

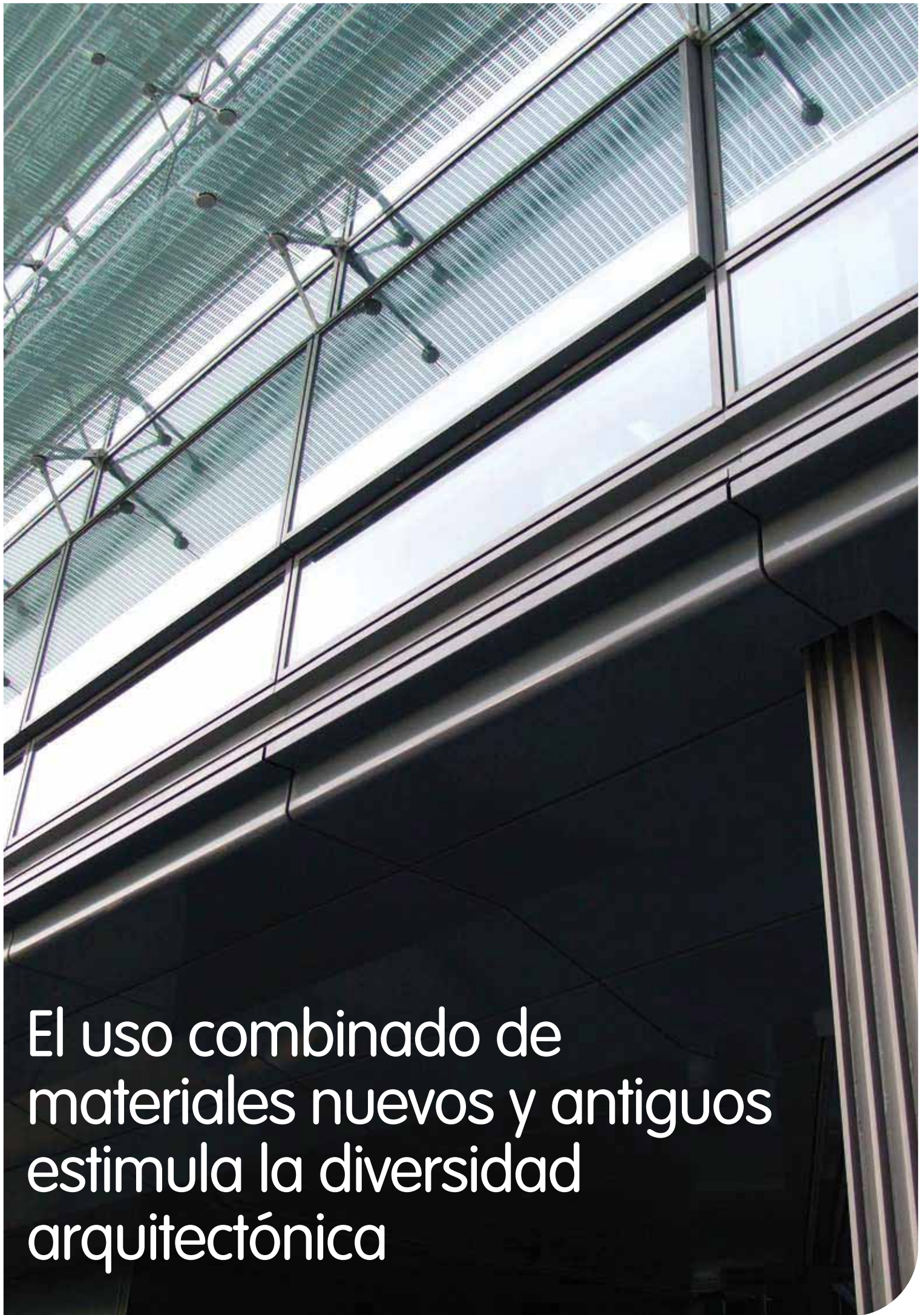
ArcelorMittal Europe - Long Products
Sections and Merchant Bars



ArcelorMittal

El acero en la rehabilitación





El uso combinado de materiales nuevos y antiguos estimula la diversidad arquitectónica

Índice

1. Introducción	2
2. Estructuras de acero y niveles de consolidación	10
3. Rehabilitación de estructuras de mampostería y de madera	26
4. Rehabilitación de estructuras de hormigón armado	38
5. Rehabilitación de estructuras de hierro/acero	44
6. Mejora de resistencia sísmica	54
7. Ampliaciones	68
Asistencia técnica y Acabado	78
Sus partners	79





1. INTRODUCCIÓN

1.1	Generalidades	4
1.2	Aspectos prácticos	5
1.3	Ventajas del acero de cara a la rehabilitación	6
1.4	Condiciones previas de restauración	7
1.5	Áreas de aplicación	8



1.1 Generalidades

La rehabilitación de edificios y puentes es hoy en día una actividad floreciente. Desde los años 70, se puede observar que el sector de la construcción se ha ido dedicando, cada vez más, a las actividades de consolidación, rehabilitación y modernización de edificios antiguos.

Los antiguos edificios de mampostería suelen sufrir desperfectos como consecuencia de la edad y los estragos del tiempo y por tanto necesitan una consolidación estructural y una rehabilitación funcional. Además, los edificios modernos hechos de hormigón armado necesitan ser rehabilitados, en función de su estado de conservación.

Muchos son los sistemas de consolidación y restauración que se han usado en las últimas décadas para preservar y proteger las construcciones existentes. Por sus cualidades, el acero desempeña un papel importante en dicha actividad.

Los procesos de restauración y consolidación, y particularmente los referidos a la más delicada restauración de edificios monumentales, requieren una selección muy cuidadosa de nuevos materiales de construcción. Éstos deben escogerse en función de los materiales que hay que consolidar.



		NUEVOS MATERIALES MIXTOS - materiales de consolidación				
		ACERO	HORMIGÓN	MAMPOSTERÍA	MADERA	FRP
ESTRUCTURAS DAÑADAS	ACERO	++				+
	HORMIGÓN	++	+			+
	MAMPOSTERÍA	++	+	+	+	+
	MADERA	++			+	+

Se puede hacer una distinción entre materiales nuevos que representan el “remedio” y materiales viejos que representan la “enfermedad”. Como “remedio” podemos utilizar tanto materiales tradicionales, tales como cemento, mortero, hormigón armado y acero, como materiales innovadores, tales como morteros especiales, polímeros reforzados con fibras (FRP), metales especiales (aceros de alta resistencia, acero inoxidable, etc.) y también algunos dispositivos especiales pertenecientes a sistemas avanzados de protección sísmica que utilizan tecnologías de control pasivo.

El problema de la elección de materiales puede visualizarse a través de la representación de una matriz comparativa, donde se incluyen todos los materiales de “remedio” (materiales de consolidación) así como los materiales que deben ser consolidados, y cuyas combinaciones dan lugar a nuevos materiales mixtos.

La selección de la combinación adecuada, de entre todas las ofrecidas por esta matriz, representa el objetivo principal de la consolidación estructural. Hay que destacar que el acero es compatible con todo el resto de materiales.

Desde una visión general de los posibles sistemas de consolidación, podemos establecer que:

- El uso de sistemas de consolidación basados en cemento y hormigón está muy extendido, en especial en operaciones de mejora sísmica, en forma de inyecciones y/o elementos de hormigón armado, pero su compatibilidad con obras de mampostería de viejas construcciones arquitectónicas es cuestionable. Por otra parte, dichas operaciones no resultan reversibles;
- Los sistemas de consolidación basados en materiales poliméricos y mixtos son muy recientes y, al menos de momento no hay suficiente experiencia de uso para validar su durabilidad. Por otra parte su reversibilidad también es cuestionable;

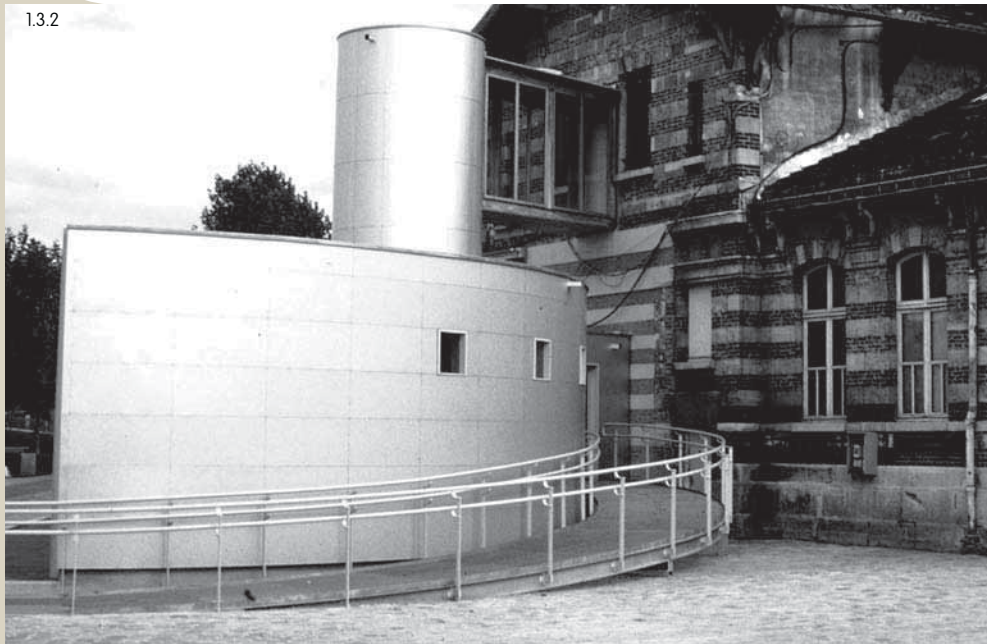
- Los sistemas de consolidación basados en estructuras de acero se usan mucho y son eficaces en casos de construcciones monumentales y para edificios corrientes hechos de mampostería y hormigón armado;
- Los dispositivos de control pasivo están todavía en estado embrionario, pero prometen un brillante futuro.

El análisis de ejemplos prácticos recogidos en todo el mundo demuestra que el uso de estructuras metálicas permite hacer frente a los complejos requisitos que surgen en los distintos niveles de consolidación de las estructuras que necesitan rehabilitación. Además, en el caso de los monumentos históricos, las estructuras de acero satisfacen los estrictos requisitos impuestos en sus trabajos de restauración.



1.3 Ventajas del acero de cara a la rehabilitación

1.3.2



El uso del acero en operaciones de consolidación y restauración estructural se aprovecha de las siguientes características particulares de este material:

- *La prefabricación* permite la ejecución de los elementos principales mediante soldadura en el taller, que se hacen a medida según las necesidades de transporte y de trabajo de la obra, donde se pueden conectar fácilmente mediante pernos;
- *La reversibilidad* es una propiedad básica de las estructuras de acero, puesto que las conexiones atornilladas se pueden utilizar para realizar construcciones permanentes y también para fabricar construcciones provisionales (Imagen 1.3.1);
- *La ligereza* de los elementos estructurales, debida a su alta relación resistencia/peso, simplifica el transporte y montaje. Minimiza asimismo el peligro de aumentar la carga en las estructuras existentes;
- *Las dimensiones reducidas* de los elementos estructurales son una consecuencia natural de la alta efectividad estructural del acero y simplifican la sustitución y/o la integración de los elementos estructurales ya existentes con los nuevos elementos de refuerzo;
- *La apariencia estética* de las piezas de acero resulta esencial. El contraste creado mediante la asociación de los elementos antiguos de la estructura y con los elementos nuevos de acero permite incrementar el valor arquitectónico de los edificios (Imagen 1.3.2);
- *La rapidez de montaje* es siempre una ventaja, en especial cuando la intervención de rehabilitación es muy urgente, para evitar una mayor degradación y para garantizar una protección inmediata;
- La posibilidad de encontrar una *amplia variedad* de productos de acero en el mercado es importante para satisfacer todas las necesidades de diseño y montaje con un alto grado de flexibilidad. Para el acero, existe una gran variedad de productos disponible: desde secciones laminadas en caliente en forma de chapas, perfiles en H, U, angulares, hasta elementos prefabricados como vigas alveolares (ACB), perfiles SFB ("Slim Floor"), encofrado trapezoidal, etc.

Todas estas características confirman al acero como el material ideal para llevar a cabo la consolidación de todos los elementos estructurales hechos de mampostería, hormigón armado, madera y, por supuesto, el propio acero.

1.3.1



1.4 Condiciones previas de restauración

Cuando el edificio que hay que consolidar es de interés histórico, su restauración es un proceso muy delicado. Los criterios en los que debe basarse el trabajo de restauración están orientados hacia la conservación de edificios ya existentes y su integración con nuevos sistemas constructivos que son necesarios para garantizar la funcionalidad del edificio. Estos nuevos sistemas deben tener una apariencia claramente moderna; deben ser distinguibles y reversibles, gracias al empleo de tecnologías y materiales que puedan ser retirados sin dañar la estructura existente.

De hecho, las diferentes "Cartas" de restauración internacionales, establecen la incongruencia de intentar la reconstrucción utilizando métodos del pasado, que por diversos motivos, sobre todo tecnológicos, ya no pueden aplicarse. Otros motivos están relacionados con nuevos deseos funcionales y con la falta de disponibilidad de viejos materiales. Al mismo tiempo estas "Cartas", en especial en casos donde la operación de restauración implica reestructuración con reconstrucción parcial, prescriben la necesidad de utilizar tecnologías y materiales adecuados de una manera claramente moderna.

En particular, la Carta de Venecia (1964) establece que los trabajos de integración deben caracterizarse por ser la *"marca de nuestro tiempo"* y, *"cuando las técnicas tradicionales se muestran inadecuadas, la consolidación de un monumento debe asegurarse valiéndose de todas las técnicas modernas de conservación y de construcción cuya eficacia haya sido demostrada con bases científicas y garantizada por la experiencia"*.

Una aplicación lógica de estos principios muestra que el acero, como material así como por su tecnología, está particularmente adaptado a la consolidación de edificios. De hecho, presenta la ventaja de ser un material moderno con características "reversibles", especialmente adecuado para dialogar con los materiales del pasado y para formar sistemas estructurales integrados. Además, su elección se basa en gran medida en sus excelentes propiedades mecánicas y en la flexibilidad de los sistemas constructivos.

Los sistemas constructivos basados en otros materiales (cemento, mortero, hormigón, polímeros, compuestos) no cumplen la importante condición previa de la mencionada reversibilidad.

En conclusión, el uso de acero en la rehabilitación estructural de edificios monumentales antiguos está en perfecta sintonía con los criterios recomendados de la teoría moderna de la restauración. De hecho, el acero se utiliza ampliamente en trabajos de restauración de todo tipo de monumentos antiguos y edificios históricos, también en forma de dispositivos especiales empleados en la protección sísmica.

1.5 Áreas de aplicación

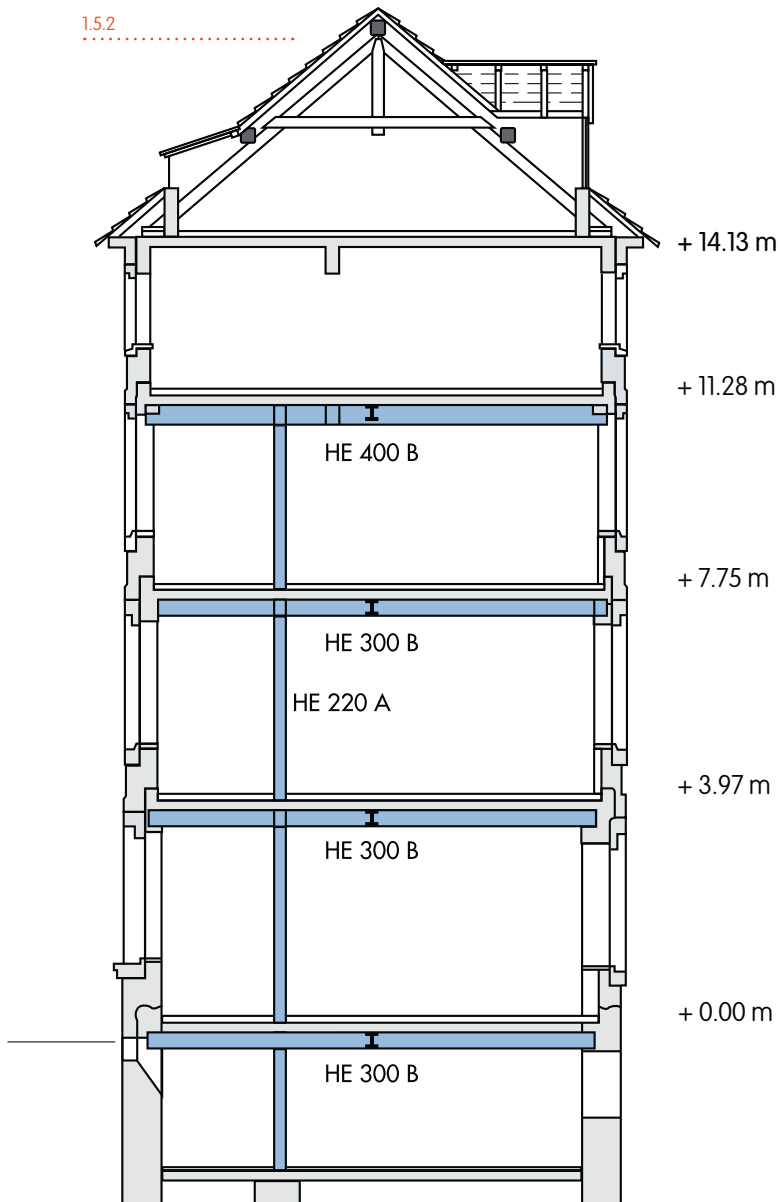
Por todo el mundo se pueden encontrar ejemplos de reforma, rehabilitación y ampliación utilizando estructuras de acero.

- *Construcciones industriales* se han convertido en apartamentos y oficinas (Imagen 1.5.1).
- *Edificios históricos* han sido vaciados completamente, manteniéndose las fachadas originales y sustituyendo la estructura interior por una nueva (Imagen 1.5.2).

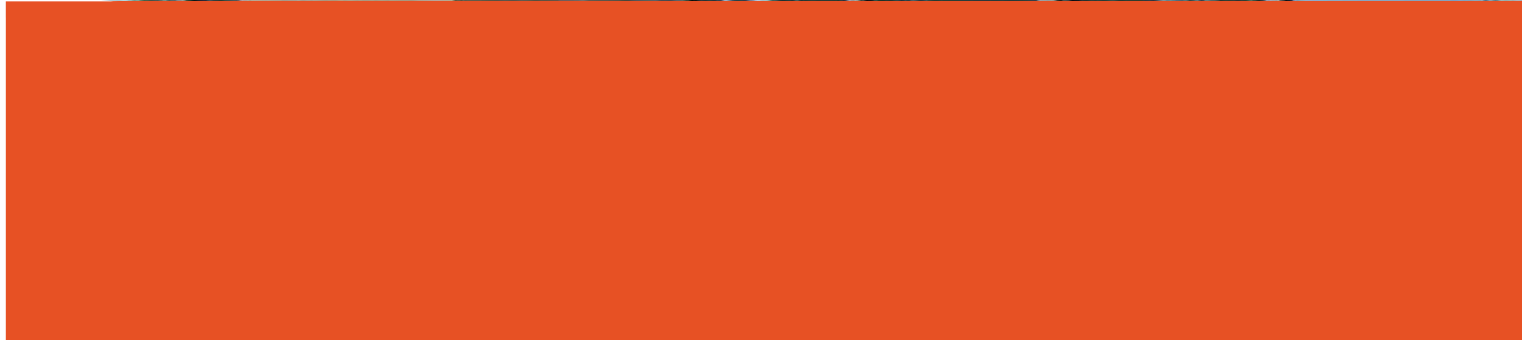
Se han introducido estructuras autoportantes en monumentos históricos de forma que se ha logrado una integración adecuada dotada de valores estilísticos modernos. Este tipo de aplicación es cada vez más común en museos y salas de exhibición.



1.5.2



- Muchas cubiertas de *iglesias antiguas* se han reemplazado con sistemas de acero, compuestos por vigas y chapas colaborantes (Imagen 1.5.3). Otros edificios importantes se han restaurado utilizando elementos añadidos verticales y horizontales, que armonizan desde puntos de vista tanto estructurales como estéticos con los elementos preexistentes.
- *Barrios enteros* de ciudades en Italia han sido completamente restaurados después de sufrir graves daños por efecto de terremotos; se han usado elementos de acero para mejorar la resistencia sísmica de los viejos edificios de mampostería.
- Se han reparado estructuras de *hormigón armado* mediante elementos de acero después de haber sufrido daños o cuando se necesitaba que fuesen capaces de soportar cargas más elevadas. También se han transformado cambiando la estructura original, mediante una reducción o un aumento de la altura de las plantas, o se han introducido arriostramientos de acero para mejorar el comportamiento anti-sísmico.





2. ESTRUCTURAS DE ACERO Y NIVELES DE CONSOLIDACIÓN

2.1 Generalidades	12
2.2 Apuntalamiento	12
2.3 Reparación	16
2.4 Refuerzo	18
2.5 Reestructuración	20



2.1 Generalidades

Cuando nos encontramos con el problema de la consolidación estructural de un edificio, se pueden distinguir diferentes niveles, que corresponden con la extensión y la calidad de la intervención y, a veces, también con el orden cronológico en que deben sucederse las fases de consolidación. La clasificación propuesta considera cuatro niveles: Apuntalamiento, reparación, refuerzo y reestructuración.

2.2 Apuntalamiento

El *apuntalamiento* es el primer paso en la consolidación de edificios. Consiste en un conjunto de intervenciones provisionales que permiten garantizar una seguridad adecuada durante la fase transitoria, tanto para el público como para la obra, y precede a cualquier operación de consolidación definitiva (Imagen 2.2.1). Esta medida se toma con el fin de proteger la obra y de para evitar un derrumbamiento parcial o total cuando los edificios requieren medidas urgentes para permitir su seguridad.



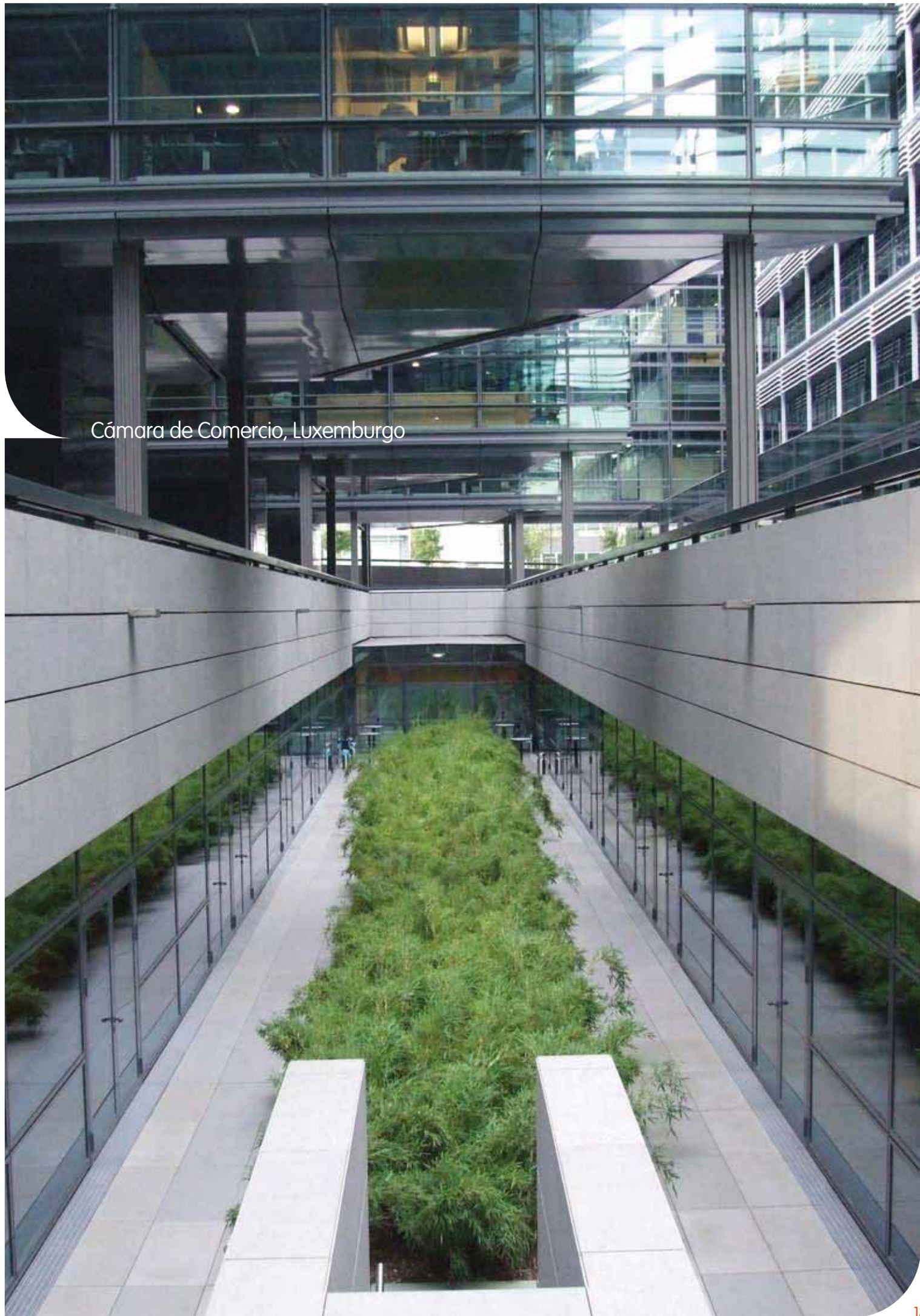
Los requisitos exigibles a los sistemas de apuntalamiento son:

- velocidad de ejecución
- flexibilidad de los sistemas constructivos
- adaptabilidad a zonas de trabajo estrechas y de difícil acceso
- reversibilidad de la intervención de restauración.

Los principales campos de aplicación son los siguientes:

- apuntalamiento temporal de fachadas, por medio de estructuras espaciales reticuladas, durante la reconstrucción de un nuevo edificio entre dos edificios ya existentes
- estructura de acero que sostiene la fachada durante la demolición de la parte interna del edificio. Esta función de apuntalamiento puede ser temporal o formar parte de la estructura final (por ej. estructuras verticales para la rigidización de la fachada)
- apuntalamiento temporal de fachadas inmediatamente después de un terremoto, usando andamios de acero, para permitir el uso de las aceras por los peatones
- cubrición temporal como protección atmosférica de una obra durante la restauración (Imagen 2.2.2).

Cámara de Comercio, Luxemburgo



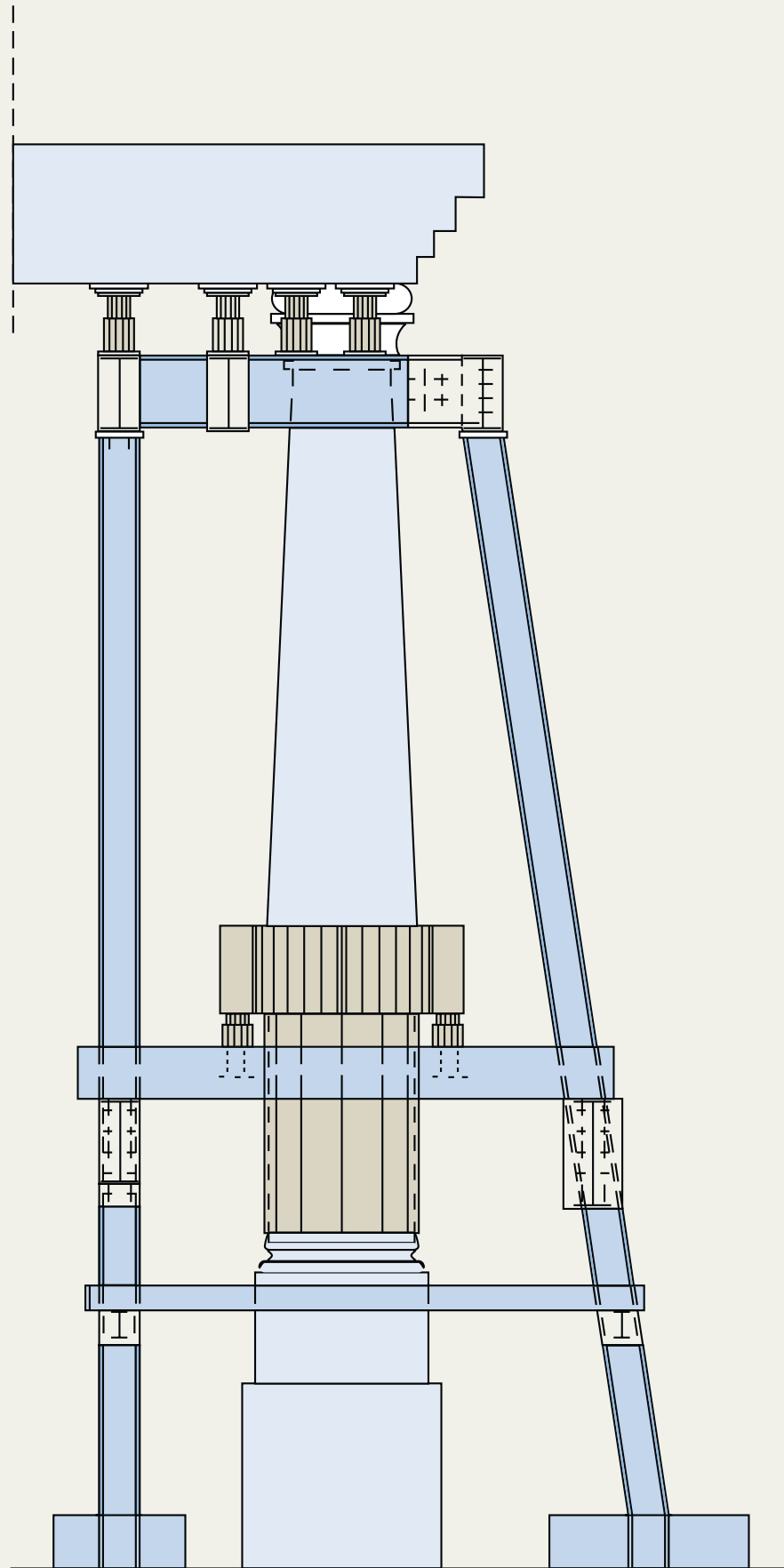
Durante la realización de operaciones de apuntalamiento, las estructuras de acero se usan principalmente de las siguientes formas:

- los elementos estructurales de acero, en forma de “sistemas de andamiaje” (Imagen 2.2.3)
- las estructuras de acero pesadas (perfiles soldados o atornillados) y las ligeras (secciones huecas con uniones atornilladas) se adoptan para realizar operaciones activas y pasivas de apuntalamiento (Imágenes 2.2.4 y 2.2.5).



Los sistemas estructurales de acero anteriores ofrecen las siguientes ventajas:

- ligereza
- alto grado de prefabricación
- facilidad de transporte y montaje
- rentabilidad económica, debida a su posibilidad de reutilización.



2.2.5

2.2.5 Sujeción temporal de las columnas de la entrada del Palacio Carigliano en Turín (Italia)

2.3 Reparación

2. Estructuras de acero y niveles de consolidación

La *reparación* es el segundo nivel de consolidación de edificios existentes. Implica una serie de operaciones realizadas en el edificio para rehabilitar su antigua eficiencia estructural anterior a cuando se produjo el daño.

La reparación, a diferencia del apuntalamiento, representa una operación definitiva usada en aquellos casos en los que los daños no requieren una intervención urgente. Representa una restauración directa del rendimiento estructural, con requisitos de seguridad mínimos, sin introducir refuerzos adicionales en las estructuras del edificio dañado.

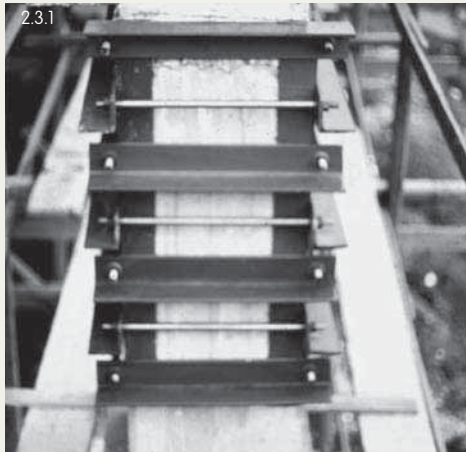
Como parte de la fase de reparación, existen numerosos sistemas de consolidación basados en el uso de estructuras de acero, que mejoran el comportamiento de las estructuras de mampostería, hormigón armado y madera.

Los elementos estructurales de acero ofrecen, mediante diversas tecnologías “prefabricadas”, soluciones ad hoc diseñadas para obtener resultados óptimos y a medida de necesidades especiales.

Las bazas de las estructuras de acero son:

- ser de bajo peso, lo que permite una facilidad de transporte y montaje, factor importante cuando es necesario trabajar en zonas donde el espacio está restringido, como por ejemplo en los centros históricos de cascos antiguos
- reversibilidad, gracias el uso de uniones atornilladas, que permite la reutilización de la estructura en caso de desmontaje (Imagen 2.3.1)

- elevada velocidad de montaje, útil cuando hay que realizar reparaciones de emergencia debido a un riesgo de propagación rápida del daño (Imagen 2.3.2)
- ventajas económicas, debido a su posibilidad de reutilización (Imagen 2.3.3).



2.3.1 Angulares de acero atornillados para reparar un pilar de hormigón armado

2.3.2 Marcos de acero empleados en la reparación de un muro de piedra (Berlín, Alemania)

2.3.3 Iglesia de la Expo en Hanover: estructura modular de acero con vistas a una posible reutilización en otro lugar

Dames de France, Perpiñán, Francia



2.4 Refuerzo

2. Estructuras de acero y niveles de consolidación

El refuerzo implica mejorar el rendimiento estructural para permitir que el edificio pueda cumplir con los nuevos requisitos funcionales o medioambientales. Este nivel de consolidación no afecta significativamente al esquema estructural. Se integran elementos nuevos a los ya existentes sin alterar ni la distribución de masas ni la rigidez del edificio.

A diferencia de la simple reparación, el refuerzo puede realizarse aplicando diversos grados de intensidad según sea el grado de rigidez exigido, y en caso, según la amplitud de los daños previos.

Desde un punto de vista sísmico, la operación de refuerzo puede distinguirse en dos niveles: simple mejora y refuerzo.

El refuerzo se realiza para asegurar un mayor grado de seguridad. En este caso el trabajo de refuerzo se ejecuta sobre una parte o sobre toda la estructura, pero sin modificar en exceso su esquema estático y, por tanto, su comportamiento global.

El trabajo de mejora puede también realizarse en diversos elementos estructurales cuando éstos están afectados por errores de diseño o por una mala ejecución.

El trabajo de mejora de la resistencia sísmica se caracteriza por una serie de pasos que deben ejecutarse para asegurar que la estructura sea capaz de soportar las nuevas cargas de teóricas de un nuevo terremoto. Puede que también requiera una revisión exhaustiva del sistema estructural, con una modificación completa del comportamiento sísmico general. En tal caso, esta intervención debe clasificarse dentro de las operaciones de reestructuración.



2.4.1



Los trabajos de refuerzo son necesarios cuando:

- los edificios están sujetos a carga mas elevadas, debidas a cambios de uso que requieren un aumento de las sobrecargas
- las construcciones existentes están situadas en un área incluida recientemente en una nueva zona sísmica, y por tanto están sujetas a condiciones de carga más elevadas debido al riesgo de terremotos.

Las normativas nacionales suelen hacer una clara distinción entre trabajos de simple mejora y de refuerzo sísmico. El trabajo de mejora se suele realizar en los siguientes casos:

- cuando tiene lugar una variación en el uso
- cuando hay que corregir defectos de diseño y/o ejecución
- cuando las operaciones de consolidación se aplican en edificios monumentales, que no permiten grandes modificaciones.



La mejora sísmica es obligatoria en los siguientes casos:

- aumento de la altura o de la superficie de la construcción, con un aumento en volumen y áreas
- aumento de las sobrecargas debido al cambio de uso
- modificación sustancial de la resistencia de la estructura en comparación con la original después de una remodelación, o en general, cuando el comportamiento global del edificio se ve afectado durante la reestructuración.

Los diferentes niveles de refuerzo, desde la simple mejora al refuerzo sísmico, pueden realizarse mediante el uso de los mismos sistemas tecnológicos de consolidación que se usan para la reparación. Las estructuras de acero se usan habitualmente para mejorar el comportamiento estático, tanto de edificios de fábrica como de hormigón armado. Los sistemas de arriostramiento se suelen utilizar para lograr el refuerzo sísmico de estructuras de mampostería y de hormigón armado. Entre los sistemas innovadores de arriostramiento se distinguen el uso de riostras excéntricas de acero (EB) (Imagen 2.4.1), riostras de acero con pandeo limitado (BRB) (Imagen 2.4.2), y paneles que trabajan a esfuerzo cortante con rigidez limitada (Imagen 2.4.3).

2.5 Reestructuración

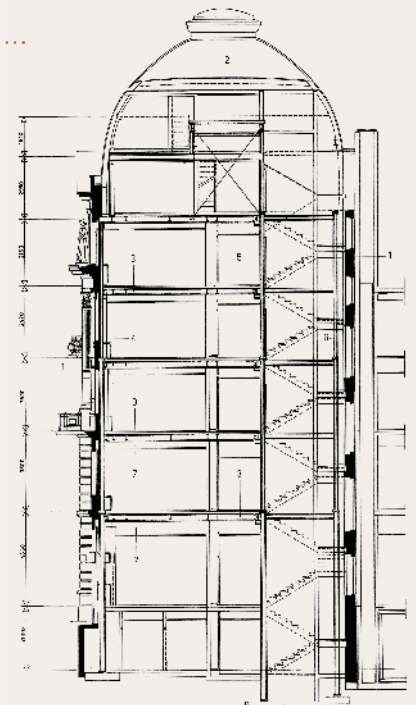
2. Estructuras de acero y niveles de consolidación

2.5.1a



- La reestructuración representa, en el orden arquitectónico, el nivel más elevado de consolidación de edificios existentes. Consiste en la modificación parcial o total de la distribución funcional, de la planta o de las dimensiones, junto con el cambio de otras características originales del edificio, incluyendo un cambio profundo en el sistema estructural. Existen cuatro tipos diferentes de trabajo de reestructuración: vaciado, inserción, adición y aligeramiento.
- El vaciado es la sustitución total o parcial de la parte interna de un edificio por un nuevo tipo de estructura diferente. Esto se realiza cuando las razones arquitectónicas y/o urbanísticas requieren la completa conservación de las fachadas de los edificios, mientras la distribución interior se debe cambiar por cuestiones funcionales (Imágenes 2.5.1 a, b).

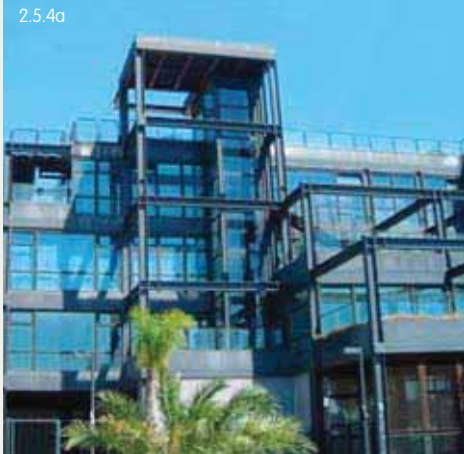
2.5.1b



- 2.5.1** La vieja "Roemerhof" en Zúrich es ahora un banco moderno: a) la fachada; b) las nuevas oficinas de la "Roemerhof" se obtuvieron por adición de estructuras de acero
- 2.5.2** Ejemplos de inserción en un edificio de mampostería: a) un nuevo entresuelo de acero; b) una nueva escalera de acero
- 2.5.3** Entrepanta de acero, Luxemburgo

- *La inserción* representa la introducción de nueva estructuras o elementos estructurales en el volumen existente del edificio. También cuando se crean entreplantas intermedias o entresuelos para aumentar el área utilizable dentro de los límites de un volumen determinado ya existente (Imágenes 2.5.2 a, b). Un ejemplo de trabajo de inserción es la adición de estructuras autoportantes con el fin de alojar áreas de exposición especiales visibles desde varias plantas, huecos de escalera y de ascensor (Figura 2.5.3).



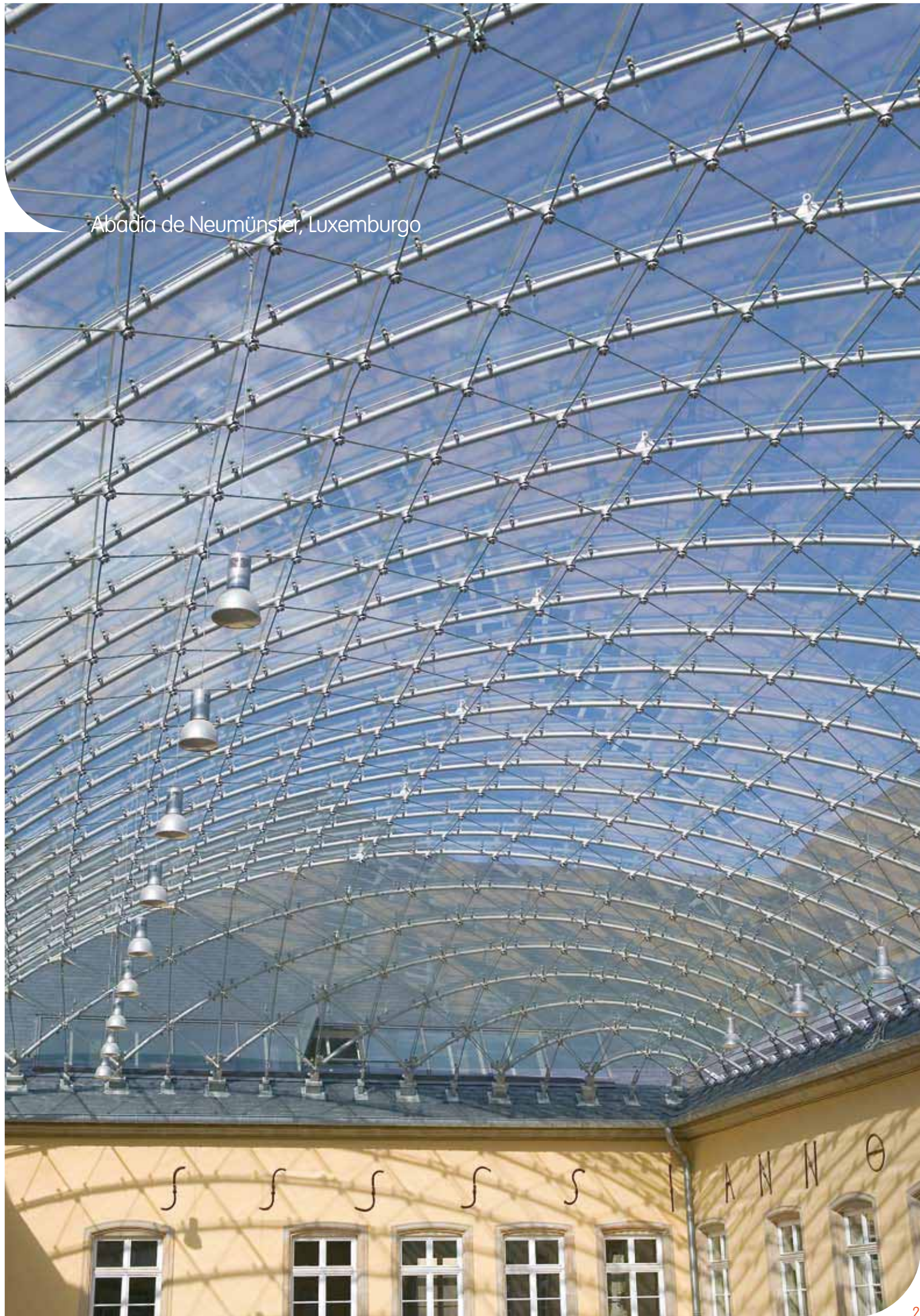


- *La ampliación* se realiza cuando aparecen nuevos requisitos funcionales o cuando se necesita un incremento del volumen original del edificio en dirección horizontal o vertical.

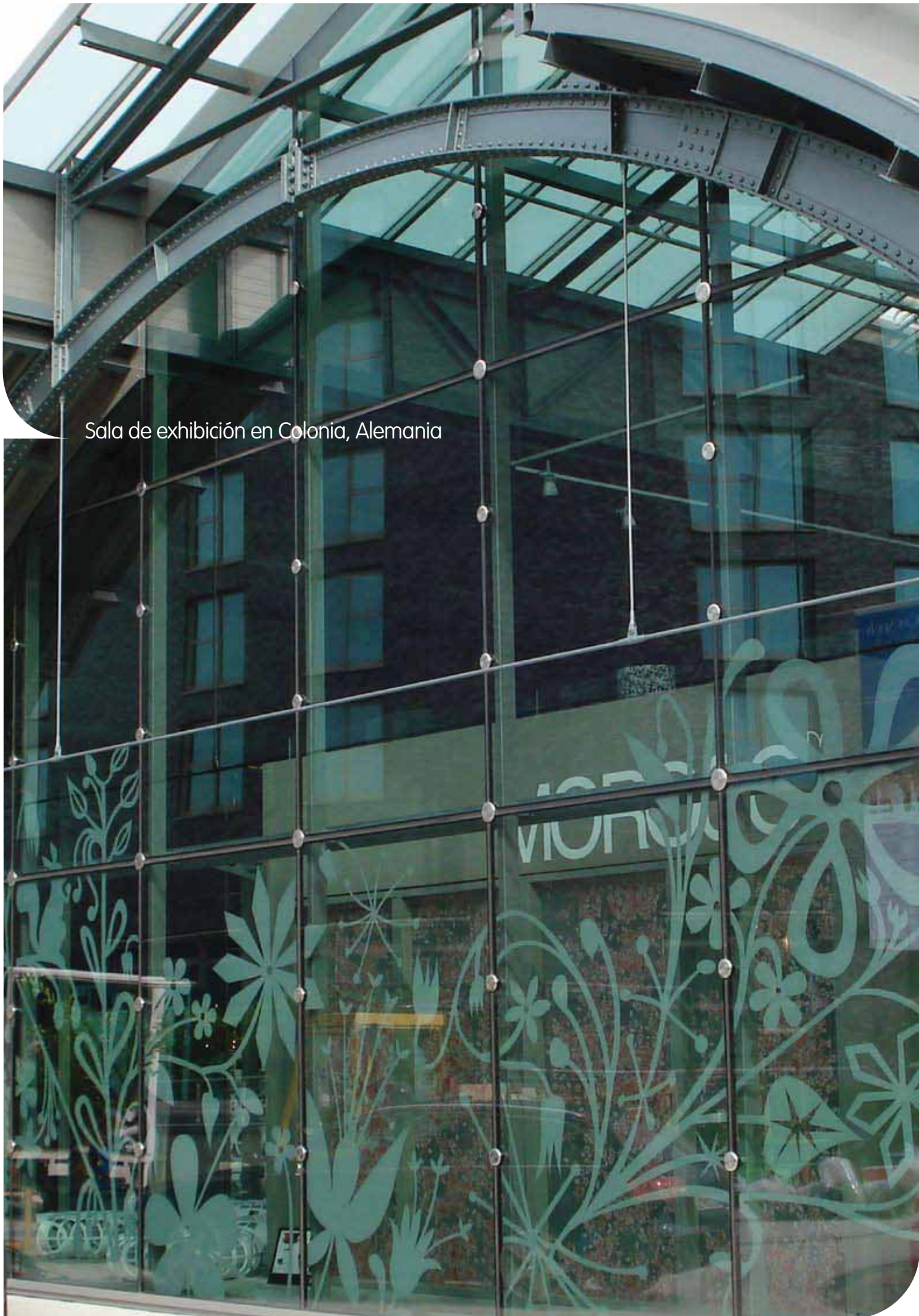
- *La ampliación* horizontal consiste en la introducción de nuevos volúmenes laterales junto a la estructura original. En estos casos, los aspectos estéticos juegan un papel más importante que los estructurales dada la necesidad de armonizar diferentes estilos arquitectónicos (Imágenes 2.5.4 y 2.5.5).



Abadia de Neumünster, Luxemburgo



Sala de exhibición en Colonia, Alemania



2.5.6a



2.5.6b



- La *ampliación vertical* requiere el incremento de la altura del edificio en uno o más niveles por encima de la estructura existente. Dependiendo del peso añadido, puede resultar necesario revisar la capacidad portante de la estructura original. En su caso, se deberán prever posibles intervenciones de consolidación antes de la elevación. Este problema es de particular importancia en zonas de actividad sísmica, donde el comportamiento general del edificio se ve fuertemente influido por la adición de nuevas masas, en especial en los niveles superiores. La necesidad de minimizar el peso de la estructura adicional hace del acero el material más adecuado, gracias a su excelente relación resistencia / peso (Imágenes 2.5.6 a, b).

• El *aligeramiento*, al contrario que la ampliación vertical, puede incluir la eliminación de una o más plantas superiores debido a la necesidad de reducir el nivel de solicitaciones de la estructura. Este objetivo se puede conseguir mediante pasos que implican la sustitución de forjados y/o de otros elementos estructurales originales por nuevos materiales más ligeros. La sustitución de pesados forjados de madera por perfiles laminados en I y chapas colaborantes es un proceso muy corriente, así como la sustitución de las antiguas cubiertas por estructuras metálicas.

La reestructuración es apropiada cuando la modificación de la distribución funcional de un edificio requiere la introducción de nuevos volúmenes y superficies, o cuando las nuevas

normativas exigen la modificación de la estructura portante. También resulta indicada en el caso de edificios seriamente dañados que requieren la completa modificación del sistema estructural y su mejora.

La conservación de edificios existentes y su integración con sistemas estructurales nuevos claramente diferenciables y reversibles representa una operación clásica de reestructuración, que debe basarse en la teoría moderna de la restauración.

Una aplicación lógica de los principios de saneamiento muestra indudablemente que el acero y su tecnología reúnen las condiciones previas necesarias de ser un material moderno con características "reversibles" especialmente adecuado para usarse con materiales tradicionales, formando así un sistema estructural integrado.





3. REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA Y DE MADERA

3.1 Consolidación de estructuras de mampostería	28
3.2 Consolidación de un edificio de mampostería	30
3.3 Vaciado de un edificio de mampostería en París (Francia)	31
3.4 Consolidación de estructuras de madera mediante el acero	32
3.5 Sustitución de vigas de madera por vigas de acero	34
3.6 Cubiertas de acero y vidrio	37



3.1 Consolidación de estructuras de mampostería

3. Rehabilitación de estructuras de mampostería y de madera

“La capacidad portante de los elementos de mampostería debe mejorarse si éstos sufren daños en forma de grietas por la acción de esfuerzos exteriores inesperados (p.e. terremoto) o si la estructura entera debe ser reforzada para resistir las nuevas cargas que se imponen por causa de la reutilización del edificio.”

Un sistema clásico para mejorar la capacidad de soporte de carga de los elementos de mampostería consiste en inyecciones de mortero o cemento a presión, que en algunos casos puede integrarse mediante barras de anclaje de acero. En este caso, el uso de acero inoxidable es aconsejable para evitar daños futuros causados por la corrosión. Sin embargo, este sistema no es reversible y, por tanto, es contrario al principio básico de restauración.

Al observar algunos viejos edificios de mampostería durante su demolición, es evidente que las estructuras de acero se utilizaban antiguamente para reforzar la propia mampostería (Imagen 3.1.1). Este hecho implica que las estructuras de acero representan el sistema de consolidación más adecuado para este tipo de estructuras.

y pasadores con secciones en U o mediante anillos horizontales (Imagen 3.1.2).

Cuando es necesario transferir una proporción importante de la carga vertical total soportada por el muro de mampostería a una nueva estructura de acero, los nuevos pilares de acero pueden insertarse en cavidades hechas en el muro o, simplemente, ser unidos a la mampostería (Imagen 3.1.3).

En el caso de existir aberturas, la resistencia que falta debido al hueco en la obra de fábrica puede compensarse con vigas de acero en la parte superior del hueco o con marcos de acero alrededor de la abertura (Imagen 3.1.4). De forma similar, los arcos de mampostería pueden reforzarse con estructuras de acero (Imagen 3.1.5).



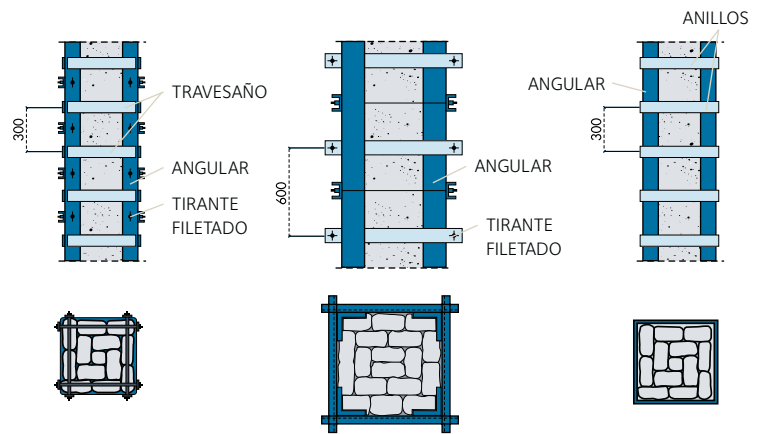
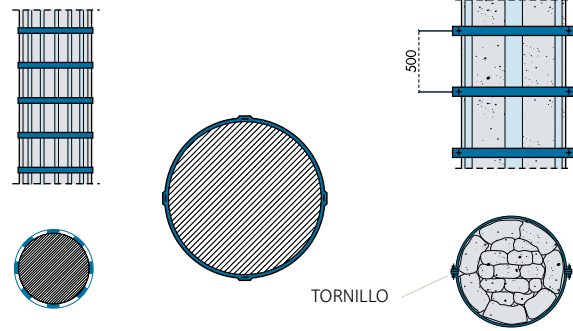
Los pilares de mampostería dañados se reparan normalmente con aros metálicos. La restricción lateral sobre el material produce un importante aumento de la capacidad portante a cargas verticales (Imágenes 3.1.2).

Si los pilares son cilíndricos, los aros pueden estar formados por pletinas verticales de sección rectangular que se refuerzan con anillos de acero horizontales. En el pasado, se realizaba una operación de pretensado mediante el calentamiento previo y posterior contracción de los anillos en la fase de enfriamiento. En la actualidad, dos medios anillos pueden pretensarse mediante pernos (Imagen 3.1.2).

En el caso de pilares de sección cuadrada o rectangular, se pueden usar perfiles de sección angular como elementos verticales de esquina. Se pueden conectar de varias maneras: mediante tirantes de tracción situados interiormente y chapas de unión, por medio de tirantes de tracción situados exteriormente

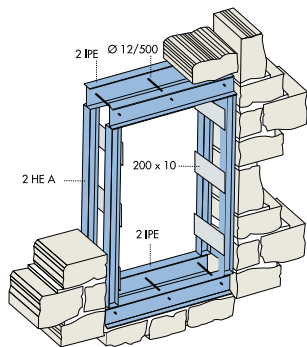


3.1.2

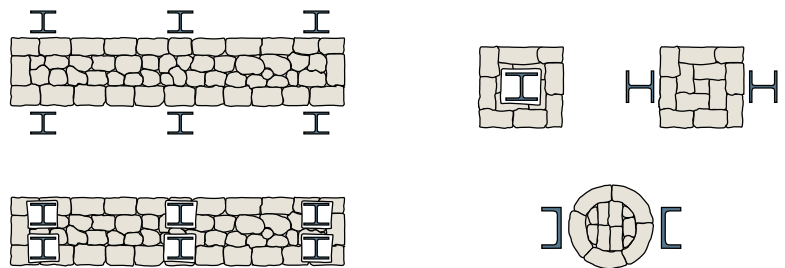


3.1.5

3.1.4



3.1.3



- 3.1.1 El armazón de acero en el interior de las paredes de mampostería es claramente evidente durante una operación de demolición en Manchester (Reino Unido)
- 3.1.2 Consolidación de pilares de mampostería mediante estructuras de acero
- 3.1.3 Consolidación de muros de mampostería mediante estructuras de acero
- 3.1.4 Detalles de la estructura de acero alrededor de una nueva ventana
- 3.1.5 Consolidación de arcos de mampostería mediante estructuras de acero

3.2 Consolidación de un edificio de fábrica: la reutilización de un complejo de edificios en Bolonia (Italia)

3. Rehabilitación de estructuras de mampostería y de madera

Un gran complejo de edificios en Bolonia ha sido totalmente transformado en edificios multiuso como hotel, apartamentos y tiendas. Las estructuras de acero se eligieron tanto por razones estructurales como arquitectónicas.

Los edificios de mampostería de entre 5 y 6 alturas alrededor del perímetro se consolidaron manteniendo las características originales, mientras que algunos edificios en la parte central, que estaban seriamente dañados, fueron demolidos y sustituidos por nuevos edificios de entre 2 y 3 alturas. En ambas ocasiones se insertaron armazones de acero resistentes a la deformación vertical y horizontalmente.

La adición de dos plantas con estructura de acero dotadas de cimentación independiente dentro del espacio de los edificios existentes permitió la construcción de una serie de escaleras y pasarelas en los dos niveles interiores y alrededor del patio interno. Estas nuevas estructuras se hicieron con perfiles HE y el proceso de montaje y la posterior demolición de la obra de fábrica se realizó sin necesidad de ningún trabajo de apuntalamiento.

El patio interno se caracteriza por un número de escaleras de acero (Imagen 3.2.1) que lo unen con la primera planta.



3.3 Vaciado de un edificio de ladrillo e inserción de una estructura de acero (París, Francia)

Algunos edificios históricos en París han sido rehabilitados últimamente mediante el vaciado, es decir, conservando únicamente la fachada. Dos edificios en el bulevar Haussman, números 6-8 y 54 han sido vaciados por completo y se ha insertado una nueva estructura de acero en las fachadas (Imagen 3.3.1).

El edificio AGF en el Îlot Lafayette ha sido renovado mediante el uso de vigas alveolares de acero. Otro edificio situado en la Place d'Iéna, 7 ha sido vaciado y se ha levantado en el interior una estructura de acero de 8 alturas.

Un grupo de edificios, construido entre principios del siglo XX y los años 50, ha sido renovado y convertido en un singular y moderno edificio de oficinas – llamado “Le Centorial” con un aparcamiento en el sótano. En la mayoría de los ejemplos anteriores, tanto las vigas principales como las secundarias de las estructuras de los forjados son alveolares, para permitir una fácil instalación de las instalaciones técnicas (cables, canalizaciones, etc.).



3.4 Consolidación de estructuras de madera mediante el acero

En los edificios de mampostería los forjados, a menudo, suelen ser de madera. Muy a menudo es necesario reforzar los elementos de madera (vigas y forjado) ya que suelen deteriorarse debido a la acción de hongos de la madera, parásitos y de la humedad.

Se han propuesto muchos sistemas para mejorar la capacidad portante de las vigas. Hay dos maneras principales de hacerlo dependiendo de si resulta más conveniente trabajar por debajo o desde arriba de las vigas para insertar elementos adicionales de acero (Imágenes 3.4.1 a, b).

En el primer caso, se pueden añadir refuerzos de acero de diferentes tipos por debajo de las vigas de madera, desde simples placas a perfiles en H o U laminadas en caliente, que pueden adaptarse a cada caso según las características de la estructura que se debe consolidar.

Cuando la forma original de la viga debe mantenerse por su interés histórico particular, es necesario aplicar el segundo método, es decir, trabajando desde arriba de la viga.

El resultado final es un sistema mixto de madera y acero, que aumenta considerablemente la solidez y la rigidez de la estructura original. En todos los casos, esta interacción entre el material nuevo y el antiguo debe garantizarse usando sistemas de unión apropiados que van desde las uniones atornilladas simples a diferentes tipos de uniones de clavijas (Imagen 3.4.2).

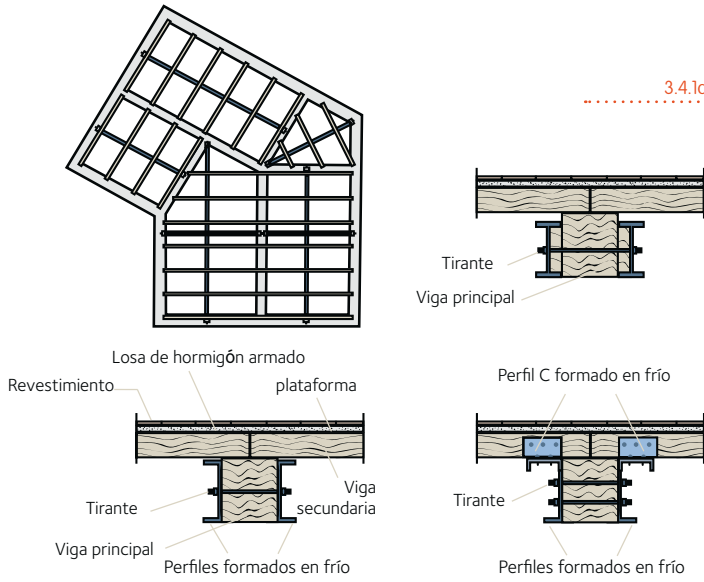
Muchos puentes antiguos de madera son ejemplos de construcciones históricas que han sido conservadas mediante el uso de estructuras de acero.

Dos ejemplos representativos son: el puente peatonal "Academia" en Venecia y el puente "Buchfahrt" cerca de Weimar en Alemania, cuya restauración protege la estructura en su uso diario bajo cargas de tráfico (Imágenes 3.4.3 a, b).

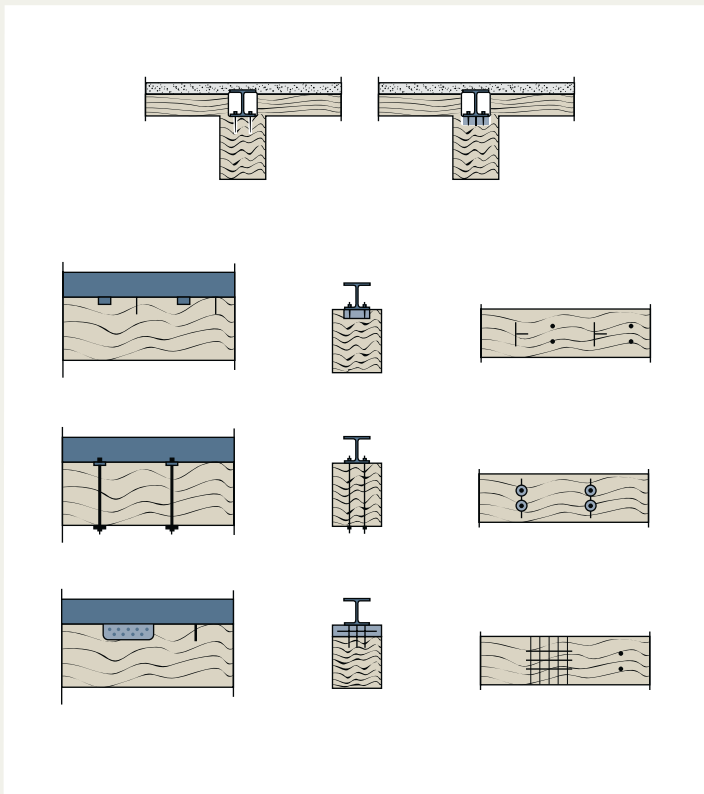


3. Rehabilitación de estructuras de mampostería y de madera

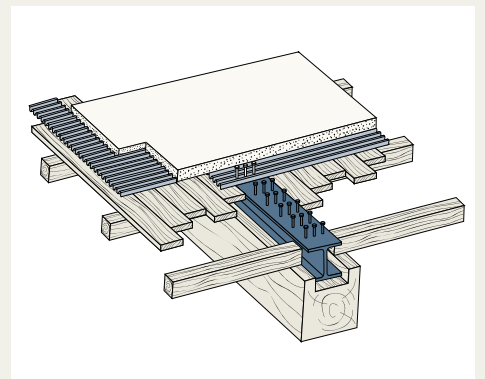
3.4.1a



3.4.1b



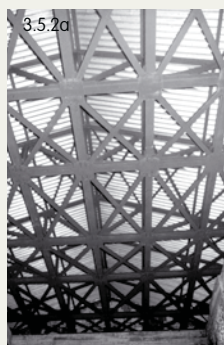
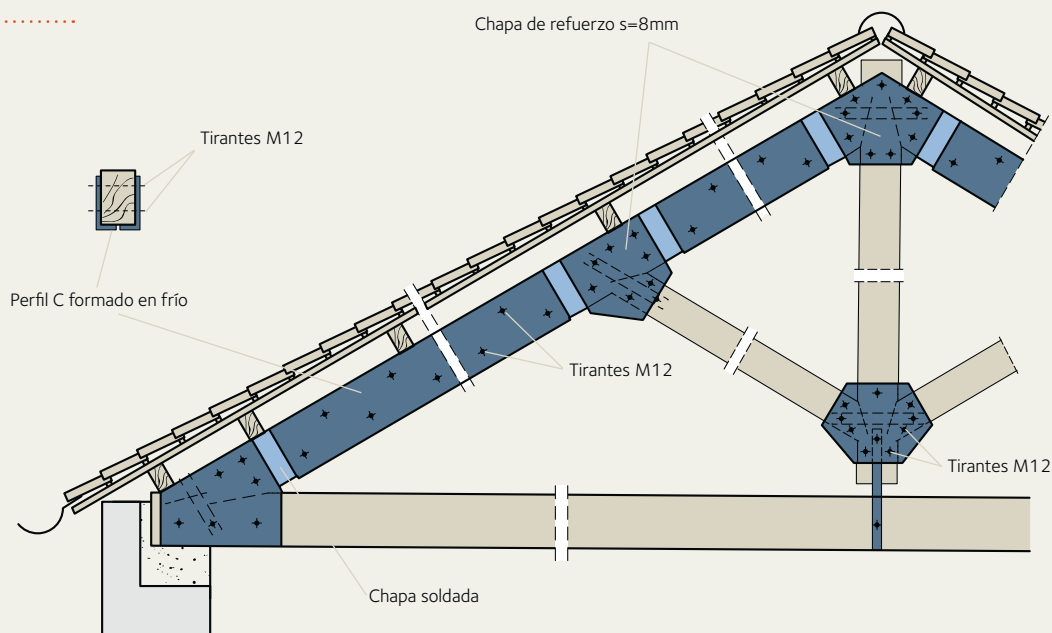
3.4.2



- 3.4.1** Sistemas de consolidación para viga de madera mediante elementos de acero:
a) refuerzo ejecutado desde abajo hacia arriba;
b) refuerzo ejecutado desde arriba hacia abajo, lo que crea una estructura mixta acero/madera
- 3.4.2** Solución mixta acero – madera empleada en la consolidación de un viejo forjado de madera
- 3.4.3** Puente “Buchfahrt” reparado situado cerca de Weimar (Alemania)

3.5 Sustitución de vigas de madera por vigas metálicas

3.5.1



3.5.1 Elementos de acero utilizados en la consolidación de estructuras de madera

3.5.2 a) una nueva cubierta hecha con vigas de acero junto con parrilla inferior de vigas de acero con el fin de crear un "efecto diafragma";
b) estructuras de acero empleadas en la cubrición del ábside de una vieja iglesia de mampostería

3. Rehabilitación de estructuras de mampostería y de madera

Las estructuras de madera sufren a menudo por el paso del tiempo. En algunos casos pueden repararse añadiendo placas de acero en las uniones o a lo largo de los elementos (Imagen 3.5.1) pero, en general, la mejor solución resulta ser la sustitución de toda la estructura de madera por una nueva cubierta hecha de perfiles de acero.

En muchos países europeos existen ejemplos de este tipo de trabajo en edificios históricos, como palacios o iglesias. En particular, muchas iglesias y edificios históricos han sido modernizados sustituyendo el tejado de madera por vigas de acero y la cubierta por chapa colaborante.

Cuando la iglesia está situada en una zona propensa a los terremotos, las nuevas vigas de acero pueden integrarse con una parrilla

horizontal, para unir rígidamente la parte superior de los muros de mampostería y, por tanto, crear un "efecto diafragma" (Imágenes 3.5.2 a, b).

Un ejemplo notable de una nueva cubierta de acero es la Catedral de Nápoles (Imagen 3.5.3). Todo el nuevo tejado del Palacio Ducal en Génova está hecho de perfiles de acero (Imagen 3.5.4). Muchos antiguos edificios de la Fundación Real de Mongiana en Calabria han sido renovados con la utilización de nuevas cubiertas de acero.

En Gevelsberg (Alemania) se ha cambiado la cubierta de un edificio que se usaba antiguamente como taller y ahora se emplea como garaje y almacén (Imagen 3.5.5).

3.5.4



3.5.3



3.5.5



- 3.5.3 La fachada principal de la catedral de Nápoles (Italia)
- 3.5.4 Detalle de la nueva cubierta de acero del Palacio Ducal de Génova (Italia)
- 3.5.5 Renovación de la cubierta en Gevelsberg mediante vigas de acero y chapa colaborante

Reichstag en Berlín, Alemania



3.6 Cubiertas de acero y vidrio

Cubrir los patios interiores de edificios históricos es una actividad relativamente reciente, usada muy a menudo para incrementar la funcionalidad del edificio. Dos ejemplos notables de cubiertas de vidrio son: el patio interior del Museo de Hamburgo (Imagen 3.6.1) y la extensión del K21, Museo de las Artes de Dusseldorf, inaugurado en 2002 (Imagen 3.6.2).







4. REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO (HA)

- | | |
|---|----|
| 4.1 Consolidación | 40 |
| 4.2 Cambio de esquema estructural: gimnasio en Cantú (Italia) | 43 |

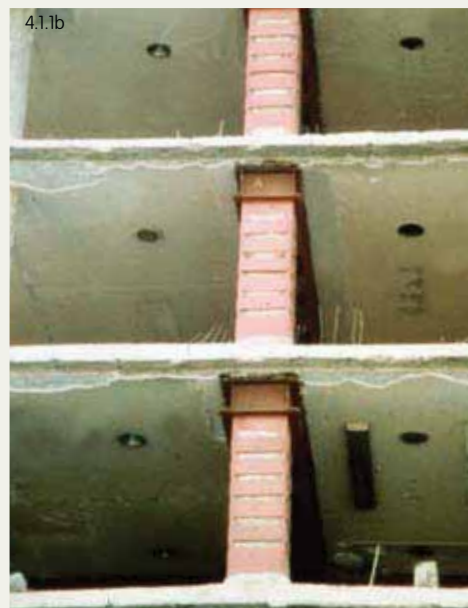


4.1 Consolidación

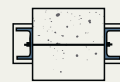
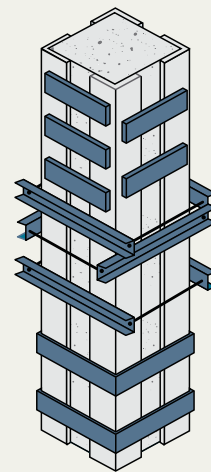
El aumento de la capacidad resistente de pilares de hormigón armado puede obtenerse añadiendo, en una o dos direcciones, un par de perfiles de acero laminado en caliente, conectadas entre sí mediante tirantes adecuados. El uso de perfiles en U, angulares y pletinas hace posible obtener un perímetro de protección continuo, en el que el efecto pretensor se obtiene mediante pernos (Imágenes 4.1.1 a, b).

El refuerzo y la reparación de uniones viga/columna de hormigón armado se realiza habitualmente mediante el uso de angulares y chapas colocadas alrededor de las piezas de hormigón armado (Imagen 4.1.2).

Las estructuras de acero suelen soldarse y a veces pegarse a la superficie de hormigón. El tamaño de los elementos adicionales depende del valor de las solicitaciones debidas al momento flector y al esfuerzo cortante.

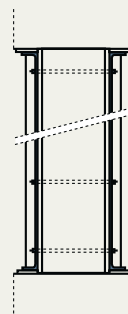
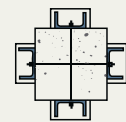


4.1.1a

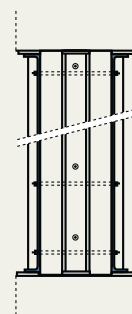


Placa de distribución

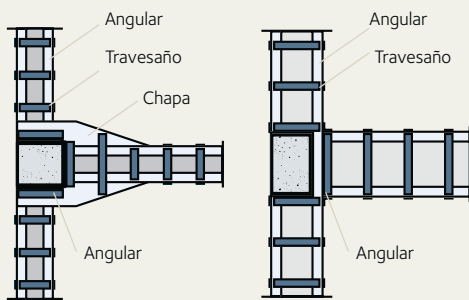
Perfil en C



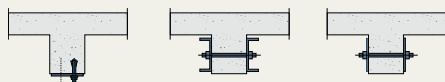
Mortero sin retracción



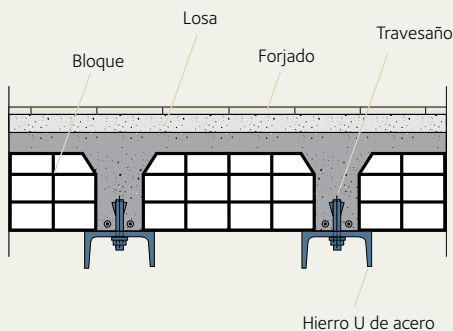
4. Rehabilitación de estructuras de hormigón armado (HA)



4.1.2



4.1.3



4.1.4

- 4.1.1** a) Consolidación de pilares de hormigón armado mediante elementos de acero;
b) Detalles del sistema de refuerzo compuesto por angulares y chapas
- 4.1.2** Consolidación de una unión viga - pilar de hormigón armado mediante chapas de refuerzo y angulares
- 4.1.3** Consolidación de vigas de hormigón armado mediante piezas de acero
- 4.1.4** Consolidación de un forjado de hormigón armado mediante piezas de acero

El aumento del valor del momento máximo admisible de las vigas de hormigón armado puede obtenerse mediante la conexión con chapas o perfiles de acero, mediante pernos o barras y colas de unión (Imagen 4.1.3). El mismo sistema puede usarse para reforzar forjados hechos de hormigón armado y bloques de arcilla. Los forjados hechos con hormigón y bloques de ladrillo pueden reforzarse usando los siguientes métodos (Imagen 4.1.4):

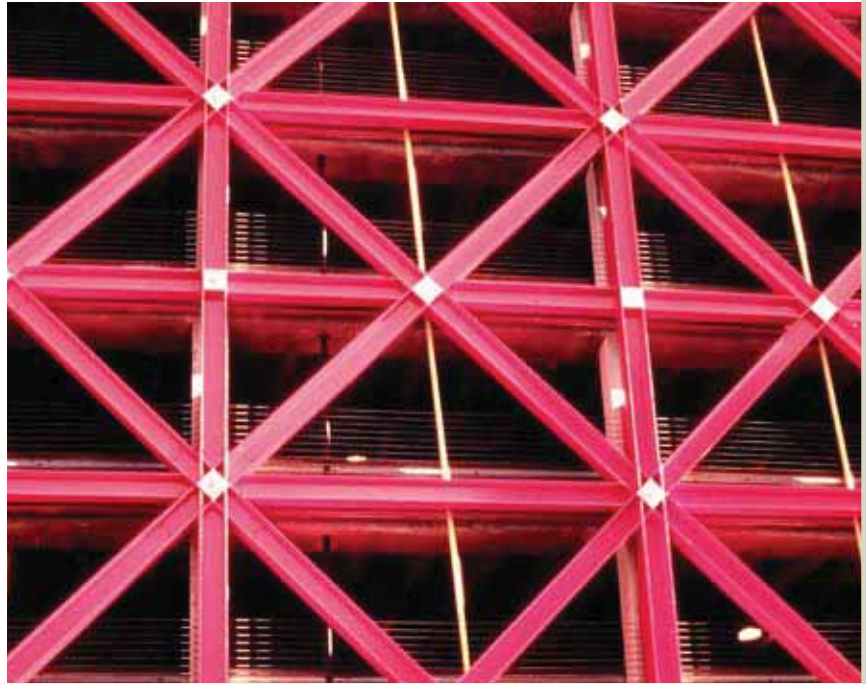
- reforzando la parte inferior de las vigas de hormigón mediante chapas de acero, sin romper las bovedillas;
- reforzando las vigas de hormigón mediante perfiles de acero;
- insertando perfiles H en los espacios situados entre las vigas de hormigón en aberturas adecuadas;
- reforzando con vigas en U colocadas bajo cada viga de hormigón.

4. Rehabilitación de estructuras de hormigón armado (HA)

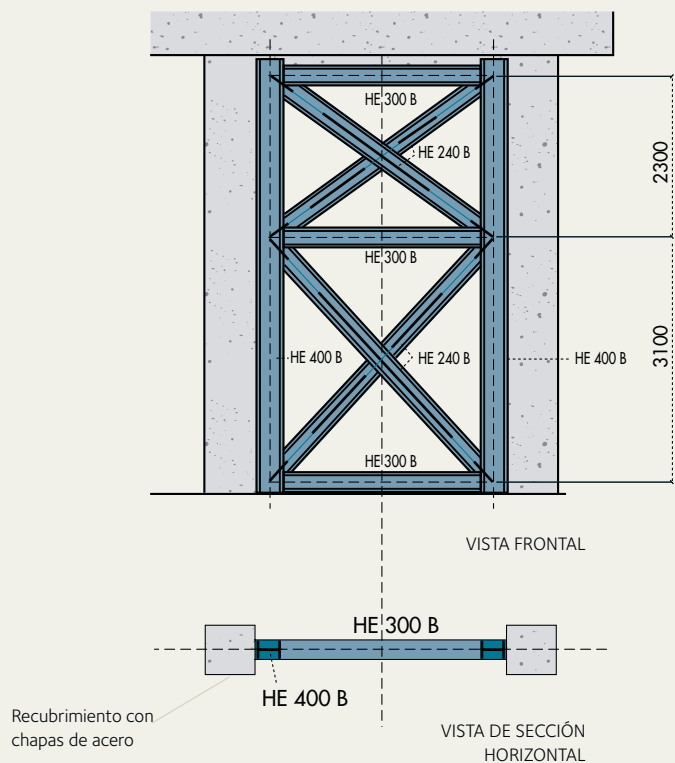
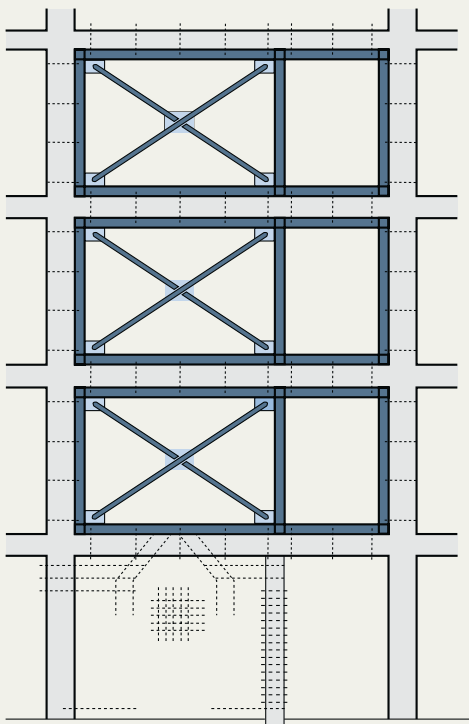
La capacidad de una estructura para resistir cargas horizontales puede mejorarse mediante la inserción de puntales de acero en los entramados de hormigón armado. Se obtiene un muro reticular de puntales como estructura compuesta, en la que los puntales cruzados realizados con perfiles de acero se integran al marco en HA.

Los puntales de acero se insertan en los huecos del entramado de hormigón armado, y la conexión entre los dos materiales se asegura mediante pernos o tirantes a lo largo del perímetro del marco de acero (Imagen 4.1.5).

Además de la ventaja de su fácil montaje, este sistema deja abierta la posibilidad de aberturas para instalar en el futuro puertas o ventanas, utilizando, en su caso, formas adecuadas para las diagonales o introduciendo únicamente una diagonal por entramado.



4.1.5



4.2 Cambio de esquema estructural: gimnasio en Cantú (Italia)

4.2.2



Un edificio industrial en Cantú, en la provincia de Como (Italia) ha sido convertido en un gimnasio usando acero estructural para conseguir un cambio de distribución en la estructura original de hormigón armado (Imagen 4.2.1).

La estructura original consistía en una estructura de hormigón armado de dos alturas con pilares intermedios (Imagen 4.2.1 a). La

conversión en un gimnasio requería vaciar completamente el interior del edificio y eliminar los pilares centrales y la entreplanta. La estructura de la cubierta existente se sujetó con nuevos pórticos de acero organizados por parejas en cada lado de los pilares existentes e insertados en los muros externos (Imagen 4.2.1 b).

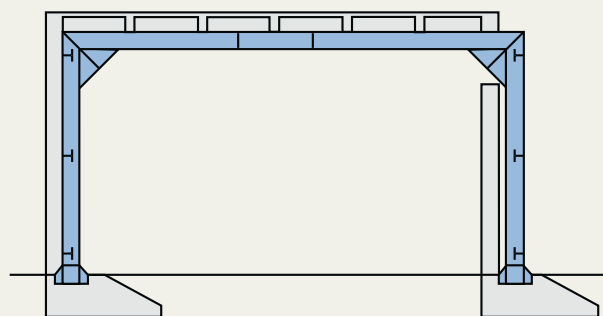
En la fachada principal, los pórticos metálicos atraviesan las paredes perimetrales de manera que crean un interesante motivo arquitectónico que rompe la monotonía de la fachada (Imagen 4.2.2).

En el interior, las vigas de la nueva estructura sujetan directamente la estructura del tejado de hormigón armado.

4.2.1a



4.2.1b



4.1.5 Riostras de acero para mejora sísmica de estructuras de hormigón armado

4.2.1 Un edificio industrial en HA en Cantú (Italia) ha sido convertido en un gimnasio mediante la modificación drástica del esquema estructural

4.2.2 Los pórticos dobles de acero quedan a vista en la fachada





5. REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HIERRO/ACERO

- | | |
|---|----|
| 5.1 Consolidación de estructuras de hierro y acero | 46 |
| 5.2 Cambio de uso: edificio en la rue de l'Ourcq, París (Francia) | 51 |



5.1 Consolidación de estructuras de hierro y acero

La resistencia del hierro y el acero utilizados en la construcción ha aumentado continuamente a medida que se han producido mejoras en las técnicas de fabricación y producción. A finales del siglo XIX las tensiones admisibles para la fundición de hierro estaban entorno a los 20 MPa y para el hierro forjado entorno a 100 MPa. Las actuales tensiones admisibles para el acero, que aparecen en las últimas normas para diseño de estructuras de acero, son muy superiores. La capacidad portante de estas estructuras antiguas de hierro y acero obviamente debe ser tenida en cuenta en relación a las normas vigentes en el momento de su construcción original, aunque con una comprobación a fondo puede ser posible justificar un ligero aumento de las tensiones permitidas especificadas en ese momento.

Se pueden emplear varias técnicas para reforzar las vigas de acero existentes:

- se pueden soldar chapas o perfiles en las alas superior e inferior;
- se pueden soldar a las alas perfiles en U o en H;
- se pueden soldar chapas entre las alas superior e inferior para formar un perfil en cajón;
- trabajando desde arriba, se puede colocar una losa de hormigón armado y unirla a las vigas inferiores utilizando los conectores adecuados (angulares, perfiles en T, barras, espigas, etc.) soldados en el ala superior para desarrollar una acción mixta (se habla entonces de sección mixta).

En todos los casos, la combinación de materiales existentes y nuevos debe considerarse con cuidado. Si se van a utilizar tornillos de unión se deberá tener en cuenta la pérdida de sección resistente del elemento original en el momento del taladrado, ya que esta situación temporal podría ser crítica.

Si se usa la soldadura como alternativa, la especificación de la técnica de soldadura debe ser compatible con el material existente.

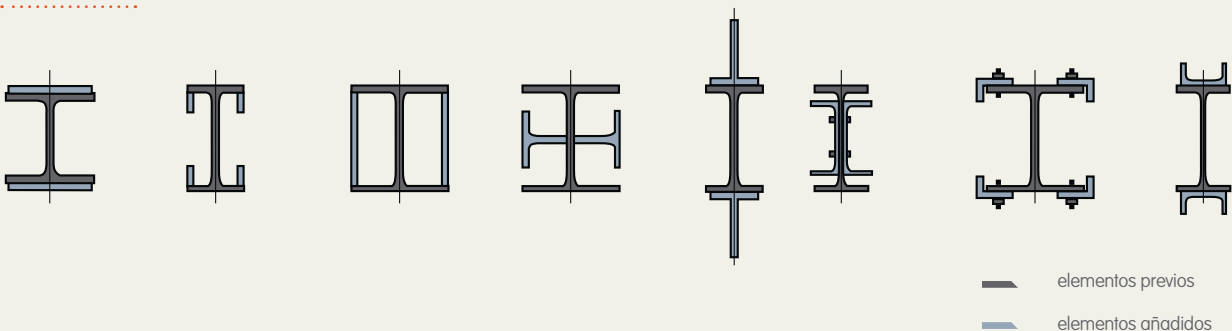
La propiedades de soldadura del material desempeñan un papel fundamental en la rehabilitación de estructuras de hierro/acero existentes. En muchos casos, la documentación histórica se ha perdido o es insuficiente, pero se

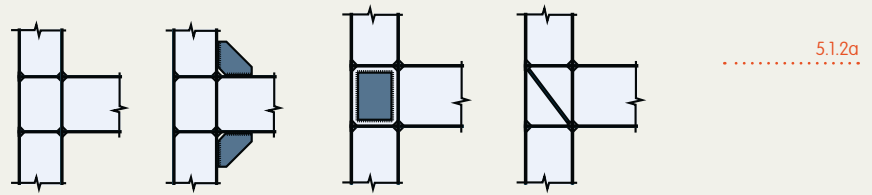
sabe bien que los materiales metálicos del siglo XIX no eran buenos, en general, para la soldadura.

Las reglas básicas que hay que tener en cuenta son:

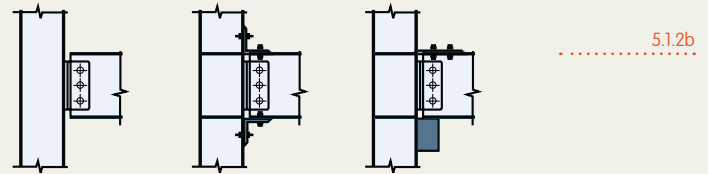
- el hierro fundido no se puede soldar;
- el hierro forjado puede soldarse, siempre que se sigan las recomendaciones adecuadas;
- los aceros blandos pueden soldarse bajo las condiciones apropiadas usando electrodos que sean compatibles (normalmente electrodos de bajo hidrógeno).

5.1.1





5.1.2a

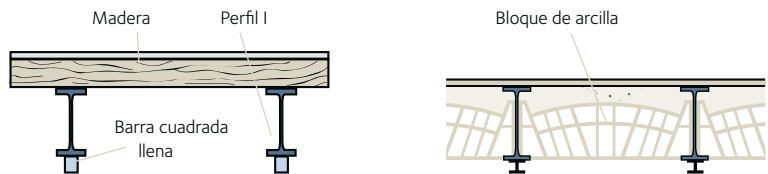


5.1.2b

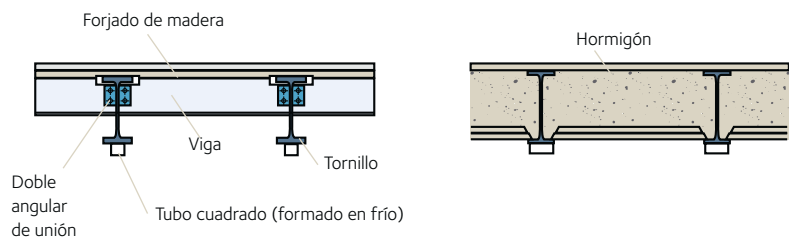
El uso de acero para reforzar estructuras de acero modernas es el caso más simple. De hecho, es muy fácil añadir elementos adicionales en la estructura existente mediante las mismas técnicas de unión.

5.1.3

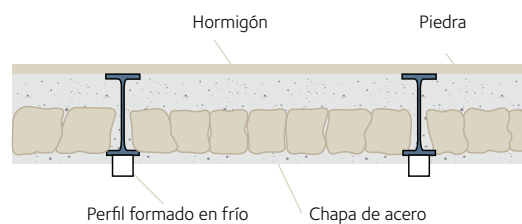
El momento de resistencia de pilares o vigas en H puede aumentarse de diferentes maneras mediante la soldadura o atornillado de chapas y/o perfiles de acero, que refuerzan la sección original según la nueva capacidad resistente requerida (Imagen 5.1.1).



También es muy fácil mejorar una unión viga-columna y transformar una articulación libre o semi-rígida en unión rígida (Imagen 5.1.2).



A principios del siglo XX, las vigas de madera utilizadas en forjados se sustituyeron gradualmente por los antiguos perfiles en I. Las vigas de acero se integraron primero en los forjados de madera y más tarde en los de bloques de arcilla, hormigón o piedras. En todos estos casos se puede, fácilmente, aumentar el momento resistente añadiendo chapas y perfiles de acero adecuados al ala inferior (Imagen 5.1.3).



- 5.1.1 Refuerzo de perfiles de acero mediante adición de elementos soldados o atornillados
- 5.1.2 Transformación de una unión viga-pilar de semi-rígida a rígida (a) o de atornillada a rígida (b)
- 5.1.3 Refuerzo de vigas de acero de forjado añadiendo elementos de acero al ala inferior

5.1.5



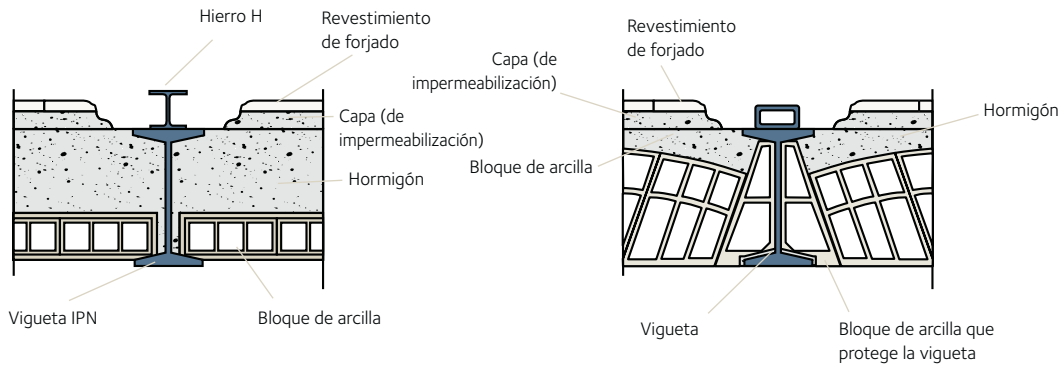
Cuando no es posible trabajar desde abajo, la pieza adicional de acero puede unirse al ala superior (Imagen 5.1.4).

La unión de piezas de acero antiguas y nuevas exige precauciones especiales. En muchos casos la soldadura no es posible debido a la composición del material antiguo y se aconseja la unión mediante tornillos.

Muchas construcciones de acero/hierro (edificios y puentes) del siglo XIX pertenecen al patrimonio cultural y se consideran los monumentos históricos (Imagen 5.1.5). La reutilización de antiguos edificios industriales, que pertenecen a la llamada "arqueología industrial", es hoy en día una actividad en pleno auge. El Centro Cultural y de Exhibiciones "Century Hall" de Bochum era antiguamente la zona de soplado de una vieja fundición, que fue rehabilitada en 1993 (Imagen 5.1.6).

La Sala de Exhibiciones en Colonia ha sido restaurada recientemente y colocada dentro de una vieja estructura de acero recubierta por arcos (Imágenes 5.1.7 a, b).

5.1.4



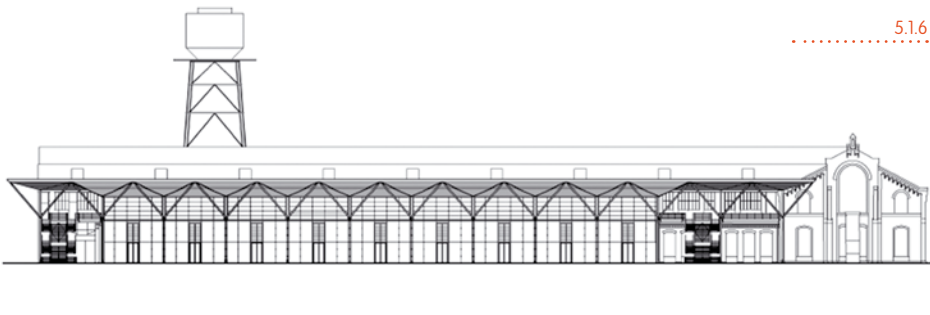
5.1.7a



5.1.7b



5.1.6



- 5.1.4** Refuerzo de vigas de acero de forjado con adición de elementos de acero en el ala superior
- 5.1.5** Renovación de la antigua "Gare d'Orsay" en París, hoy reutilizada como Museum
- 5.1.6** El nuevo Centro Cultural y de Exhibiciones "Century Hall" en Bochum (Alemania), obtenido a partir de la transformación de un antiguo edificio industrial
- 5.1.7** La nueva Sala de Exhibiciones en Colonia (Alemania) resultante de la restauración de una antigua acería

5. Rehabilitación de estructuras de hierro/acero

La antigua sala de máquinas en la mina de carbón "Zeche Zollern" en Essen (1904) ha sido reformada y transformada en museo.

Dentro de la arqueología industrial, los gasómetros representan estructuras muy simbólicas, que se pueden reutilizar con fines diferentes. El gasómetro de Oberhausen (Alemania) ha sido ampliado y usado como sala de exhibiciones (Imagen 5.1.8).

Dos gasómetros en Atenas han sido reutilizados como edificio de oficinas y auditorio en el nuevo Museo de María Callas (Imagen 5.1.9).



5.1.8



5.1.9

5.2 Cambio de uso: edificio en la rue de l'Ourcq, París (Francia)

Este edificio está situado entre los números 135 y 145 de la "rue de l'Ourcq" y los números 24 y 36 de la "rue Labois-Rouillon" en París. Se trata de un edificio industrial usado inicialmente como almacén y planta de empaquetado de papel viejo y telas, y más tarde como almacén de muebles. La propiedad debía adaptarse a su nueva función como bloque de apartamentos, al tiempo que se mantenían los rasgos de su arquitectura industrial de finales del siglo XIX (Imagen 5.2.1).

La profundidad del edificio no permitía que se pudiera utilizar toda la superficie en planta para apartamentos. Por lo tanto, hubo que crear un espacio diáfano en la parte central.

Los arquitectos aprovecharon esta limitación para crear un espacio interior único, fuertemente definido y muy diferenciado. Dicho espacio forma una especie de espina dorsal que da servicio a todos los apartamentos, dándoles salida a una tranquila zona ajardinada lejos del ruido de la calle y aportándoles luz natural. Esta distribución da a los apartamentos un carácter individual y crea una calle interior privada.

Se han construido pequeños locales comerciales en la planta baja, en la "rue de l'Ourcq" y en la pequeña plaza. Se eligió esta ubicación por la facilidad de acceso y la vida que aporta a la calle. Todos los forjados, vigas y pilares de la estructura de acero del interior del edificio construido a principios del siglo XX estaban en un estado aceptable sin daños importantes ni corrosión excesiva. La estructura estaba muy bien preparada para el cambio de uso ya que sus componentes habían sido diseñados originariamente para soportar cargas industriales pesadas.





Los pilares interiores que soportan los forjados son de fundición y forman una parrilla estructural que mide 4 m. por 4 m. Allí donde la nueva distribución creaba cargas pequeñas, los pilares se dejaron en su estado original (Imagen 5.2.2).

Para cargas pesadas, las columnas de fundición fueron recubiertas con un pilar de sección cuadrada de hormigón armado. Los pilares se arriostran horizontalmente a media altura por las vigas de las entreplantas o por la fachada de hormigón armado.

Las vigas eran demasiado estrechas y algunas de ellas estaban descentradas respecto al apoyo sobre pilar, por lo que, en general, se dispusieron por parejas, separadas por el ancho de un ala. En algunos casos, se creó una viga principal con dos vigas de diferentes tamaños unidas entre ellas. Había tanta variedad de tipos de uniones como de configuraciones de vigas. En consecuencia, todas las uniones han sido comprobadas y reforzadas en caso necesario así como los apoyos de las vigas sobre los pilares han sido reforzados.

Los forjados originales estaban realizados en travesaños que soportaban bovedillas de ladrillo y de adoquines, cubiertas de mortero de cemento armado. En algunas zonas el forjado fue reforzado con hormigón que cubría toda la profundidad de los

travesaños. En otras zonas, los forjados tuvieron que ser derribados o reforzados. Todo el edificio tiene una cubierta en diente de sierra paralela a la calle.

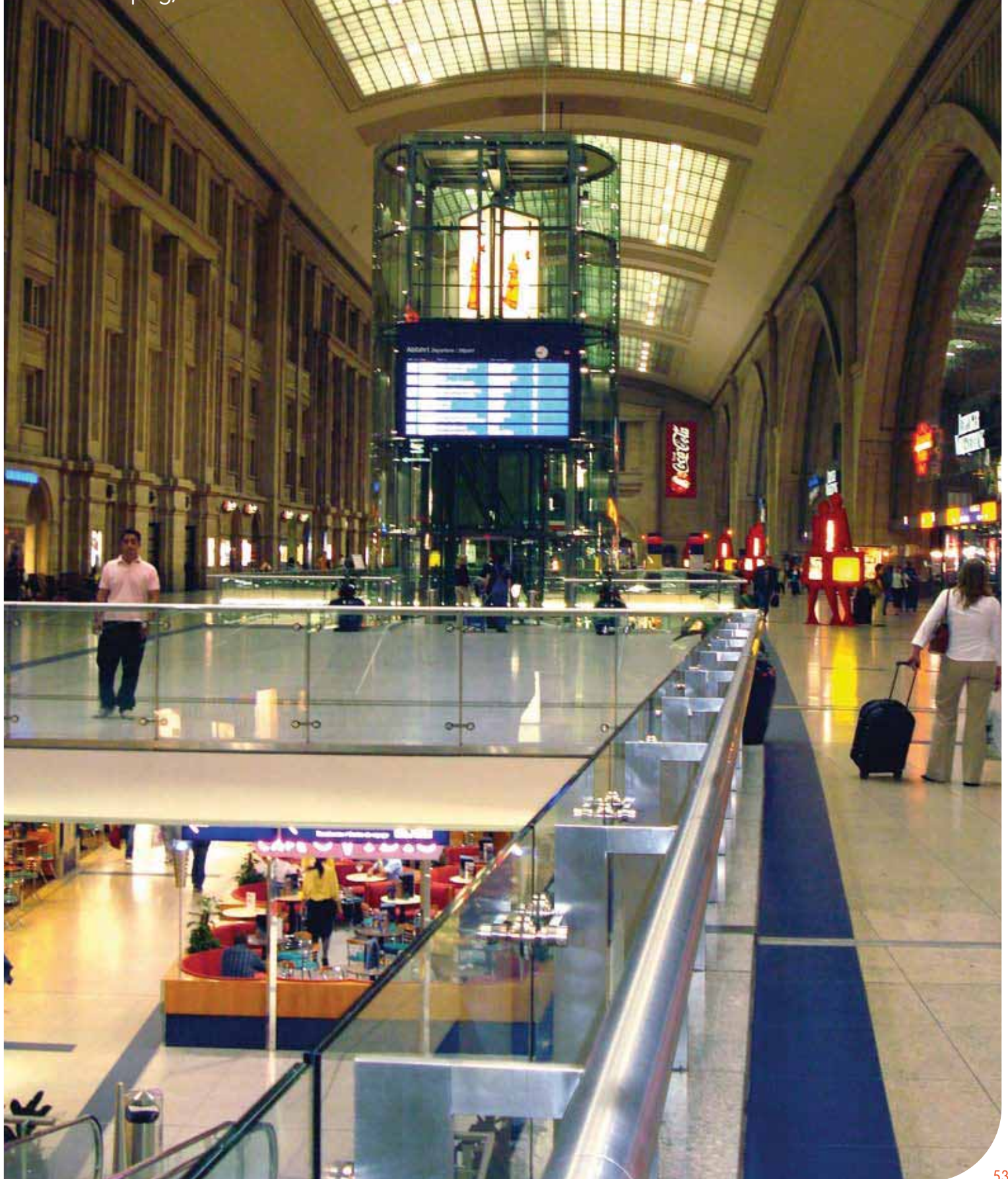
Las partes orientadas al norte estaban acristaladas y las partes orientadas al sur estaban recubiertas con tejas. La separación de las vigas de los dientes es el doble que la de las vigas del forjado del nivel inferior. Los pilares que soportan la cubierta son generalmente perfiles IPN 260.

La conversión para crear el patio interior requería la eliminación de varios lucernarios orientados al norte. La orientación del edificio y su cubierta en diente de sierra lo hacían ideal para la instalación de paneles solares térmicos con los que calentar el agua corriente.

Fue necesario dar una resistencia al fuego de media hora a los forjados y la estructura. La resistencia al fuego se consiguió en los apartamentos o bien colocando un recubrimiento de 70 mm. de hormigón armado donde los pilares coincidían con los muros de partición entre apartamentos o bien con pintura intumescente. En las zonas comunes, se usó un recubrimiento de lana de roca (colocada in-situ o en paneles) con un acabado de enlucido protector. Dentro del edificio, las estructuras de acero están a la vista en los apartamentos (Imagen 5.2.3).



Estación Central en
Leipzig, Alemania







6. MEJORA DE LA RESISTENCIA SÍSMICA

6.1	Sistemas de arriostrado	56
6.2	Mejora sísmica de edificios de fábrica: el distrito Capodimonte en Ancona (Italia)	59
6.3	Sistemas de Control Pasivo	61
6.4	Cubiertas de Acero Sismorresistentes	62
6.5	Mejora sísmica mediante vaciado: El Tribunal de Justicia en Ancona (Italia)	65

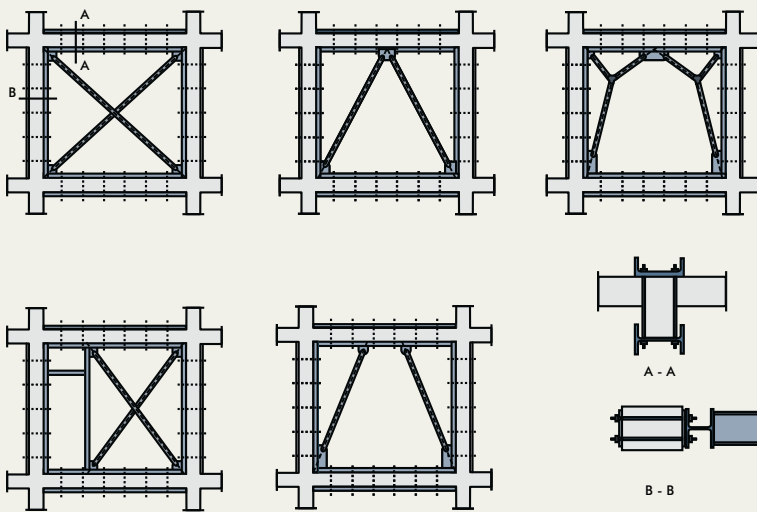


6.1 Sistemas de arriostrado

El uso de arriostramientos de acero es muy eficaz para reforzar contra el sismo tanto estructuras de fábrica como de hormigón armado. Esto permite introducir muros de cortante en celosía, que tienen la doble función de aumentar considerablemente la resistencia de la estructura contra fuerzas horizontales y al mismo tiempo redistribuir la rigidez interna respetando el centro de esfuerzos cortantes. De esta manera se minimizan los fenómenos de torsión (Imagen 6.1.1).

En lo que respecta a estructuras de fábrica, los arriostrados de acero pueden colocarse en el interior o junto al muro de fábrica y deben unirse a las estructuras del forjado superiores e inferiores (Imagen 6.1.2).

6.1.1

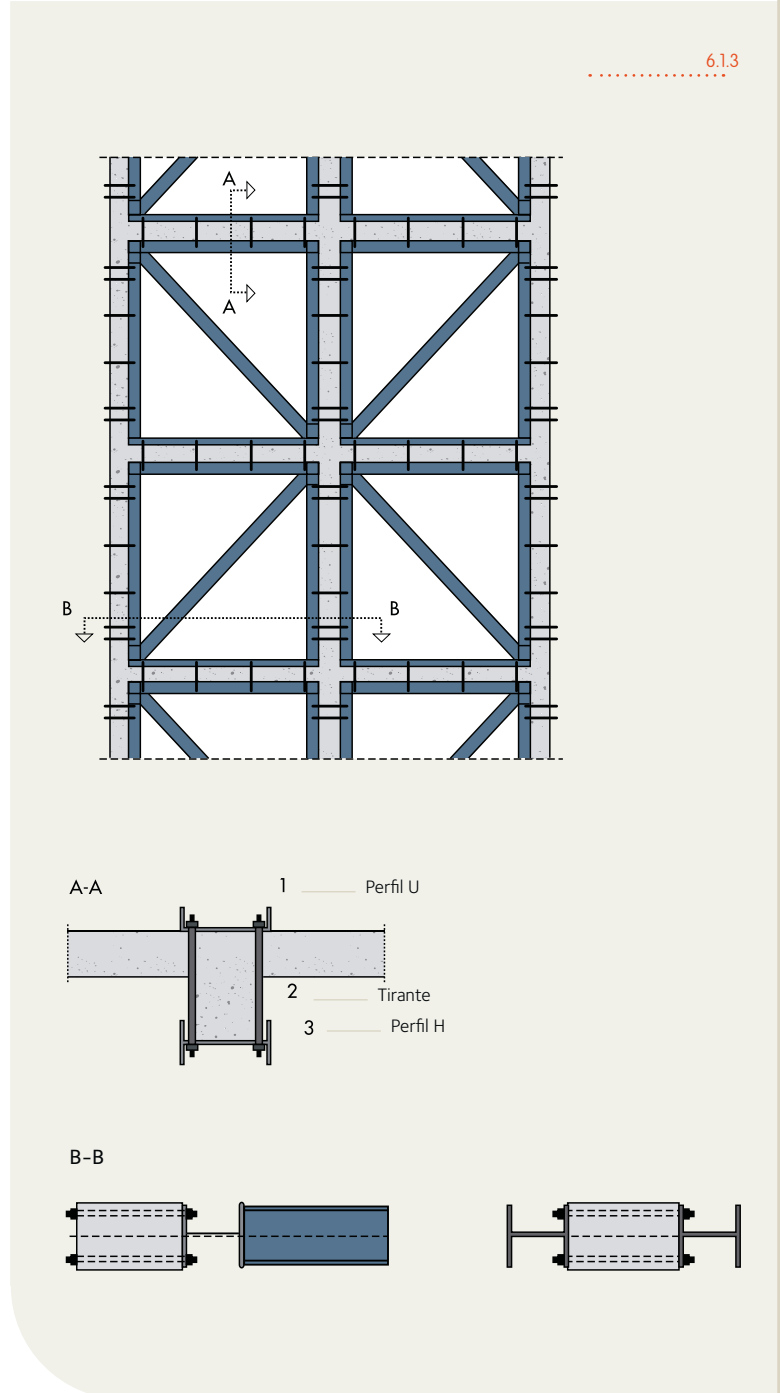




6.1.2

En cuanto a las estructuras de hormigón armado, los perfiles de acero están unidos al perímetro de los elementos de la estructura porticada de hormigón armado, dentro de la cual las diagonales forman la clásica estructura de "cruz de San Andrés" u otros tipos de arriostrados (por ej., en K) si resultan más adecuados para el uso del edificio.

Si las cruces de San Andrés se disponen entre dos niveles, la presencia de una simple diagonal para cada panel rectangular posibilita la instalación de puertas o ventanas (Imagen 6.1.3).



6.1.3

- 6.1.1** Diferentes sistemas de arriostrado de acero para la mejora del comportamiento sísmico de estructuras de fábrica y de hormigón armado
- 6.1.2** Arriostrados de acero en la fachada de un edificio de fábrica (central eléctrica en Hungría)
- 6.1.3** Arriostrado en cruz de San Andrés y chasis metálicos fijados a los marcos de HA.

6.1.4



Se han realizado varias operaciones de mejora del comportamiento sísmico en todo el mundo, mediante el uso de arriostrados de acero en las estructuras porticadas de hormigón armado (Imagen 6.1.4).

En el caso de las estructuras de acero existentes que necesitan mejoras para resistir la acción sísmica debido a la inclusión reciente del edificio en una nueva zona sísmica, deben mejorarse la resistencia y la ductilidad en las uniones, en concreto, en las juntas.

Se pueden usar sistemas apropiados para el refuerzo de los dos tipos clásicos de unión (rígida y articulada) mediante la introducción de elementos rigidizadores. En el caso de las uniones rígidas, se mejora la resistencia a flexión. En el caso de las uniones articuladas, la integración de rigidizadores está diseñada para introducir una resistencia a la flexión, que

prácticamente no existe en la unión original. La mejora de la resistencia contra acciones horizontales puede conseguirse fácilmente aumentando la sección transversal de los arriostrados diagonales en caso de estructuras ya reforzadas o introduciendo nuevos arriostrados en el caso de estructuras que soportan desplazamientos.

6.2 Mejora sísmica de edificios de fábrica: el distrito Capodimonte en Ancona (Italia)

Hay un ejemplo interesante de mejora del comportamiento sísmico en el renovado distrito de Capodimonte en el centro histórico de Ancona, la zona más antigua de la ciudad, antiguamente habitada por pescadores.

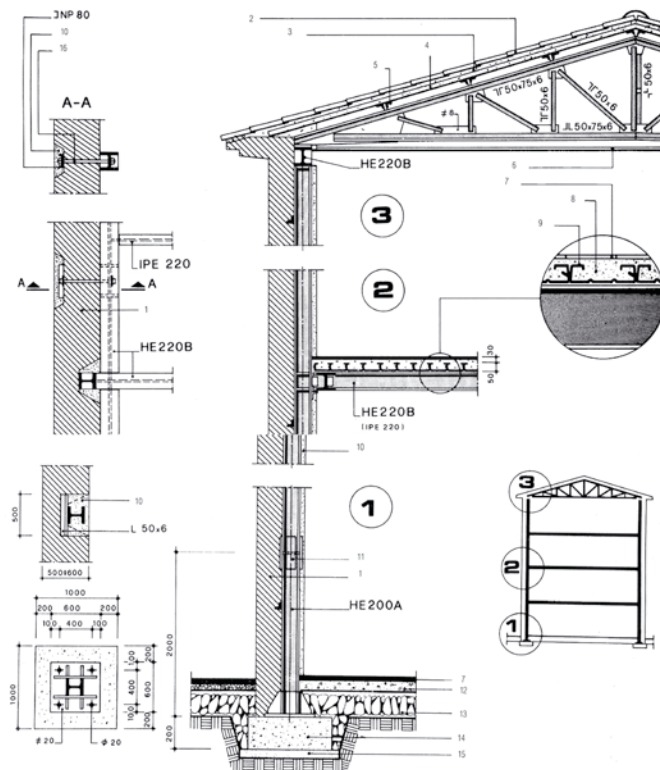
Los edificios de fábrica estaban en un avanzado estado de deterioro, causado por los graves daños sufridos durante el terremoto de 1972 sumados a los daños causados por el de 1936, y por los bombardeos sufridos durante la segunda guerra mundial. Esta situación había llevado a la evacuación cautelar de la práctica totalidad de habitantes del distrito.

En todos los edificios con dos o tres alturas por encima del nivel de calle, las sólidas paredes de ladrillo y piedra estaban agrietadas por todas partes y el mortero había perdido toda su consistencia. La necesidad de un método fiable para reestructurar estos edificios hizo que se rechazaran los métodos tradicionales de refuerzo basados en el refuerzo local de los componentes constructivos individuales y se dio preferencia a una solución por la que la transferencia de las cargas a los cimientos se confiara a un nuevo sistema estructural.

El trabajo realizado comprendía una estructura de acero embebida en las paredes perimetrales e internas, integrada con estructuras horizontales de perfiles y chapas de acero. El nuevo esqueleto de acero, adecuadamente unido a los muros de arriostramiento, forma un sistema estructural independiente tanto para las cargas verticales como para las horizontales, especialmente diseñado para soportar los efectos de la acción sísmica.

El nuevo esqueleto es totalmente autónomo e independiente de los muros existentes, que quedan reducidos a simples muros de partición y no requieren capacidad portante alguna (Imagen 6.2.1).

6.2.1



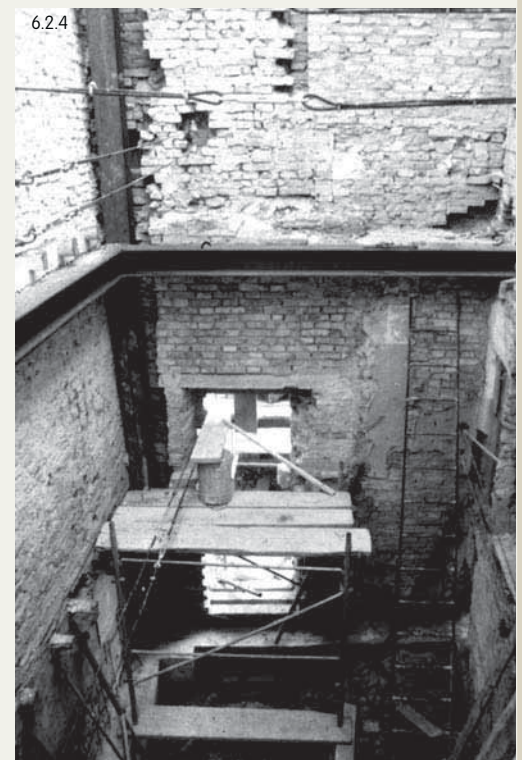
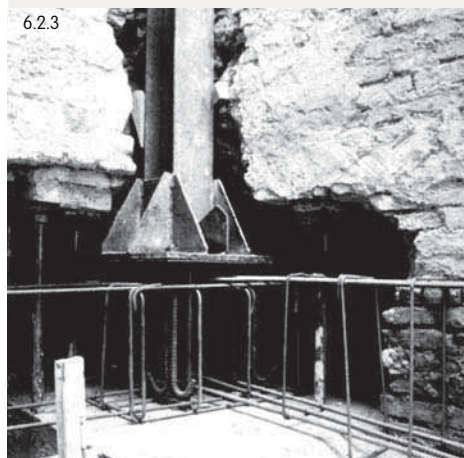
6.1.4 Arriostrados en cruces de acero en un edificio de apartamentos en Berkeley (California, EE.UU.)

6.2.1 Distrito Capodimonte en Ancona: detalles de la nueva estructura de acero en el interior del edificio de fábrica

El trabajo de rehabilitación se llevó a cabo en las siguientes fases:

- creación de aberturas en la parte inferior de las paredes para albergar los nuevos cimientos de hormigón armado (Imagen 6.2.2);
- colocación de los pernos y chapas de anclaje (Imagen 6.2.3);
- después de crear canales verticales adecuados en los muros perimetrales, montaje de los pilares en toda la altura y refuerzo temporal de éstas en las diferentes alturas (Imagen 6.2.4);
- construcción de la estructura de cubierta con celosías y correas y acabado con las tejas existentes (Imagen 6.2.5);
- desde la planta superior, demolición de las paredes internas y el forjado correspondiente y reconstrucción del nuevo forjado con vigas principales y secundarias, chapas de acero grecadas y hormigón vertido in situ (Imagen 6.2.6);
- construcción de las paredes de hormigón armado de huecos de escalera con escalones y rellanos vertidos in situ;
- conexión final de la estructura de acero a las paredes existentes y las escaleras de hormigón armado y fijación con hormigón de sellado;
- finalización con particiones, techos, revestimiento de suelos y acabados.

Las paredes exteriores, debidamente restauradas, aún mantienen su función arquitectónica de cierre o protección, pero ya no tienen la función de elementos portantes principales (Imagen 6.2.7).



6.3 Sistemas de Control Pasivo



6.2.5



6.2.6



6.2.7

El control de la respuesta estructural ante los terremotos puede realizarse mediante varios sistemas, como la modificación de masas, el amortiguamiento y la producción de fuerzas contrarias pasivas o activas. En el caso de los sistemas pasivos, que no necesitan una fuente de alimentación externa, las propiedades de la estructura (periodo y/o capacidad de amortiguamiento) no varían en función del movimiento del suelo causado por el sismo.

Los dispositivos de absorción de energía funcionan como fuerza de choque contra las fuerzas sísmicas, es decir, como un filtro que reduce considerablemente el impacto del sismo sobre la estructura protegida. El uso de técnicas de control pasivo en la rehabilitación de edificios existentes de carácter monumental es un tema relativamente nuevo. La sustitución de la cubierta existente de madera por una nueva estructura de acero crea la situación apropiada para aplicar el concepto de control pasivo al edificio de fábrica, con el objetivo de mejorar la resistencia sísmica del edificio.

Es un concepto ampliamente aceptado, que para asegurar una protección adecuada contra la acción del sismo en un edificio de fábrica es necesario asegurarse de que una o más plantas puedan funcionar como diafragmas rígidos. Sólo si se da esta condición puede asegurarse la transmisión eficaz de las fuerzas horizontales a los muros. En el caso de un edificio de fábrica de una sola altura (por ejemplo, la nave de una iglesia), las uniones rígidas entre la fábrica y las estructuras de la cubierta para garantizar el efecto diafragma pueden causar ciertos problemas a los muros de fábrica debido a variaciones térmicas que dependen de las características geométricas y mecánicas del sistema estructural (relación luz/ altura).

Por el contrario, si no se realiza una conexión rígida, la estructura puede dilatarse libremente y por tanto no se añade tensión residual a la estructura de fábrica. Sin embargo, el efecto diafragma no se produce en caso de terremoto.

Los amortiguadores oleodinámicos (también llamados unidades de transmisión de choque) pueden resolver estos problemas contradictorios, porque muestran los dos comportamientos cuando es necesario. Bajo acciones térmicas, cuya velocidad de aplicación es muy lenta, los amortiguadores oleodinámicos actúan como rodamientos deslizantes: el sistema estructural de la cubierta es isostático y no surgen tensiones residuales como consecuencia de variaciones térmicas.

Sin embargo, durante un terremoto, los dispositivos actúan como apoyos fijos debido a la alta velocidad de aplicación de las cargas. Bajo estas condiciones, el sistema estructural es redundante (hiperestático), con una importante mejora en el comportamiento sísmico global. Los dispositivos tienen un umbral plástico: cuando éste se supera hay una gran liberación de energía, que es capaz de reducir los efectos de la acción sísmica sobre la estructura de fábrica.

- 6.2.2 El nuevo cimiento y la base del pilar
- 6.2.3 Montaje del pilar de acero en el muro de fábrica existente
- 6.2.4 Montaje de la estructura de acero dentro del muro de fábrica
- 6.2.5 La nueva cubierta de acero
- 6.2.6 El nuevo forjado
- 6.2.7 El distrito Capodimonte en Ancona: las viejas fachadas se han mantenido tal como eran, ocultando la estructura sismorresistente interior

6.4 Cubiertas de Acero Sismorresistentes

- *Iglesia de San Giovanni Battista (Carife, Italia)*

El proyecto de restauración de la Iglesia de San Giovanni Battista en Carife, cerca de Avelino, es el primer ejemplo de aplicación de amortiguadores oleodinámicos en el campo de los monumentos. En 1990, se construyó una nueva cubierta de acero que consistía en un entramado plano y vigas en celosía triangulares para que la estructura de fábrica se comportara como una caja bajo cargas sísmicas (Imagen 6.4.1). Al mismo tiempo, se colocaron apoyos oleodinámicos en una parte del entramado para conseguir una condición de apoyo fijo o libre en la base de las vigas según la condición de carga.

Dichos dispositivos se calibraron para que actúen como apoyos fijos bajo la acción sísmica de cálculo de acuerdo con la normativa italiana, teniendo lugar un comportamiento disipador en caso de un terremoto más intenso. Los resultados de las pruebas sobre los dispositivos confirmaron las hipótesis del cálculo.

- *La Nueva Biblioteca de la Universidad "Federico II" (Nápoles, Italia)*

El mismo concepto usado en la Iglesia antes mencionada se aplicó más tarde (1996) en la restauración estructural del edificio de matemáticas para crear una nueva biblioteca.

Este trabajo se realizó como parte de un amplio proyecto para restaurar todos los edificios monumentales de más de un siglo que pertenecían a la parte original de la vieja Universidad central de Nápoles.

El forjado superior (que abarcaba un área de 16 x 32 metros) se reconstruyó durante los años 50 mediante vigas de hormigón armado (16 m de luz) con mezcla de bloques de arcilla y elementos de hormigón armado vertido in situ.

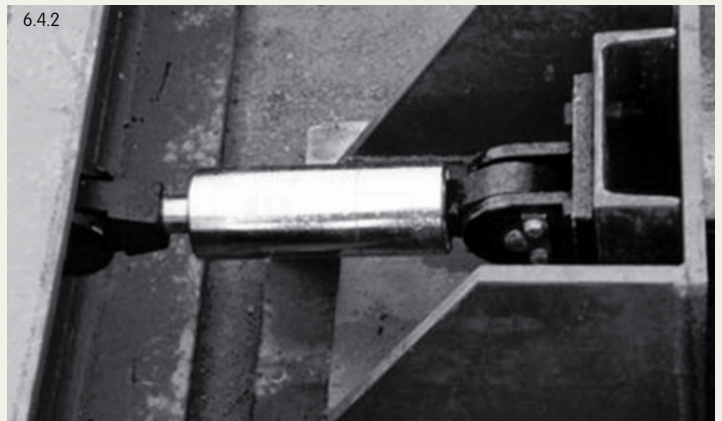
Esta estructura estaba en muy malas condiciones debido a la corrosión de los elementos de acero y la degradación superficial del hormigón.

Se decidió demolerla y construir una nueva estructura de acero, usando vigas alveolares y chapa colaborante. Se usó un sistema de 24 cilindros oleodinámicos y apoyos de neopreno para las nuevas vigas de acero en la parte superior de los muros perimetrales de ladrillo, con el comportamiento deseado tanto en condiciones de uso como en caso de terremoto (Imagen 6.4.2).

6.4.1



6.4.2



6.4.1 La iglesia de San Giovanni Battista en Carife (Italia): la nueva cubierta de acero hecha de vigas en celosía triangulares y el entramado horizontal

6.4.2 La nueva cubierta de acero con dispositivos de control pasivo: cilindro con amortiguador oleodinámico

Tribunal de Justicia de la Comunidad
Europea, Luxemburgo



6. Mejora de la resistencia sísmica



- *El edificio industrial de Sarno (Salerno, Italia)*

El trabajo de mejora del comportamiento sísmico se realizó en un edificio industrial de fábrica de una planta. Debido al amplio espacio del edificio y a la ausencia de muros intermedios, el uso de un diafragma reticulado de acero parecía la elección más apropiada por su ligereza y su rigidez en el plano (Imagen 6.4.3). También se han introducido dispositivos adecuados de disipación de energía colocados en los apoyos de las vigas de cubierta para aportar una gran cantidad de disipación de energía.

Con este propósito, se han usado tanto dispositivos oleodinámicos como dispositivos de umbral plástico (Imagen 6.4.4) para que el edificio sea capaz de responder adecuadamente durante los cambios térmicos diarios y estacionales de la cubierta y terremotos de toda índole.

Un estudio total de la respuesta sísmica de la estructura, realizado mediante un análisis dinámico en régimen transitorio, muestra la eficacia de la solución adoptada.

6.5 Mejora sísmica mediante vaciado: El Tribunal de Justicia en Ancona (Italia)

6. Mejora de la resistencia sísmica



El edificio fue completamente vaciado y reestructurado para albergar las nuevas oficinas del tribunal. La decoración de las ventanas, cornisas y todos los ornamentos en las fachadas de fábrica que caracterizaban su estilo neorrenacentista se conservaron (Imagen 6.5.1).

La estructura portante principal consiste de cuatro torres de hormigón armado de 9 m. x 9 m. situadas en las esquinas del patio interior cubierto, con escaleras, ascensores y servicios en las plantas. Estas torres proporcionan el apoyo vertical a la cubierta y las cinco plantas suspendidas de ésta, así como la estabilidad horizontal para resistir los efectos de la actividad sísmica.

El sistema de suspensión de la cubierta consiste en cuatro pares de vigas de celosía apoyadas en su cordón inferior sobre las cuatro torres, marcando así el perímetro del patio cubierto.

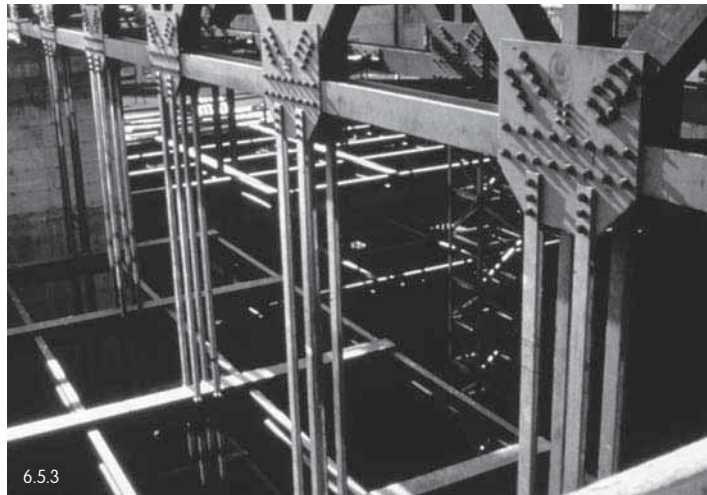
Cada pareja de vigas forma una viga principal cuadrada de 1,80 m. de ancho y 4 m. de alto con diagonales en cruz (Imagen 6.5.2).



Todos los miembros de las vigas (cordones, montantes y diagonales) están conectados por medio de cartelas atornilladas. El anillo interior formado por cuatro pares de vigas con una luz de 21,40 m. representa el componente clave del esqueleto de acero al que están conectados los otros elementos de la estructura:

- las vigas que sujetan los lucernarios de la cúpula, que iluminan el patio interior descansan sobre los nudos superiores de las vigas de celosía que forman la envolvente de la caja interior;
- las vigas en voladizo que cubren la zona exterior al perímetro definido por las cuatro torres están conectadas a los nudos inferiores de las vigas de celosía;
- los tirantes de las cinco plantas suspendidas, comienzan en grupos de cuatro desde los nudos de los cordones inferiores de las vigas de celosía interiores (Imagen 6.5.3).

Las cinco plantas suspendidas desde las vigas de celosía de la cubierta están unidas a las cuatro zonas que miden aproximadamente 9x20 m. entre las cuatro torres (Imagen 6.5.4). Estas plantas están apoyadas en vigas y viguetas estructurales de acero que soportan forjados mixtos.



Las vigas interiores principales están suspendidas con tirantes desde el anillo de la viga principal cuadrada, mientras que en el exterior descansan sobre las estructuras de hormigón armado que forman el área del perímetro entre las cuatro torres y las fachadas exteriores del edificio.

Estas vigas se unieron mediante soldadura con pletinas apropiadamente insertadas en el hormigón. Todos los demás componentes estructurales fueron unidos in situ utilizando uniones atornilladas. Los elementos individuales se fabricaron en tamaños adecuados para el transporte dentro del centro histórico de la ciudad y el montaje dentro de un área muy urbanizada.

A low-angle photograph of the Atomium structure in Brussels, Belgium. The image shows several large, spherical nodes connected by thick, white, cylindrical tubes. The spheres are highly reflective, mirroring the sky and surrounding environment. The structure is set against a clear, bright blue sky. In the lower right, a portion of a staircase or walkway is visible, leading up one of the legs of the structure.

Atomium, Bruselas, Bélgica





7. AMPLIACIONES

7.1	Ampliación de superficie: Edificio de Oficinas Van Leer en Amstelveen (Holanda)	70
7.2	Ampliación vertical: Edificio en Victoria Street, Toronto (Canadá)	71
7.3	Ampliaciones en edificios históricos: la vieja fábrica de Briatico y el Centro Cultural de Succivo (Italia)	72
7.4	Ampliación vertical por suspensión: el Hotel Jolly en Caserta (Italia)	73
7.5	El Reichstag en Berlín (Alemania)	74
7.6	Varias ampliaciones horizontales y verticales usando estructuras de acero en Alemania	75



7.1 Ampliación de superficie: Edificio de Oficinas Van Leer en Amstelveen (Países Bajos)

El edificio de oficinas fue construido a finales de los años 50 para albergar a unos 500 empleados, pero debido a la descentralización de la organización Van Leer, sólo unos 300 empleados han trabajado aquí en los últimos años (Imagen 7.1.1). Además, los costes de energía eran muy altos, como en la mayoría de edificios diseñados antes de la crisis del petróleo.

El edificio consiste de un espacio central, con un ala de oficinas de dos alturas en forma de V en cada extremo. Cada planta de oficinas tiene una superficie de unos 1.000 m². Las salas de servicios están en la oficina central y en edificios adjuntos separados. La altura de las plantas es considerable; 5,6 m. totales (4,3 m. netos) en las alas de oficinas, mientras que en el espacio central es de 7,2 m. de alto.

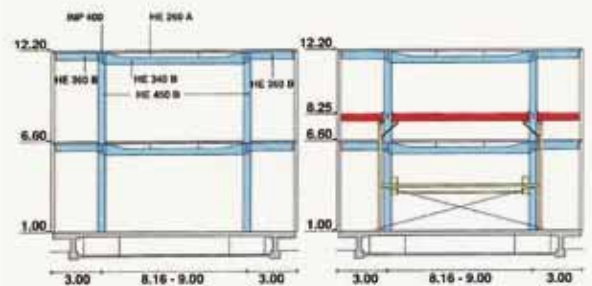
La estructura portante es de acero. Hay 19 pilares por cada 1.000 metros cuadrados de ala. La luz de los pórticos es de 8 metros. La distancia entre pilares varía entre 8,15 y 9 m.

Cuando se diseñó el edificio originariamente, se tuvo en cuenta en el diseño de la cimentación y en la construcción, la posibilidad de añadir una altura adicional al final de las alas en una fase posterior.

7.1.1

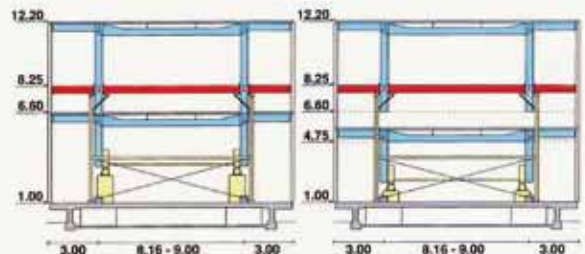


7.1.2



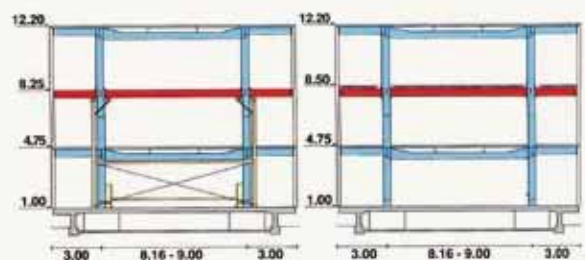
- a) Sección transversal del edificio existente
- todas las separaciones y muros de fachadas son demolidos
 - los pilares se liberan (se hacen visibles)
 - la electricidad y el sistema de calefacción se inutilizan

- b) Instalación de dos estructuras de acero (en amarillo en el dibujo)
- una de ellas (pilares finos) para el nuevo forjado por construir (en la cota +8,50 m) y el otro (situado en el centro), provisional, para sostener el forjado actual.
 - utilización del forjado existente (en +6,60 m.) para el montaje de la estructura del nuevo forjado (en rojo)
 - emperrado de las juntas (o unión)
 - apuntalamiento total de esta 1ª estructura que soporta el nuevo forjado (a +8,25 m.), para repercutir sus cargas a los cimientos



- c) Instalación de los gatos hidráulicos
- cuando las cargas del forjado existente son efectivamente asumidas por la 2ª estructura temporal, se puede entonces reducir la base de los pilares existentes. Los fragmentos cortados se elevan entonces al forjado a +6,60 m.
 - instalación de los gatos hidráulicos elevadores sobre soportes
 - serrado de la base de los pilares a una cota de +4,70 m. bajo el nivel del forjado existente
 - la estructura temporal soporta durante un corto período los forjados existentes a +6,60 m., +12,20 m. así como el de la construcción a 8,25 m.
 - los gatos se llevan a la posición más elevada

- d) Descenso del forjado
- desmontaje de los pernos que unen los pilares de la 1ª estructura a las vigas del forjado a +6,60 m
 - desnivel máx. admisible entre gatos: 10 mm
 - comprobación de los desniveles y control de la inclinación



- e) Forjado al nivel +4,75 m.
- el forjado se sitúa ahora en el nivel +4,75 m.
 - las conexiones inferiores se sueldan
 - el fragmento de pilar inferior (retirado con RdC) se integra al pilar existente y se suelda.
 - cuando el pilar queda completamente soldado, los gatos y la estructura de soporte pueden retirarse

- f) 2ª planta a +8,50 m.
- instalación de las losas alveolares pretensadas
 - colado de una capa impermeabilizante de hormigón y de chavetas y pasadores (juntas) entre D.A.P.
 - reconstrucción de las fachadas
 - remate total del edificio.

7.2 Ampliación vertical: Edificio en Victoria Street, Toronto (Canadá)

Los requisitos principales eran:

- reducir la altura de las plantas en las alas de oficinas de 5,6 m. a 3,75 m., de manera que dentro del volumen de edificio existente la superficie utilizable de oficinas pudiera aumentarse de 4.000 m² a 6.000 m²,
- diseñar una nueva fachada, completamente aislada, pero manteniendo los rasgos originales del edificio,
- integrar nuevas instalaciones de servicio en ambas alas, como ascensores, escaleras y baños,
- para acometer la primera fase se adoptó la siguiente solución (Imagen 7.1.2):
 - montar una nueva estructura de acero para el nuevo forjado a 8,25 m.;
 - montar una estructura de apoyo temporal debajo de ésta;
 - acortar las columnas inferiores en 1,85 m. y soportar estos pilares;
 - colocar los gatos;
 - retirar los pilares de soporte y permitir que el primer forjado baje a 1,85 m.;
 - reemplazar los pilares retirados y soldar toda la estructura.

Este ejemplo muestra el potencial del acero para mejorar las ampliaciones verticales. En Toronto la estructura de un edificio de seis plantas hecho de hormigón armado se diseñó para ampliarse en cuatro niveles más con el mismo material (Imagen 7.2.1).



En contra de la elección inicial, más tarde se decidió utilizar acero para la estructura adicional. Gracias a esto, en lugar de cuatro alturas, fue posible añadir ocho nuevas alturas.

Por consiguiente, el edificio ampliado en altura tiene ahora catorce plantas en lugar de diez, con un aumento considerable en volumen en contraste con los planes iniciales.

7.1.1 El edificio de oficinas Van Leer en Amstelveen (Holanda)

7.1.2 Las diferentes fases de la transformación de la estructura de acero de dos a tres alturas

7.2.1 El edificio original de hormigón armado en Victoria Street (Toronto, Canadá)

7.3 Ampliación en edificios históricos: la vieja fábrica de Briatico y el Centro Cultural de Succivo (Italia)

La vieja fábrica de Briatico en Italia se construyó a principios del siglo XV. Su estructura es el resultado de la evolución, a través de los siglos, del uso del edificio, habiéndose utilizado consecutivamente para la producción de azúcar, lana y jabón.

Los trabajos de restauración más recientes, llevados a cabo durante los años 80, convirtieron el edificio en un centro deportivo cumpliendo el requisito arquitectónico de mantener sus características al máximo posible. Se eligió la estructura de acero para crear una nueva altura, caracterizada por pórticos ligeros de acero y sismorresistentes cubiertos por chapas grecadas (Imagen 7.3.1).

El edificio de los antiguos barracones de los "carabinieri", se reforzó y se convirtió en el nuevo Centro Cultural de Succivo, Caserta (Italia).

La necesidad de incrementar el área útil y al mismo tiempo aligerar la estructura de fábrica, de manera que se obtuviera una mejora del comportamiento ante el sismo, se consiguió gracias a las características de las estructuras de acero.

La vieja cubierta se convirtió en un ático, que está situado dentro de la nueva estructura de la cubierta y que tiene forma de vigas "Vierendeel". Produce un ligero aumento del volumen en el nivel superior pero sobre todo una reducción en el peso total (Imagen 7.3.2). El montaje de las vigas prefabricadas fue muy sencillo y rápido (Imagen 7.3.3)



- 7.3.1** Transformación del último piso de una vieja fábrica en Briatico (Italia)
7.3.2 El nuevo ático en un edificio histórico en Succivo (Italia)
7.3.3 Las nuevas vigas Vierendeel durante su instalación

7.4 Ampliación vertical por suspensión: el Hotel Jolly en Caserta (Italia)

El Hotel Jolly en Caserta consistía originalmente en tres edificios: dos edificios de hormigón armado de seis alturas y en medio de éstos un edificio de fábrica de tres alturas.

Se realizó un encargo para ampliar el edificio de fábrica del medio con otras tres alturas para que estuviera al mismo nivel que los otros dos. Como el estado de las paredes de fábrica, a pesar de los trabajos de refuerzo, no les permitía soportar este tipo de ampliación, se propuso una solución alternativa basada en el uso de estructuras de acero. Esta solución consistía en la construcción de cinco estructuras de pórticos altos, desde las que estaban suspendidas las tres alturas nuevas.

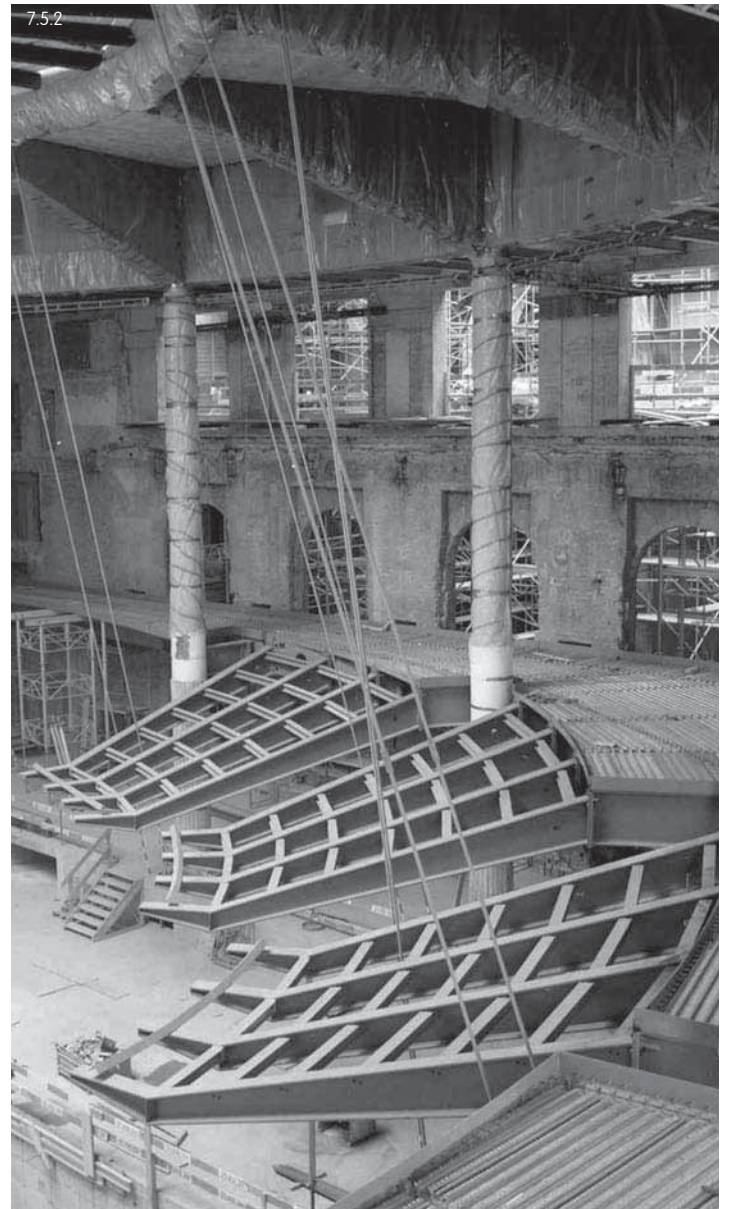
Los pórticos de acero añadidos, en el exterior y embebidos en la nueva fachada, realzaron el valor estético del edificio original.

7.5 El Reichstag en Berlín (Alemania)

La restauración del Reichstag en Berlín fue objeto de un concurso internacional que ganó Sir Norman Foster. La base del diseño fue la sustitución de la cúpula original por una nueva gran cúpula transparente, con un cono central que dejase pasar la luz natural directamente al edificio y que también sirviese como sistema de refrigeración natural.

La cúpula, que mide 38 m. de diámetro y tiene una altura de 23,5 m., se sitúa en el centro del edificio, a 24 m. por encima del nivel del suelo. Su estructura está compuesta por 24 costillas curvas, que salen del anillo principal en la base, completadas por 17 anillos horizontales. Una rampa en espiral está integrada en el perímetro de la propia cúpula, actuando como viga anular muy rígida (Imagen 7.5.1).

El moderno Parlamento está situado bajo la cúpula, y está equipado con las últimas innovaciones en comunicación, ofimática y ayudas al trabajo. La estructura de las tribunas también se ha construido utilizando elementos de acero (Imagen 7.5.2).



7.6 Varias ampliaciones horizontales y verticales usando estructuras de acero en Alemania

En el antiguo edificio de administración y torre del ascensor de la mina de carbón “Nordstern” en Gelsenkirchen, se realizó una ampliación, que incluyó su reconstrucción, para convertirlo en un centro de oficinas y ocio (Imagen 7.6.1).

En el gimnasio de Schwäbisch-Hall se realizó una ampliación vertical que permitió el uso de los edificios existentes durante la fase de construcción de la ampliación (Imagen 7.6.2).

La “Stadtlagerhaus” en el puerto de Hamburgo, cerca del famoso mercado del pescado, ejemplifica la combinación moderna de vivienda y trabajo en la zona de muelles de la ciudad de Hamburgo (Imagen 7.6.3).



- 7.5.1 La nueva cúpula de acero y cristal del Parlamento Nacional Alemán, antiguo “Reichstag”, en Berlín
- 7.5.2 Estructuras de acero para las tribunas del Parlamento del Reichstag en Berlín
- 7.6.1 La mina de carbón “Nordstern” en Gelsenkirchen (Alemania) después de su restauración
- 7.6.2 Ampliación vertical del complejo deportivo de la Gran Escuela de Schwäbisch-Hall (Alemania)
- 7.6.3 La “Stadtlagerhaus” en el puerto de Hamburgo (Alemania) como resultado de la restauración de un viejo almacén y silo



Residencia de Ancianos de la Fundación
Cognac-Jay, en Rueil Malmaison, Francia

Referencias

ALEMANIA

p. 16
Christus Pavillon - Hannover
Arquitectos: Gerkan, Marg
+ Partner Architects

BÉLGICA

p. 67-69
Atomium - Bruselas
Cliente: ASBL Atomium VZW
Arquitecto: Conix Architecten
Oficina de estudios: Bgroup-
Arbeitsgemeinschaft, Geocal
Fotógrafos: Marc Detiffe, asbl Atomium:
Marie-Françoise Plissart, Luc Turlous

FRANCIA

p. 17
Dames de France - Perpiñán
Cliente: Municipio de Perpiñán
Arquitecto: Philippe Pous
Oficina de estudios: Soulas-Etec

p. 76
Residencia Cognac-Jay
Rueil-Malmaison
Cliente: Fundación Cognac-Jay
Arquitecto: Jean Nouvel, Didier Brault
Oficina de estudios: BET
Fotógrafo: Philippe Ruault

LUXEMBURGO

p. 23
Abbaye de Neumünster - Luxemburgo
Cliente: Ministerio de Obras Públicas
Arquitecto: J. Ewert
Oficina de estudios: Inca
Fotógrafo: Menn Bodson

ESPAÑA

p. 2-3, 5, 26-27
Museo Nacional Centro Artístico
Reina Sofía - Madrid
Cliente: Museo Nacional Centro
Artístico Reina Sofía
Arquitectos: Jean Nouvel et Alberto Medem
Oficina de estudios: Esteyco, JG
y asociados, Higini Arau
Fotógrafos: Joaquim Cortés,
José Luis Municio, Ana Müll

p. 41
Estadio Santiago Bernabéu - Madrid
Cliente: Real Madrid C. F.
Arquitecto: Estudio Lamela
Fotógrafos: Estudio Lamela
Francisco Pablos Laso

Asistencia técnica y Acabado

Asistencia técnica

Nos complace ofrecerle asesoramiento técnico gratuito para optimizar el uso de nuestros productos y soluciones en sus proyectos y responder a todas sus preguntas sobre el uso de perfiles y barras comerciales. Este asesoramiento técnico abarca el diseño de elementos estructurales, los detalles de construcción, la protección de las superficies, la protección contra incendios, la metalurgia y la soldadura.

Nuestros especialistas están a su disposición para apoyar su iniciativas en cualquier parte del mundo.

Para facilitar el diseño de sus proyectos, ofrecemos igualmente software y documentación técnica que puede consultar o bajar desde nuestra página web

sections.arcelormittal.com

Acabado

Para completar las posibilidades técnicas de nuestros interlocutores, nos hemos dotado de potentes herramientas de acabado y ofrecemos una amplia gama de servicios, tales como:

- Taladrado
- Oxícorte
- Recorte en T
- Entallado
- Contraflechado
- Curvado
- Enderezado
- Aserrado en frío a la longitud exacta
- Soldadura de conectores
- Granallado
- Tratamiento de superficie

Construction

En ArcelorMittal contamos también con un equipo de profesionales multiproducto especializado en el mercado de la construcción.

Una gama completa de productos y soluciones dedicados a la construcción en todas sus formas: estructuras, fachadas, cubiertas, etc. está disponible en nuestra página web

www.constructalia.com

Sus partners

ArcelorMittal
Comercial Perfiles
Ctra. Toledo, Km. 9,200
E-28021 Madrid
Tel: +34 917 972 30 0
Fax: +34 915 050 25 7

sections.arcelormittal.com

APTA - Asocia

ción para la
Promoción Técnica del Acero
Pº de la Castellana, 135 - 3ºB
E-28046 Madrid
Tel: +34 915 670 91 0
Fax: +34 915 670 91 1

www.apta.org.es

Notas

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

Federico M. Mazzolani

Department of Structural Analysis and Design, University of Naples "Federico II", Naples, Italy

ArcelorMittal
Comercial Perfiles

Ctra. Toledo, Km. 9,200
E-28021 Madrid
ESPAÑA
Tel: +34 917 972 30 0
Fax: +34 915 050 25 7

sections.arcelormittal.com

Version 2014-1



Fuentes Mixtas

Grupo de producto de bosques bien
gestionados y otras fuentes controladas.
www.fsc.org Cert no. EUR-COC-051203
© 1996 Forest Stewardship Council