

# DAU

# 14/092 A

## Documento de adecuación al uso

Denominación comercial:

Sistema  
FCVAE ACE

Tipo genérico y uso:

Sistema de subestructura de acero galvanizado para la fijación de placas de revestimiento en fachadas ventiladas.

Titular del DAU:

**FCV Aislamientos Envolvertes SL**

Esla 27. Polígono Industrial Santa Margarida  
ES-08223 Terrassa (Barcelona)  
Tel. 937 21 35 80  
www.fcvae.es

Planta de producción:

Esla 27. Polígono Industrial Santa Margarida  
ES-08223 Terrassa (Barcelona)

Validez:

Desde: 18.12.2014  
Hasta: 17.12.2019

Edición y fecha:

A 18.12.2014

La validez del DAU 14/092 está sujeta a las condiciones del *Reglamento del DAU*. La edición vigente de este DAU es la que figura en el registro que mantiene el ITeC (accesible en [itec.es](http://itec.es) y a través del siguiente código QR).



Este documento consta de 30 páginas.  
Queda prohibida su reproducción parcial.

El ITeC es un organismo autorizado para la concesión del DAU (BOE 94, 19 de abril de 2002) e inscrito en el Registro General del CTE (Resolución de 3 de septiembre de 2010 – Ministerio de Vivienda).

**ITeC**

## Control de ediciones

<b>Edición</b>	<b>Fecha</b>	<b>Apartados en los que se han producido cambios respecto a la edición anterior</b>
A	18.12.2014	Creación del documento.

# Índice

1.	Descripción del sistema y usos previstos	5
1.1.	Definición del sistema constructivo	5
1.2.	Usos a los que está destinado	5
2.	Componentes de los sistemas	6
2.1.	Perfiles verticales	6
2.2.	Escuadras	6
2.3.	Elementos de fijación	6
3.	Fabricación, control de producción y almacenamiento	10
3.1.	Fabricación	10
3.2.	Control de la producción	10
3.3.	Control de ejecución en obra	10
3.4.	Almacenamiento, transporte y recepción en obra	10
3.4.1.	Almacenamiento	10
3.4.2.	Transporte	10
3.4.3.	Control de recepción en obra	11
4.	Criterios de proyecto	11
4.1.	Criterios de diseño de la fachada	11
4.2.	Seguridad estructural	13
4.3.	Seguridad en caso de incendio	14
4.3.1.	Reacción al fuego	14
4.3.2.	Resistencia al fuego	14
4.4.	Higiene, salud y medioambiente	14
4.5.	Seguridad de utilización	14
4.6.	Protección frente al ruido	15
4.7.	Ahorro de energía y aislamiento térmico	15
4.8.	Durabilidad	15
5.	Detalles constructivos	16
6.	Criterios de puesta en obra	19
6.1.	Criterios generales de puesta en obra	19
6.1.1.	Montadores y equipos de montaje	19
6.1.2.	Manipulación en obra. Condiciones de seguridad	19
6.2.	Verificaciones previas a la puesta en obra	19
6.3.	Replanteo	19
6.4.	Montaje de las escuadras	20
6.5.	Montaje de los perfiles verticales	20
6.6.	Ejecución de los puntos singulares	20
7.	Otros criterios	21
7.1.	Criterios de mantenimiento de los sistemas	21
7.2.	Medidas para la protección del medio ambiente	21
7.2.1.	Tratamiento de residuos	21
7.3.	Condiciones exigibles a las empresas instaladoras de los sistemas	22
8.	Referencias de utilización y visitas de obras	22
8.1.	Referencias de utilización	22
8.2.	Visitas de obra	23
9.	Evaluación de ensayos y cálculos	23
9.1.	Ensayo de resistencia al viento	23
9.2.	Ensayo de resistencia al arrancamiento del tornillo sobre el perfil vertical (pull-out)	23
9.3.	Ensayo de resistencia de las escuadras	24
9.3.1.	Ensayo de las escuadras frente a fuerza vertical	24
9.3.2.	Ensayo de las escuadras frente a fuerza horizontal	24
9.4.	Ensayo de resistencia a cortante de los tornillos perfil-escuadra	24
9.5.	Cálculos	24

10.	Comisión de Expertos	27
11.	Documentos de referencia	27
12.	Evaluación de la adecuación al uso	28
13.	Seguimiento del DAU	29
14.	Condiciones de uso del DAU	29
15.	Lista de modificaciones de la presente edición	30

# 1. Descripción del sistema y usos previstos

## 1.1. Definición del sistema constructivo

El sistema FCVAE ACE es un sistema de subestructura<sup>1</sup> para la fijación de placas de revestimiento en fachadas ventiladas<sup>2</sup>. El sistema está formado por los siguientes componentes:

- Subestructura fijada al soporte<sup>3</sup>:
  - Perfiles verticales de acero galvanizado.
  - Escuadras de acero galvanizado.
  - Tornillos autotaladrantes de acero cincado.

En función del modo de fijación del revestimiento se consideran los siguientes sistemas de subestructura:

- Subestructura simple (véase la figura 1.1): la fijación de las placas de revestimiento se realiza directamente sobre los perfiles verticales mediante fijaciones mecánicas vistas (tornillos o remaches)<sup>4</sup>.

Para más información sobre los componentes del sistema véase el capítulo 2.

En el presente DAU no se evalúan los siguientes componentes de un sistema de hoja exterior<sup>5</sup> de fachada ventilada:

- las placas de revestimiento,
- los tornillos o remaches vistos<sup>4</sup> de fijación de las placas de revestimiento,
- los anclajes de fijación de las escuadras de la subestructura al soporte.

En todos los casos las especificaciones que deben cumplir estos componentes quedan indicadas en el capítulo 4 con el objetivo de que puedan ser elegidos convenientemente en cada proyecto.

<sup>1</sup> Montaje intermedio situado entre el revestimiento y la estructura soporte.

<sup>2</sup> Tal como se define en los documentos de referencia a nivel europeo sobre fachadas ventiladas, se considera que la fachada es ventilada cuando la cámara de aire tiene un espesor mínimo de 20 mm y las aberturas mínimas de ventilación son de 50 cm<sup>2</sup> por metro lineal en el arranque y coronación de la fachada.

<sup>3</sup> Elemento constructivo resistente sustentante del sistema que transmite los esfuerzos de éste a la estructura del edificio, o que forma parte de ella.

<sup>4</sup> Otras tipologías de fijaciones podrían ser utilizadas en el sistema pero no han sido consideradas en el presente documento.

<sup>5</sup> Un cerramiento de fachada ventilada está compuesto principalmente por la hoja exterior de la fachada (que incorpora el revestimiento exterior), la cámara de aire ventilada y la hoja interior de la fachada (que puede estar formada por uno o varios componentes).

## 1.2. Usos a los que está destinado

El sistema FCVAE ACE se usa como sistema de fijación de placas de revestimiento para formar la hoja exterior de fachadas ventiladas, para obras nuevas y de rehabilitación con fachadas de geometría plana.

Los soportes sobre los que se puede fijar el sistema FCVAE ACE son: muros de obra de fábrica (arcilla cocida u hormigón), estructuras de hormigón (muros, forjados, pilares, etc.) y estructuras metálicas (vigas, pilares y entramados de muros).

En todos los casos estos soportes deben tener la resistencia y estabilidad adecuada para soportar los esfuerzos transmitidos por el sistema.

Los anclajes de la subestructura del sistema al sustrato soporte deberán elegirse en función de la naturaleza de éste y de los esfuerzos a los que van a ser sometidos (véase la tabla 2.5).

Para más información sobre las características prestacionales del sistema, así como sobre los criterios de proyecto y ejecución véanse los capítulos 4 a 6.

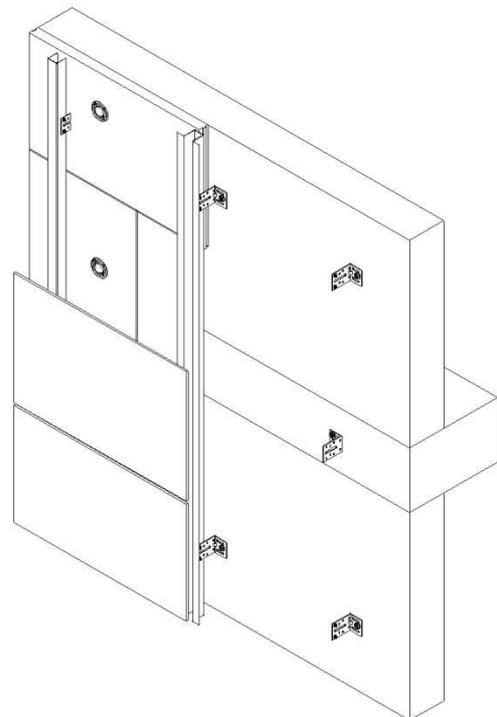


Figura 1.1: Sistema FCVAE ACE-S simple.

## 2. Componentes de los sistemas

El sistema FCVAE ACE está formado por los siguientes componentes:

- Perfiles verticales.
- Escuadras.
- Tornillos autotaladrantes (escuadra-perfil).

A continuación se detallan las características de cada uno de estos componentes.

### 2.1. Perfiles verticales

Los perfiles verticales del sistema FCVAE ACE son perfiles normalizados de sección  $\Omega$ , U o L (véanse las figuras 2.1).

Los perfiles son de acero galvanizado, cuyas características se indican en la tabla 2.1. Otras características de los perfiles se indican en la tabla 2.2, mientras que la geometría y dimensiones se muestran en las figuras 2.1.

### 2.2. Escuadras

El sistema FCVAE ACE incluye un solo tipo de escuadra para la fijación de los perfiles verticales al soporte.

Estas escuadras no disponen de agujeros colisos en su ala por lo que en todos los casos la fijación de los

perfiles se realiza a través de los agujeros simples. Los puntos de carga se deberán ejecutar con dos escuadras fijadas mediante dos anclajes al soporte y los puntos de apoyo con una sola escuadra fijada con un solo anclaje al soporte.

Las escuadras son de acero galvanizado, cuyas características se indican en la tabla 2.1. Otras características de las escuadras se indican en la tabla 2.3, mientras que la forma y dimensiones se muestran en la figura 2.2.

### 2.3. Elementos de fijación

Todos los componentes del sistema FCVAE ACE se fijan entre sí mediante los tornillos autotaladrantes definidos en la tabla 2.4.

Los anclajes para la fijación de las escuadras al sustrato soporte deben elegirse específicamente para cada proyecto en función del material del sustrato, el tipo de anclaje y del valor de las acciones que actúen en cada caso sobre ellos (véase el apartado 4.2).

Se recomienda que los anclajes cumplan con las especificaciones mínimas indicadas en la tabla 2.5.

Las fijaciones vistas de las placas de revestimiento dependerán del tipo y material de las placas de revestimiento, en el apartado 4.1 se indican criterios sobre ellas.

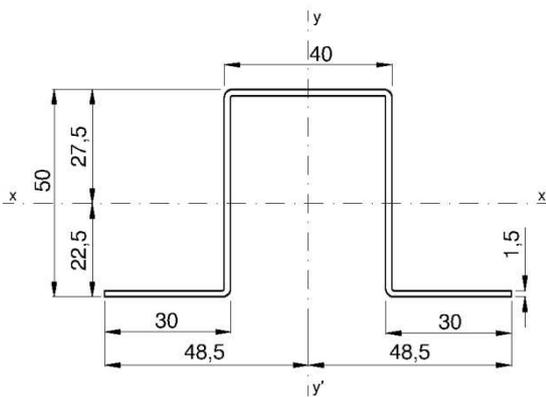
Material de los perfiles verticales y escuadras		
Característica	Referencia	Valor declarado
Tipo de material		Acero bajo en carbono para conformado en frío DX51D (1.0226)
Protección contra corrosión	UNE EN 10346	Recubierto en continuo por inmersión en caliente. Mínimo Z275
Límite elástico (MPa)		≥ 140
Límite de rotura (MPa)		entre 270 y 500
Alargamiento <sub>0.2</sub> (%)		≥ 22
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	DB-SE-A del CTE	7850
Módulo de elasticidad longitudinal (MPa)		210000
Módulo de elasticidad transversal (MPa)		81000
Coefficiente de Poisson	UNE EN 1993-1-1	0,30
Coefficiente de dilatación térmica (μm/m.°C) (para T ≤ 100 °C)		12,0

**Tabla 2.1:** Características del acero galvanizado de los perfiles verticales y escuadras.

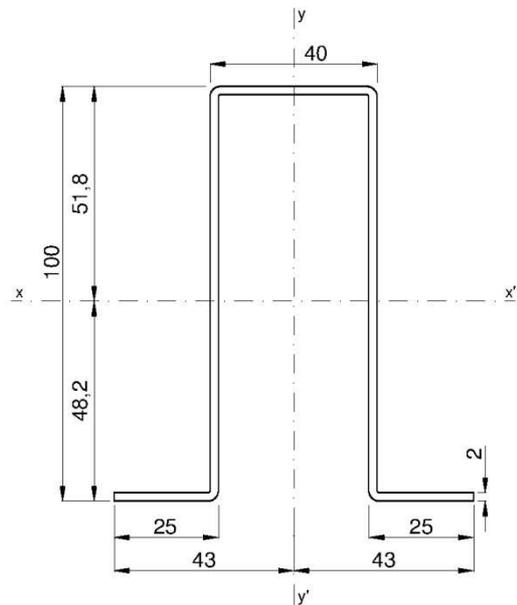
**Perfiles verticales**

Característica	Valor declarado			
	$\Omega 30 \times 50 \times 40 \times 1,5$	$\Omega 25 \times 100 \times 40 \times 1,5$	$U 40 \times 40 \times 1,5$	$L 50 \times 40 \times 1,5$
Dimensiones	Figura 2.1a	Figura 2.1b	Figura 2.1c	Figura 2.1d
Masa (kg/m)	2,25	4,38	1,35	1,03
Área (mm <sup>2</sup> )	287	558	173	131
Longitud estándar (m)	6,0	6,0	6,0	6,0
Momento de inercia $I_{xx}$ (mm <sup>4</sup> )	110400	712800	29700	34600
Momento de inercia $I_{yy}$ (mm <sup>4</sup> )	166800	245800	50200	20100
Módulo resistente $W_{xx}$ (mm <sup>3</sup> )	4010	13770	1140	975
Módulo resistente $W_{yy}$ (mm <sup>3</sup> )	3440	5715	2510	655

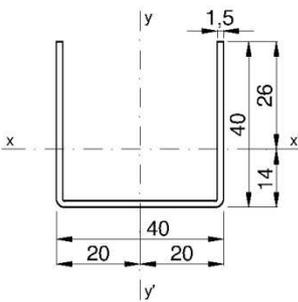
**Tabla 2.2:** Otras características de los perfiles verticales.



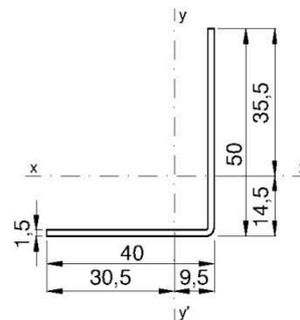
**Figura 2.1a:** Perfil vertical  $\Omega 30 \times 50 \times 40 \times 1,5$ .



**Figura 2.1b:** Perfil vertical  $\Omega 25 \times 100 \times 40 \times 2$ .



**Figura 2.1c:** Perfil vertical  $U 40 \times 40 \times 1,5$ .

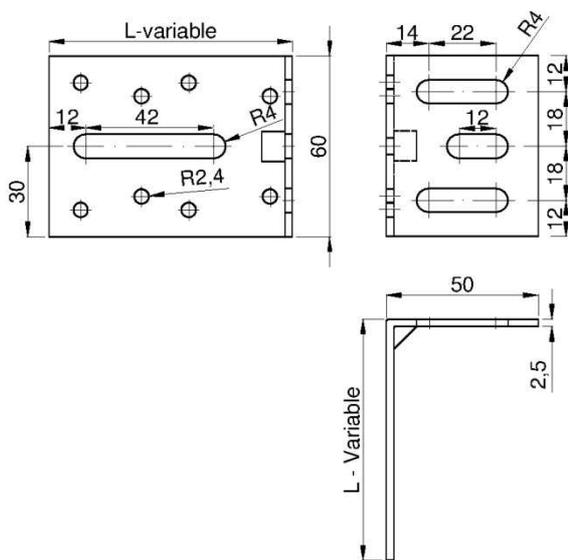


**Figura 2.1d:** Perfil vertical  $L 50 \times 40 \times 1,5$

**Escuadras**

Característica	Valor declarado
	<b>Escuadra 60</b>
Uso	2 escuadras para punto de carga del perfil vertical 1 escuadra para punto de apoyo del perfil vertical
Geometría	Figura 2.2
Dimensiones nominales (mm) [H x B x L x e]	60 x 50 x L x 2,5 L es variable entre 60 y 200 mm
H = altura	
B = ancho de la base	
L = longitud del ala	
e = espesor del ala	
Masa por unidad (kg)	
L = 60	0,13
L = 80	0,16
L = 100	0,18
L = 120	0,20
L = 140	0,23
L = 160	0,25
L = 180	0,27
L = 200	0,30

**Tabla 2.3:** Características de las escuadras.



**Figura 2.2:** Escuadra de acero.

Características	Referencia	Valor declarado	
Uso	---	Unión Perfil-Escuadra	Unión Perfil-Perfil
Tipo	---	Tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal de arandela con rosca autorroscante	Tornillo autotaladrante de cabeza plana con rosca autorroscante
Dimensiones: (Rosca x Longitud mínima)	UNE EN ISO 15480	ST5,5x22	ST4,2x25
Material	UNE EN ISO 10666	Acero cementado	
Calidad		4.6	
Límite elástico $R_{p, 0,2}$ (MPa)	UNE EN ISO 898-1	240	
Límite rotura $R_m$ (MPa)		400	
Alargamiento A (%)		22	
Características del taladro	UNE EN ISO 10666	De acuerdo con la norma de referencia	
Características de la rosca		De acuerdo con la norma de referencia	
Recubrimiento zinc	UNE EN ISO 4042	3 $\mu$ m	
Resistencia al arrancamiento (kN)	Apdo. 9.2	---	$\geq 1,4$
Resistencia al cortante (kN)	Apdo. 9.4	$\geq 2,0$	

**Tabla 2.4:** Características de los elementos de fijación.

#### Anclajes escuadras – soporte

Característica	Especificación mínima	
Diámetro mínimo	Fijación	$\geq \varnothing 10$ mm
	Arandela	$\geq \varnothing 20$ mm
Material	Acero cincado o Acero inoxidable (A2 o A4)	
Resistencia al arrancamiento (*)	$\geq 2,5$ kN o superior a la fuerza horizontal en la escuadra debida a la succión del viento.	
Resistencia al cortante	$\geq 2,8$ kN o superior a la fuerza vertical en la escuadra debida al peso propio del sistema.	
Marcado CE	Cuando sea posible se recomienda que los anclajes dispongan del marcado CE. Por ejemplo: - Anclajes metálicos para uso en hormigón, según ETAG 001, partes 1 y 6. - Anclajes plásticos según ETAG 020, partes 1 y 5. - Anclajes metálicos por inyección para fábrica de albañilería según ETAG 029.	
Servicio	En la elección de los anclajes se recomienda considerar las condiciones de servicio a las que estarán sometidos (dirección de las acciones, tipo de hormigón, tipo de obra de fábrica, distancias mínimas al borde, etc.).	

(\*) A garantizar sobre los materiales del sustrato.

**Tabla 2.5:** Especificaciones generales de los anclajes entre escuadras y soporte.

### 3. Fabricación, control de producción y almacenamiento

#### 3.1. Fabricación

Los distintos componentes del sistema FCVAE ACE son distribuidos por FCV Aislamientos Envoltentes SL y fabricados por empresas proveedoras evaluadas bajo las especificaciones de FCV Aislamientos Envoltentes SL.

Los perfiles de acero galvanizado se fabrican mediante conformado en frío.

Las escuadras de acero galvanizado se fabrican mediante conformado en frío y posterior mecanizado de los huecos.

Los tornillos son fabricados a partir de barras por estampación y posterior mecanizado de la rosca.

Los componentes del sistema FCVAE ACE se presentan tal y como se indica en la tabla 3.1.

#### 3.2. Control de la producción

FCV Aislamientos Envoltentes SL garantiza que todos los componentes del sistema son conformes con las especificaciones indicadas en el capítulo 2 mediante la aplicación del Plan de Control acordado con el ITeC.

Este Plan de Control define los controles a realizar teniendo en cuenta las particularidades de compras y suministro de cada uno de los componentes.

El sistema de control de los componentes de los sistemas ha sido objeto auditado por parte del ITeC.

En el *Dossier Técnico* del presente DAU queda recogida toda la información relativa al Plan de Control.

#### 3.3. Control de ejecución en obra

Durante la ejecución del sistema FCVAE ACE, el técnico responsable de la obra deberá llevar a cabo un control que garantice que la ejecución del sistema se realiza conforme a la solución adoptada en el proyecto y considerando los criterios indicados en los capítulos 4 a 6 (véase también el apartado 3.4.3).

#### 3.4. Almacenamiento, transporte y recepción en obra

##### 3.4.1. Almacenamiento

Los componentes del sistema FCVAE ACE (perfiles verticales, escuadras y elementos de fijación) son almacenados por FCV Aislamientos Envoltentes SL hasta su transporte a la obra.

Tanto en el almacén como en la obra debe controlarse las condiciones de este almacenamiento de modo que no sufran desperfectos o malos usos antes de su puesta en obra.

Para el correcto almacenamiento, manipulación y traslado de los distintos componentes del sistema FCVAE ACE se deberá seguir la normativa vigente en cuanto a prevención de riesgos laborales.

##### 3.4.2. Transporte

El transporte de los componentes del sistema FCVAE ACE puede ser realizado por cualquier medio convencional siempre que se tenga en cuenta que estos componentes no deben sufrir deterioro o desperfectos en ninguna de las fases de este proceso: carga, transporte y descarga.

Componente	Tipo de paquete	Cantidad por paquete	Información del etiquetado
Perfil vertical	Ω30x50x40x1,5	50 unidades	Nombre del proveedor / Fecha / Referencia / Tipo de producto / Medidas nominales / Cantidad
	Ω25x100x40x2,0		
	U40x40x1,5	100 unidades	
	L50x40 x 1,5		
Escuadras acero	Caja	200 si L ≤ 80 mm 100 si L > 80 mm	Nombre del proveedor / Fecha / Referencia / Tipo de producto / Medidas nominales / Cantidad
Fijaciones	ST 5,5 x 22	250 unidades	Nombre del proveedor / Fecha / Referencia / Tipo de producto / Medidas nominales / Cantidad
	ST 4,2 x 25		

Tabla 3.1: Presentación de los componentes del sistema FCVAE ACE.

### 3.4.3. Control de recepción en obra

En la recepción en obra se deberá controlar, al menos mediante una inspección visual, el estado del material suministrado. En particular se debe considerar:

- No se admitirán defectos superficiales, deformaciones, alabeos o puntos de corrosión.
- Se deberá presentar documentación del fabricante o suministrador conforme a que el producto suministrado es el especificado.
- Debe comprobarse que los anclajes de fijación cumplen con las especificaciones mínimas indicadas en la tabla 2.5.
- Debe comprobarse que las placas para revestimiento disponen del correspondiente marcado CE como componente individual según la norma armonizada que le sea de aplicación (p.ej. UNE EN 1469 para piedra natural o UNE EN 14411 para baldosas cerámicas).
- Asimismo, debe comprobarse que las placas de revestimiento cumplen con las exigencias que les sean de aplicación, tanto de forma individual como en combinación con el sistema FCVAE ACE. Debe considerarse que dichas características exigibles pueden no estar recogidas en el correspondiente marcado CE, p.ej. la resistencia de la ranura de las placas, resistencia de la unión placa-tornillo/remache de fijación visto, la resistencia frente al impacto, la compatibilidad de materiales en contacto, etc.

## 4. Criterios de proyecto

El cerramiento completo de fachada ventilada que incluya el sistema FCVAE ACE como subestructura para la fijación de placas de revestimiento exterior deberá cumplir con las exigencias básicas de: seguridad estructural, seguridad de uso, salubridad, protección frente al ruido y ahorro de energía definidas por el Código Técnico de la Edificación (CTE), así como otras exigencias relacionadas con la durabilidad de los materiales.

En el presente capítulo se indican los criterios que deberán ser considerados para el correcto diseño del sistema de subestructura objeto del DAU, así como los criterios y especificaciones generales aplicables a los revestimientos y otros componentes que formarían parte de la hoja exterior de fachada ventilada.

A partir de estos criterios y especificaciones generales, el técnico responsable del proyecto tendrá la información necesaria para la correcta selección y justificación del sistema constructivo de hoja exterior de fachada ventilada ejecutado con el sistema FCVAE ACE.

### 4.1. Criterios de diseño de la fachada

Para el correcto diseño del sistema FCVAE ACE se deberá considerar lo siguiente:

- El sistema se debe modular de modo que se racionalice el uso de material evitando desperdicios de material y cortes innecesarios de los perfiles y de las placas de revestimiento. Para ello se deberá tener en cuenta la distancia entre perfiles verticales así como las dimensiones de las placas.
- La distancia máxima entre perfiles verticales será la que se obtenga según los cálculos (según las comprobaciones realizadas en el apartado 9.5, el sistema puede quedar limitado por la acción de peso debido a la resistencia de las escuadras). En cualquier caso, esta distancia no debe ser superior a 1,2 m.
- Las placas de revestimiento que pueden ser utilizadas con el sistema FCVAE ACE deben cumplir con las especificaciones indicadas en la tabla 4.1. Deberá comprobarse que las placas de revestimiento que se elijan cumplan con la resistencia a flexión y hayan sido evaluadas según su modo de fijación.
- Los tornillos o remaches de fijación de las placas a los perfiles verticales deben cumplir con las especificaciones indicadas en la tabla 4.2.
- A efectos de predimensionado, el espesor de las juntas horizontales y las juntas verticales entre

placas de revestimiento debe estar en el rango entre 3 y 10 mm.

- El espesor global del sistema puede variar entre 50 y 210 mm (véase la figura 4.1), el espesor total de la hoja exterior variará en función del espesor de la placa de revestimiento exterior que se considere (véase la tabla 4.1).
- El desplome máximo total del sustrato soporte que admite el sistema es 140 mm.
- Cada perfil vertical debe tener un punto de anclaje de carga y varios puntos de apoyo. Los puntos de carga deberán ejecutarse con dos escuadras con dos anclajes cada una para su fijación al soporte. Los puntos de apoyo deberán ejecutarse con una sola escuadra y un solo anclaje para su fijación al soporte.
- Se recomienda que los puntos de carga de los distintos perfiles de un paño de fachada se coloquen sobre el frente del forjado de la estructura del edificio y alineados horizontalmente en una misma fila y altura.
- Los puntos de apoyo del perfil vertical deben estar a la distancia que resulte de los cálculos (la máxima distancia admitida es 1,2 m) y pueden fijarse sobre cualquier tipo de sustrato, incluyendo si es necesario el frente de forjado.

- Se debe prever interrumpir los paños de fachada allí donde existan juntas de dilatación estructurales o de juntas movimiento.
- La separación entre dos perfiles verticales contiguos no debe ser inferior a 15 mm.
- Las juntas verticales se harán coincidir, al menos, con las juntas de movimiento de la estructura del edificio y del muro soporte del sistema.
- No se debería fijar una misma placa de revestimiento sobre perfiles verticales que hayan sido interrumpidos verticalmente.
- Debe considerarse que la longitud máxima en voladizo de los perfiles es 200 mm.
- Se recomienda modular la fachada planificando los cortes necesarios de las placas de revestimiento en las esquinas, para así poder absorber posibles discrepancias entre las medidas teóricas de la obra y las reales.
- La disposición de las escuadras sobre el soporte se realizará mediante el apoyo de la base, mientras que en el ala de las escuadras se fijarán los perfiles verticales.

En el capítulo 5 se aportan los principales detalles constructivos del sistema.

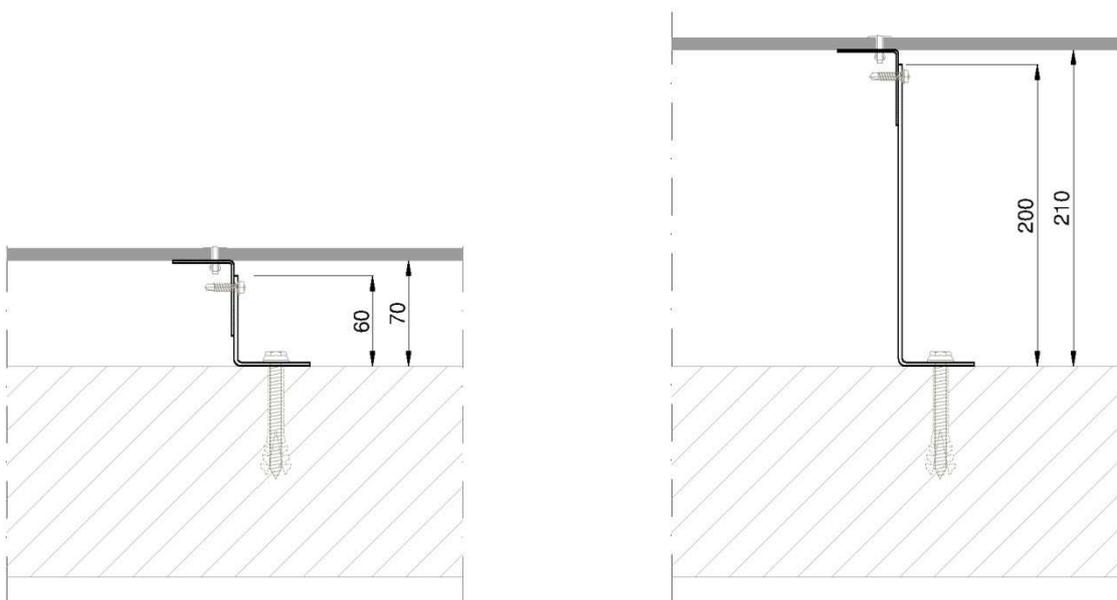


Figura 4.1: Esquema de regulación de la cámara de aire para el sistema simple FCVAE-ALU-S.

Placas de revestimiento		
Característica	Valor exigible	
Espesor, $t_{rev}$ (mm)	$t_{rev} \leq 10$ (i)	
Planicidad de la superficie (mm)	$\leq 0,2\%$ de la longitud	
Masa por unidad de superficie (kg/m <sup>2</sup> )	$\leq 120$ (ii) (iii)	
Resistencia mínima a flexión (MPa)	$\geq 15$ o en función de la superficie de la placa y de la acción del viento ( $q_e$ )	
Distancia de la fijación puntual al borde (mm)	$\geq 10$	
Resistencia al atravesamiento de la fijación (pull-through) (N) (iv)	Centro	$\geq 2000$
	Borde	$\geq 800$
	Esquina	$\geq 500$
Resistencia al cortante placa-fijación (N)	$\geq 750$	

(i) Valor límite superior teniendo en cuenta fijaciones puntuales vistas. Espesores superiores podrían ser considerados para otros modos de fijación que abarquen sólo parte del espesor total de la placa (p.ej. fijaciones ocultas).

(ii) Valor sobre el que se deberá aplicar el coeficiente de mayoración de peso propio, p.ej.  $\gamma_Q = 1,35$ .

(iii) Véase también la tabla 9.4.

(iv) Para 100 mm de longitud de la ranura y obtenida a partir del método indicado en la ETAG 034-1.

**Tabla 4.1:** Características mínimas de las placas de revestimiento.

Fijación revestimiento - perfil vertical			
Características		Valor exigible	
	Tipo	Tornillo autotaladrante y autorroscante (EN ISO 10666) (**)	Remache ciego (EN ISO 14588)
Geométricas	Diámetro mínimo (mm)	Rosca: $\geq 4,8$ Arandela: $\geq 14$	Cuerpo: $\geq 5,0$ Cabeza: $\geq 16$ o $3,3x\varnothing$ rosca
	Longitud mínima (mm)	$\geq 10 + (t_{rev} + t_{perfil\ vertical})$	Cuerpo: $\geq 16$
	Capacidad mínima de unión (mm)	---	$\geq t_{rev} + t_{perfil\ vertical}$
Material	Tipo (*)	Acero galvanizado o inoxidable	Cabeza y cuerpo de acero inoxidable
Mecánicas	Resistencia mínima a cortante (N)	Véase la tabla 4.1	
	Resistencia mínima de arrancamiento (N)		

(\*) El material de la fijación deberá ser compatible con el material de perfiles verticales.

(\*\*) Tornillos autotaladrantes con capacidad para perforar el espesor del panel más el espesor del perfil vertical, a menos que se realice un pretaladro con diámetro inferior al diámetro del tornillo.

**Tabla 4.2:** Especificaciones mínimas de las fijaciones para las placas de revestimiento sobre los perfiles verticales.

## 4.2. Seguridad estructural

El sistema FCVAE ACE no contribuye a la resistencia y estabilidad de la estructura de la edificación. Sin embargo, debe justificarse mediante cálculo que la solución adoptada para el sistema resiste las acciones previstas en su función de subestructura para la fijación del revestimiento en la hoja exterior de fachada ventilada.

En el caso de que el proyectista lo requiera, el departamento técnico de FCV Aislamientos Envoltentes SL puede facilitar asesoramiento específico para el proyecto.

La estructura soporte deberá tener la resistencia y estabilidad adecuada para soportar las acciones transmitidas por el sistema.

El sistema deberá diseñarse para ser compatible con los movimientos del sustrato al que está sujeto. Para ello se deberán tener en cuenta las limitaciones impuestas por el CTE a la estructura soporte o sustrato (p.ej. la limitación de flecha de los forjados).

Las acciones a las cuales va a estar sometida la fachada y la estructura deberán definirse en función de la geometría general del edificio y su situación topográfica teniendo en cuenta el DB-SE del CTE.

Para el cálculo de las acciones de viento, se deberá considerar que los extremos de las fachadas o esquinas salientes expuestas son las zonas más solicitadas por el viento y en ellas se producen esfuerzos del orden del doble que en el centro del paño.

Para el cálculo de la acción de peso propio, se debe considerar que el peso máximo del sistema dependerá de la modulación y del espesor y del tipo y material de la placa empleada en el revestimiento.

Para zonas donde existan requisitos sísmicos se deberá tener en cuenta la capacidad resistente del elemento soporte en función de las exigencias básicas del CTE respecto a la seguridad estructural así como las exigencias de la norma básica NCSE-02.

De la subestructura del sistema debe determinarse la modulación adecuada de los perfiles verticales ( $\leq 1200$  mm), el tipo y número de escuadras y la distancia máxima entre ellas.

Como referencia en los cálculos se pueden considerar: un coeficiente mínimo de mayoración de acciones de viento,  $\gamma_Q = 1,50$ , un coeficiente mínimo de mayoración de acciones de peso,  $\gamma_Q = 1,35$ , un coeficiente mínimo de minoración de resistencia del material,  $\gamma_m = 1,10$  y un coeficiente mínimo de seguridad de la resistencia al arrancamiento del anclaje sobre el sustrato, variable en función de la resistencia y material del sustrato, pudiéndose tomar por defecto un coeficiente,  $\gamma_{anc} = 3,00$  cuando no se disponga de evidencias relativas a la resistencia del sustrato. En caso de zonas sísmicas, las acciones debidas al sismo se ponderarán con un coeficiente mínimo,  $\gamma_s = 1,30$  y se tendrán en cuenta simultáneamente todas las acciones.

Para la evaluación de la resistencia y estabilidad del sistema FCVAE ACE frente al viento se han considerado las acciones especificadas en el punto 3.3 del DB SE AE del CTE. En cualquier caso, para las distintas situaciones se deberán realizar estudios específicos.

La resistencia al viento y frente al peso propio del sistema puede calcularse teniendo en cuenta:

- La tensión máxima de los perfiles verticales (véase el límite elástico del material en la tabla 2.1).
- La flecha máxima admisible en los perfiles verticales  $L/300$ .
- La resistencia de las escuadras (véase el apartado 9.3).
- La tensión máxima de diseño frente a acciones de viento debería ser inferior o igual a 3000 Pa, valor máximo de resistencia obtenido en el ensayo (véase el apartado 9.1).

El tipo de anclaje entre las escuadras de la subestructura y el soporte debe elegirse individualmente en cada proyecto en función del tipo de soporte y del valor de las acciones que intervienen, garantizando la resistencia, estabilidad y durabilidad del sistema FCVAE ACE (véase la tabla 2.5).

## 4.3. Seguridad en caso de incendio

### 4.3.1. Reacción al fuego

Los componentes del sistema FCVAE ACE son metálicos de acero galvanizado, en consecuencia tienen una clasificación de reacción al fuego A1 sin necesidad de ser ensayados tal como se establece en el cuadro 1.2-1 del Real Decreto 842/2013, la Decisión 96/603/CE y sus modificaciones. Por tanto cumplen con la exigencia B-s3,d2 indicada en la sección SI2 del DB SI del CTE.

Las placas de revestimiento y el aislamiento térmico que puede estar incorporado en la cámara de aire de la fachada ventilada deberán ser elegidos de modo que cumplan con las exigencias indicadas en la sección del DB SI del CTE indicada anteriormente.

Adicionalmente, el proyectista deberá analizar si es necesaria la incorporación de barreras cortafuego horizontales en la cámara ventilada para impedir que, por el efecto chimenea, un eventual incendio se propague por la cámara.

### 4.3.2. Resistencia al fuego

La característica de resistencia al fuego es una característica aplicable al conjunto de componentes que forman el cerramiento de fachada y no exclusivamente al sistema FCVAE ACE.

En todos los casos, la composición y diseño del conjunto del sistema constructivo ubicado tras la cámara ventilada (hoja interior), deberá garantizar la limitación de resistencia al fuego según se establece en la sección SI2 del DB SI del CTE.

## 4.4. Higiene, salud y medioambiente

Este requisito es aplicable al conjunto de componentes que forman el cerramiento de fachada y no exclusivamente al sistema FCVAE ACE.

En todos los casos, la composición y diseño del conjunto del sistema constructivo ubicado tras la cámara ventilada (hoja interior), deberá garantizar las exigencias respecto al grado de impermeabilidad, limitación de condensaciones y permeabilidad al aire, según se establecen en la sección HS1 y la sección HE1 del DB HS del CTE.

## 4.5. Seguridad de utilización

Debido a que el sistema FCVAE ACE está formado por componentes metálicos, se deberá analizar si el sistema debe estar conectado a tierra para mantener la equipotencialidad.

En cuanto a la característica de resistencia al impacto exterior, ésta depende en gran medida del tipo y material de revestimiento exterior que vaya a ser utilizado en la fachada.

Los revestimientos exteriores de fachada deben ser evaluados en relación a la resistencia al impacto en las condiciones finales de uso y de fijación. Para realizar dicha evaluación se pueden considerar los documentos de referencia a nivel europeo en donde se establecen distintas categorías en función del comportamiento de los revestimientos a impactos de cuerpo duro y blando.

#### 4.6. Protección frente al ruido

Este requisito es aplicable al conjunto de componentes que forman el cerramiento de fachada y no exclusivamente al sistema FCVAE ACE.

En todos los casos, la composición y diseño del conjunto del sistema constructivo ubicado tras la cámara ventilada (hoja interior), deberá garantizar la exigencia respecto al aislamiento a ruido según se establece en el DB HR del CTE.

#### 4.7. Ahorro de energía y aislamiento térmico

Este requisito es aplicable al conjunto de componentes que forman el cerramiento de fachada y no exclusivamente al sistema FCVAE ACE.

En todos los casos, la composición y diseño del conjunto del sistema constructivo ubicado tras la cámara ventilada (hoja interior), deberá garantizar la exigencia respecto al aislamiento térmico según se establece en el DB HE del CTE.

#### 4.8. Durabilidad

La durabilidad del sistema FCVAE ACE se asegura con buenas medidas de diseño del proyecto (véase el apartado 4.1), prestando atención a la resolución de los puntos singulares (véase el capítulo 5), con una correcta ejecución (véase el capítulo 6) y unas adecuadas prescripciones de mantenimiento.

El proyectista debe tener en cuenta el grado de corrosividad asociado al ambiente específico en que se sitúe el proyecto, contemplando factores como la presencia elevada de salinidad o elementos contaminantes y el *tiempo de humedad*<sup>6</sup>, según se establece en la norma ISO 9223.

Los materiales metálicos del sistema FCVAE ACE deberán adecuarse a las condiciones de exposición específicas de cada obra.

Los perfiles verticales y escuadras son de acero galvanizado por inmersión en caliente y los elementos de fijación entre ellos son de acero cincado, materiales de resistencia media frente a la corrosión en contacto con el ambiente exterior.

<sup>6</sup> Tal como se indica en la norma ISO 9223, el tiempo de humedad (*time of wetness*) es el periodo (horas/año) durante el cual una superficie metálica es recubierta por una película líquida y/o de adsorción de un electrolito capaz de causar corrosión atmosférica.

En cuanto a la corrosión específica de los componentes metálicos del sistema FCVAE ACE, se pueden considerar los siguientes aspectos:

- Los perfiles verticales y las escuadras son de acero galvanizado con recubrimiento mínimo +Z275 (recubrimiento de 19 µm de espesor por cara) por lo que presentan una resistencia media a la corrosión, por tanto pueden someterse a una categoría de corrosividad media<sup>7</sup> (C3).
- La tornillería del sistema es de acero cincado con recubrimiento electrolítico de 3 µm, en consecuencia presenta una resistencia media frente a la corrosión.

Adicionalmente, en el caso de duda o falta de especificaciones, se puede considerar una protección adicional de los componentes mediante pintura (véase la norma UNE EN ISO 12944), especialmente en las uniones atornilladas y en las secciones de los perfiles que puedan haber perdido el galvanizado de recubrimiento tras ser cortados durante el montaje.

Por otra parte, el proyectista debe tener en cuenta las posibles incompatibilidades electroquímicas (par galvánico) entre los materiales del sistema y los materiales del soporte.

Los anclajes que se elijan para fijar las escuadras a la estructura soporte también deben ser de materiales protegidos contra la corrosión en función del ambiente donde vayan a ser utilizados. La durabilidad de los anclajes depende de forma directa del tipo de metal base. Para su análisis se debe prever la corrosión debida a las condiciones atmosféricas y al contacto de metales distintos (par galvánico).

<sup>7</sup> Tal como se describe en las normas ISO 9223 y UNE-EN ISO 12944-2, en un exterior con clima templado, una categoría de corrosividad media (C3), está relacionada con un ambiente típico en clima templado en exterior correspondiente a atmósferas industriales con contaminación moderada y baja exposición a la salinidad en áreas costeras. Una categoría de corrosividad alta (C4) está relacionada con un ambiente típico correspondiente a atmósferas industriales y moderada exposición a la salinidad en áreas costeras. Asimismo, una categoría de corrosión muy alta está relacionada a atmósferas industriales con elevada humedad y atmósfera agresiva (C5-I) o con áreas costeras y marítimas con exposición elevada a la salinidad (C5-M).

## 5. Detalles constructivos

### Legenda (para todas las figuras):

1. Perfil vertical.
2. Escuadra.
3. Perfil guía horizontal.
4. Placa de revestimiento.
5. Sustrato soporte.
6. Lámina para impermeabilización.

### Subestructura simple

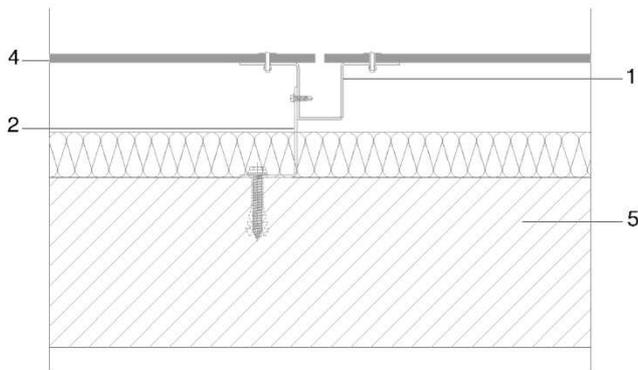


Figura 5.1: Sección horizontal con perfil  $\Omega$ .

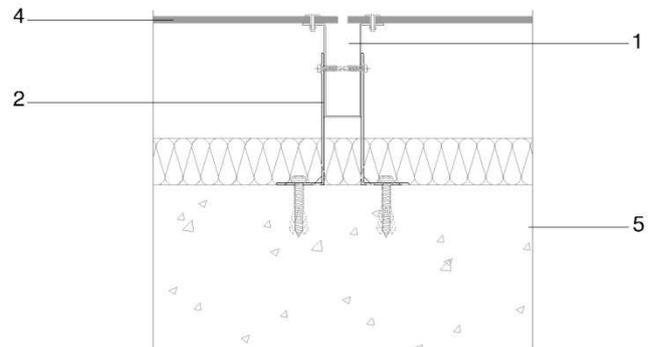


Figura 5.2: Sección horizontal con perfil  $\Omega$  (punto de carga).

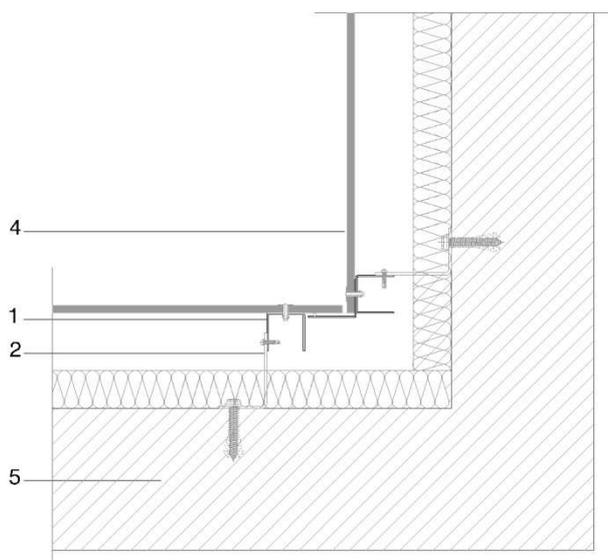


Figura 5.3: Esquina entrante con perfil U.

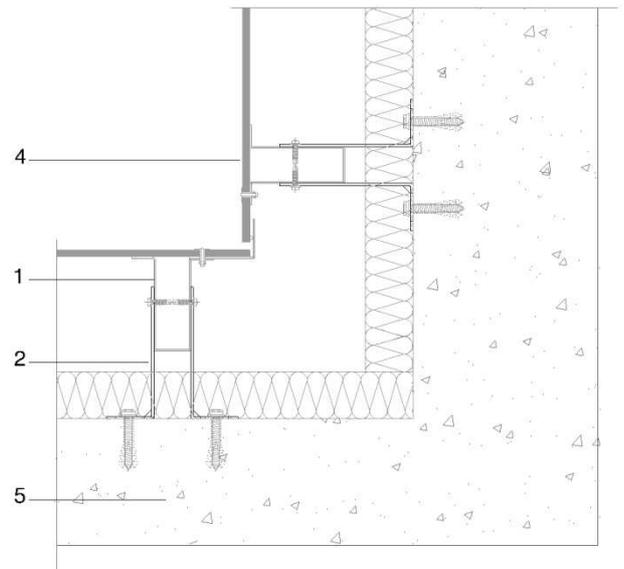


Figura 5.4: Esquina entrante con perfil  $\Omega$  (punto de carga).

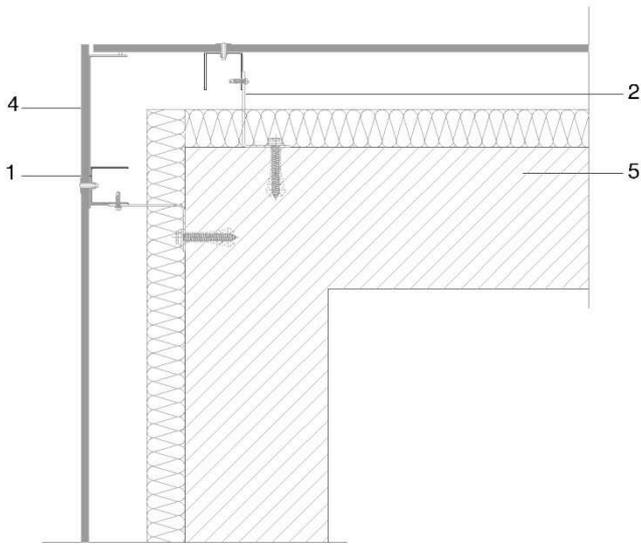


Figura 5.5: Esquina saliente con perfil U.

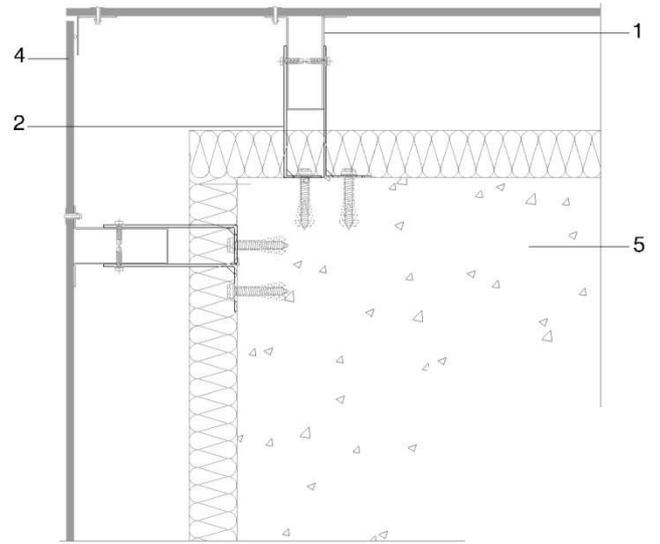


Figura 5.6: Esquina saliente con perfil  $\Omega$  (punto de carga).

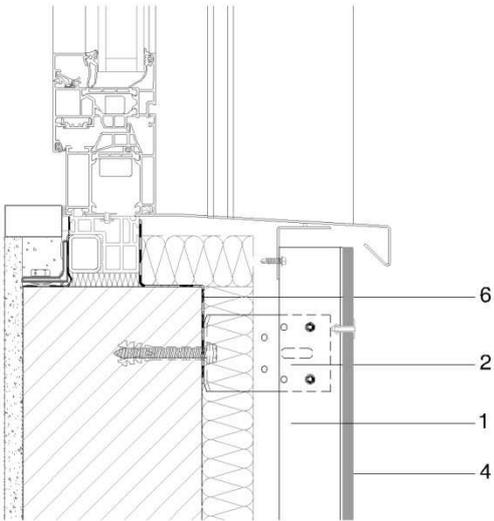


Figura 5.7: Encuentro con vierteaguas.

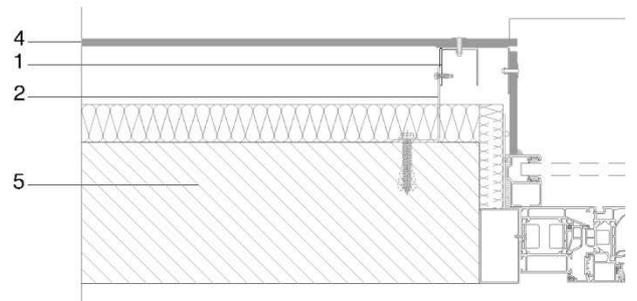


Figura 5.8: Encuentro con telar de jamba con perfil U.

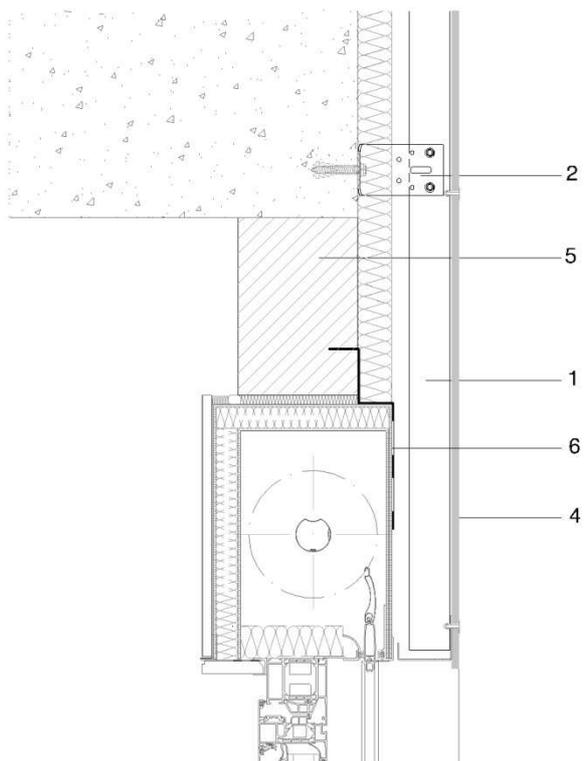


Figura 5.9: Encuentro con dintel con caja de persiana.

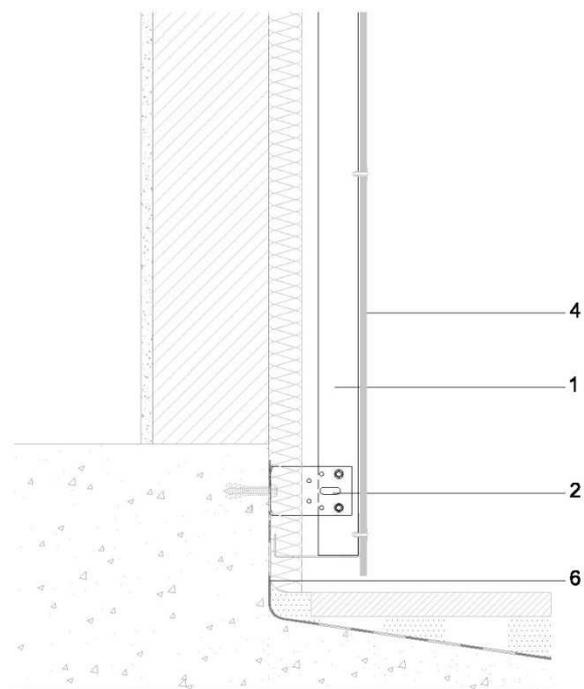


Figura 5.10: Arranque.

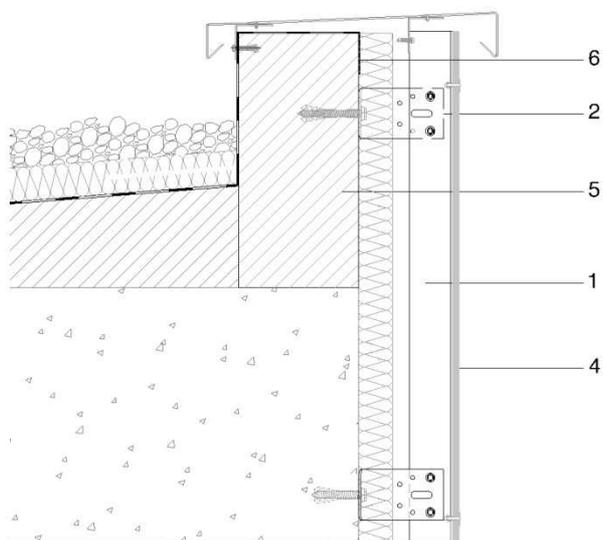


Figura 5.11: Coronación.

## 6. Criterios de puesta en obra

### 6.1. Criterios generales de puesta en obra

#### 6.1.1. Montadores y equipos de montaje

El sistema FCVAE ACE debe ser instalado por personal y/o empresas especializadas en este sistema; en el caso en que se requiera FCV Aislamientos Envoltentes SL facilita personal especialista en el montaje del sistema.

Los equipos de montadores deben constar de al menos dos personas. Los montadores deben acreditar su cualificación y experiencia. El nivel mínimo de cualificación que deben tener los montadores es el de peón especialista.

FCV Aislamientos Envoltentes SL dispone de un procedimiento para la formación y adiestramiento específico del personal.

Los medios auxiliares y la maquinaria de obra deben cumplir las condiciones funcionales y de calidad establecidas en las normas y disposiciones vigentes relativas a la fabricación y control industrial de estos equipos.

#### 6.1.2. Manipulación en obra. Condiciones de seguridad

Los componentes del sistema FCVAE ACE deben estar almacenados en la obra tal como se indica en el apartado 3.4.

El transporte de los componentes del sistema hasta su lugar de colocación puede ser realizado a mano desde el acopio en obra, entendiéndose que cualquier medio auxiliar de ayuda al transporte de material facilitará la labor de los montadores.

En general en cualquier acción de manipulación de los materiales en la obra se debe evitar que se produzcan desperfectos en los mismos.

En el proceso de montaje y mantenimiento debe tenerse en cuenta la normativa vigente sobre prevención de riesgos laborales así como prever que se incluya en el plan de seguridad y salud de la obra desarrollado al efecto.

### 6.2. Verificaciones previas a la puesta en obra

Una vez se tenga ejecutada la estructura del edificio y el sustrato soporte del sistema FCVAE ACE se deberá verificar, a partir de los planos aportados por la dirección facultativa, que la modulación y cálculo inicial de los componentes de la fachada considerados en la fase de proyecto es la adecuada para iniciar la puesta en obra del sistema.

Las verificaciones a realizar son:

1. Verificación de las dimensiones reales de la estructura del edificio, sus huecos y el posicionamiento de éstos.

Esta verificación se realizará mediante las mediciones reales de la estructura y huecos y la comparación de éstas con las dimensiones consideradas inicialmente en el proyecto.

El máximo desplome admitido por el sistema FCVAE ACE es de 140 mm.

En caso de que las mediciones no coincidan se procederá del siguiente modo:

- Si las diferencias dimensionales tanto horizontales como verticales pueden ser absorbidas por el juego de las juntas entre placas, se deberá reajustar la modulación de placas y el posicionamiento de los perfiles y escuadras con las nuevas dimensiones de las juntas.
- Si las diferencias dimensionales no pueden ser absorbidas por el juego de las juntas, se deberá notificar esta cuestión a la dirección facultativa, con la consiguiente remodelación de la fachada considerando las medidas reales de la obra.
- Las placas de los extremos de la fachada se podrán dejar como regulación para absorber las pequeñas modificaciones en las dimensiones horizontales.

2. Verificación de la resistencia de los anclajes sobre la estructura soporte (forjados, pilares o muros de obra de fábrica) principalmente en obras de rehabilitación o en obras nuevas cuando no se disponga de datos específicos sobre la estructura soporte.

Esta verificación se realiza mediante un cálculo estadístico de la resistencia de los anclajes a emplear en base a varias extracciones in situ de éstos sobre la estructura soporte.

Si esta verificación no resulta positiva se podrá proceder, bien aumentando el número de anclajes o escuadras a emplear de modo que el esfuerzo se reparta entre un mayor número de apoyos, rehaciendo el cálculo correspondiente (véase el apartado 4.2), o bien sustituyendo los anclajes definidos por otros con prestaciones adecuadas. Este último caso requerirá siempre de una nueva verificación mediante extracciones de los nuevos anclajes empleados sobre el soporte.

### 6.3. Replanteo

Tras la verificación inicial de la modulación y cálculo del sistema FCVAE ACE a ejecutar (véase el apartado 6.2), el técnico responsable de la puesta en obra del sistema marca el posicionamiento de las escuadras y los perfiles verticales sobre la estructura soporte de la

obra, según la modulación final establecida, con el fin de que sean seguidas por los montadores del sistema.

#### 6.4. Montaje de las escuadras

Una vez elegidos y verificados los anclajes adecuados para la obra en cuestión se procede a fijar las escuadras según el replanteo inicial del técnico responsable de la puesta en obra del sistema FCVAE ACE, teniendo en cuenta la tipología de las escuadras y su disposición y siguiendo las instrucciones del fabricante del anclaje.

Se debe considerar que las escuadras de carga permiten la transmisión del peso del sistema y del revestimiento, así como de las acciones horizontales de viento a la estructura soporte, mientras que las escuadras de apoyo permiten únicamente la transmisión de acciones horizontales.

Las escuadras se deben fijar al perfil vertical mediante las fijaciones definidas en el capítulo 2.

Asimismo, se debe considerar que:

- Cada perfil vertical debe tener un punto de carga y varios puntos de apoyo que permitan los movimientos de dilatación del sistema.
- En cada punto de carga del perfil vertical deben colocarse dos escuadras, cada una fijada con dos anclajes.
- En cada punto de apoyo del perfil vertical debe colocarse una sola escuadra fijada con un solo anclaje.
- Es recomendable que los puntos de carga se ubiquen sobre el frente del forjado de la estructura soporte, teniendo en cuenta las solicitaciones ejercidas sobre ellos. Además, también se recomienda que los puntos de carga de los distintos perfiles de un paño de fachada se coloquen alineados horizontalmente en una misma fila y altura.
- Las escuadras de los puntos de carga pueden situarse en cualquier lugar del perfil vertical aunque se recomienda que se sitúen en la parte superior del perfil.
- Las escuadras de los puntos de apoyo pueden ser ancladas sobre cualquier lugar de la estructura soporte, incluyendo si es necesario el frente de forjado.
- El anclaje de la escuadra al sustrato soporte deberá ser el definido en el proyecto siguiendo las especificaciones indicadas en la tabla 2.5.
- La distancia máxima entre escuadras de un mismo perfil deberá limitarse en función de los resultados de los cálculos a partir de las acciones previstas en el proyecto. En ningún caso debe ser superior a 1,2 m.

#### 6.5. Montaje de los perfiles verticales

Los perfiles verticales se fijan a las alas de las escuadras de los puntos de carga y posteriormente a las escuadras de los puntos de apoyo.

El número mínimo de tornillos entre las escuadras de los puntos de carga y el perfil vertical es de cuatro fijaciones por escuadra. En el caso de las escuadras de los puntos de apoyo, el número mínimo son dos fijaciones por escuadra.

Los perfiles verticales pueden cortarse a diferentes longitudes en función de las exigencias de la fachada y de los cálculos.

También debe definirse y comprobarse que la separación vertical entre dos perfiles consecutivos sea la necesaria para permitir su dilatación considerando las variaciones de temperatura indicadas en la sección AE del DB SE del CTE y para permitir absorber las posibles deformaciones de los forjados de la estructura, considerando 15 mm como un valor apropiado para los casos habituales. Asimismo se deben aplomar y alinear en dirección vertical y horizontal consiguiendo un único plano entre ellos, con una tolerancia de  $\pm 1$  mm/m para la longitud máxima del perfil (6 m).

La distancia máxima permitida entre perfiles verticales también deberá ser definida mediante los cálculos correspondientes. En ningún caso debe ser superior a 1,2 m.

Una vez colocados los perfiles, si la solución de la hoja interior del cerramiento de la fachada ventilada contempla la incorporación de un aislamiento térmico sobre su cara exterior (en contacto con la cámara de aire ventilada), se deberá proceder a la colocación de este aislante. En el caso de que sea aplicado mediante proyección, se debe proteger el lado frontal de los perfiles verticales, p.ej. con una cinta adhesiva que luego se pueda retirar fácilmente.

#### 6.6. Ejecución de los puntos singulares

Para la ejecución de los puntos singulares se deberán tener en cuenta los detalles constructivos indicados en el capítulo 5. FCV Aislamientos Envolventes SL puede facilitar asesoramiento técnico para el diseño y ejecución de puntos singulares.

En general se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El espesor de la junta horizontal y vertical debe estar en el rango entre 3 y 10 mm.
- El perfil metálico de vierteaguas y la barrera impermeable deberán tener unos alzados laterales (junto a los telares de las jambas) de modo que el agua no pueda filtrarse por las entregas de estos componentes a los telares de las jambas.

- La pieza de vierteaguas deberá ser colocada y diseñada de modo que no permita la acumulación de agua en ella.
- En los casos en que se requiera, se podrá colocar una capa de aislamiento térmico inmediatamente después de la barrera impermeable del vierteaguas, se deberá considerar que este aislamiento deberá tener la adecuada resistencia a compresión y rigidez para soportar el peso de la pieza de vierteaguas.

## 7. Otros criterios

### 7.1. Criterios de mantenimiento de los sistemas

Al igual que cualquier otro sistema constructivo, el sistema FCVAE ACE debe ser objeto de inspecciones periódicas de mantenimiento y conservación.

Para realizar estas revisiones se deben tener en cuenta las operaciones y periodos de inspección indicados en la tabla 6.1 la sección HS1 del DB HS para fachadas.

Estas operaciones de inspección deberán ser complementadas con los siguientes aspectos particulares:

- Respecto al conjunto de la fachada se deberán observar las posibles pérdidas de planicidad, aplomados, el correcto soporte entre las placas de revestimiento y los perfiles, etc.
- Respecto a los elementos metálicos se deberán observar los indicios de corrosión o de agua acumulada, así como la aparición de deformaciones.

En caso de observar alguno de estos aspectos o cualquier otro tipo de lesión, se deberá valorar el grado de importancia de la misma y, si se considera oportuno, proceder a su reparación. Como cualquier operación de mantenimiento de los edificios, estas operaciones deben ser consideradas por la propiedad y llevadas a cabo por técnicos cualificados.

### 7.2. Medidas para la protección del medio ambiente

Deberá optimizarse el consumo de material de los distintos componentes con objeto de evitar sobrantes y minimizar los residuos.

#### 7.2.1. Tratamiento de residuos

Tras la entrada en vigor de la Decisión 2000/532/CE y de sus modificaciones, donde se establece una nueva Lista Europea de Residuos (LER), es obligatorio que los productos tengan asignado un código LER que permita al usuario conocer el tipo de gestión de residuos que le corresponde. En la tabla 7.1 se indican los códigos LER declarados por FCVAE para los distintos componentes.

Los residuos generados durante la puesta en obra deberán ser gestionados según la legislación vigente por un gestor autorizado a tal efecto (véase el Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición).

Componentes de los sistemas FCVAE	Código LER	TR
• Perfiles, escuadras y tornillos	170405	No especial
<b>Otros materiales/envases</b>		
• Palés de madera	150103	No especial
• Sacos y envases compuestos	150105	No especial

**Tabla 7.1:** Códigos LER declarados.

### 7.3. Condiciones exigibles a las empresas instaladoras de los sistemas

El sistema FCVAE ACE debe ser instalado por personal y/o empresas especializadas en la ejecución del sistema. Para demostrar la especialización, el personal de las empresas instaladoras deberá realizar la formación específica para la ejecución del sistema impartida por parte de los técnicos especializados de FCV Aislamientos Envoltentes SL.

Asimismo, se recomienda que la empresa instaladora esté certificada en relación a su capacidad para la puesta en obra del sistema FCVAE ACE. Dicha certificación deberá ser emitida por un organismo autorizado al efecto e inscrito en el Registro General del Código Técnico de la Edificación (CTE), por ejemplo la Declaración ApTO (Aptitud Técnica en Obra) que otorga el ITeC.

## 8. Referencias de utilización y visitas de obras

### 8.1. Referencias de utilización

Como referencias de utilización se ha aportado la siguiente relación de obras:

#### Subestructura simple de acero galvanizado:

- Edificio de viviendas. Ciudad Ros Casares, V30. Valencia.
- Edificio de viviendas. C/ Roc Boronat 102-104. Barcelona.
- Edificio de viviendas. Sant Cugat del Vallès. Barcelona.
- Edificio de viviendas. Av. Maria Curie. Granollers. Barcelona.
- Edificio de viviendas. C/ Aiguablava. Barcelona.
- Hospital Sant Joan de Déu. Sant Boi de Llobregat. Barcelona.
- IES. Passeig Torres i Bages esquina carrer Balenyà. Tona. Barcelona.
- Edificio de viviendas. La Granada del Penedès. Barcelona.
- CEIP. Av. Catalunya. Perafort. Tarragona.
- Edificio de viviendas. Av. Doctor Bassols esquina Av. Alfons XIII. Badalona. Barcelona.
- Edificio de viviendas. Plaça l'Ereta. Lleida.
- Edificio de viviendas. C/ Cristóbal de Moura. Sant Adrià del Besòs. Barcelona.
- Edificio de viviendas. C/ Clot esquina Murcia. Barcelona.
- Centro Collserola. Ronda de Dalt. Barcelona.
- Edificio de oficinas. Rubí. Barcelona.

## 8.2. Visitas de obra

Se ha realizado un muestreo de obras realizadas con el sistema FCVAE ACE, ejecutadas y en proceso de ejecución.

Las obras seleccionadas han sido inspeccionadas por personal del ITeC durante la elaboración del DAU. Los informes de estas inspecciones quedan recogidos en el *Dossier Técnico del DAU 14/092*.

El objetivo de las visitas de obras ha sido, por un lado, contrastar la aplicabilidad de las instrucciones de puesta en obra con los medios humanos y materiales definidos por FCV Aislamientos Envoltentes SL y, por otro, identificar los aspectos que permitan evitar posibles patologías que puedan afectar al sistema ejecutado.

Los aspectos relevantes identificados en las visitas de obra se han incorporado a los criterios de proyecto y ejecución indicados en los capítulos 4 y 6.

## 9. Evaluación de ensayos y cálculos

Se ha evaluado la adecuación al uso del sistema FCVAE ACE como subestructura para la fijación de placas de revestimiento en fachadas ventiladas, en relación con el cumplimiento del *Procedimiento Particular de Evaluación del DAU*.

Este procedimiento ha sido elaborado por el ITeC considerando la reglamentación española de construcción aplicable en cada caso:

- en edificación se consideran las exigencias básicas que establece el CTE para cada uno de los requisitos básicos,
- en otros ámbitos de la construcción se considera la reglamentación específica de aplicación.

Los ensayos que forman parte de esta evaluación han sido realizados en los laboratorios de LGAI (Applus), sobre muestras tomadas en la planta que FCV Aislamientos Envoltentes SL de Terrassa (Barcelona).

Todos los informes de ensayo y de cálculos, así como el informe de toma de muestras, quedan recogidos en el *Dossier Técnico del DAU*.

En los siguientes apartados se presentan las evidencias consideradas para el presente DAU.

### 9.1. Ensayo de resistencia al viento

Se han ensayado el sistema FCVAE ACE frente a acciones de succión y presión de viento. El método de ensayo utilizado es el indicado en los documentos de referencia a nivel europeo (informe 13-7667-1874).

Los resultados obtenidos se indican en la tabla 9.1.

Estos resultados confirman los valores límites de acción estática de viento obtenidos a partir de las comprobaciones realizadas mediante cálculo del sistema FCVAE ACE (véase el apartado 9.5).

### 9.2. Ensayo de resistencia al arrancamiento del tornillo sobre el perfil vertical (pull-out)

Se han realizado ensayos de resistencia al arrancamiento del tornillo sobre el perfil vertical. El método de ensayo utilizado es el indicado en los documentos de referencia a nivel europeo (informe 13-7667-1874).

Los resultados obtenidos son los indicados en la tabla 9.2.

### 9.3. Ensayo de resistencia de las escuadras

#### 9.3.1. Ensayo de las escuadras frente a fuerza vertical

Se ha ensayado la resistencia de las escuadras de carga frente a fuerza vertical. El método de ensayo utilizado es el indicado en los documentos de referencia a nivel europeo (informe 13-7667-1874).

Los resultados obtenidos son los indicados en la tabla 9.3.

#### 9.3.2. Ensayo de las escuadras frente a fuerza horizontal

Se ha ensayado la resistencia de las escuadras de carga frente a fuerza horizontal. El método de ensayo utilizado es el indicado en los documentos de referencia a nivel europeo (informe 13-7667-1874).

Los resultados obtenidos son los indicados en la tabla 9.3.

### 9.4. Ensayo de resistencia a cortante de los tornillos perfil-escuadra

Se han realizado ensayos de resistencia a cortante del tornillo de fijación entre el perfil vertical y la escuadra. El método de ensayo utilizado es el indicado en los documentos de referencia a nivel europeo (informe 13-7667-1874).

Los resultados obtenidos son los indicados en la tabla 9.2.

### 9.5. Cálculos

Se han realizado cálculos para el contraste de los resultados de los ensayos mecánicos de los componentes del sistema FCVAE ACE.

Las acciones verticales y horizontales (gravitatorias y viento) consideradas en estos cálculos son:

- Peso de las placas comprendido entre 10 kg/m<sup>2</sup> y 30 kg/m<sup>2</sup> en función del tipo de revestimiento empleado, y 4,0 kg/m<sup>2</sup> correspondientes al peso del sistema simple (véase la tabla 9.4).
- Presión estática del viento antes de aplicar coeficientes de mayoración ( $q_e$ ) entre 0,40 y 3,00 kN/m<sup>2</sup>.

Los coeficientes de seguridad considerados son:

- Coeficiente de mayoración del peso:  $\gamma_{qp} = 1,35$ .
- Coeficiente de mayoración de acciones de viento:  $\gamma_{qv} = 1,50$ .
- Coeficiente de minoración de material:  $\gamma_{mat} = 1,10$ .

Las condiciones geométricas del sistema utilizadas son:

- Separación máxima entre perfiles verticales: 1,2 m.
- Longitud máxima del perfil vertical: 6,0 m.
- Separación máxima entre escuadras: 1,2 m.
- Disposición de las escuadras definida en el apartado 6.4.
- Los cálculos se realizan considerando el modelo de viga continua con 3 apoyos (dos tramos).

Los límites de comprobación utilizados son:

- Resultados de los ensayos mecánicos de los componentes (véanse los apartados anteriores).
- Valores de los límites elásticos de los materiales de los componentes (véase el capítulo 2).
- Flecha máxima admisible  $L/300$ .

Las comprobaciones realizadas son:

- Resistencia de los perfiles verticales a acciones horizontales, comprobación a tensión y flecha.
- Resistencia de las escuadras, comprobación a tensión y flecha.
- Resistencia a cortante de los tornillos de unión de las escuadras con los perfiles verticales.
- Solicitaciones en el anclaje entre la escuadra y la estructura soporte, fuerza de arrancamiento y cizalla.
- No se comprueba la resistencia del revestimiento.

Los resultados obtenidos son los indicados en las tablas 9.4 y 9.5.

Formato de placa de revestimiento (i) (mm)	Tipo de ensayo	Máxima Q (ii) (Pa)	Desplazamiento bajo máxima Q (mm)	Desplazamiento después de recuperación de 1 minuto (mm)	Observaciones
600 x 400 x 30	Succión	3000	10,0 (iii) 8,8 (iv)	3,6 (iv)	No se producen defectos ni deformaciones permanentes apreciables.
	Presión	3000	4,0 (iii) 2,9 (iv)	0,7 (iii)	No se producen defectos ni deformaciones permanentes apreciables.

- (i) Placa de piedra natural.
- (ii) Máxima acción del equipo de medida.
- (iii) Dato medido en la posición de la escuadra central más solicitada.
- (iv) Dato medido en la mitad del perfil vertical entre dos escuadras.

Probeta ensayada de dimensiones 2000x2400 mm: ejecutada con perfiles verticales de acero L50x40x1,5; perfiles horizontales intermedios de aluminio de junta 3; perfiles horizontales arranque/remate de aluminio, escuadras de acero 60x50x60x2,5, distancia entre perfiles horizontales 400 mm; distancia máxima entre perfiles verticales 800 mm.

**Tabla 9.1:** Resultados del ensayo de resistencia frente a acciones de presión y succión de viento.

Ensayo	Tipo de fijación (*)	Perfil	Fuerza última (N)		Modo de fallo
			F <sub>m,u</sub>	F <sub>c,u</sub>	
Arrancamiento sobre el perfil vertical (pull-out)	ST4,2x25	Perfil vertical de espesor 1,5 mm (**)	1575	1421	Salida del tornillo
Cortante	ST4,2x25	---	2317	2033	Rotura del tornillo

Donde:

F<sub>m</sub> = valor medio de los resultados de los ensayos.

F<sub>c</sub> = valor característico (p = 95%) de los resultados de los ensayos con un nivel de confianza del 75%.

(\*) Fijación mecánicamente más débil.

(\*\*) Perfil mecánicamente más débil sometido al ensayo. Los resultados obtenidos para estos perfiles dan valor al resto de perfiles.

**Tabla 9.2:** Resultados del ensayo de resistencia de los tornillos sobre los perfiles.

Tipo de fuerza	Escuadras	Fuerza para deformación permanente (N) (**)		Fuerza a desplazamiento (N)				Fuerza última (N) (***)			
				de 1 mm		de 3 mm					
		R <sub>mr</sub>	R <sub>cr</sub>	R <sub>md1</sub>	R <sub>cd1</sub>	R <sub>md2</sub>	R <sub>cd2</sub>	R <sub>ms</sub>	R <sub>cs</sub>		
Vertical (*)	Simple	60x50x60x2,5		254	31	243	24	696	356	2027	1471
		60x50x120x2,5		280	192	98	53	338	312	778	636
		60x50x200x2,5		116	79	53	24	119	66	267	209
Horizontal	Simple	60x50x60x2,5		1916	1738	---	---	---	---	2754	2514
		60x50x200x2,5		1904	1581	---	---	---	---	2558	1858

(\*) Valores correspondientes a una escuadra.

(\*\*) En fuerza vertical corresponde al valor de la fuerza característica para una distorsión residual del 0,2% de la longitud del ala.

En fuerza horizontal corresponde al valor de la fuerza característica para una distorsión residual de 1 mm tras retorno a cero de la fuerza aplicada durante el ensayo.

(\*\*\*) Fuerza última correspondiente a un desplazamiento de aproximadamente 10 mm.

Donde:

R<sub>m</sub> = valor medio de los resultados de los ensayos.

R<sub>c</sub> = valor característico (p = 95%) de los resultados de los ensayos con un nivel de confianza del 75%.

**Tabla 9.3:** Resultados del ensayo de resistencia de las escuadras.

Sistema simple							
Escuadra simple 60x50xLx2,5 (i)							
Longitud del perfil vertical (m)	Escuadra de ala larga (L = 200 mm)			Escuadra de ala corta (L = 60 mm)			
	Peso del revestimiento utilizado (kg/m <sup>2</sup> ) (ii)	Máxima separación entre perfiles verticales (mm)	Condición límite de fallo	Peso del revestimiento utilizado (kg/m <sup>2</sup> ) (ii)	Máxima separación entre perfiles verticales (mm)		
6,0	≤ 10	≤ 190	(iii)	≤ 10	≤ 1110	(iii)	
	≤ 20	≤ 110		≤ 20	≤ 650		
	≤ 30	---		≤ 30	≤ 450		
5,0	≤ 10	≤ 220		≤ 10	≤ 1330		
	≤ 20	≤ 130		≤ 20	≤ 780		
	≤ 30	---		≤ 30	≤ 550		
4,0	≤ 10	≤ 280		≤ 10	≤ 1500		(iv)
	≤ 20	≤ 160		≤ 20	≤ 970		(iii)
	≤ 30	≤ 110		≤ 30	≤ 680		(iv)
3,0	≤ 10	≤ 380		≤ 10	≤ 1500		(iv)
	≤ 20	≤ 220		≤ 20	≤ 1300		(iii)
	≤ 30	≤ 150		≤ 30	≤ 910		(iii)

(i) Cálculo realizado con dos escuadras como punto fijo y masa de los perfiles verticales igual a 4,0 kg/m<sup>2</sup>.

(ii) Valores antes de aplicar el coeficiente de mayoración de acción de peso.

(iii) Condición límite de fallo: fuerza media para un desplazamiento de 3 mm del perfil ménsula.

(iv) Límite de separación entre perfiles verticales.

**Tabla 9.4:** Resultados de los cálculos de comprobación por peso en función de la longitud del perfil vertical.

Sistema simple			
	Separación (mm)		Condición límite de fallo (ii)
	Entre perfiles verticales	Entre escuadras	
1200		500	≤ 1,25
		750	≤ 0,85
		1000	≤ 0,55
		1200	≤ 0,35
1000		500	≤ 1,50
		750	≤ 1,00
		1000	≤ 0,65
		1200	≤ 0,45
750		500	≤ 2,00
		750	≤ 1,35
		1000	≤ 0,85
		1200	≤ 0,60
500		500	≤ 3,00
		750	≤ 2,00
		1000	≤ 1,30
		1200	≤ 0,90

(i) Valores antes de aplicar el coeficiente de mayoración.

(ii) No se considera la resistencia del revestimiento.

(iii) Valor límite mínimo de la acción para una distorsión residual de 1 mm de la escuadra 80x62x140x2,5.

(iv) Límite elástico del perfil vertical L50x40x1,5.

(v) Valor límite del ensayo de viento (3000 Pa).

**Tabla 9.5:** Resultados de los cálculos de comprobación de la resistencia frente a acciones de viento.

## 10. Comisión de Expertos

El DAU es sometido a la consideración de una Comisión de Expertos, tal y como se indica en el *Reglamento del DAU* y en la Instrucción de trabajo para la elaboración del DAU.

La Comisión de Expertos la forman representantes de distintos organismos e instituciones, seleccionados en función de sus conocimientos, independencia e imparcialidad para emitir una opinión técnica respecto al ámbito cubierto por este DAU.

La relación general de los expertos que han constituido las comisiones de expertos de los DAU puede ser consultada en la página web del ITeC [itec.es](http://itec.es).

Los comentarios y observaciones relevantes de la Comisión de Expertos han sido incorporados al texto del presente DAU.

## 11. Documentos de referencia

- Código Técnico de la Edificación. Documentos Básicos del CTE: DB SE, DB SI, DB HS, DB SUA, DB HR y DB HE.
- Decisión 2000/532/CE. Decisión en lo relativo a la lista de residuos. Decisión con modificaciones.
- RD 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- RD 842/2013 por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- ETAG 034. Kit de revestimientos exteriores de fachada.
- EN ISO 9223. Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification, determination and estimation.
- UNE EN 10346. Productos planos de acero recubiertos en continuo por inmersión en caliente. Condiciones técnicas de suministro.
- UNE EN 14411. Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características, evaluación de la conformidad y marcado.
- UNE EN 1469. Piedra natural. Placas para revestimientos murales. Requisitos.
- UNE EN 1993-1-1. Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios.
- UNE EN ISO 10666. Tornillos autotaladrantes y autorroscantes. Características mecánicas y funcionales.
- UNE EN ISO 12944-1. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general.
- UNE EN ISO 12944-2. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes.
- UNE EN ISO 14588. Remaches ciegos. Terminología y definiciones.
- UNE EN ISO 15480. Tornillos autotaladrantes con cabeza hexagonal de arandela, con rosca autorroscante
- UNE EN ISO 4042. Elementos de fijación. Recubrimientos electrolíticos.
- UNE EN ISO 898-1. Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y acero aleado. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino.
- UNE EN ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.

## 12. Evaluación de la adecuación al uso

Vistas las siguientes evidencias técnicas experimentales obtenidas durante la elaboración del DAU 14/092 siguiendo los criterios definidos en el *Procedimiento Particular de Evaluación del DAU 14/092*, elaborada por el ITeC:

- resultados de los ensayos y cálculos,
- información obtenida en las visitas de obra,
- control de producto de FCV Aislamientos Envolvertes SL,
- criterios de proyecto y detalles constructivos del sistema,
- instrucciones del montaje y ejecución del sistema,

y teniendo en cuenta la metodología prescrita por el *Reglamento del DAU*, la autorización y registro del ITeC para la concesión del DAU\* y lo indicado en el apartado 5.2 del artículo 5 del *Código Técnico de la Edificación*, relativo a la evaluación de productos y sistemas constructivos innovadores, se considera que el ITeC tiene evidencias para declarar que el sistema

FCVAE ACE de FCV Aislamientos Envolvertes SL, compuesto por:

- los perfiles verticales definidos en el apartado 2.1,
- las escuadras definidas en el apartado 2.2,
- los tornillos definidos en el apartado 2.3,

y ejecutado de acuerdo con las instrucciones y criterios que constan en este DAU, es adecuado para la construcción de:

- subestructura para la fijación de placas de revestimiento en hoja exterior de fachada ventilada.

puesto que cumple con los requisitos reglamentarios relevantes en materia de seguridad estructural y protección contra incendios, así como los requisitos de durabilidad y servicio.

En consecuencia, y una vez sometido este documento a la consideración de la Comisión de Expertos y recogidos los comentarios realizados por la Comisión, el ITeC otorga el DAU al sistema FCVAE ACE de FCV Aislamientos Envolvertes SL.

La validez del DAU queda sujeta a las acciones y condiciones de seguimiento que se especifican en el capítulo 13 y a las condiciones de uso del capítulo 14.

\* Registro General de Organismos Autorizados del CTE:  
[www.codigotecnico.org/web/recursos/registro/regooaa/texto\\_0011.html](http://www.codigotecnico.org/web/recursos/registro/regooaa/texto_0011.html)

**DAU** 14/092  
Documento  
de adecuación al uso



El Director Técnico del ITeC



## 13. Seguimiento del DAU

El presente DAU queda sujeto a las acciones de seguimiento que periódicamente lleva a cabo el ITeC, de acuerdo con lo establecido en el *Reglamento del DAU*. El objeto de este seguimiento es comprobar que las características del producto y del sistema constructivo, así como las condiciones de puesta en obra y de fabricación, siguen siendo válidas para los usos a los que el sistema está destinado.

En caso de que existan cambios relevantes que afecten a la validez del DAU, éstos darán lugar a una nueva edición del DAU que anulará a la anterior (esta nueva edición tomará el mismo código del DAU que anula y una nueva letra de edición).

Cuando las modificaciones sean menores y no afecten a la validez del DAU, éstas se recogerán en una lista de modificaciones, que se incorporará como capítulo 15 del DAU; además, dichas modificaciones se incorporarán al texto del DAU.

El usuario del DAU debe consultar siempre la versión informática del DAU disponible en formato pdf en la página web del ITeC [itec.es](http://itec.es), para así cerciorarse de las posibles revisiones del mismo que hayan podido ocurrir durante su vigencia. Este documento es también accesible a través del código QR que consta en el sello del DAU.

## 14. Condiciones de uso del DAU

La concesión del DAU no supone que el ITeC sea responsable de:

- La posible presencia o ausencia de patentes, propiedad intelectual o derechos similares existentes en el producto objeto del DAU o en otros productos, ni de derechos que afecten a terceras partes o al cumplimiento de obligaciones hacia estas terceras partes.
- El derecho del titular del DAU para fabricar, distribuir, instalar o mantener el producto objeto de DAU.
- Las obras reales o partidas individuales en que se instale, se use y se mantenga el producto; tampoco es responsable de su naturaleza, diseño o ejecución.

Asimismo, el DAU nunca podrá interpretarse como una garantía, compromiso o responsabilidad del ITeC respecto a la viabilidad comercial, patentabilidad, registrabilidad o novedad de los resultados derivados de la elaboración del DAU. Es, pues, responsabilidad del titular del DAU la comprobación de la viabilidad, patentabilidad y registrabilidad del producto.

La evaluación del DAU no supone la conformidad del producto con los requisitos previstos por la normativa de seguridad y salud o de prevención de riesgos laborales, en relación con la fabricación, distribución, instalación, uso y mantenimiento del producto. Por lo tanto, el ITeC no se responsabiliza de las pérdidas o daños personales que puedan producirse debido a un incumplimiento de requisitos propios del citado marco normativo.

## 15. Lista de modificaciones de la presente edición

La versión informática del DAU recoge, si las hubiera, las actualizaciones, modificaciones y correcciones de la edición A del DAU 14/092, indicando para cada una de ellas su fecha de incorporación a la misma, de acuerdo con el formato de la tabla siguiente. Los cambios recogidos en la tabla se incorporan también al texto del DAU, que se encuentra disponible en la página web del Instituto, [itec.es](http://itec.es).

El usuario del DAU debe consultar siempre esta versión informática del DAU para así cerciorarse de las posibles revisiones del mismo que hayan podido ocurrir durante su vigencia.

Número	Página y capítulo	Donde decía...	Dice...
--------	-------------------	----------------	---------



**Institut de  
Tecnologia de la Construcció  
de Catalunya**

Wellington 19  
ES08018 Barcelona  
T +34 933 09 34 04  
[qualprod@itec.cat](mailto:qualprod@itec.cat)  
[itec.es](http://itec.es)

