separa. Si se respetan

las distancias entre juntas verticales recomendadas, es suficiente un ancho de junta comprendido entre 10 y 20 mm, en función de la compresibilidad del material de relleno.

- Antes de introducir el material elástico en la junta y proceder al sellado de la misma, se deben comprobar los siguientes aspectos:
  - La fábrica debe estar seca.
  - La superficie interior de la junta debe estar limpia y libre de mortero.
  - Las juntas de mortero de las hiladas horizontales deben estar perfectamente llenas, para evitar que el material sellante penetre en ellas.
  - El espesor de la junta debe ser constante.
- Ante la complicación que supone introducir el material elástico en las juntas de movimiento, es recomendable proceder de la siguiente manera:
  - Colocar el material elástico, que puede ser poliestireno expandido, de espesor igual al de la junta prevista, en posición vertical y ligeramente retraído de la cara exterior del muro para permitir el sellado posterior.
  - Comenzar a ejecutar la fábrica a ambos lados del material elástico, de modo que éste quede perfectamente introducido en la junta.

- Colocar las llaves de atado ANCONFIX.PPS® que traben ambos paramentos de manera que sólo se permita el movimiento horizontal del muro en su mismo plano. Para ello, se debe disponer la funda de plástico de la llave en el tendel de uno de los paños, debiendo quedar vista en la junta, para asegurar de esta forma la posibilidad de movimiento. La separación entre llaves no debe ser superior a 0,50 m.
- Sellar la junta, una vez concluida la ejecución de la fábrica. Para ello se puede utilizar silicona aplicada con pistola, sobre un cordón colocado por delante del material de relleno. Es recomendable que, antes de la aplicación del sellante, se protejan las piezas con algún tipo de cinta adhesiva, para que no se manchen.
- El acabado del sellado debe ser cóncavo y se debe aplicar a la totalidad de la profundidad especificada, evitando burbujas, y cuidando que quede perfectamente adherido a cada lado de la junta.

#### 7.6.4 Instalación de la lámina de revestimiento ZETAFLLOT®

##### Revestimiento de soportes con lámina ZETAFLLOT®

- La lámina impermeabilizante ZETAFLLOT® se coloca directamente sobre el soporte, que debe estar limpio de restos punzantes y con superficie lisa y seca. Se puede sujetar al mismo con cualquier sistema de fijación mecánica.
- Los rollos se deben solapar 100 mm, quedando unidos por cinta adhesiva.

- La armadura FISUFOR® se debe ca-  
jear para permitir el paso por delante del soporte. La entrega a cada lado del soporte debe ser de 0,75 m como mínimo.

##### Revestimiento de frentes de forjado con lámina ZETAFLLOT®

- La lámina impermeabilizante ZETAFLLOT® se coloca directamente sobre el frente de forjado, que debe estar limpio de restos punzantes y con superficie lisa. Se puede sujetar al mismo con cualquier sistema de fijación mecánica.

- Los rollos se deben solapar 100 mm, quedando unidos por cinta adhesiva.

- Posteriormente se fijan las hembra-  
llas de los anclajes GEOANC.CDM®  
aproximadamente en la línea media del canto del forjado.

- Es recomendable, siempre que el  
ancho de plaquetas lo permita, in-  
corporar una armadura FISUFOR®  
de 30 mm en las hiladas contiguas a  
la hilada con anclajes, para un ade-  
cuado reparto de esfuerzos.

