

STEEL BUILDINGS IN EUROPE

Edificios de acero de varias plantas

Parte 1: Guía del arquitecto

Edificios de acero de varias plantas

Parte 1: Guía del arquitecto

PRÓLOGO

Esta publicación es la parte 1 de la guía de diseño *Edificios de acero de varias plantas* (en inglés, *Multi-Storey Steel Buildings*).

Las 10 partes en que se divide la guía *Edificios de acero de varias plantas* son:

Parte 1: Guía del arquitecto

Parte 2: Diseño conceptual

Parte 3: Acciones

Parte 4: Diseño de detalle

Parte 5: Diseño de uniones

Parte 6: Ingeniería de fuego

Parte 7: Guía de prescripciones técnicas del proyecto

Parte 8: Herramienta para el cálculo de la resistencia de elementos: descripción técnica

Parte 9: Herramienta para el cálculo de la resistencia de uniones: descripción técnica

Parte 10: Guía para el desarrollo de software para el diseño de vigas mixtas

Edificios de acero de varias plantas, es una de las dos guías de diseño publicadas. La segunda guía se titula *Edificios de acero de una sola planta* (en inglés, *Single-Storey Steel Buildings*).

Ambas guías han sido editadas dentro del marco del proyecto europeo *Facilitating the market development for sections in industrial halls and low rise buildings (SECHALO) RFS2-CT-2008-0030*.

Ambas guías de diseño han sido redactadas y editadas bajo la dirección de Arcelor Mittal, Peiner Träger y Corus. El contenido técnico ha sido elaborado por CTICM y SCI, colaboradores de Steel Alliance.

Índice

	Página Nº
PRÓLOGO	i
RESUMEN	iv
1 INTRODUCCIÓN	1
2 CUALIDADES FUNCIONALES	4
2.1 Creatividad y flexibilidad arquitectónicas	4
2.2 Prefabricación - Sistemas industrializados de edificación	6
2.3 Un arte en continua evolución	7
2.4 Ampliación y rehabilitación	7
3 ACERO - MATERIAL Y PRODUCTOS	10
3.1 Acero, el material	10
3.2 Productos de acero	10
4 LA BASE DE UN BUEN DISEÑO: LA ESTRUCTURA	14
4.1 El sistema estructural	14
4.2 Arriostramientos	20
4.3 Forjados	23
4.4 Uniones	27
4.5 Resumen	30
5 LA BASE DE UN BUEN DISEÑO: LA ENVOLVENTE	31
5.1 Fachadas	31
5.2 Sistemas de cubiertas	37
6 OTROS FACTORES PARA UN BUEN DISEÑO	43
6.1 Comportamiento durante un sismo	43
6.2 Comportamiento durante un incendio	44
6.3 Rendimiento acústico	50
6.4 Rendimiento térmico	55
6.5 Durabilidad de las estructuras de acero	56
6.6 Integración de servicios	60
7 CONSTRUCCIÓN EN ACERO Y SOSTENIBILIDAD	63
7.1 Ciclo de vida	64
7.2 Ventajas de los productos de acero para la construcción	64
7.3 Soluciones intensivas en acero para edificios	65
8 CONCLUSIÓN	69
REFERENCIAS	70

RESUMEN

A lo largo del tiempo el acero ha ido demostrando todas sus ventajas como material de construcción, de tal forma que puede verse en edificios de renombre en todo el mundo. Sin embargo, el acero no es un material exclusivo de los grandes calculistas de estructuras metálicas. El acero, con sus excelentes propiedades se ha convertido en el material preferido por los arquitectos, especialmente en edificios de varias plantas. Esta publicación ha sido redactada por arquitectos para arquitectos y proporciona información tanto sobre el material como sobre los componentes industriales. Establece las bases para una buena práctica y maximizar el beneficio en el empleo del acero como material de construcción en términos de comportamiento estructural, envolvente, comportamiento acústico y térmico, y construcción sostenible.

1 INTRODUCCIÓN

¿Qué tienen en común la columnata del Louvre (1670) de Claude Perrault, las torres de apartamentos Lake Shore Drive (1951) de Mies van der Rohe, la Iglesia de Sta. Genoveva de París (1759) de Soufflot, el Centro Georges Pompidou (1977) de Piano y Roger o el Hôtel Industriel de Pantin (1990) de Jean Nouvel? Todos y cada uno de estos edificios suponen un hito en la construcción con estructuras metálicas.

La transformación del hierro, desde su utilización como refuerzo estructural o elemento decorativo, hasta la estructura de acero ligera y etérea que conocemos en la actualidad, ha sido un largo proceso. Se han precisado más de 300 años de desarrollo tecnológico, imaginación, ingenio y creatividad: por un lado los arquitectos, encargados de introducir los nuevos perfiles de fundición, hierro y posteriormente acero; por otro lado los ingenieros, cuya excelencia técnica e imaginación han sido indispensables para la construcción de nuevas estructuras, antes consideradas imposibles o incluso utópicas; y por último, los productores, que han perseverado en el desarrollo de nuevos materiales y productos.

Trescientos años de pasión por el metal: una pasión que se ha expresado de diferentes formas. La fundición, antiguamente utilizada en la construcción, resultaba cara, pesada y frágil, e iba acompañada de refuerzos dictados por las tendencias del momento: proporciones enormes, con fijaciones de hierro empleadas para mantener juntos bloques de mampostería que garantizaran la estabilidad del edificio.

En la actualidad, el entusiasmo por el hierro y por el acero tienen un carácter muy diferente. El hierro trajo consigo transformaciones en el diseño y concepción de la arquitectura, e introdujo el uso de perfiles estándar (I, T y L). El uso de los remaches, posibilitó el montaje de perfiles en infinidad de formas para crear todo tipo de estructuras. Uno de los ejemplos más destacables es el Palacio de Cristal (1851) de Joseph Paxton, el precursor de la arquitectura modular, al utilizar componentes prefabricados para la construcción.

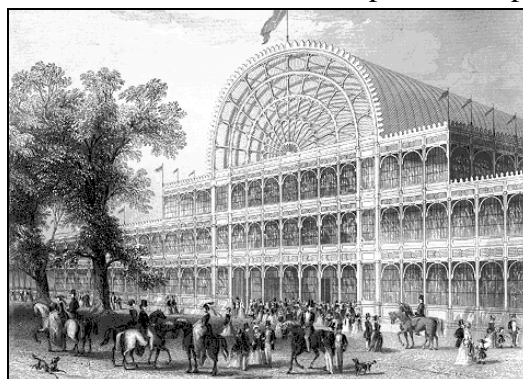


Figura 1.1 Palacio de cristal, Londres

El acero ha estado siempre en la vanguardia de los procesos de montaje, las técnicas de laminación y el diseño computacional. Ha hecho posible la utilización de grandes luces en construcción, por ejemplo en edificios

industriales (el centro comercial La Samaritaine de París, que fue inaugurado en 1917), en infraestructuras y transporte (el puente para el ferrocarril de Forth, Escocia, 1890).

¡El acero no es únicamente para edificios singulares! Tiene numerosas cualidades que lo hacen el material preferido por los arquitectos. Resulta económico y proporciona una gran funcionalidad mecánica, permitiendo el diseño de estructuras elegantes, ligeras y espaciosas; hace más eficientes los procesos de construcción en obra; y permite una rápida ejecución. Una de sus beneficios más representativos es la libertad para la creatividad que proporciona al arquitecto. La combinación de diferentes productos permite ricos y variados tipos de construcción. Si se combina con vidrio, el acero permite un uso fabuloso de la luz y el espacio.

Este documento, dirigido a los arquitectos, presenta una panorámica general de las ventajas del acero en la construcción de edificios de varias plantas, además de una relación de buenas prácticas para la construcción de estas estructuras. Independientemente del proyecto, ya se trate de edificios residenciales, oficinas, escuelas, edificios culturales, edificios de venta al por menor o edificios industriales, el proyectista deberá leer este documento. Se tratan los siguientes temas:

- El material, sus cualidades y los productos de mercado
- La estructura (el diseño)
- La envolvente (tipos de fachadas y cerramientos, integración de paneles solares, etc.)
- Construcción sostenible en acero



Figura 1.2 Edificio de oficinas de París

Parte 1: Guía del arquitecto

A continuación se muestran una serie de sitios web que ilustran las numerosas y diferentes maneras de utilizar el acero en la construcción de edificios:

www.access-steel.com

www.acierconstruction.com (*en francés*)

www.construiracier.fr (*en francés*)

www.infosteel.be (*en francés y holandés*)

www.bouwenmetstaal.nl (*en holandés*)

www.bauforumstahl.de (*en alemán*)

www.sbi.se (*en sueco*)

www.szs.ch (*en francés y alemán*)

www.apta.com.es (*en español*)

www.promozioneacciaio.it (*en italiano*)

www.eurobuild-in-steel.com

2 CUALIDADES FUNCIONALES

2.1 Creatividad y flexibilidad arquitectónicas

Los métodos de construcción evolucionan, aportando nuevas soluciones arquitectónicas, estéticas y artísticas, y liberándose de las prácticas tradicionales. Tomar conciencia de los problemas medioambientales ocasionados por nuestro estilo de vida, implica la necesidad de inventar edificaciones capaces de satisfacer estos nuevos retos (ver Sección 7).

El acero es el material ‘por excelencia’ cuando se trata de inventar nuevas estructuras y formas. Es posible diseñar todo tipo de soluciones, desde las más sencillas a las más vanguardistas. El acero se puede utilizar tanto para edificios de pequeñas dimensiones, como para grandes estructuras, proyectos de construcción rutinarios o aquellos que estén sujetos a complejas limitaciones técnicas.



Figura 2.1 Diseño energéticamente eficiente en edificio GLA, Londres

No existe ningún otro material de construcción capaz de dar forma estructuras tan esbeltas, ligeras o etéreas. El acero permite construir elegantes estructuras curvas a partir de diferentes tipos estructurales y fachadas .

Los proyectistas pueden dar rienda suelta a su imaginación y creatividad.

A la hora de concebir un edificio, se puede optar por ocultar o exponer la estructura metálica, revelando así su esencia. En ambos casos se mantienen las ventajas del acero: facilidad de diseño modular, compacidad, ahorro de material, libertad de uso, rapidez en el montaje, etc.



Figura 2.2 Oficina Central de ING Bank en Ámsterdam

El acero proporciona flexibilidad en los usos de un edificio, necesaria para permitir la evolución del mismo a lo largo de su vida útil. El edificio puede estar diseñado de manera que permita futuras evoluciones:

- Modificaciones en las sobrecargas debidas a un cambio de uso del edificio
- Distribución de la planta para garantizar la posibilidad de crear nuevas aperturas o particiones
- Movimientos horizontales y verticales, salidas: se pueden tomar las precauciones adecuadas para limitar los impactos en la estructura durante futuras modificaciones.

La posibilidad de construir grandes vanos, constituye una de las principales ventajas de las estructuras de acero, gracias tanto a la calidad del material como de los productos acabados. Los grandes vanos facilitan futuros desarrollos de la estructura, estando esta, en ocasiones, integrada en los muros exteriores para liberar espacio en el interior. A pesar de que inicialmente las estructuras con grandes vanos estaban restringidas a edificios o almacenes de uso industrial, en la actualidad son muy comunes en edificios de oficinas o residenciales.

Es recomendable optar por una estructura sustentada en pilares en lugar de en muros de carga, con el objeto de eliminar las restricciones que estancan un edificio en el tiempo y condenan su evolución. Los elementos portantes están separados de los sistemas que componen la envolvente (fachadas y cubierta) y las particiones interiores para permitir, de esta forma, el futuro desarrollo del edificio. Puesto que no ofrecen función estructural alguna, fachadas, cubierta y particiones interiores pueden retirarse y sustituirse.

En los edificios de acero de varias plantas, los sistemas de arriostramiento vertical deben disponerse de tal forma que no obstruyan el uso de los espacios abiertos.

Para poder diseñar y proyectar en acero, es vital comprender los diferentes aspectos del proceso de construcción:

- Forjados
- Fachadas
- Particiones interiores
- Cubiertas

Cada uno de estos aspectos implica el montaje de varios productos en un orden específico (véanse las secciones correspondientes).

2.2 Prefabricación - Sistemas industrializados de edificación

Los procedimientos constructivos basados en componentes prefabricados, capaces de adaptarse a la nueva normativa, reglamentos e instrucciones, facilitan el diseño y la construcción de edificios que se encuentran en perfecta armonía con su uso final. Todos los elementos de acero estructural se fabrican en empresas siderúrgicas o talleres especializados que utilizan maquinaria de corte y doblado automatizada y controlada por ordenador. Las tolerancias de proyecto se limitan a milímetros, mientras que otros materiales de construcción, en general, tienen tolerancias con un orden de magnitud de centímetros. Los productos acabados están sometidos a unos niveles exhaustivos de control de calidad.

Los componentes que se utilizan para la construcción en acero, se preparan en taller y se suministran listos para su montaje in situ. Generalmente, no sufren modificaciones in situ, ya que están listos para ser utilizados.



Figura 2.3 Edificio industrial de varias plantas durante su construcción en Mónaco

Una de las principales ventajas de las estructuras metálicas es la velocidad de montaje, y en el caso de estructuras temporales, la velocidad de montaje y

desmontaje (por ejemplo, en la construcción modular). El uso inteligente de los productos y componentes de acero producidos por fabricantes, quienes continuamente están innovando y desarrollando, contribuye a la transformación de nuestros paisajes urbanos.

2.3 Un arte en continua evolución

La percepción del acero ha ido evolucionando a lo largo del tiempo hasta su concepción actual. Se han ido desvelando sus cualidades y ventajas. Se ha ensayado y probado. Es más, la amplia gama de materiales complementarios disponibles, implica que las estructuras en acero pueden satisfacer las rápidamente cambiantes necesidades de uso y estilo de vida de edificios y estructuras.

Una gran cantidad de edificios construidos tras la Segunda Guerra Mundial no satisfacen las necesidades actuales, aunque pueden rehabilitarse y ampliarse en caso de que su valor patrimonial así lo aconseje y justifique.

Los edificios de acero están diseñados con fachadas y paredes hechas de “composites” ligeros. Esta solución constructiva combina todas las cualidades del acero.

2.4 Ampliación y rehabilitación

2.4.1 Ampliación en altura

El concepto de ampliar los edificios en altura resulta muy interesante, el proyectista se puede beneficiar de la cimentación existente y de sus uniones.

Las estructuras de acero son ligeras y capaces de adaptarse a numerosas situaciones. Proporcionan una solución efectiva para la ampliación de edificios antiguos, sea cual sea el material original, ayudando a encontrar el equilibrio adecuado entre el peso propio de la nueva estructura y las cargas admisibles.

Par ampliar la estructura de acero existente, resulta razonable la idea de mantener el mismo sistema de construcción.



Figura 2.4 Ampliación en altura de un edificio

Las ampliaciones en edificios se suelen realizar conjuntamente con las rehabilitaciones. Al construir una ampliación con una estructura de acero, el modo operandi más habitual permite gestionar dos actividades al mismo tiempo, reduciendo de esta forma el tiempo necesario para rehabilitar el

edificio existente. Es decir, la rehabilitación puede realizarse paralelamente a la ampliación sin incurrir en costosos retrasos.

En función del tipo de estructura de la ampliación, y en caso de que se sitúe sobre un edificio de hormigón armado al que no se altere su anchura, la estructura metálica estará apoyada, en su mayor parte, sobre los muros o los pilares exteriores. Incluso, puede fijarse a los muros exteriores de las fachadas en cada forjado, de manera que se redistribuya apropiadamente la carga. Ambas soluciones evitan tener que crear una nueva estructura en diferentes niveles o construir cimentaciones nuevas, procedimientos que resultan costosos y difíciles de ejecutar.

2.4.2 Ampliación en planta

Cuando las condiciones de reestructuración de un edificio son adecuadas, la estructura de acero también ofrece una solución funcional eficiente para ampliar su planta.



Figura 2.5 Ampliación en planta de un edificio de varias alturas

En función de las características estructurales del edificio y de la normativa de planificación aplicable, son posibles una serie de soluciones técnicas:

- Estructura con una geometría paralela al edificio
- Medios pórticos con cimentaciones exentas paralelas a las originales, dependiendo del tipo de proyecto y del tipo de estructura del edificio
- Tirantes fijados a las vigas de la superestructura del edificio.

La estructura de acero de la ampliación estará mecánicamente fijada a los forjados del edificio.

2.4.3 Conversión y rehabilitación de edificios industriales

Se estima que los trabajos de rehabilitación y reconversión suponen en torno al 50 % de la construcción.

Las estructuras de acero son especialmente adecuadas para este tipo de reformas. Un gran porcentaje de las reconversiones afectan a construcciones

realizadas en acero a lo largo del siglo XIX, como pueden ser estaciones, mercados y edificios industriales situados en zonas urbanas.

Con el acero es sencillo eliminar componentes, sustituir y modificar vanos, cambiar dimensiones de vigas o pilares. La posibilidad de suspender forjados de superestructuras de cubierta aporta una flexibilidad adicional para nuevos proyectos asociados a los edificios ya existentes.

Una de las principales ventajas de las estructuras en acero, que es importante resaltar, es su ligereza. Es una ventaja diferenciadora cuando es necesario añadir nuevos forjados por medio de uniones a la estructura ya existente (una vez comprobada su capacidad portante). En el caso de que fuese necesario construir nuevas cimentaciones para sustentar una nueva estructura, éstas se podrán diseñar fácilmente, y de forma que no interfieran con la cimentación ya existente.

La reconversión de edificios relativamente antiguos (como el que se muestra en la Figura 2.6) siempre requiere garantizar el cumplimiento de la normativa vigente. Puede implicar los siguientes aspectos:

- Salidas de emergencia
Aumento de movimientos
Instalaciones de ventilación y de evacuación de humos
Protección contra incendio y contra la corrosión de los elementos metálicos
Refuerzo para las nuevas sobrecargas
Nuevos accesos.



Figura 2.6 Oficina central de Nestlé Francia, Noisiel

3 ACERO - MATERIAL Y PRODUCTOS

3.1 Acero, el material

El acero ofrece unas cualidades excepcionales en materia de resistencia. Es uno de los materiales más habituales en construcción, ya que hace gala de una resistencia máxima, con una sección reducida, tanto a tracción como a compresión. Este hecho abre la puerta a arquitectos y proyectistas, para concebir una gran variedad de soluciones técnicas y estéticas.

Existen muchos tipos de acero, estos se clasifican de acuerdo con su composición. Hay tres categorías principales de acero:

- Grados de acero no aleado (al carbono)
- Grados de acero inoxidable
- Otros grados de acero aleado

Los aceros no aleados son los que se utilizan normalmente, en el sector de la construcción. Los grados principales, en acero estructural, son S235, S275 y S355. También existen grados con una resistencia superior, como el S460, cada vez más empleados en construcción.

Los productos de acero deben presentar unas características específicas de grado y forma, y según lo especificado por la normativa nacional correspondiente o por la normativa europea.

En las webs de los fabricantes se puede encontrar información al respecto:

www.arcelormittal.com/sections

www.corusconstruction.com

www.peiner-traeger.de

3.2 Productos de acero

Se pueden clasificar en dos categorías principales, como muestra la Figura 3.1.

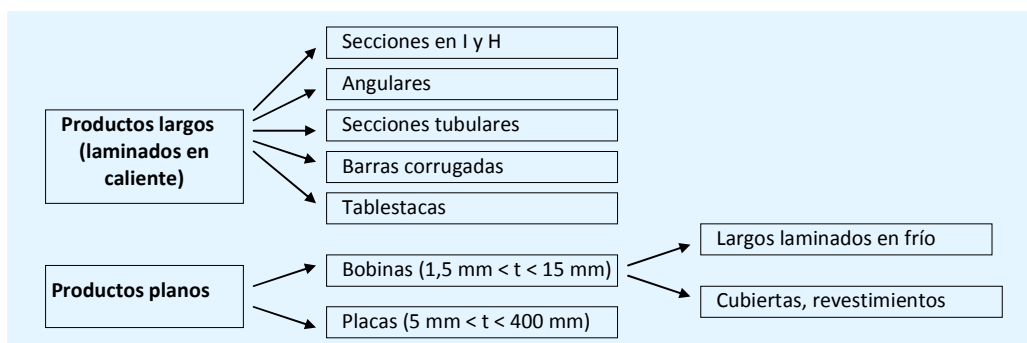


Figura 3.1 Categorías principales de productos de acero utilizados en construcción

3.2.1 Productos largos laminados en caliente

Los productos largos laminados en caliente (a menudo denominados “secciones” o “perfiles”) se utilizan normalmente como elementos de la estructura principal (perfiles, vigas, arriostramientos).

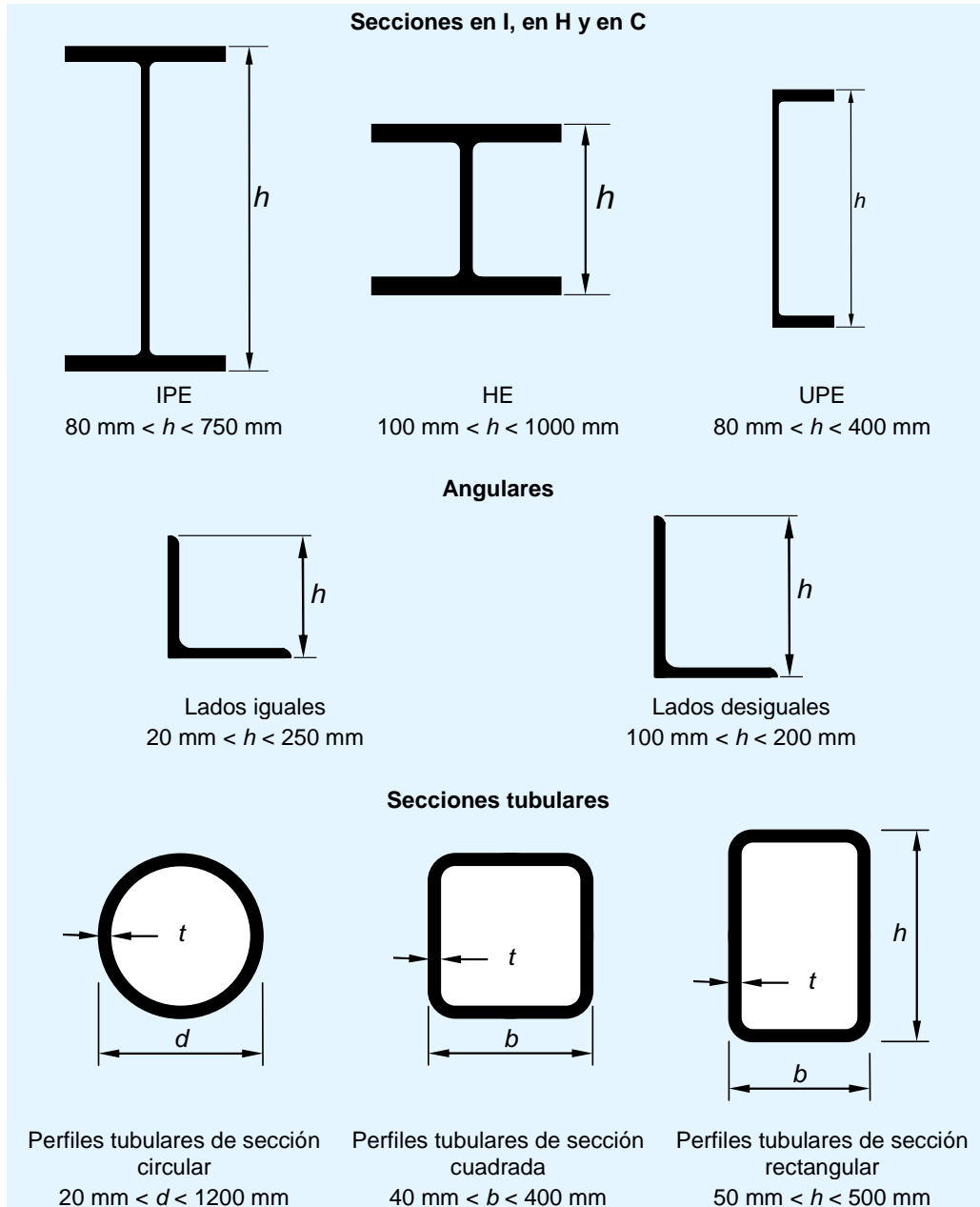


Figura 3.2 Productos largos laminados en caliente utilizados en la construcción

Las secciones sufren varias transformaciones, como pueden ser el corte, la soldadura, el doblado, etc. para obtener formas diferentes y un mejor comportamiento.

En este sentido, las vigas alveolares (Figura 3.3) pueden fabricarse con secciones IPE o HE utilizando procedimientos de oxicorte y soldadura.

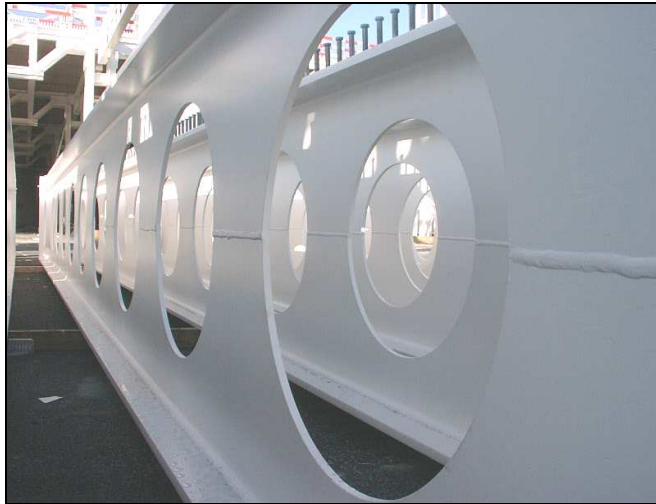


Figura 3.3 Vigas alveolares fabricadas con perfiles laminados en caliente

3.2.2 Productos largos conformados en frío

Los productos largos conformados en frío, cuya forma se ha conseguido a partir de chapa de acero fina, suelen utilizarse normalmente como elementos secundarios para fachadas (rieles) y cubiertas (correas).

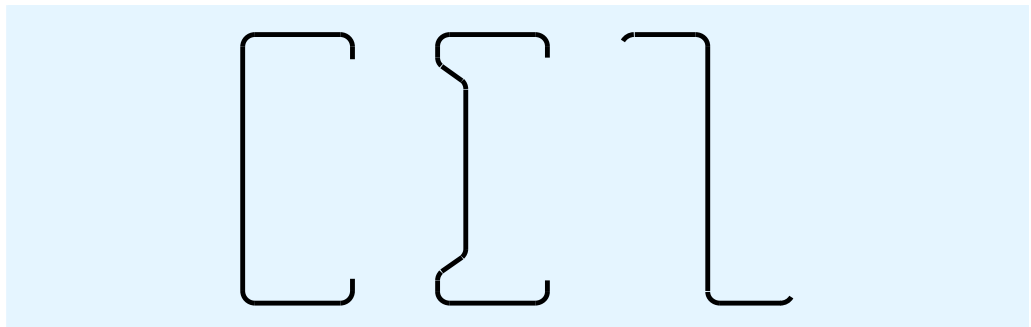


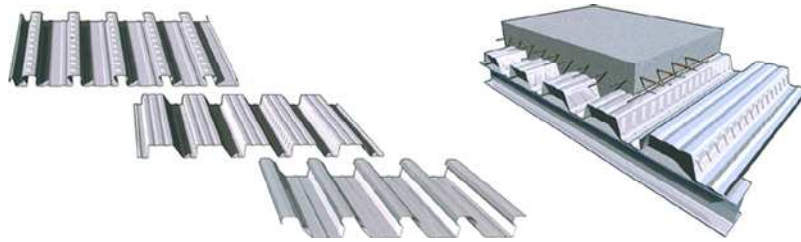
Figura 3.4 Productos conformados en frío - Secciones típicas

3.2.3 Productos planos

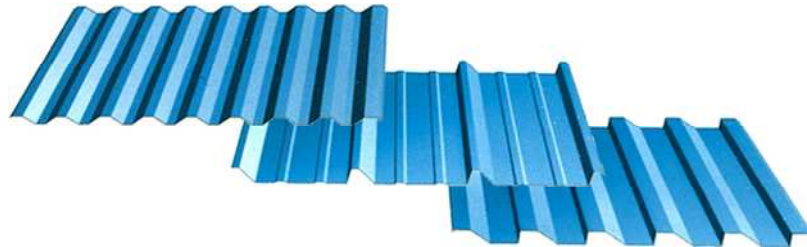
En la construcción de edificios, el uso de productos planos es, principalmente, para los siguientes objetivos:

- Chapa para forjados
- Cubiertas
- Cerramientos

Para cada una de las aplicaciones anteriores normalmente se utiliza chapa fina, formando chapas laminadas (consultar Figura 3.5).



Chapa para forjados



Chapas para cubiertas



Chapas para cerramientos

Figura 3.5 Empleo de productos planos en construcción

4 LA BASE DE UN BUEN DISEÑO: LA ESTRUCTURA

4.1 El sistema estructural

En estructuras de varias plantas, se garantizan la resistencias y la correcta distribución de las cargas a través de una estructura principal formada por vigas y pilares.

4.1.1 La estructura

En la fase de concepción y diseño, siempre surge la cuestión de cómo optimizar el número de puntos de carga, la solución adoptada debe tener en cuenta el uso del futuro edificio. En lo que respecta al diseño del espacio, los pilares siempre se consideran obstáculos, que deben limitarse lo máximo posible. En los edificios residenciales, las estructuras tradicionales emplean vanos con luces de entre 4,50 y 6 m, los vanos mayores, con luces entre 12 y 18 m se utilizan en oficinas, y los vanos de 15 a 16 m se suelen reservar para aparcamientos, ya que ofrecen una gran cantidad de espacio libre.

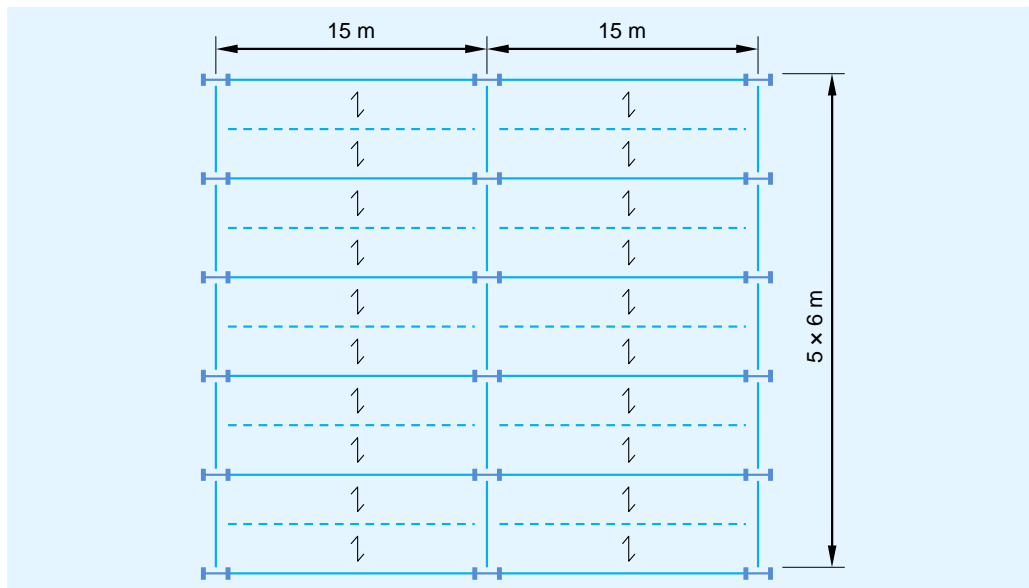


Figura 4.1 Ejemplo de red de pilares y vigas

El número de pilares depende del tipo de cimentación, que a su vez está condicionada por las características del terreno. Cuando el terreno no es adecuado, es recomendable limitar el número de cimentaciones y, por consiguiente, reducir el número de pilares. Una de las principales ventajas de la estructura de acero es la de reducir el peso global del edificio, reducir las cargas transmitidas al terreno y por tanto el tamaño de la cimentación.

4.1.2 Pilares

La principal función de los pilares es transferir las cargas verticales a los cimientos, aunque generalmente también transmiten parte de las cargas horizontales (acción de viento). En edificios de varias plantas, debido a los

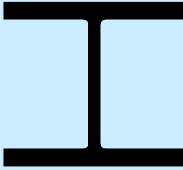
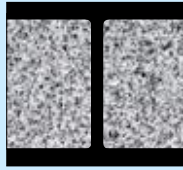
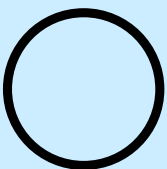
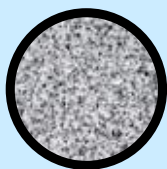
esfuerzos de compresión a los que están sometidos, en el cálculo de pilares, se deben contemplar las comprobaciones a pandeo.

Los criterios que contribuyen a seleccionar la sección del pilar suelen ser los siguientes:

- Preferencia arquitectónica
- Diseño en planta y tamaño
- Coste de los productos de acero (los perfiles en I o en H son menos costosas que los perfiles tubulares)
- Costes de instalación (complejidad de instalación)
- Facilidad y simplicidad con la que se pueden conectar los elementos secundarios (para fachadas, forjados, cubierta).
- Productos necesarios para poder satisfacer los requisitos de protección (fuego, corrosión, etc.)

En la Tabla 4.1 se muestran los tipos principales de pilares utilizados en edificios de varias plantas. Los pilares mixtos proporcionan una mejor resistencia al fuego.

Tabla 4.1 Tipos principales de pilares

	Sección de acero	Perfil mixto
Sección en H		
Perfiles tubulares de sección circular		

El diseño del pilar que se puede ver en la Figura 4.2 proporciona un valor añadido, arquitectónicamente hablando, además de ahorrar en costes, en materiales y optimizar el comportamiento estructural.



Figura 4.2 Estructura de edificio con tirantes

Los perfiles de sección variable pueden aportar un cierto dinamismo arquitectónico al diseño de los pilares. Formados a partir de secciones estándar, estos pilares se caracterizan por variar sus dimensiones en función de la altura, lo que puede optimizar su comportamiento estructural.

Puesto que el acero se comporta igualmente bien a tracción que a compresión, por motivos funcionales (para evitar obstrucciones) o arquitectónicos, puede ser preferible recurrir a un tirante en lugar de a un pilar, a la hora de sujetar una viga y cruzar un forjado sin otro punto de apoyo.



Figura 4.3 Disposición estructural con tirantes

4.1.3 Vigas

Las vigas distribuyen las cargas verticales y están, principalmente, sometidas a esfuerzos de flexión. La sección de la viga debe presentar una rigidez y una resistencia suficientes en el plano vertical.

Hay numerosos tipos de viga (ver Tabla 4.2), entre todos ellos, las vigas mixtas se adaptan especialmente bien a edificios de varias plantas. Cuando se combina con el acero, el hormigón funciona a compresión, y el acero (principalmente) a tracción: el resultado es un sistema que ofrece unos buenos resultados mecánicos, tanto en términos de resistencia como de rigidez.

Tabla 4.2 Tipos principales de vigas

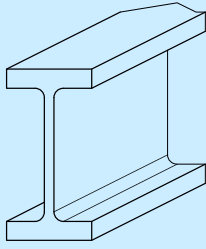
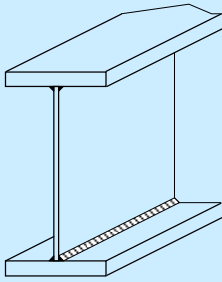
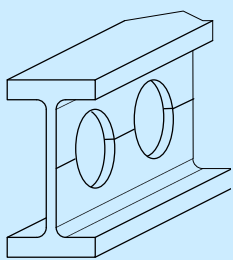
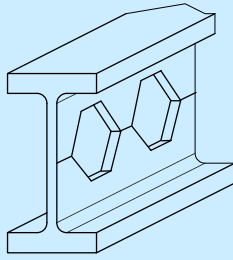
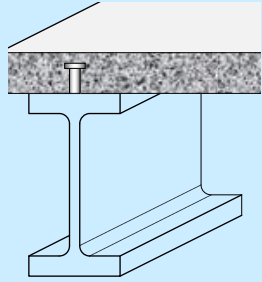
Tipo	Comentario
<p>Perfiles laminados</p> 	<p>Los perfiles laminados se suelen utilizar en edificios de varias plantas. Están disponibles en una amplia gama de dimensiones y de grados de acero. Los perfiles laminados simples se adaptan muy bien a vanos de dimensiones pequeñas y medias. Los perfiles laminados pueden curvarse con fines arquitectónicos.</p>
<p>Perfiles soldados</p> 	<p>Las vigas armadas (perfiles soldados) se fabrican a partir de chapa de acero estructural. Pueden tener alas de dimensiones diferentes, formando una sección mono-simétrica. Estos perfiles ofrecen la posibilidad de diseñar elementos cónicos, lo cual sirve para optimizar la cantidad de material, con un interesante efecto arquitectónico.</p> <p>Esta solución se utiliza, normalmente, para vigas de mayor tamaño que los perfiles laminados estándar</p>
<p>Vigas alveolares</p>  	<p>Las vigas alveolares se fabrican a partir de perfiles laminados, mediante oxicorte y soldadura. Esta solución resulta muy eficaz para edificios de oficinas, ya que ofrece numerosas ventajas: una mayor inercia, sobretodo comparado con un perfil básico, se facilitan orificios para las instalaciones (conductos, aire acondicionado, etc.) y puede proporcionar un interesante aspecto arquitectónico.</p> <p>Aunque los alveolos suelen ser circulares, también es posible que tengan otras geometrías, por ejemplo hexágonos.</p>
<p>Vigas mixtas</p> 	<p>Cuando la viga soporta una losa de hormigón, es fácil garantizar una unión estructural entre la losa y la viga. El perfil de acero puede ser un perfil laminado, un perfil soldado o una viga alveolar. Esta última se recomienda especialmente para forjados de grandes luces en edificios de varias plantas (de hasta 18 ó 20 m).</p> <p>Se han desarrollado numerosas soluciones de vigas mixtas.</p>



Figura 4.4 Viga mixta con conectores soldados en fase de construcción



Figura 4.5 Vigas alveolares mixtas con chapa de acero

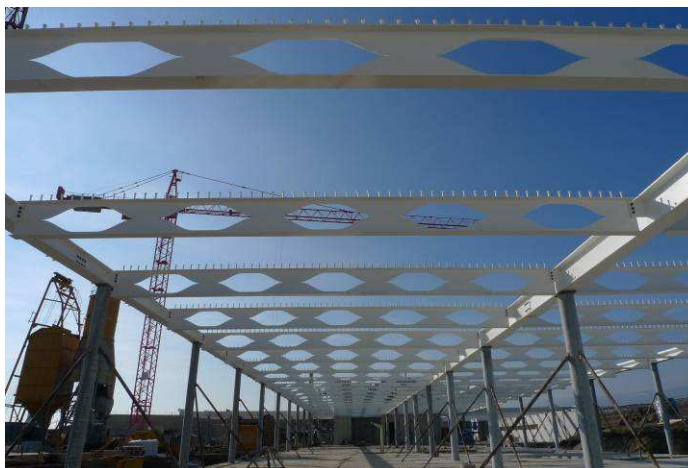


Figura 4.6 Nuevo tipo de viga – Angelina™ (viga mixta), durante el montaje

Hay varios tipos de vigas mixtas, tal y como se muestra en la Figura 4.7. En estos ejemplos, el perfil de acero puede ser un perfil laminado, un perfil soldado o una viga alveolar. En el ejemplo (c), el perfil de acero es un perfil laminado.

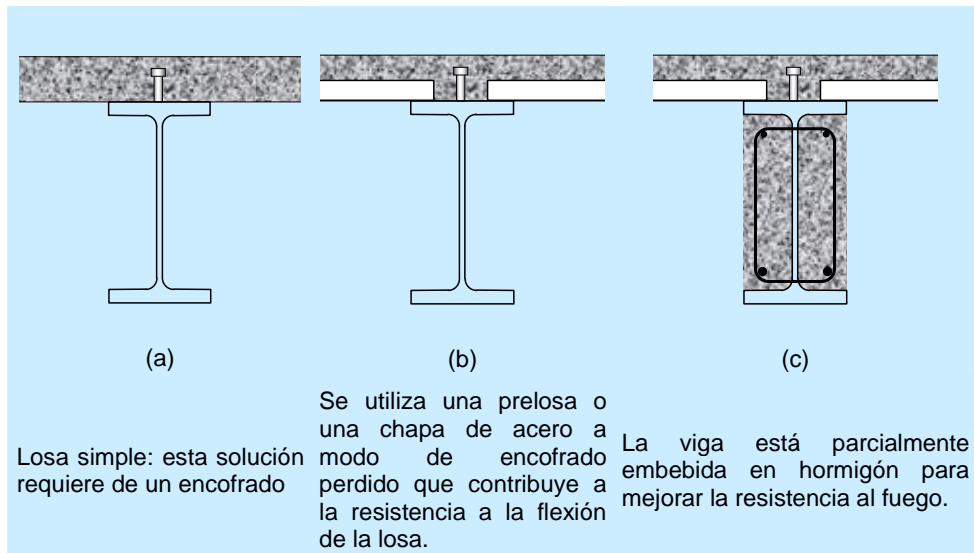


Figura 4.7 Vigas mixtas

En edificios de varias plantas, el espesor total de los forjados a menudo debe reducirse a su mínima expresión. El diseño de “slim floors” (forjados de anchura limitada) consiste en integrar la viga de acero en la losa de hormigón. En la Figura 4.8 se pueden ver dos ejemplos.

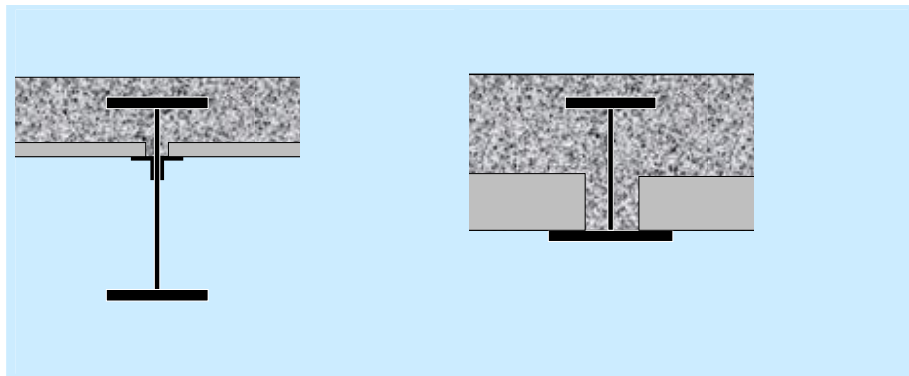


Figura 4.8 Vigas integradas en un forjado tipo “Slim Floor”

En la Figura 4.9 se muestran tres ejemplos de vigas de acero utilizadas como vigas integradas en forjados.

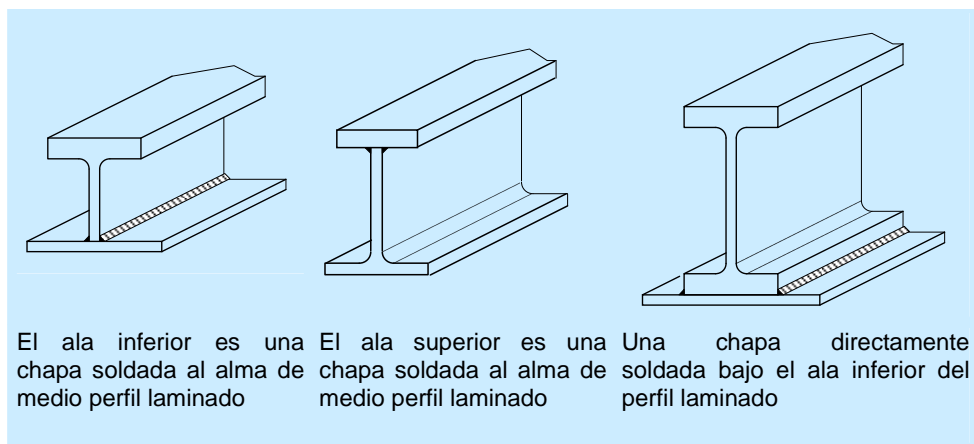


Figura 4.9 Diferentes tipos de perfiles utilizados a modo de vigas integradas

En la Tabla 4.3 se muestran los rangos de luz óptimos para cada tipo estructural de forjado.

Tabla 4.3 Valores de luz de las diferentes opciones estructurales

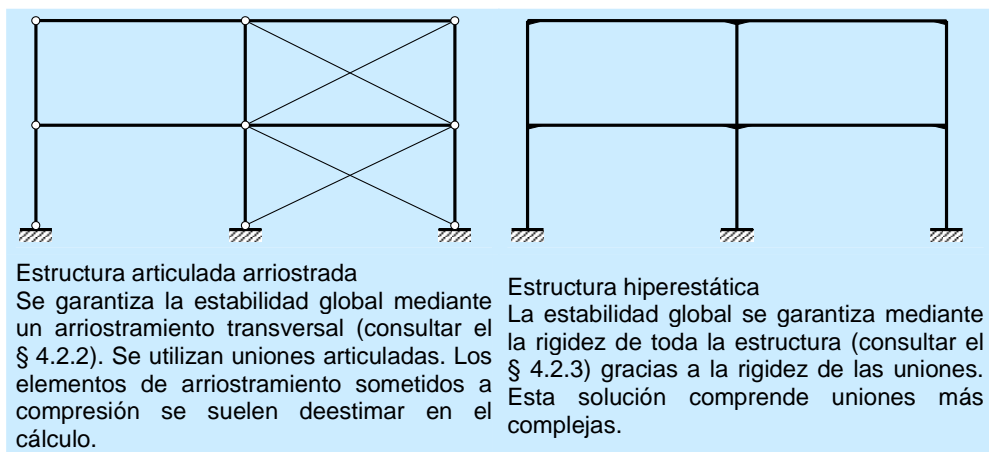
	Luz (m)					
	6	8	10	13	16	20
Losa simple de hormigón armado	████████					
Vigas "Slim Floor" y losa mixta de gran espesor	██████████					
Vigas integradas con losas prefabricadas	██████████████					
Vigas de hormigón armado y losa		██████████				
Losa simple de hormigón postesado			██████████			
Vigas mixtas y losa		██████████████				
Vigas fabricadas con alveolos en el alma			██████████████			
Vigas mixtas alveolares			██████████████			

4.2 Arriostramientos

4.2.1 Aspectos generales

Se calcula una estructura para que sea isostática, de manera que tenga el mínimo número de de soportes posibles y al mismo tiempo garantizar su estabilidad global. Cuando se incrementa el número de soportes y de uniones rígidas, la estructura se hace más rígida, hiperestática, el inconveniente radica en que las uniones rígidas son más caras que las uniones articuladas. Por lo tanto es necesario alcanzar un compromiso económico y técnico.

En la Figura 4.10 se pueden ver dos opciones de estabilidad en el plano vertical de un edificio de varias plantas.



Estructura articulada arriostrada

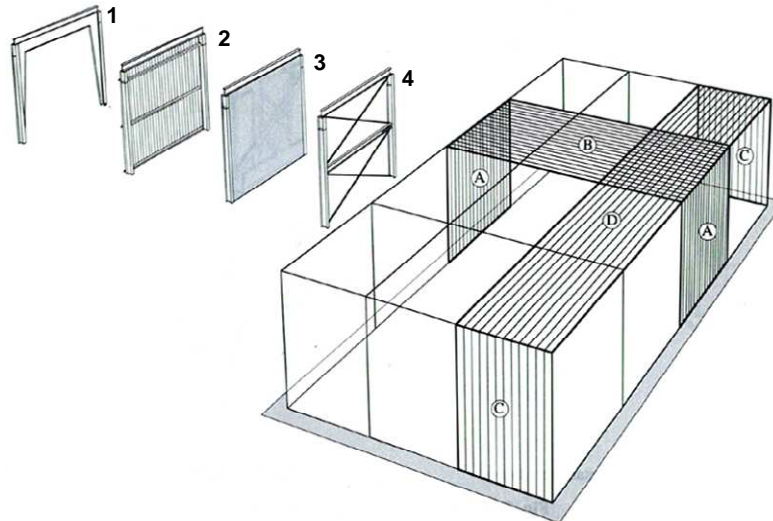
Se garantiza la estabilidad global mediante un arriostramiento transversal (consultar el § 4.2.2). Se utilizan uniones articuladas. Los elementos de arriostramiento sometidos a compresión se suelen deestimar en el cálculo.

Estructura hiperestática

La estabilidad global se garantiza mediante la rigidez de toda la estructura (consultar el § 4.2.3) gracias a la rigidez de las uniones. Esta solución comprende uniones más complejas.

Figura 4.10 Estabilidad global en el plano vertical de una estructura de varias plantas

La estabilidad de un edificio deberá garantizarse en todos los planos principales (verticales y horizontales), de manera que se transfieran las fuerzas a los cimientos, tal y como se puede ver en la Figura 4.11.



Clave: - véase el texto

Figura 4.11 Planos de estabilidad de un edificio rectangular

La estabilidad vertical (A y C en el Figura) se puede lograr por medio de cualquiera de los siguientes sistemas:

- 1 Arriostramiento con cruces de San Andrés (estructura simple)
- 2 Efecto estructura
- 3 Efecto diafragma (contribución del cerramiento)
- 4 Muro de hormigón

La estabilidad horizontal (B y D en la Figura 4.11) se garantiza normalmente bien mediante el efecto diafragma en los forjados de hormigón, bien mediante arriostramiento con cruces de San Andrés. Los sistemas de estabilidad horizontal deben estar unidos adecuadamente a los sistemas de estabilidad vertical para transferir las cargas a la cimentación.

La acción del viento es la acción horizontal principal en edificios de varias plantas. En zonas sísmicas, se deben considerar también las acciones horizontales debidas al sismo.

4.2.2 Estructura arriostrada

Los edificios de varias plantas suelen diseñarse con elementos articulados. La estabilidad, normalmente se consigue mediante un arriostramiento con cruces de San Andrés y, en ocasiones, mediante un núcleo rígido de hormigón. Las ventajas de un diseño de estas características son las siguientes:

- Uniones simples
- Montaje rápido
- Menores costes de fabricación

El arriostramiento con cruces de San Andrés puede situarse tanto en el interior como en el exterior del edificio, dependiendo de las preferencias estéticas. En la Figura 4.12 se puede ver un ejemplo de arriostramiento utilizado como singularidad arquitectónica.



Figura 4.12 Arriostramiento con cruces de San Andrés externo en un edificio de varias plantas

4.2.3 Estructura hiperestática

Para evitar disponer arriostramiento, se puede recurrir al diseño de estructuras rígidas o hiperestáticas.

Los edificios de varias plantas con una estructura compuesta por pórticos rígidos a menudo precisan perfiles de mayor sección en pilares y, en ocasiones, también en vigas.

Garantizar la estabilidad mediante la acción de la estructura es menos económico que mediante un sistema de arriostramiento, pero una combinación de ambos sistemas podría aportar una solución eficiente y equilibrada. También es posible garantizar la estabilidad mediante estructuras rígidas en una dirección y utilizar el arriostramiento en la dirección perpendicular.

Ventajas de las estructuras hiperestáticas:

- Las vigas primarias son más rígidas – las deformaciones son menores que en vigas con uniones articuladas
- Los forjados son menos sensibles a las vibraciones

La redundancia estructural incrementa la resistencia.

Desventajas que presenta:

- Las uniones son más complejas y su montaje resulta más complicado
- Los esfuerzos internos en pilares aumentan

La estructura resulta globalmente más cara.

Las estructuras hiperestáticas en ambas direcciones son excepcionales. Pueden recomendarse en edificios con requisitos especiales (investigación médica, salas blancas, equipamiento sensible a deformaciones y vibraciones, etc.).

4.3 Forjados

4.3.1 Aspectos generales

La función estructural de los forjados consiste en transferir las cargas a los elementos principales de la estructura. Los forjados también contribuyen a la estabilidad global de la estructura porque suelen actuar a modo de diafragma para dar estabilidad en el plano horizontal.

El diseño de un forjado se adecua a especificaciones tales como:

- Cargas aplicadas
- Rendimiento térmico
- Rendimiento acústico
- Resistencia al fuego
- Integraciones de servicios
- Requisitos de unión de un falso techo.

La parte estructural del forjado puede ser:

- Losa de hormigón con encofrado colaborante de acero
- Losa de hormigón con chapa de acero utilizada a modo de encofrado perdido
- Forjados secos
- Losa simple, losa de hormigón a partir de prelosas
- Losa prefabricada

4.3.2 Losa de hormigón con encofrado colaborante de acero

El uso de chapa de acero tiene numerosas ventajas:

- Encofrado perdido eficiente (el encofrado no tiene que ser eliminado tras el vertido del hormigón)
- La instalación de una chapa de acero es más fácil que la de una losa prefabricada
- No suele ser necesario apuntalar durante la construcción.

Una simple chapa de acero resulta eficiente a modo de encofrado perdido en la fase de construcción. Se han desarrollado chapas especiales de acero para mejorar la resistencia a flexión del forjado, resistiendo los esfuerzos de tracción. Estas chapas se diseñan con unos nervios estampados para mejorar la adherencia con el hormigón. Ver la Figura 4.13.

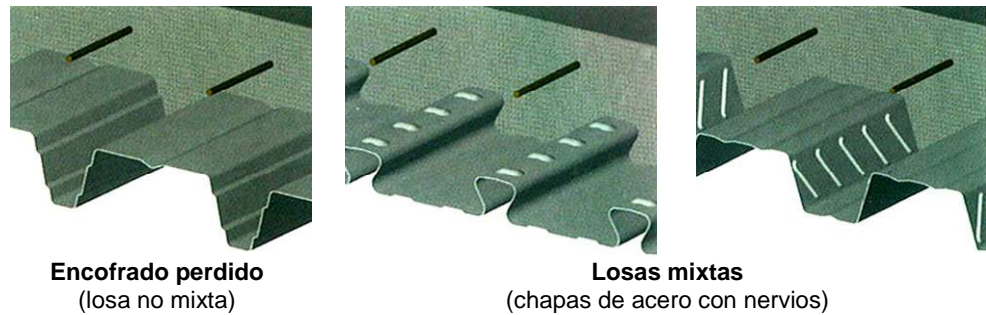


Figura 4.13 Losa de hormigón encofrado colaborante de acero

Para optimizar el comportamiento estructural, una losa mixta con encofrado colaborante de acero puede diseñarse para contribuir a la resistencia a flexión de las vigas (vigas mixtas), tal y como puede verse en Figura 4.14. Esta acción favorece una reducción en las dimensiones de los perfiles de acero, y, por consiguiente, en el espesor total del forjado, el peso de la viga, etc.

Dimensiones típicas de una chapa de acero:

- Longitud: 6 m
- Anchura: 1 m
- Espesor: 0,75 ó 1 mm.

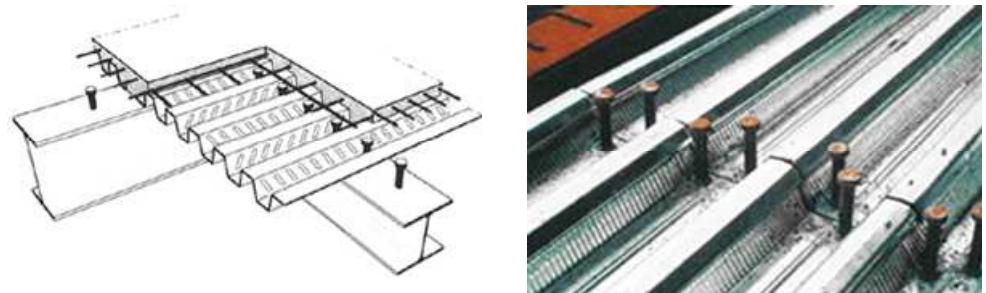


Figura 4.14 Losa mixta y vigas mixtas

Resistencia al fuego de losas mixtas de chapa de acero y hormigón

La chapa de acero funciona como refuerzo mecánico. La parte inferior no suele requerir de protección alguna. Las losas mixtas con encofrados colaborantes pueden tener una resistencia al fuego de 30 minutos sin protección especial.

Para obtener fácilmente una resistencia superior, se puede actuar de la siguiente manera:

- Añadiendo armadura en la losa
- Protegiendo de la parte inferior del forjado
- Adicionando un falso techo de lana mineral y cartón-yeso.

4.3.3 Losa hormigonada in situ a partir de prelosas

Las losas más sencillas suelen estar formadas por prelosas (elementos prefabricados) hormigonadas in situ. En fase de hormigonado puede ser necesario apuntalar temporalmente las prelosas y los encofrados, para transferir el peso propio la losa y de los operarios que trabajan en su construcción.

La losa puede contribuir a la resistencia a la flexión y a la rigidez de las vigas si se realiza una unión adecuada (conectores soldados, por ejemplo) entre la losa y la viga – consultar las vigas mixtas de la Tabla 4.3

4.3.4 Losas aligeradas

Las losas aligeradas prefabricadas se apoyan, por regla general, en vigas (no mixtas) que quedan parcialmente integradas en el forjado. Estos elementos se pueden colocar tanto en ángulares soldados al alma, como en el ala inferior (consultar la Figura 4.15, la Figura 4.8 y la Figura 4.9). Se recomienda disponer un recubrimiento de hormigón armado, para dotar de continuidad a la losa, y así garantizar un efecto diafragma por parte de la misma.

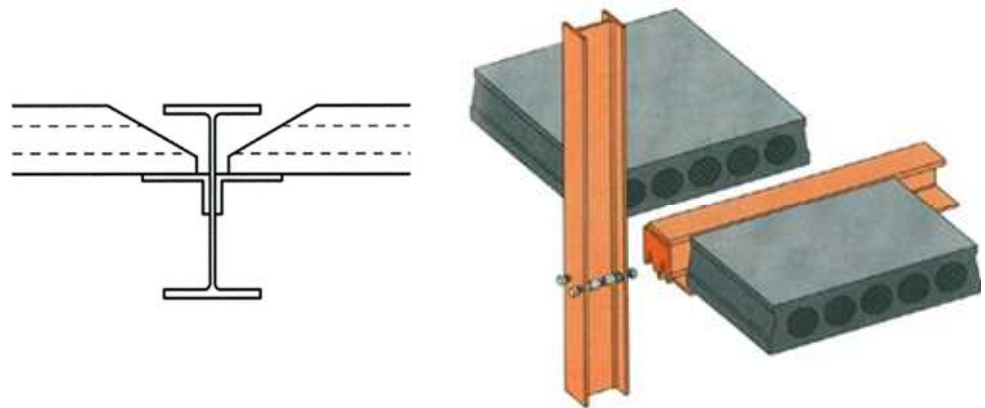


Figura 4.15 Losa aligerada

4.3.5 Losa mixta prefabricada

Este tipo de forjado se compone de elementos prefabricados de 1,20 m de ancho y de hasta 7,00 m de largo, tal y como se muestra en la Figura 4.16.

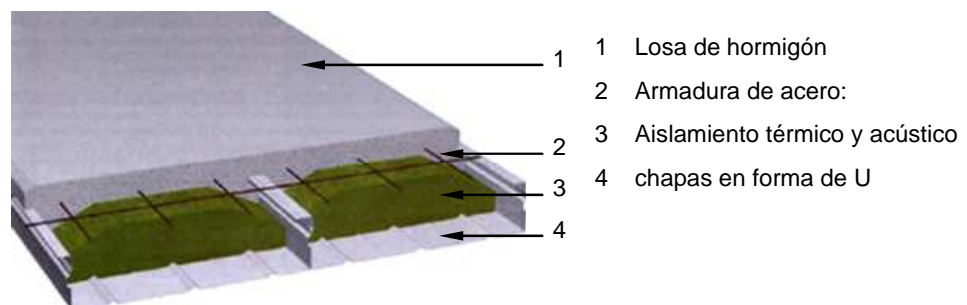


Figura 4.16 Losa mixta prefabricada

4.3.6 Forjados secos

Los forjados secos se componen de un conjunto de elementos industrializados ensamblados mecánicamente (consultar la Figura 4.17). Las principales propiedades de los forjados secos son:

- Poco peso propio
- Buen comportamiento acústico
- Buen comportamiento térmico (el aislamiento está integrado en el forjado)
- Rapidez de instalación
- No es necesario un apuntalamiento temporal durante la construcción
- Flexibilidad

La transferencia de cargas se realiza a través de un encofrado de de acero laminado en caliente. Generalmente, tiene una longitud que oscila entre 2,00 y 6,00 m, y un espesor de aproximadamente 20 cm. Las instalaciones (cables, conductos) pueden disponerse en la parte interior del encofrado. Así mismo, puede incorporarse a la solera una capa de calefacción eléctrica.

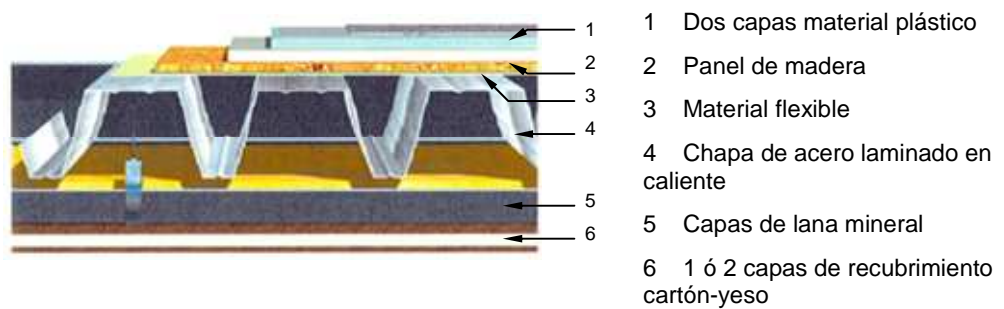


Figura 4.17 Componentes principales de un forjado seco



Figura 4.18 Foto de un forjado seco

La resistencia al fuego de un forjado seco depende del rendimiento del falso techo y de los componentes superiores hechos de cartón-piedra. Su rendimiento puede adaptarse a la legislación nacional o a otros requisitos específicos.

4.3.7 Requisitos acústicos y térmicos en forjados

Para cumplir con los requisitos relacionados con el aislamiento térmico y acústico, se pueden adicionar otros materiales a la losa. Esos materiales proporcionarán una cobertura adecuada.

Dichos elementos son:

- Cartón-yeso dispuesto bajo el forjado, su rendimiento acústico variará en función de número de capas.
- Capas de lana mineral, dispuestas de manera que se sujetan al cartón-yeso.

El espacio entre las vigas situadas bajo el forjado, puede utilizarse para la integración de las instalaciones.



Figura 4.19 Losa mixta con aislamiento térmico

4.4 Uniones

4.4.1 Aspectos generales

La construcción en acero se basa en un principio básico, unir diferentes elementos para montar una estructura. La estructura principal está formada por elementos tales como pilares, vigas, riostras, tirantes y traviesas. La fachada, la cubierta, los forjados y las particiones, en cambio, son componentes secundarios unidos a los elementos principales.

La función principal de una unión es transmitir las cargas entre los elementos que une, de tal forma que sea coherente con las hipótesis de cálculo –unión articulada o unión rígida. Cuando las uniones sean visibles, su calidad estética puede enfatizar el comportamiento estructural y contribuir al valor arquitectónico del edificio.

4.4.2 Tipos de uniones

Hay muchos tipos de uniones entre elementos estructurales. Los tipos que se suelen utilizar en edificios de varias plantas, son:

- Uniones articuladas (viga-viga y viga-pilar)
- Uniones rígidas (viga-pilar)

- Uniones de riostras
- Bases de pilares

En la Figura 4.20 se muestran tres tipos de uniones de viga-pilar. Dichas uniones se pueden considerar articuladas. El tipo de unión ha sido diseñada principalmente para transferir el cortante y un pequeño axil.

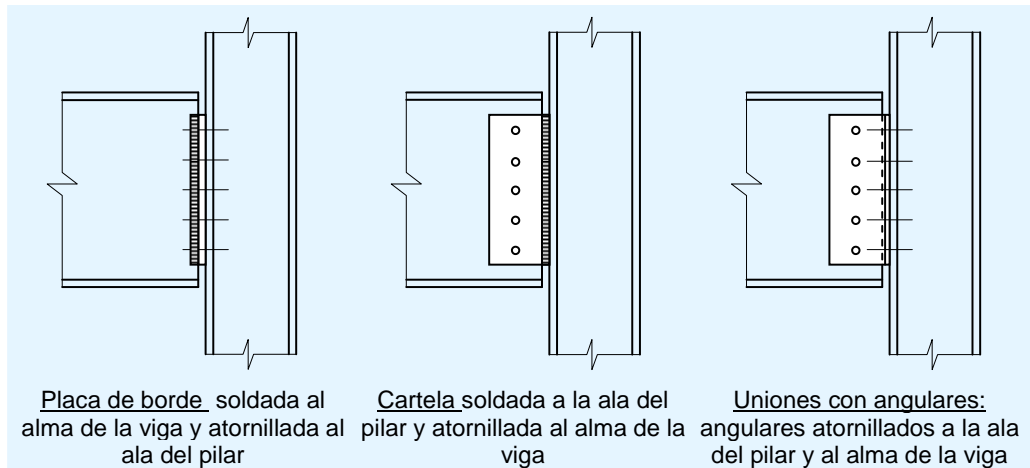


Figura 4.20 Uniones típicas de viga-pilar – uniones articuladas

La Figura 4.21 muestra la unión de una viga secundaria a una viga principal utilizando una unión con angulares. La viga secundaria se entalla de manera que su ala superior se encuentre al mismo nivel que la ala superior de la viga primaria.

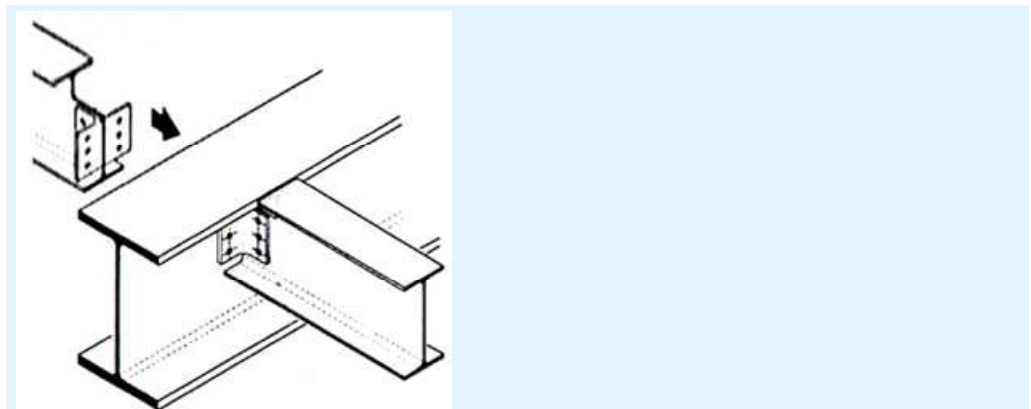


Figura 4.21 Unión típica viga-viga

En la Figura 4.22 se puede ver un ejemplo de unión rígida viga-pilar. La placa de borde está soldada a la viga y atornillada al ala del pilar. Este tipo de unión se diseña para transmitir tanto el momento flector como el cortante.

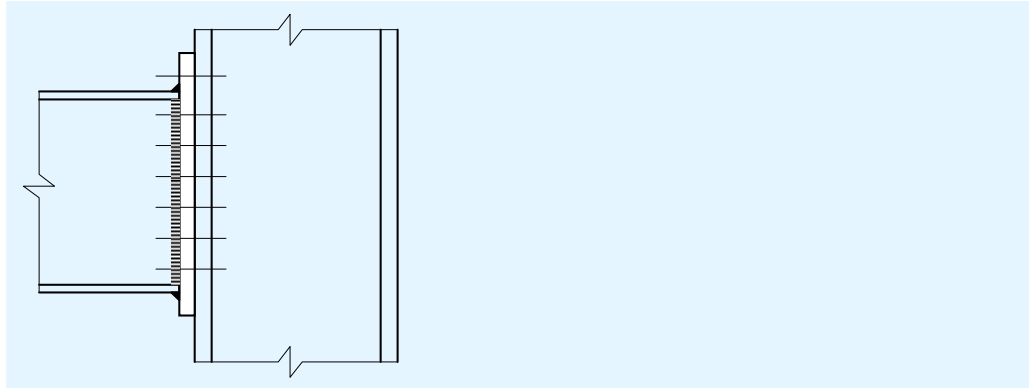


Figura 4.22 Unión rígida

En edificios de varias plantas, las bases del pilar suelen ser articuladas, como la que se muestra en la Figura 4.23(a). Con estas uniones se transmiten los esfuerzos de compresión a la cimentación. En las situaciones habituales, los cortantes son bastante bajos. En la Figura 4.23(b) esta representada una base rígida, comparada con la articulada.

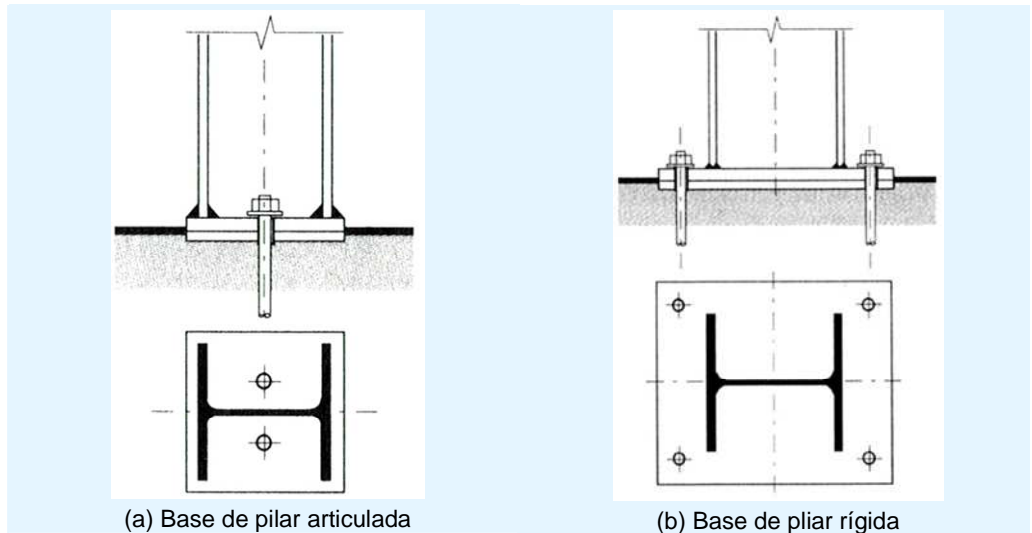


Figura 4.23 Bases de pilares

Los extremos de las riostras suelen ir atornillados a las cartelas. Estas pueden estar, bien soldadas, bien atornilladas a los elementos principales (vigas y pilares). En la Figura 4.24 se muestra un ejemplo de lo anteriormente citado.

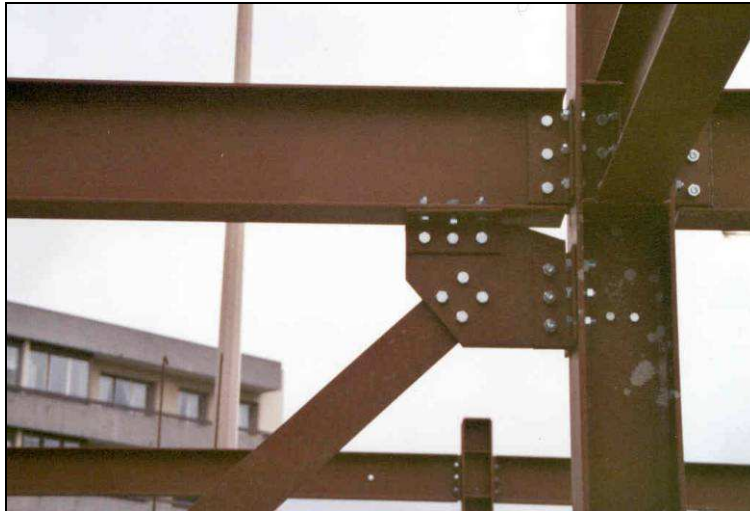


Figura 4.24 Típica unión de un elemento de arriostramiento

4.5 Resumen

En la Tabla 4.4 se indican los pesos típicos de varios elementos de construcción.

Tabla 4.4 Pesos típicos de elementos de construcción

Elemento	Peso típico
Unidades prefabricadas (vano 6 m, diseñados para 5 kN/m ² de sobrecarga)	de 3 a 4,5 kN/m ²
Losa simple (hormigón, 200 mm de espesor)	5 kN/m ²
Losa mixta (hormigón de densidad normal, 130 mm de espesor)	de 2,6 a 3,2 kN/m ²
Losa mixta (hormigón ligero, 130 mm de espesor)	de 2,1 a 2,5 kN/m ²
Servicios e instalaciones	0,25 kN/m ²
Techos	0,1 kN/m ²
Estructura de acero (edificios bajos de 2 a 6 plantas)	de 35 a 50 kg/m ²
Estructura de acero (edificios medios de 7 a 12 plantas)	de 40 a 70 kg/m ²

A la hora de diseñar un edificio de varias plantas, el acero supone numerosas ventajas para el arquitecto:

- La posibilidad de diseñar espacios diáfanos a partir de vanos de grandes luces
- Un edificio construido en acero es más ligero que un edificio construido por medios tradicionales
- La cimentación, en general, es más sencilla y económica
- Las soluciones en estructura de acero son adecuadas para terrenos con poca capacidad portante.

5 LA BASE DE UN BUEN DISEÑO: LA ENVOLVENTE

5.1 Fachadas

5.1.1 Observaciones generales

Cuando en la construcción de un edificio se opta por el acero, las fachadas están formadas a partir de una serie de productos que cumplen con las siguientes funciones: capacidad portante, hermeticidad al aire, estanqueidad, protección contra intrusiones, aislamiento térmico y acústico, protección antiincendios y, por supuesto, una apariencia estética adecuada.

La aplicación de estos productos en sistemas de fachadas garantiza tanto un elevado nivel de precisión como de rendimiento y, por lo tanto, exige un cierto grado de rigor en el diseño, especialmente en las uniones y los cerramientos de los diferentes elementos.

El acero en una fachada se puede utilizar en estructuras secundarias (elementos ligeros de acero, fachadas de dos capas con chapas laminadas o con bandejas), como soporte para recubrimientos exteriores, cerramientos y, por último con fines decorativos o como protección solar.

Las soluciones constructivas en acero pueden combinarse con otros tipos de fachadas: paneles de acero, piedra, ladrillo, terracota, madera y vidrio (consultar los ejemplos de la Figura 5.1). Ofrecen una amplia gama de soluciones arquitectónicas en cuestión de aspecto exterior, formas y acabado.

Esta amplia variedad de recubrimientos puede influir en el comportamiento del conjunto de la fachada, y aportar soluciones para cualquier tipo de proyecto (Figura 5.2), como, por ejemplo:

- Establecimientos públicos
- Oficinas
- Apartamentos y hoteles
- Edificios comerciales



Cerramientos de acero – Montargis (Francia)



Cerramientos de acero – Montargis (Francia)



Terracota – Fulham (Reino Unido)



Piedra – Bagnolet (Francia)



Madera - Luxemburgo (Luxemburgo)



Escayola en muros de carga – Helsinki (Finlandia)

Figura 5.1 Tipos de materiales para fachadas



Millenaris – Budapest (Hungria)



Parlamento Europeo (Francia)



Edificios de viviendas - Evreux (Francia)

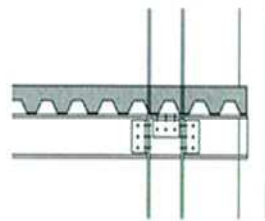


Universidad – Turín (Italia)

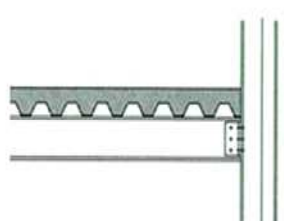
Figura 5.2 Fachadas de varios tipos de proyecto

5.1.2 Posición de la fachada

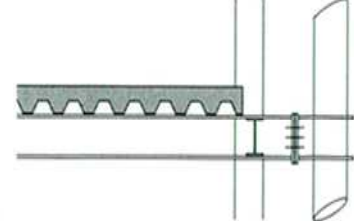
Existen tres configuraciones de fachada en relación con la estructura, tal y como se muestra en la Figura 5.3.



EXTERNA: muro cortina, paneles murales prefabricados



DOBLE FACHADA: paneles ligeros y revestimiento exterior



INTERNA: fachada de paneles



Oficinas Spinningfield Manchester



Royal northern college of music Manchester



Talleres industriales para la empresa pública de transportes – Paris

Figura 5.3 Posicionamiento de la fachada

Las características de estas tres opciones son:

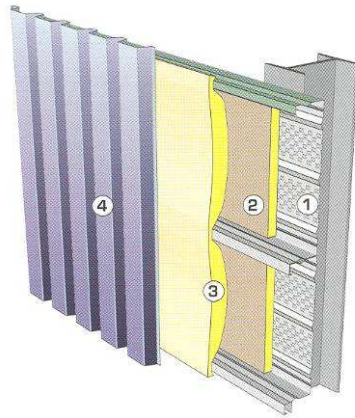
- Fachada totalmente externa: la estructura es visible desde el interior
 - La fachada consiste en una serie de paneles instalados entre forjados
 - Si el pilar queda oculto, se deberá utilizar la sección más eficaz en función de los costes
 - Si el pilar queda visible, será imprescindible considerar el aspecto estético.
 - En este caso, los requisitos de protección contra incendios varían dependiendo del uso que se vaya a dar al edificio, habiendo numerosas soluciones para satisfacerlos (consultar el apartado 6.2.4).
- Doble fachada:
 - En términos generales la solución más económica viene determinada por la selección de la sección, puesto que el pilar no resulta visible.
 - Si las dimensiones provocan una discontinuidad en la cara exterior de la fachada, los pilares pueden dividirse en dos para reducir los obstáculos.
 - Los recubrimientos internos y externos que se han adaptado a tal efecto, garantizarán la protección contra incendios.
- Fachada interna: la estructura resulta visible desde el exterior del edificio
 - Se deberá cuidar el diseño de la unión vigas-fachada, especialmente en lo que se refiere a sus necesidades térmicas, estructurales y de protección contra incendios. Se pueden implantar dispositivos especiales.

5.1.3 El principio de la construcción

En la mayoría de los elementos de construcción para fachadas livianas, se utiliza el extremo del forjado para determinar el límite. El plano vertical que define sirve para fijar elementos, para reducir el puente térmico y para conseguir una protección contra incendios entre los diferentes niveles de forjado.

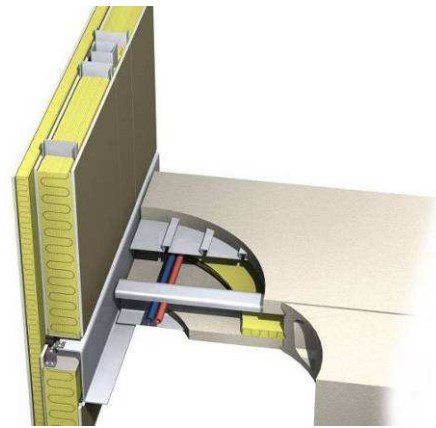
En el exterior, se encuentran los elementos de soporte para el recubrimiento exterior (armazones secundarios, placas), que se instalan verticalmente, o, en ocasiones, horizontalmente. Después se aplica una primera capa de aislamiento térmico, y por último se instala el recubrimiento externo en este armazón utilizando un dispositivo de fijación (armazón transversal, arriostramiento, pre-armazón, etc.). El recubrimiento externo puede estar formado por paneles prefabricados verticales con aislamiento (Figura 5.4).

En el interior, se suele utilizar una partición a dos caras, formada por una, dos o tres caras de cartón-yeso fijadas a una estructura de acero ligero. Se aplica un aislamiento adicional entre los postes de la estructura (Figura 5.5).



Ejemplo de cerramientos verticales

- 1 Cerramiento interno – soporte para la fachada
- 2 Aislamiento térmico o acústico (1ª capa)
- 3 Aislamiento térmico – 2ª capa tras la capa exterior de acero
- 4 Revestimiento exterior



Panel mural prefabricado de grandes dimensiones con perfiles SHS (de sección cuadrada) integrales (Finlandia)

Figura 5.4 Cerramientos



Figura 5.5 Aislamiento térmico

Estos sistemas de fachadas livianos, a menudo, constan de una cámara de aire para conseguir ventilación entre la capa de aislamiento, aplicada delante del extremo del forjado, y la parte interna del revestimiento exterior.

Esta disposición es conductora de un buen rendimiento higratérmico de la partición, y facilita la instalación de elementos de revestimiento sin juntas. Sin embargo, es vital instalar una pantalla impermeable al agua para proteger la capa de aislamiento externa.

Si el revestimiento exterior es impermeable, no se puede introducir un espacio de aire, y no quedará ventilada la fachada.

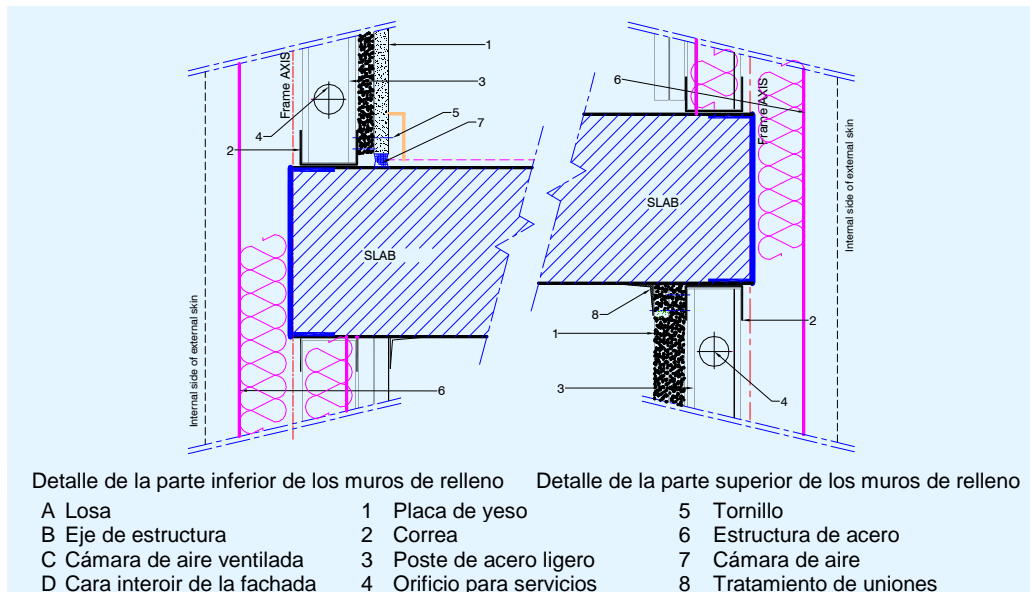


Figura 5.6 Paredes de relleno

5.1.4 Elementos térmicos y acústicos

Gracias a las dos capas de aislamiento, es posible variar el tipo de material aislante (lana de roca, poliuretano, fibra de vidrio) El riesgo de la transferencia directa de calor (puente térmico) debe tratarse a nivel de la fijaciones y juntas entre las partes metálicas que están en contacto con los espacios internos, y las zonas exteriores.

El rendimiento acústico también depende del sistema de los herrajes del revestimiento exterior y de la densidad de aislamiento. Para conseguir una mayor comodidad, el material de revestimiento de acabado interno también puede estar reformado de chapas de metal perforado (ver Figura 5.4), que permita al material aislante de la fachada corregir el rendimiento acústico mediante una absorción atmosférica a un nivel alto de presión acústica.

Las soluciones de fachadas ligeras con estructuras de acero son las ideales para la nueva construcción, además de para la rehabilitación, concretamente, para ampliaciones de edificios en altura.



Universidad de tecnología, Rzeszow (Polonia)



Edificio residencial (Dinamarca)

Figura 5.7 Rehabilitación y ampliaciones

Tabla 5.1 Comparativa por pesos de fachadas y particiones

Tipo de fachada	Peso (kg/m ²)
Fachada pesada: - Muro portante de 18 cm - El aislamiento sobresale 8 cm - Revestimiento de terracotta o piedra de 20 a 50 cm	80-100 (muro no incluido)
Fachada liviana: - Estructura secundaria de fachada (perfilería conformada en frío) - Una capa de lana de roca - División de doblaje de 0,07 cm - Acabado exterior del revestimiento – chapa de acero	30-50
Muro de hormigón de 20 cm	500
2 pilares en forma de H de 0,20 m 1 viga en forma de I de 0,27 m Particiones ligeras de 0,20 m	30-50 dependiendo del uso

5.2 Sistemas de cubiertas

5.2.1 Observaciones generales

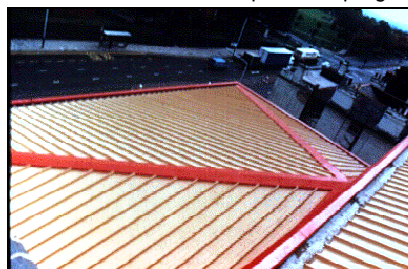
Las estructuras de acero se pueden adaptar a cualquier tipo de cubierta, desde cubiertas impermeables a cubiertas planas o curvas, opacas o de vidrio.



Edificio SuperC – Aquisgrán



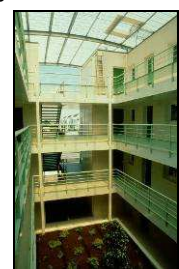
Piedra – Bagnolet



Madera - Luxemburgo



Tejado inclinado instalado



Cubierta de cristal

Figura 5.8 Cubiertas

La envolvente del edificio debe dar respuesta a diferentes requisitos, tal y como muestra la Figura 5.9.

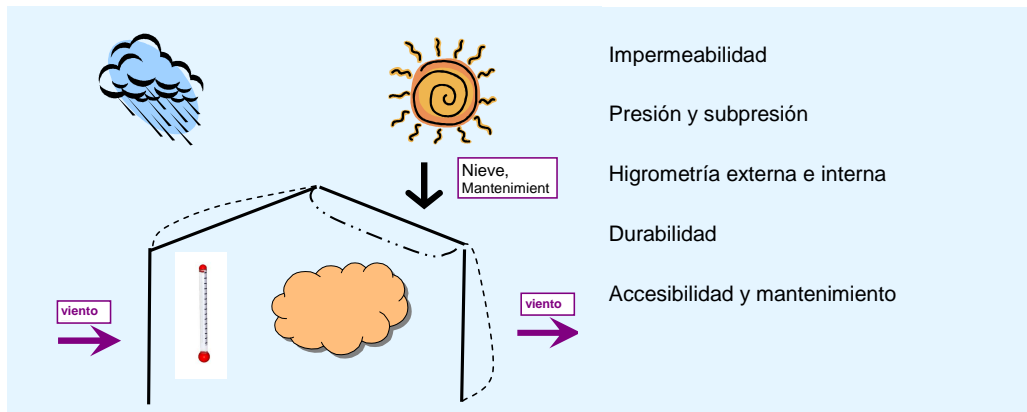


Figura 5.9 Requisitos de la envolvente del edificio

La tipología de la cubierta depende de varios criterios, incluida la forma, la pendiente, el aspecto externo, el color del material, el tipo de soporte y el material empleado.

Las cubiertas se suelen dividir en tres tipos:

- Cubiertas planas horizontales
- Cubiertas inclinadas (pendiente del 3 al 7%)
- Cubiertas curvas

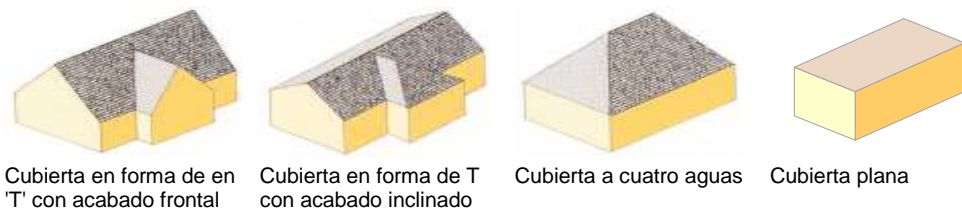


Figura 5.10 Cubiertas

En las cubiertas de poca pendiente, los elementos más importantes de la estructura de acero son la calidad de las uniones y el sistema de drenaje para la evacuación de aguas pluviales (Figura 5.11).

5.2.2 Cubiertas planas

El principio de los sistemas de cubiertas planas se puede aplicar utilizando particiones ligeras, una chapa de acero (ver Figura 5.12) o la técnica de acabado en hormigón con una capa de compresión.

En la parte superior se instala una pantalla de vapor, un aislamiento térmico y la impermeabilización, con o sin protección. Para poder disponer el parapeto que se va a utilizar para aumentar la impermeabilización, es posible utilizar una estructura auxiliar de acero, que se puede ampliar a la altura requerida.

5.2.3 Cubiertas inclinadas

En el caso de un tejado de poca inclinación (pendiente del 3 al 7%), la impermeabilización también se consigue aplicando productos bituminosos o

membranas impermeables de PVC. Se aplica el aislamiento directamente sobre las bandejas de acero galvanizado. El proceso es liviano y económico para cubiertas no-accesibles. El aislamiento acústico se ajusta mediante el espesor de los materiales, y el orden en el que éstos se superponen.

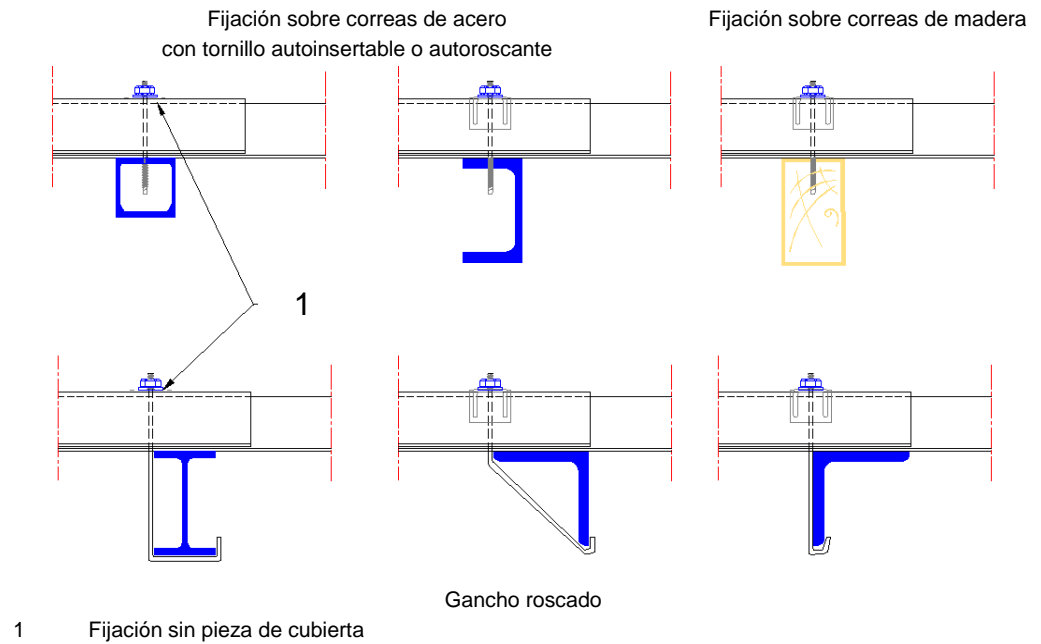


Figura 5.11 Tipos de fijaciones

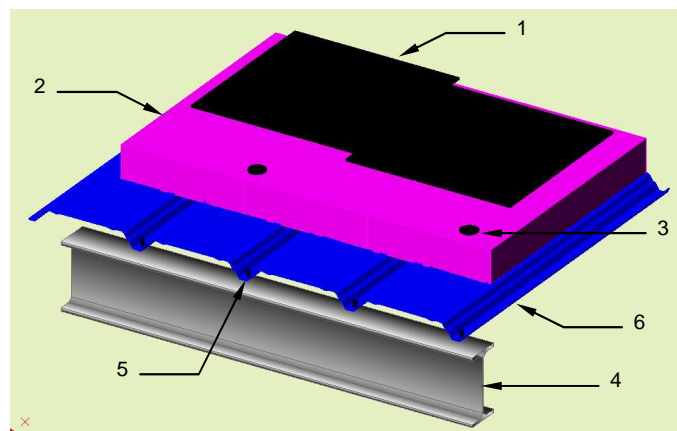


Figura 5.12 Vista típica de un tejado plano

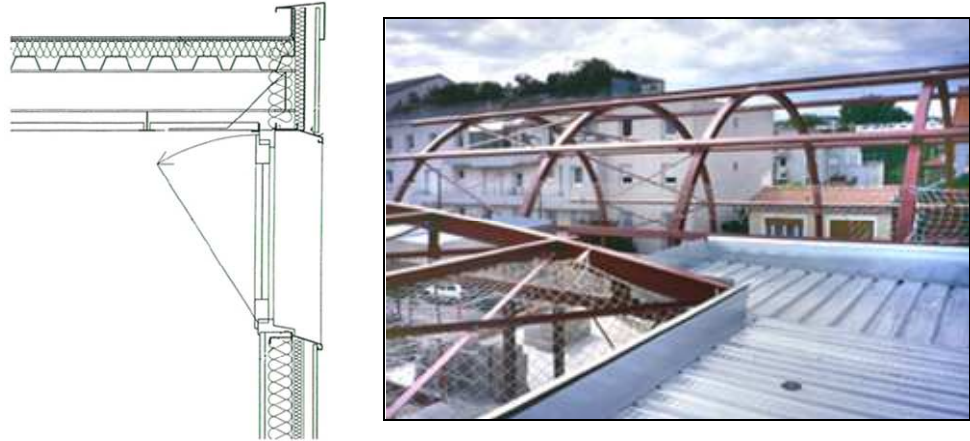


Figura 5.13 Esquina de fachada y de tejado – Vista de cubierta colocada

5.2.4 Cubiertas curvas

La impermeabilización se consigue fácilmente superponiendo las chapas de acero, más o menos siguiendo la pendiente del tejado y el producto. El procedimiento más común es superponer materiales de manera que se elimine cualquier hueco.



Figura 5.14 Cubierta curva

5.2.5 Estructura de cubierta

Una cubierta típica, de fuera a dentro, está compuesta por:

- Una chapa de acero corrugado fija, perpendicular a los paneles
- Una capa primaria de aislamiento hecha de una lámina de fieltro tensado, combinada con una lámina interior impermeable, colocada entre la cubierta y los paneles
- Una segunda capa, más gruesa, de lana de roca
- Una estructura de acero en la que fijar el acabado interior
- Una segunda lámina impermeable
- Un material de revestimiento como acabado interno, de una o dos capas de placa de escayola atornillada a la estructura de acero o, en algunos casos, una chapa de acero o una cubierta de acero perforada.

- Es especialmente efectivo un aislamiento acústico para controlar el ruido de la lluvia.

Las cubiertas a partir de diferentes chapas perforadas pueden fijarse a cubiertas de acero para mejorar el aislamiento térmico y para mejorar el concepto arquitectónico.

Las chapas de acero galvanizado, pre-pintadas o no, y las chapas de acero inoxidable, son especialmente adecuadas para las cubiertas en arco (véase la Figura 5.15). Los nervios mejoran su comportamiento a flexión.

Las placas se sujetan mediante paneles, cuyas características determinan la separación y las cargas aplicadas. La fijación se realiza por encima de los nervios, utilizando juntas impermeables comprimidas.



Figura 5.15 Cubierta curva con chapa de acero galvanizado

5.2.6 Sistemas de energías renovables

La cubierta puede diseñarse para alojar diferentes sistemas de energías renovables como es el caso de los paneles solares. En la Figura 5.16 se pueden ver los paneles fotovoltaicos de la cubierta de un edificio residencial.



© SYSTAIIC

Figura 5.16 Paneles fotovoltaicos instalados en una cubierta

En la Figura 5.17 se pueden ver unas turbinas eólicas de eje vertical instaladas sobre una cubierta plana.



www.innoenergie.com

Figura 5.17 Serie de turbinas eólicas de eje vertical a pequeña escala sobre una cubierta plana

6 OTROS FACTORES PARA UN BUEN DISEÑO

Además de los beneficios descritos en secciones anteriores, que tenían que ver con el rendimiento mecánico y la aplicación técnica, el acero también ofrece las siguientes ventajas:

- Disminución del peso propio de la estructura
- Optimización del espacio y rentabilidad de la inversión
- Lugares de trabajo mas seguros: obras limpias y eficientes.

Las buenas prácticas en el diseño de edificios de acero y la selección adecuada de materiales implican el cumplimiento de los siguientes requisitos, ya sea por aplicación de la normativa vigente o porque los ha solicitado el cliente:

- Comportamiento sísmico
- Resistencia al fuego
- Rendimiento acústico
- Rendimiento térmico
- Sostenibilidad
- Integración de servicios

6.1 Comportamiento durante un sismo

Las estructuras de acero están especialmente bien preparadas para la construcción en zonas sísmicas. Esto se debe principalmente a una reducción de la masa acelerada, así como a una gran ductilidad del material de acero, lo que permite una disipación significativa de la energía.

El buen comportamiento frente al sismo de las estructuras de acero se demuestra, en el hecho de que la destrucción de edificios de acero debida a los sismos es poco frecuente en cualquier parte del mundo. Un reciente análisis de las consecuencias de un terremoto de gran envergadura en Europa, confirmó este hecho. El 6 de abril de 2009, un sismo de magnitud 6.3, sacudió una zona próxima a la ciudad de L'Aquila, situada a unos 90 Km al nordeste de Roma. Las estructuras de acero de la región que se vieron afectadas por el sismo eran principalmente edificios industriales o comerciales situados fuera de los núcleos urbanos. Dichas estructuras no sufrieron apenas daños, los desperfectos que sufrieron no afectaron a su integridad estructural y gracias a ello, se produjo una rápida recuperación de la actividad. En las fotografías que se muestran en la Figura 6.1, tomadas en los días siguientes al terremoto, se puede ver el centro comercial de Aquilone.

Merece la pena señalar que el centro de atención de emergencias se instaló en el gimnasio de L'Aquila. Edificio de acero, compuesto por pilares circulares y cubierta a base de una celosía tridimensional, que permite disponer de un gran espacio interior diáfano, que pudo seguir utilizándose a pesar de las numerosas réplicas y contrarréplicas acaecidas en las semanas que siguieron al sismo

principal. Las autoridades italianas han depositado toda su confianza en el comportamiento sísmico de este tipo de edificios.



Figura 6.1 Centro comercial de Aquilone

6.2 Comportamiento durante un incendio

6.2.1 Observaciones generales

Los requisitos en cuestión de comportamiento estructural ante incendio se definen en la legislación nacional. Estos dependen del uso final que se vaya a dar al edificio, sus dimensiones, su accesibilidad, y de las consecuencias en el caso de derrumbamiento.

Los objetivos de seguridad en caso de fuego son los siguientes:

- Garantizar la estabilidad de los elementos portantes durante el período de tiempo especificado
- Limitar la generación y propagación del fuego y del humo
- Facilitar las operaciones de rescate
- Facilitar la evacuación rápida y segura de los ocupantes
- Limitar la propagación del incendio a las estructuras colindantes.

Para lograr estos objetivos, el reglamento impone diferentes tipos de requisitos:

- Requisitos relacionados con los materiales: reacción al fuego
- Requisitos de los elementos de construcción (elementos de la estructura principal y elementos no estructurales secundarios): resistencia al fuego, mejorada por una protección pasiva
- Requisitos relacionados con el diagrama de acceso y las medidas de protección activa

Es vital tener en cuenta estos requisitos desde las fases iniciales del diseño y concepción del edificio. El hecho de considerar estos requisitos de protección contra incendios posteriormente podría tener como resultado un incremento de costes significativo o, incluso, llegar a cuestionar el diseño inicial.

6.2.2 Reacción al fuego

Determinados materiales pueden acelerar el desarrollo del incendio. En la Tabla 6.1 se pueden ver las clasificaciones europeas para las diferentes reacciones al fuego de los diferentes materiales de construcción. El acero, un material incombustible, se clasifica como A1.

Tabla 6.1 Clasificación europea de materiales para edificios

Clase		Comentario
A1	productos incombustibles	No hay contribución, incluso en fuegos muy desarrollados. Deben satisfacer automáticamente a otras clases menos exigentes
A2	productos incombustibles y no muy combustibles	Clase B + poca contribución a la carga de fuego y al desarrollo del fuego en el caso de un fuego muy desarrollado
B	productos combustibles	Artículo C con criterios más estrictos
C	productos combustibles	Artículo D con criterios más estrictos
D	productos combustibles	Producto que resiste el ataque de una pequeña llama durante un período de tiempo mayor. Capaz de sufrir un ataque térmico de un objeto aislado ardiendo, con una liberación retardada y limitada de calor.
E	productos combustibles	Productos capaces de resistir el ataque mediante una llama pequeña, sin una propagación sustanciosa
F	productos sin clasificar	No se definen resultados de reacción al fuego

El sistema aporta unas clasificaciones adicionales, como las que se indican en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2 Clases adicionales

Producción de humo inflamado		Producción de gotas o de basura	
S1	poca producción de humo	d0	ausencia de gotas inflamadas
S2	producción media de humo	d1	sin gotas inflamadas que superen los 10 segundos
S3	no es necesario límite alguno	d2	gotas inflamadas (persistencia > 10 segundos)

6.2.3 Resistencia al fuego

La resistencia al fuego de un elemento es la capacidad que tiene dicho elemento de continuar realizando su función inicial en situación de incendio.

La clasificación de resistencia al fuego un elemento de un edificio viene definida por:

- Criterios estandarizados (consultar la Tabla 6.3)
- Grado de resistencia al fuego (duración, expresada en minutos, antes de alcanzar los criterios)

Mide el rendimiento ante el fuego del elemento clasificado.

Los requisitos de resistencia al fuego de los elementos de un edificio se expresan en base a un criterio de clasificación y un tiempo durante el que se debe satisfacer dicho criterio.

Tabla 6.3 Clasificación de los elementos del edificio

Criterios	Definiciones
R	Resistencia mecánica: capacidad para resistir el ataque térmico del fuego sin pérdida de la estabilidad estructural.
E	Estanqueidad al aire en un incendio: capacidad de evitar la propagación de las llamas y los gases calientes
I	Aislamiento térmico: capacidad de evitar el aumento de temperatura en la cara no expuesta al fuego
W	Radiación térmica: capacidad de no emitir una radiación térmica superior a los 15 kW/m ²

La clasificación de un elemento de construcción puede ser:

R, RE, E, REI o EI, seguido del tiempo en minutos -15, 30, 60, 90, 120 minutos, etc.

También se dan criterios adicionales y criterios específicos de determinadas instalaciones – consultar la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 Criterios adicionales y específicos

Criterios	Criterios adicionales
S	Estanqueidad al humo frío: Evita la propagación del humo en el caso de incendio, incluso aunque esté relativamente frío
C	Parada automática: La compuerta, válvula o persiana se cierra automáticamente
M	Resistencia al impacto: Partición vertical que resiste el impacto mecánico lateral

Criterios	Criterios específicos
B ₀	Conductos de evacuación de humos (30 minutos): El conducto de evacuación elimina los gases calientes durante los primeros 30 minutos
D	Barreras (30 minutos): Confinación de gases calientes y del humo durante los 30 minutos iniciales
F _θ	Válvulas de humo (30 minutos): Eliminación de gases calientes y del humo durante los 30 minutos iniciales

Para demostrar y justificar el comportamiento ante el fuego de un elemento de un edificio es necesario realizar pruebas y/o cálculos. Los ensayos se definen apartir de standards que a su vez definen los métodos y experimentos que es necesario llevar a cabo para cada tipo específico de comportamiento.

Los cálculos se pueden basar en enfoques convencionales (un constante aumento de la temperatura con el tiempo), o en el nuevo enfoque de ingeniería de fuego introducida por los Eurocódigos mediante avances del conocimiento relativo al comportamiento y desarrollo del fuego.

6.2.4 Métodos de protección pasiva contra el fuego

Al igual que el resto de los materiales, la fuerza y la rigidez del acero disminuyen a temperaturas elevadas.

La resistencia convencional al fuego de una sección de acero sin protección en raras ocasiones supera los 30 minutos cuando se somete a niveles de carga normales.

Se utiliza por lo tanto, la protección pasiva antiincendios para decelerar el calentamiento de las estructuras de acero al objeto de aportar la resistencia al fuego necesaria.

Hay disponibles una serie de sistemas que se enumeran a continuación. Proporcionan a la estructura de acero los niveles adecuados de protección, independientemente del uso final del edificio. En ocasiones, se combinan unos con otros.

Protección mediante pantalla

La protección de la pantalla aísla la estructura del fuego que avanza mediante la interposición de elementos que forman una pared continua. En una posición vertical sirven como paneles murales; en posición horizontal, son techos suspendidos. A todos los productos empleados se les han hecho pruebas de resistencia al fuego.

La pantalla deberá elegirse por sus propiedades de resistencia al fuego, y se puede utilizar para aislar acústica y térmicamente, así como por motivos estéticos.

Protección antiincendios proyectada

Esta es la forma más común de protección. Hay dos tipos básicos de productos, de película gruesa y de película fina.

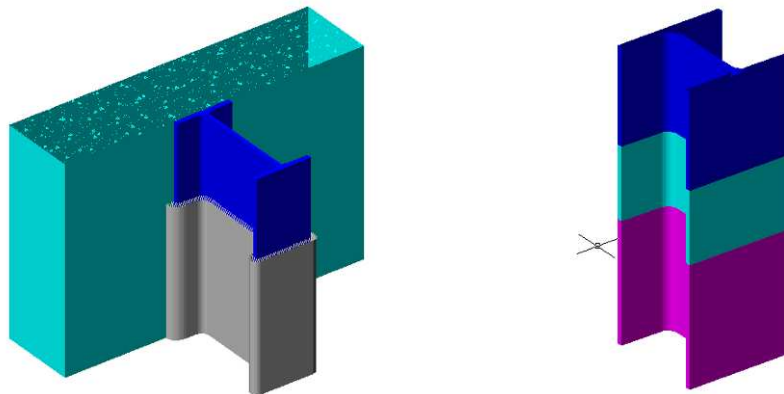


Figura 6.2 Protección contra el fuego

En los revestimientos de película gruesa, el producto antitumesciente es fibroso o pastoso. Por regla general está compuesto de fibras minerales, vermiculita, escoria o yeso, junto con un aglutinante. Se rocía sobre los elementos de acero, con un equipo especial, en condiciones húmedas. Puede ser necesario disponer varias capas, lo que hace que aumente el tiempo de secado.

La protección contra el fuego puede durar hasta 4 horas

Los recubrimientos finos, conocidos como pinturas o recubrimientos intumescientes, tienen una propiedad especial: se dilatan con el calor. Cuando están fríos, el espesor de la película oscila entre 0,5 y 4 mm. Cuando se calientan a una temperatura entre 100° C y 200° C, la película se dilata y se transforma en una espuma, alcanzando espesores de 30 a 40 mm; este hecho ayuda a proteger al elemento de acero.

Estas pinturas se aplican con un spray o brocha, con lo que una aplicación cuidadosa de los productos garantiza que la protección es uniforme.

La principal ventaja de este tipo de protección es que conserva el aspecto estético del acero, que puede durar hasta 120 minutos.

Protección con panel

La protección mediante paneles se consigue formando un encastrado alrededor del elemento de acero. Se realiza con elementos de sujeción mecánica (tornillos, grapones) o con adhesivo. Los paneles están hechos de compuestos de yeso, vermiculita, fibra mineral o silicato cálcico.

El principio consiste en:

El paso de gases calientes a las juntas es un riesgo y exige la atención especial durante la aplicación. Esta solución debe aplicarse con sumo cuidado.

El rendimiento puede llegar a R120.

Estructura mixta acero-hormigón

En estructuras colaborantes, las propiedades combinadas del acero y el hormigón pueden aumentar la resistencia al fuego.

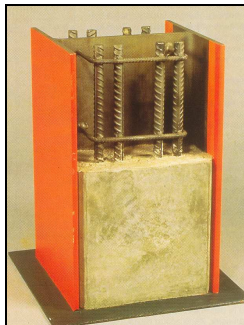


Figura 6.3 Estructura mixta

En pilares en I o H, la sección mixta está formada por un recubrimiento completo, o, más frecuentemente, por un relleno entre el alma y la ala, como se puede ver en la figura anterior.

En el caso de pilares tubulares, la sección mixta se obtiene relleno el tubo de hormigón.

El peso de los pilares se incrementa significativamente, pero el rendimiento puede alcanzar una resistencia de R180. El diseño mixto de acero y hormigón también es efectivo para dotar a las vigas del forjado de una resistencia significativa al fuego.

Instalación de la estructura fuera de la envolvente

Una estructura externa sólo se ve expuesta a las llamas proyectadas desde las aperturas del edificio, o por partes del mismo que estén ardiendo. El contacto con el aire ambiental ayuda a refrigerar la estructura.

Colocando la estructura fuera del edificio se disminuye la necesidad de una protección antiincendios.

6.2.5 Métodos de protección activa contra incendio

Cuando se utilizan dispositivos de protección dinámica antiincendios (detección, alarmas, extracción de humos, rociadores de agua) o si hay una intervención humana para extinguir un incendio (extintores), es a estos dispositivos a los que se les denomina métodos 'activos'.



Figura 6.4 Métodos de protección activa contra el fuego

Su objetivo principal consiste en limitar la propagación del fuego para permitir a la gente escapar lo más rápidamente posible y facilitar la rápida intervención de los servicios de emergencia.

Sistemas de detección

La detección del fuego exige diferentes tipos de dispositivos que se caracterizan por los procesos que emplean (estáticos, velocimétricos o diferenciales), y los fenómenos detectados (humo, llamas, calor, gas) y el área de actividad (confinada o lineal).

Tabla 6.5 Tipo principal de detectores

Detectores	Función	Terreno de aplicación
Iónico	Comparación entre aire ambiental y aire encerrado en una sala expuesta	Oficinas, zonas de circulación
Humo	Ocultación o difusión de la luz por culpa del humo	Zonas de ordenadores o zonas con tendencia al humo
Llamas	Sistema óptico, sensible a la radiación de infrarrojos y ultravioleta	Almacenes de líquidos inflamables o grupos electrógenos
Térmico	Sensible al calor	Zonas agresivas (en combinación con otras formas de protección)
Termo-velocimétrico	Sensible al incremento rápido de la temperatura	Zonas agresivas (instalación junto a fuentes de calor normal)

También existen los sistemas Autónomos de Detección y Activación (ADR, de sus siglas en inglés, *Autonomous Detection and Release*). Tras detectar un fenómeno local asociado al fuego, se activan uno o varios Dispositivos de Seguridad Activada (ASD, de sus siglas en inglés, *Activated Safety Devices*); el objetivo radica en activar el equipo del sistema de seguridad: compuerta de incendios, extractor de humos, etc.

Sistemas de extintores y de extracción de humos

Los extintores que normalmente se utilizan en almacenes, crean una manta de espuma cuyo como efecto principal es reducir el oxígeno y/o enfriar las instalaciones.

Los extintores de incendios automáticos por agua (rociadores) detectan el fuego por medio de cabezales rociadores termo-sensibles.

Los extintores de gas, ya sean los de CO₂, FM200, Novec u otros gases, basan su funcionamiento en la reducción del CO₂ en área incendiada. Este proceso suele utilizarse a menudo en salas informáticas con ordenadores, salas blancas / laboratorios o quirófanos hospitalarios), etc.

Los conductos de evacuación se suelen utilizar para evacuar el humo y los gases calientes. Permiten evacuar a los ocupantes y limitan el incremento de la temperatura dentro del recinto. Los orificios pueden ser diversos (compuertas individuales o dobles con tiras intumescentes), que se colocan en el techo o en fachadas, y que se pueden soltar manualmente con cortocircuitos o utilizando un ADR.



Figura 6.5 Extrator de humos

6.2.6 Otros requisitos

El normativa nacional también define requisitos a la hora de:

- Facilitar la evacuación de los ocupantes (número y tamaño de las salidas)
- Protección de individuos (contención del fuego, aislamiento del humo y evacuación del mismo, salidas de emergencia, legibilidad de las vías de escape, duración de la estabilidad del edificio para fines de evacuación)
- Respuesta de los servicios de emergencia (acceso al edificio, normas de seguridad, cursos de formación).

6.3 Rendimiento acústico

6.3.1 Observaciones generales

Para garantizar un grado aceptable de confort acústico, dentro de la normativa nacional se determinan una serie de parámetros en función del uso final al que se vaya a destinar el edificio.

Los ocupantes de un edificio deberán estar debidamente protegidos de los diferentes ruidos:

- Ruidos transmitidos por el aire: vibraciones que comienzan en el aire.
Este es el sonido de las voces, el ruido ambiental transmitido por el aire, o el tráfico de carreteras en calidad de ruido exterior transmitido por el aire
- Ruido transmitido por la estructura: resultante de vibraciones por impactos o transmitidas por los sólidos.
Se trata de los sonidos de pisadas, objetos al caer, impactos.
- Ruido de maquinaria: generado por el funcionamiento de maquinaria; se trata de vibraciones transmitidas por el aire, emitidas a través de sus medios o dispositivos.
Dentro de esta categoría recaerían los sonidos de dispositivos de ventilación, calefacción y sanitarios.

La transmisión de ruidos desde el exterior al interior de una estancia, o desde una estancia a otra, tiene lugar por medio de la vibración. Se pueden distinguir:

- Transmisión directa: a través de la pared que separa la zona receptora de la zona originaria del mismo.
- Transferencia lateral: a través de los muros conectados al tabique
- Transmisiones parasitarias: estas transmisiones proceden de puntos individuales en el tabique (entradas de aire, conductos o defectos de instalación).

El aislamiento acústico facilitado por una partición radica en su capacidad para resistir la transmisión de sonido de un lado al otro. El índice de reducción de sonido se utiliza para medir el rendimiento de la pared. Dicho índice se expresa en dB.

La normativa marca unos valores mínimos para este índice en función del uso final del edificio, del tipo de las instalaciones que se encuentran separadas y del sonido transmitido por el aire, el sonido por impactos y el sonido de maquinaria.

Hay que señalar que el aislamiento facilitado por la pared real siempre es menor al índice medido en el laboratorio, gracias a la transferencia lateral y a la resonancia parasitaria.

El comportamiento acústico del muro se ilustra aplicando la ley masa-resorte-masa:

- El índice de reducción acústica con la densidad superficial del muro
- En el caso de un muro de doble capa (dos paneles tipo sándwich), este índice dependerá de:
 - La masa por unidad de superficie de cada una de las particiones
 - El espesor del espacio de aire comprendido entre particiones
 - El espesor del aislante acústico
 - La frecuencia crítica de cada partición

El índice de un muro de doble capa es muy superior al de un muro aislado con la misma densidad superficial. (El sonido emitido desde una estancia, propagándose a otra estancia por vía horizontal y vertical, atraviesa la primera capa de productos, lo que ocasiona una reducción inicial. A continuación queda 'atrapado' en el hueco central del muro, donde rebota contra la segunda de las particiones, siendo absorbido por la capa de aislamiento antes de retornar residualmente a través del segundo tabique).

El rendimiento acústico de un edificio de acero depende de la composición de las diferentes particiones externas e internas, verticales y horizontales. Hay disponibles soluciones constructivas que alcanzan niveles muy altos de protección acústica.

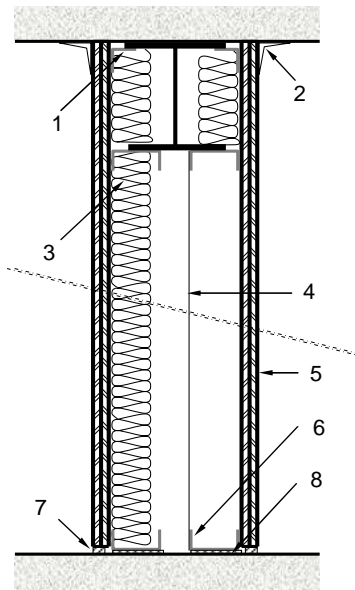
6.3.2 Particiones

Las particiones suelen estar formadas por elementos ligeros de acero conformado en frío. Sobre ellos se atornillan placas de pladur (cartón-yeso) de diferentes espesores por ambos lados. De esta forma se crea una cámara de aire central en la que se insertan una o más capas de lana de roca aislante.

Tiene capacidad para acoplarse a los principales elementos estructurales del edificio.

Modificando los siguientes parámetros se puede adaptar la composición de un tabique al nivel de rendimiento acústico requerido:

- Espesor de la cámara de aire: cuanto más grande sea esta cámara, mayor será el rendimiento acústico; el tamaño de los elementos estructurales principales determinará la selección de un espesor u otro.
- Composición de cada uno de los revestimientos exteriores (número y tipo de placas acabadas en cartón-yeso)
- Estructura divisoria: el uso de un doble muro de barras metálicas separado del edificio sirve para mejorar el rendimiento acústico
- Capa aislante: el tipo y el espesor del aislamiento va a afectar a la calidad del mismo.



Se recomienda encarecidamente instalar una junta flexible bajo el riel del panel de cada estructura.

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| 1 Ángulo | 5 Placa de pladur (cartón-yeso) |
| 2 Junta estanca | 6 Raíl (70 mm) |
| 3 Lana de roca | 7 Junta hermética |
| 4 Elemento vertical 70 | 8 Junta de neopreno |

Figura 6.6 Partición a dos caras

6.3.3 Forjados

En edificios de varias plantas con estructura de acero, la composición de los forjados se complementa con la instalación de placas de pladur (cartón-yeso) para mejorar el rendimiento acústico. Pueden adaptarse a cualquier tipo de forjado: losas de hormigón, losas aligeradas, forjados colaborantes, etc.

El rendimiento acústico depende de varios parámetros:

- Espesor de la losa
- Profundidad entre el techo y el borde inferior de la losa (mínimo de 60 mm, máximo de 100 mm)
- Tipo y número de placas de pladur (1 ó 2 placas estándar o especiales)
- Tipo de material aislante colocado entre el falso techo y la losa.

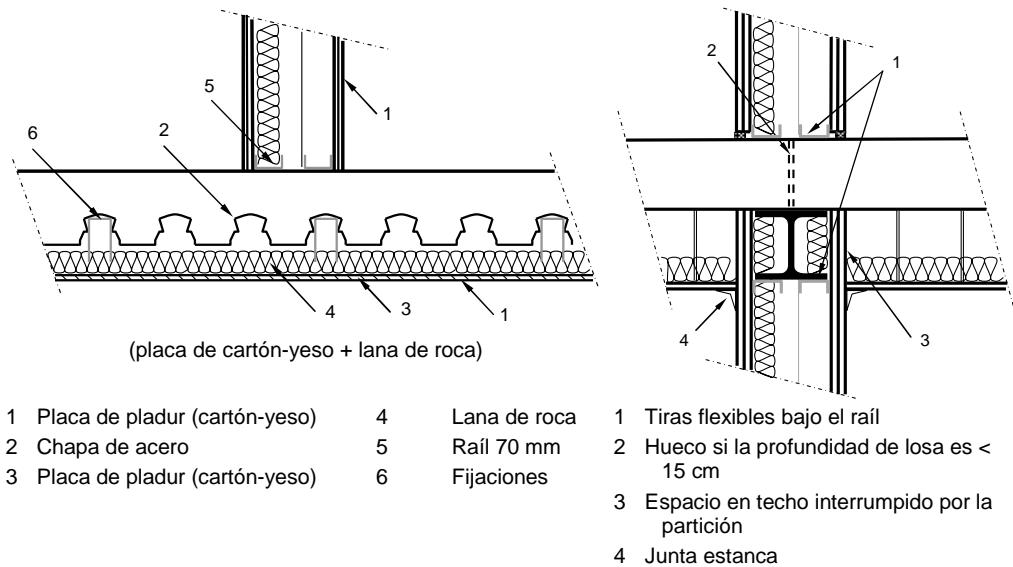


Figura 6.7 Secciones transversales (forjado)

Es necesario prestar una especial atención al control de la transmisión de ruido horizontal:

- Dependiendo del espesor de la losa, puede ser necesario realizar un corte en la losa perpendicular a los tabiques.
- Por el mismo motivo, el hueco entre el falso techo y la losa, deberá interrumpido perpendicularmente a los tabiques.

Para finalizar, en la base de los muros, los orificios de maquinaria técnica no deberán perforarse los unos frente a los otros (habrá que dejar un espaciamiento mínimo de 50 cm)



Figura 6.8 Suministros in situ con instalación de placas de pladur – Particiones y techos

6.3.4 Fachadas ligeras: Sistemas de muro cortina

El rendimiento acústico de los sistemas de muro cortina que normalmente componen la envolvente de un edificio de acero, se consigue mediante una construcción similar a la las particiones internas:

- Revestimiento exterior
- Recubrimiento interno

- Cavidad de aire con un relleno de material aislante acústicamente (lana de roca).

Con el fin de garantizar una eficiencia satisfactoria, uno de los requisitos previos es aplicar meticulosamente todos estos componentes a la fachada.

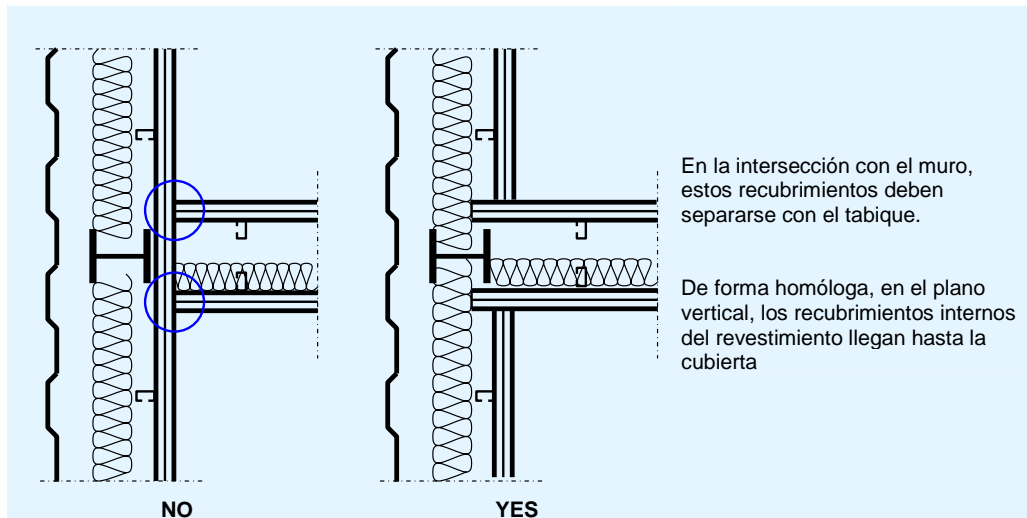


Figura 6.9 Sección transversal horizontal en la unión entre fachada y partición

6.3.5 Sistemas de cubiertas de acero

Hay técnicas especiales para el tratamiento de las cubiertas metálicas (película o rociado) para reducir el ruido ocasionado por el impacto de la lluvia.

6.4 Rendimiento térmico

Para garantizar un nivel aceptable de confort térmico a los usuarios de los edificios, y controlar al mismo tiempo el consumo de energía, la normativa nacional determina los requisitos mínimos de los materiales utilizados. Estos dependen tanto del uso final del edificio como de su ubicación.

Se pueden definir dichos requisitos basándose en:

- Las restricciones de consumo de energía necesarias para lograr un confort térmico
- Restricciones en la temperatura interior durante el verano
- Características térmicas mínimas de la envolvente exterior y del equipo (efecto de pérdida de calor por el puente térmico).

En la sección 6.3 se han tratado diferentes métodos para adaptarse a la normativa acústica vigente. La disposición de las diferentes particiones, que suelen utilizar lana de roca material aislante, y su presencia en los muros que rodean las estancias, también sirve para proteger de la pérdida térmica.

Entre dos plantas, por ejemplo, la pérdida calorífica se ve reducida porque se utilizan capas de lana de roca en la composición de los forjados (superior e inferior).

La separación entre las dos capas de aislamiento implica la existencia de diferentes tipos y espesores de materiales, eliminando de esta forma una gran cantidad de puentes térmicos.

Los materiales aislantes que se pueden utilizar son la lana de roca o el vidrio, espuma de poliuretano y espuma de poliestireno.

El riesgo de transferencia directa de temperaturas entre las piezas de metal que están en contacto con las zonas exteriores e interiores del muro, se tratará en el apartado de accesorios y juntas.

6.5 Durabilidad de las estructuras de acero

En esta sección se trata la durabilidad de los componentes de edificios de acero, es decir, la sostenibilidad del material en sí mismo. El reciclaje, se trata en la sección 7 de este documento.

Los daños a un elemento estructural de acero se deben principalmente a dos fenómenos: la fatiga y la corrosión. Los edificios de varias plantas a los que se refiere este documento no se ven afectados por la fatiga. Esta sección, por lo tanto, sólo trata con la corrosión.

Es importante señalar que los edificios de estructura de acero no suelen sufrir daños de importancia como resultado de una corrosión atmosférica. La corrosión, además, no constituye problema alguno para la estructura.

Incluso si, en ausencia de la protección adecuada, los elementos estructurales sometidos a condiciones atmosféricas normales pudieran sufrir corrosión superficial, este fenómeno en raras ocasiones constituye motivo de daños a edificios siempre que se tomen una pocas precauciones elementales.

Por el contrario, las condiciones atmosféricas de algunas regiones, como pueden ser las zonas costeras, con un ambiente marino, o en aquellos lugares en los que haya industrias con una emanación de vapores corrosivos, podrían obligar a aplicar una protección adicional y a realizar un mantenimiento de las estructuras de acero.

6.5.1 El fenómeno de la corrosión

La corrosión se debe a la formación de sales metálicas en la superficie del elemento de acero al combinarse este con otros elementos. Por ejemplo, la corrosión del hierro da lugar a la producción de óxido de hierro.

El proceso de corrosión puede ser:

- Químico: gracias a la reacción entre el metal y una fase gaseosa o líquida.
- Electroquímico: formación por corriente eléctrica y por oxidación del ánodo.
- Bioquímico: por el ataque de bacterias.

Corrosión del acero

La oxidación es el resultado de la corrosión del acero y está compuesta principalmente por óxidos e hidróxidos de hierro, que crecen en presencia de humedad y oxígeno presentes en la atmósfera.

Las capas de óxido no suelen ser adherentes y la oxidación se disemina paulatinamente. Las piezas pierden peso linealmente con el transcurso del tiempo.

El producto de la corrosión no protege el acero.

La atmósfera y el clima son parámetros que tienen una influencia significativa en la evolución de la corrosión.

Atmósfera

Las condiciones atmosféricas generales en el lugar donde se encuentra el edificio, afectan a la velocidad de avance de la corrosión. Diferenciamos cuatro ambientes principales:

- Rural: alternación de atmósfera húmeda y atmósfera seca – ausencia de contaminantes
- Urbana: alternación de condiciones húmedas y secas – presencia de dióxido de azufre (SO₂)
- Marina: alta humedad relativa – presencia de cloruros que aceleran la corrosión.
- Industrial: presencia de agentes químicos – corrosión agresiva vinculada a un grado e índice de contaminantes

Clima

El calor y la humedad son factores que aceleran la corrosión. En climas tropicales, la corrosión agresiva en entornos rurales es comparable a la de grandes zonas industriales en climas templados.

Algunas precauciones elementales

Al diseñar construcciones en acero, es necesario disponer todos los medios disponibles para limitar los efectos de la corrosión:

- Evitar crear zonas de humedad y de retención de agua cerca de los elementos expuestos a los agentes exteriores
- Evitar el contacto entre materiales que tengan diferentes potenciales electro-químicos (por ej. aluminio y acero sin protección).

Protección de elementos de acero

Se recomienda adaptar el grado de protección a las condiciones en las que se instalan los elementos de acero.

Hay dos formas principales de protección:

- Pintura
- Galvanización.

6.5.2 Protección con pintura

En la Tabla 6.6 se recogen los recubrimientos más comunes para la protección contra la corrosión.

Merece la pena señalar que las estructuras de acero situadas en el interior de un edificio en el que las condiciones atmosféricas no son húmedas ni agresivas, y que se encuentran protegidas permanentemente de la climatología, no van a sufrir la corrosión hasta tal punto que afecte a su resistencia, incluso aunque no dispongan de protección alguna. No obstante, lo que no puede olvidarse es el aspecto carente de atractivo del óxido: se puede evitar aplicando una fina capa de pintura.

Las superficies que queden sin proteger deberán estar visibles para detectar cualquier grado de corrosión inesperado.

Tabla 6.6 Protección y espesor de revestimientos

Condiciones de uso	Tradicional pintura anti-óxido	Productos de acero pintados
Elementos incorporados a forjados y fachadas, protegidos en ausencia de humedad	1 ó 2 capas de pintura anti-óxido de imprimación, Espesor de 40 a 50 micras	Productos lacados y pintados: Espesor de 15-20 micras
Elementos en el interior de edificios, sin humedad constante	1 mano de imprimación de pintura anti-óxido, 1 acabado de pintura, Espesor de 60 a 80 micras	Productos lacados y pintados. 1 acabado de pintura. 60 micras de espesor
Elementos en el interior de edificios sin calentar, o en los que la humedad es elevada	2 manos de imprimación de pintura anti-óxido, 1 mano intermedia de pintura, 1 acabado de pintura, Espesor de 80 a 120 micras	Productos lacados y pintados: 1 a 2 acabados de pintura Espesor de 80 a 100 micras <u>Q</u> Productos galvanizados o pre-lacados
Elementos en contacto con una atmósfera exterior agresiva, un clima húmedo, de regiones urbanas o industriales	2 manos de pintura anti-óxido de imprimación, 1 capa intermedia de pintura anti-óxido, 1 acabado de pintura anti-óxido, Espesor de 120 a 200 micras	Productos lacados y pintados + 2 acabados en pintura Espesor de 100-120 micras <u>Q</u> : Productos galvanizados o pre-lacados
Elementos en contacto con un entorno marino	2 manos de pintura anti-óxido de imprimación o de galvanizado/metalización con 1 capa de zinc 1 capa intermedia de pintura anti-óxido, 1 acabado en pintura, espesor de 150 micras	Productos lacados o pintados + 2 manos de pintura con un elevado contenido de zinc <u>Q</u> Galvanizado o metalizado + pintura con elevado contenido de zinc <u>Q</u> : Productos pre-lacados

Los elementos de acero se suministran normalmente a la obra, con una capa superficial de imprimación anti-óxido. Una vez instalados, es necesario retocar cualquier área que se haya deteriorado durante el montaje.

Aunque los elementos integrados en el hormigón normalmente no están pintados, las piezas que no están totalmente cubiertas por el hormigón, tienden a menudo a la corrosión y deben protegerse (incluso los extremos de los pilares).

En los casos que lo requieran, se realizan y comprueban las soldaduras antes de aplicar la protección superficial. El procedimiento de soldadura deberá adaptarse para productos pre-pintados.

Duración estimada de la protección con pintura: de 8 a 10 años a partir del primer mantenimiento

6.5.3 Protección mediante galvanización

El principio de la galvanización es la formación de una capa protectora de zinc y aleaciones acero-zinc en la superficie de las piezas de acero para protegerlas frente a la corrosión.

La capa galvanizada que se va oxidando gradualmente para formar productos de corrosión que normalmente son adhesivos.

No obstante, esta forma de protección tiene un tiempo limitado, y pierde su efectividad una vez que se ha corroído toda la capa de zinc.

Velocidad de la corrosión y vida de la protección

Las condiciones atmosféricas y el clima tienen un impacto directo en la velocidad de corrosión. Los ambientes industriales contaminados junto al mar son, obviamente, más agresivos que las áreas rurales.

Dependiendo de las condiciones atmosféricas, la velocidad de corrosión varía entre 0,1 micras/año y 8 micras/año.

La EN ISO 14713^[1] es una guía para la velocidad media anual de corrosión del zinc. Esto permite estimar los períodos de vida en función del espesor del recubrimiento.

Vida estimada de la protección por galvanizado: aproximadamente 25 años

Aspecto estético y pintura

Todo acero galvanizado puede ser pintado si se desea modificar el aspecto superficial. La pintura prolonga enormemente la vida del acero galvanizado. La pintura de mantenimiento del acero galvanizado es muy sencilla de aplicar: se utiliza una brocha para aplicar una nueva mano de pintura en la zona dañada. La pintura también se puede aplicar como forma adicional de protección contra la corrosión en un entorno en el cual los ácidos puedan atacar el revestimiento superficial.

Procesos de galvanizado

Se puede aplicar zinc bien mediante inmersión, bien mediante pulverización (solución metálica) o mediante electrolisis. La inmersión (galvanizado en caliente) se suele utilizar por regla general en piezas nuevas que tengan unas

dimensiones compatibles con las dimensiones de las bañeras de inmersión. El pulverizado se utiliza, en su mayor parte, para trabajos de renovación o para elementos de mayores dimensiones. La electrolisis es adecuada para piezas pequeñas y para el procesamiento de lotes (por ejemplo, lotes de pernos).

Algunas observaciones

Soldadura: Antes de proceder a soldar piezas galvanizadas, se recomienda eliminar el recubrimiento en la zona del cordón de soldadura. Una vez sellada, la zona afectada se protegerá mediante una pintura rica en zinc.

Exposición al fuego: Una pieza de acero galvanizado que se expone al fuego actúa a modo de acero sin recubrimiento y no existe mejora alguna en cuanto a la resistencia al fuego.

6.6 Integración de servicios

6.6.1 Observaciones generales

Un edificio de varias plantas, independientemente del uso final de éste, es la combinación de múltiples elementos o subelementos que contribuyen a su rendimiento: no sólo la estructura y la envolvente, sino también las instalaciones técnicas y servicios que sustentan la vida del edificio.

El control de interacciones entre los servicios y la estructura del edificio deben permitir:

- El fácil acceso a servicios para fines de mantenimiento
- La facilidad para sustituir aquellos elementos cuya vida útil es inferior a la de la estructura
- La prevención de perturbaciones que puedan surgir de la vibración de estructuras debido al funcionamiento de la maquinaria.

Los servicios principales que se van a instalar son:

- Calefacción y aire acondicionado,
- Ventilación,
- Fuentes de alimentación de alta y de baja tensión.

Los servicios se suministran a todo el edificio utilizando sistemas horizontales y verticales.

6.6.2 Sistemas horizontales

La estructura y la envolvente ofrecen métodos muy eficientes de integración de servicios utilizando sistemas horizontales, tal y como se ilustra en la Tabla 6.7. Merece la pena señalar el uso de vigas alveolares en ese contexto (consultar las secciones 3 y 4 de este documento para ver la descripción de estos productos). Puestos que los servicios se pueden adaptar directamente a través de estas vigas, se puede reducir la altura de forjado a forjado. En algunos casos, este hecho permite añadir otra planta sin modificar la altura general del edificio.

La configuración estándar de vigas alveolares (celdas del mismo tamaño, con un espaciamiento regular) se puede adaptar normalmente para crear orificios de

mayores dimensiones, especialmente en las proximidades del hueco central, para permitir el paso de grandes conductos rectangulares (Figura 6.10).

6.6.3 Sistemas verticales

Los sistemas de construcción en acero y los sistemas estándar de envolvente ofrecen la integración flexible de sistemas verticales, gracias a los espacios abiertos dentro de los muros.

La realización de aperturas en el forjado y el cambio de su ubicación durante la vida del edificio, se ven facilitadas por el uso de forjados secos colaborantes. Es mejor no hacer instalaciones de servicios atravesando secciones tubulares (entre las placas de alas) porque pueden dar lugar a problemas en las uniones viga-pilar y por posibles interrupciones en la protección ignífuga.

No se recomienda la integración de conductos verticales en columnas tubulares debido al mal acceso para el mantenimiento.

Tabla 6.7 Métodos de integración para sistemas horizontales

Sistema	Característica(s)
Sistemas visibles	Por cuestiones económicas, técnicas o arquitectónicas, pueden quedar a la vista los servicios. Su ventaja radica en el acceso a los servicios, mientras que su desventaja se encuentra en el riesgo de impacto de tubos sin protección.
Sistemas por encima del techo	Se pueden instalar los servicios encima de los forjados, ocultándolos después con techos falsos abiertos o cerrados, y que se puedan desmantelar total o parcialmente. El hueco del techo se recorta a lo largo de las particiones acústicas, o por motivos de seguridad anti-incendios. Los servicios pueden atravesar las vigas alveolares o los cabios o cerchas.
Sistemas con superficie de cubierta	Esta disposición sólo es posible en determinados tipos de sistemas de tuberías de pequeño diámetro.
Sistemas de plintos	La instalación de los muros de fachadas colaborantes facilita esta disposición, con facilidad de conexiones y de inserción de servicios mediante la eliminación de las restricciones impuestas por los muros pesados.
Sistemas en forjados	Los suelos elevados siempre están formados por estructuras de acero. El espacio creado entre el suelo y los falsos techos permite el movimiento de servicios con una gran cantidad de conductos. Estos servicios ofrecen una excelente accesibilidad y adaptabilidad.



Figura 6.10 Vigas alveolares e integración de servicios

7 CONSTRUCCIÓN EN ACERO Y SOSTENIBILIDAD

Los aspectos y premisas del desarrollo sostenible preocupan especialmente al sector de la construcción, que es responsable del 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero y del 40% del consumo de energías primarias.

Hoy en día es cuestión de diseñar y realizar proyectos creativos que integren estos nuevos valores y técnicas. El acero es el resorte principal dentro de la búsqueda de la calidad a la hora de mejorar los edificios y amortiguar su impacto en el nuestro entorno vital.

Los principios generales se establecen conforme a tres consideraciones principales: ecológicas, económicas y socio-culturales, aunque los métodos para determinar su impacto no se han determinado aún a escala internacional.

La sostenibilidad de los edificios afecta una serie de cuestiones relacionadas con la selección de materiales, del proceso de construcción, de su ocupación y del final de su vida. Estos factores se pueden expresar en términos de criterios específicos, como es el uso de materiales energéticamente eficientes, la minimización de residuos, la reducción en el uso de energías primarias (y emisiones de CO₂), la contaminación y otros impactos globales.



Figura 7.1 Edificio Praetorium en La Défense (París), que ha recibido el distintivo de 'Gran calidad medioambiental'

7.1 Ciclo de vida

El acero es una solución excelente para conservar la materia prima gracias a sus posibilidades de reciclaje. Puede reciclarse infinitamente sin perder sus propiedades.

En la actualidad, la producción de acero en Europa está constituida por un 50% de metales reciclados, reduciendo de esta forma la necesidad de extracción de mineral; en determinados productos pensados para la construcción, este porcentaje puede ascender al 98%. La reutilización de material es posible gracias a sus propiedades magnéticas, lo cual facilita su clasificación.

Durante 25 años, el control de la energía y la reducción de las emisiones de CO₂ durante la producción, han llevado a mejorar ampliamente el desarrollo de nuevos materiales de acero y a tener en cuenta el ciclo de vida de materiales y productos. El sector europeo del acero ha contribuido ampliamente a la eficiencia energética y a la reducción de las emisiones de CO₂.

Entre 1970 y 2005, la industria europea del acero ha reducido las emisiones de CO₂ en un 60%; siendo esta reducción entre 1990 y 2005 del 21% (fuente Eurofer). En el mismo período, la producción de acero original aumentó en un 11,5% (fuente Worldsteel para EU15).

Para mejorar estos resultados hay otras soluciones en vías de implantación.

El acero es un material neutro que no emite sustancia o elemento contaminante alguno que resulte nocivo para el medio ambiente o para la salud, incluso estando bajo la influencia de la corrosión.

El galvanizado y la pintura (realizados en la fábrica) son sistemas de protección contra la corrosión que garantizan la durabilidad del acero hasta 25 años.

El mantenimiento del acero se limita a un seguimiento regular y a tener que pintarlo periódicamente.

7.2 Ventajas de los productos de acero para la construcción

La Declaración de Producto Ambiental (EDP, de sus siglas en inglés, *Environmental Product Declaration*) es actualmente un enfoque ampliamente desarrollado para los productos de construcción. Basándose en la ISO 21930^[2] el objetivo general de una EPD es dar información relevante, verificada y comparable que satisfaga diversas necesidades de clientes y de mercado.

Utilizando las valoraciones del ciclo de vida, el sector del acero ya ha aportado varias EPD para productos genéricos y para sistemas con marca. El consumo de energía y de electricidad durante la vida de servicio supera la energía encarnada en la estructura.

Gracias al uso eficiente de materiales, la construcción en acero minimiza los residuos de fabricación y de planta, ya que todos los recortes y taladros del acero se reciclan en forma de nuevos componentes. El valor promedio típico de

creación de residuos y reciclaje del acero oscila en torno al 2 %, en comparación con la media europea del 10 % en todos los productos empleados en la construcción.

La excelente relación peso-resistencia del material ofrece incomparables posibilidades constructivas y arquitectónicas. Este rendimiento marca el camino hacia la reducción del peso en edificios, utilizando estructuras ligeras en fachada. Estas características ofrecen una gran cantidad de espacio, con enormes posibilidades de integración arquitectónica.

La asociación del acero con otros materiales ofrece un gran número de soluciones eficientes de aislamiento térmico y acústico.

Para la envolvente, la estructura metálica normalmente se diseña con un aislamiento térmico externo, se construyen muros a partir de sistemas industrializados, metálicos o no (vidrio, madera, hormigón, terracotta, cartón-yeso, etc.), que ofrecen elevados niveles de rendimiento térmico. Pueden elegirse sistemas de calefacción y de ventilación para conseguir un comportamiento energético óptimo.

La serie de cualidades abre las opciones arquitectónicas y permite la selección optimizada de los procesos, los materiales y los métodos de construcción, considerando especialmente la vida global del edificio, que va a tener hasta su demolición.

7.3 Soluciones intensivas en acero para edificios

Para los edificios existen numerosas iniciativas medioambientales en toda Europa. Estos enfoques pueden ser cuantitativos o cualitativos, empleando criterios variables. No obstante, algunos temas son comunes, con diferentes tratamientos, en los cuales las soluciones de acero aportan respuestas contundentes.

La integración armónica del edificio en su entorno circundante

La opción de un armazón de acero para el proyecto de un edificio da al diseñador una gran libertad en cuanto a la forma y a la flexibilidad de adaptar el trabajo a las restricciones particulares de la obra.

Los productos de acero, empleados en fachadas o cubiertas, ofrecen al arquitecto una gama de texturas, geometrías y colores que responden a las obras contemporáneas más sensibles y variadas, tanto si se trata del centro histórico de la ciudad como si se trata del campo.

Levedad de estructuras y flexibilidad de espacios

En los edificios de acero, suele ser común una estructura de pilares y vigas, sin muros de carga. De esta manera la construcción resulta más liviana, y los impactos sobre los cimientos son menores.

También es más fácil remodelar los espacios internos de acuerdo con los cambios en el uso.

Una estructura con componentes conectados es una solución eficiente para extensiones verticales, además de en la renovación de un edificio ya existente.

Menos problemas durante la construcción

Los productos de acero y elementos asociados son de fabricación industrial, de alta precisión. Se suministran con unas dimensiones precisas para su montaje in situ. Por su nivel superior de pre-fabricación, implícito en los sistemas de construcciones intensivas del acero, se incrementa la velocidad de construcción.

El lugar de la obra se verá transformado, con menos suministros y un montaje preciso y apropiado, menos almacenamiento y ningún residuo.

Mantenimiento

Las soluciones del acero aportan durabilidad y facilitan la limpieza y la sustitución de los componentes.

Los servicios (sanitarios, conductos, etc.) se suelen colocar en los huecos entre el techo y la losa. Se facilita el mantenimiento y la reconfiguración de los servicios, especialmente en presencia de vigas alveolares. Esta flexibilidad permite el total reajuste de los diferentes niveles.

Al final de su vida, la demolición consiste en un desmantelamiento limpio y adecuado para recuperar la totalidad de los materiales.

Reutilización de perfiles de acero

En Europa Occidental, un reciente estudio ha demostrado que alrededor del 11 % de los perfiles del sector de la construcción en acero se reutilizan directamente después de la demolición, sin necesidad de fundirlos de nuevo (Informe ECSC 'LCA para la construcción en acero'. Documento RT913. Julio 2002. *Steel Construction Institute*).

Creación de un espacio interno seguro y confortable

Se pueden adaptar todas las combinaciones de particiones interiores.

Las soluciones en acero en combinación con productos adicionales contribuyen al excelente aislamiento acústico a través del principio de 'masa-resorte-masa'.

Para conseguir un confort térmico, el acero permite el diseño de fachadas 'evolucionadas', adaptadas a las diferentes condiciones climáticas:

- Las fachadas de doble capa, implementación de una capa de aire ventilado,
- Mecanismos de control solar fijo o móvil.

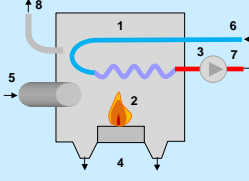
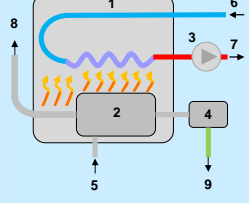
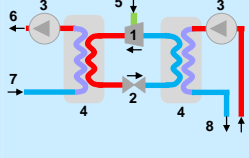
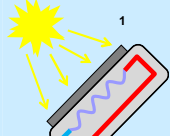
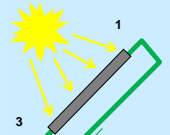
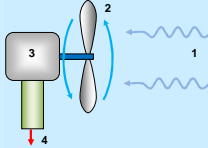
Integración de tecnologías alternativas en edificios de acero

Las Tecnologías con energías alternativas vienen integradas en el diseño del edificio por una gran variedad de motivos, pero los mayores incentivos suelen ser aspiraciones ecológicas y restricciones en la planificación, como 'Grenelle', que precisan un alto porcentaje del consumo de energía de un edificio, que deberá ser aportado mediante ventajas adicionales por utilizar las energías alternativas, incluida la energía renovable.

Las AET aportan una serie de beneficios medioambientales con respecto al uso de un suministro de energía estándar. Es más, tienen un pequeño impacto en los edificios de acero. Las consideraciones principales a la hora de implantar las AET son:

- **La planta:** La distribución en planta y las restricciones espaciales que pueden tener un impacto sobre la viabilidad de cada una de las tecnologías específicas
- **Sombras:** la forma del nuevo edificio puede restringir la ubicación de los paneles solares.
- **Orientación del tejado:** La orientación y la forma del tejado pueden suponer una limitación con respecto a la producción de energía, bien para colectores solares de agua caliente o para paneles fotovoltaicos.
- **Fiabilidad:** Si se utiliza una tecnología no demostrada, entonces puede que no sea fiable, con lo que no se podrá lograr el ahorroenergético deseado.

Tabla 7.1 Fuentes de energía renovables

Tipo		Comentario
<p>Calefacción de biomasa</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Caldera 2 Quemador 3 Bomba 4 Eliminación de cenizas 5 Suministro de biomasa 6 Agua fría 7 Agua caliente 8 Gas de combustión 		<p>El sistema exige tener una sala para la maquinaria donde albergar la caldera y el combustible. Puede integrarse totalmente en el edificio, creando un almacén de acero con un armazón de acero.</p>
<p>Cogeneración de calor y electricidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Caldera 2 Motor 3 Bomba 4 Generador 5 Suministro principal de gas 6 Agua fría 7 Agua caliente 8 Gas de combustión 9 Electricidad 		<p>El sistema sólo exige una sala para la maquinaria, totalmente compatible con una estructura de acero para ejecuciones y obras de uso mixto con elevado consumo de agua caliente. Suele ser adecuado para piscinas, hoteles y hospitales.</p>
<p>Climatización geotérmica</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Compresor 2 Válvula de dilatación 3 Bomba 4 Intercambiador de calor 5 Electricidad en (ca 230V) 6 Suministro de agua caliente 7 Retorno de agua fría 8 Retorno a la fuente de calor 9 Suministro desde la fuente de calor 		<p>Se pueden aplicar en cualquier sitio siempre que haya espacio suficiente para albergar la maquinaria y los circuitos o depósitos de tierra. A menudo se pueden utilizar las zonas utilizadas para aparcamientos de vehículos o jardines. Todos los edificios de acero son adecuados para esta tecnología.</p>
<p>Colectores de agua caliente solar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Placa de absorción 2 Bomba 3 Suministro de agua fría 4 Retorno de agua caliente 		<p>El equipamiento solar se puede instalar en una cubierta plana, sin que tenga influencia alguna en la estructura de acero, utilizando un voladizo, una estructura de acero para sujetar los paneles (hay que considerar el peso del sistema, el viento y la resistencia de la capa impermeable). En una cubierta inclinada se puede instalar sobre una estructura de acero secundaria, con fijaciones de acero o integrando el sistema directamente en la cubierta, como las placas fotovoltaicas o en una fachada, utilizando simples railes que permitan sujetarlo.</p>
<p>Energía solar fotovoltaica</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Módulo fotovoltaico 2 Generación de electricidad en cc 3 Inversor 4 Electricidad 		<p>Un pequeño aerogenerador necesita poca infraestructura. Sólo se requiere pasar los conductos de los cables a la sala de maquinaria. Si se monta directamente en edificios de estructura de acero, es esencial considerar las cargas adicionales, la vibración y el ruido. Estos aerogeneradores son adecuados para edificios de acero, como los edificios comerciales, los hangares para aviones o los edificios industriales, que se encuentran ubicados en corrientes de viento sin perturbaciones, sin obstrucciones o rugosidad superficial.</p>
<p>Aerogeneradores</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Energía eólica 2 Álabes de la turbina 3 Generador 4 Electricidad 		<p>Un pequeño aerogenerador necesita poca infraestructura. Sólo se requiere pasar los conductos de los cables a la sala de maquinaria. Si se monta directamente en edificios de estructura de acero, es esencial considerar las cargas adicionales, la vibración y el ruido. Estos aerogeneradores son adecuados para edificios de acero, como los edificios comerciales, los hangares para aviones o los edificios industriales, que se encuentran ubicados en corrientes de viento sin perturbaciones, sin obstrucciones o rugosidad superficial.</p>

8 CONCLUSIÓN

Gracias su excelente rendimiento mecánico, a la libertad que confiere para una destreza técnica, a su flexibilidad de uso en diferentes tipos de edificios, a su potencial plástico y estético y a la creatividad que inspira, el acero tiene un lugar natural en el panteón de materiales utilizados a la hora de diseñar en arquitectura.

Cuando un arquitecto elige el acero, sabe que se trata de una opción con no pocas consecuencias. En primer lugar, esta opción implica un diseño estricto, una conciencia de la funcionalidad de cada uno de los elementos que componen el diseño, y el análisis de todas las fases del proceso de construcción – desde la mesa de diseño hasta la gestión rutinaria del proyecto final. En segundo lugar, seleccionar el acero es una afirmación, poner la marca propia en un diseño, una forma de concebir y percibir, un deseo de contribuir al paisaje urbano, para integrarse con la luz y el del tejido urbano. El acero es una forma de expresión que da sentido al diseño arquitectónico.

Elegir el acero para diseñar un edificio de varias plantas es elegir un material que ofrece bajos costes, resistencia, durabilidad, flexibilidad de diseño, adaptabilidad y reciclabilidad. También significa elegir productos industriales fiables, disponibles en una amplia gama de formas y colores; significa una rápida instalación en la obra y menor consumo de energía. Significa elegir comprometerse con los principios de sostenibilidad. El acero, infinitamente reciclable, es el material que encarna los imperativos del desarrollo sostenible. En definitiva, elegir acero significa elegir una mayor libertad de construcción, de arquitectura. Significa una inyección de estilo en los edificios y en las ciudades del futuro.

REFERENCIAS

- 1 EN ISO 14713 Pinturas de Zinc. Directrices y recomendaciones para la protección contra la corrosión del hierro y el acero en estructuras.
- 2 ISO 21930:2007 Sostenibilidad en la construcción de edificios. Declaración medioambiental de productos destinados a la construcción