



# Patología de las estructuras metálicas: lesiones

<b>Apellidos, nombre</b>	Basset Salom, Luisa (lbasset@mes.upv.es)
<b>Departamento</b>	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València

## 1 Resumen de las ideas clave

A lo largo de este artículo vamos a enumerar y explicar las lesiones que se pueden producir en las estructuras metálicas. Del mismo modo que en el caso de estructuras de hormigón o de fábrica, es importante saber identificar estas lesiones lo antes posible y ser capaces de determinar el alcance del daño. Esto nos ayudará a establecer un diagnóstico lo más acertado posible de sus causas y proyectar la intervención más adecuada.

## 2 Introducción

La estabilidad o la durabilidad de las estructuras metálicas puede ponerse en riesgo, por el deterioro del material, por errores en el proyecto (deficiencias en la concepción y diseño de la estructura o en el cálculo), por errores de fabricación, ejecución o control, por variaciones en las condiciones de proyecto (modificación del uso, alteraciones de la estructura, etc.) o por variaciones en las condiciones de contorno externas a la propia estructura (como, por ejemplo, asientos o fallos de cimentación) o por situaciones accidentales (fuego, sismo, impacto).

Las estructuras metálicas admiten, en general, deformaciones mayores que las estructuras de hormigón o fábrica, por lo que las lesiones más frecuentes consisten precisamente en deformaciones y no en grietas o fisuras como en aquellas. También pueden sufrir ataques de origen químico entre los que destaca la corrosión, sin olvidar algunas lesiones de tipo mecánico que afectan al propio material y que pueden producir rotura frágil.

Una vez identificadas las lesiones y definidas las causas y el alcance de la patología se establecen las actuaciones más apropiadas, sustituyendo los elementos afectados o reforzándolos total o parcialmente. En ocasiones se plantean otras soluciones tales como la incorporación de parteluces o atirantados o la creación de secciones mixtas hormigón-acero. El resultado es la restitución o incremento de la capacidad resistente inicial y el control o limitación de las deformaciones, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente.

## 3 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Enumerar e identificar las lesiones químicas de las estructuras metálicas.
- Enumerar e identificar las lesiones mecánicas de las estructuras metálicas.

## 4 Lesiones en las estructuras metálicas

La patología que se presenta en las estructuras metálicas puede deberse a la degradación de los materiales por procesos de origen químico como la corrosión, o a causas de tipo mecánico que pueden afectar al propio material o a los elementos estructurales.

## 4.1 Lesiones químicas

La lesión de origen químico o electroquímico que se produce en las estructuras metálicas es la corrosión, que provoca la destrucción o deterioro progresivo de sus propiedades. Este proceso ocurre en estructuras no protegidas expuestas al aire y la humedad, acelerándose en presencia de ambientes agresivos (agua de mar; ácidos; terrenos que contienen cloruros o sulfatos; pasta de yeso; ...).

La corrosión puede ser química o electroquímica, dependiendo, respectivamente de que la reacción se produzca en el medio ambiente o por la aparición de corrientes eléctricas entre dos zonas del metal con potenciales diferentes en contacto a través del medio de ataque.

El proceso químico se desarrolla en toda la superficie expuesta, por lo que genera una disminución regular del espesor del metal, sin embargo, el proceso electroquímico se localiza en puntos concretos de la superficie del metal en forma de picaduras que van aumentando en profundidad pudiendo llegar a perforarlo. En ambos casos se produce una disminución de la sección resistente, debiendo evaluarse, una vez detectada la corrosión, si el elemento estructural es recuperable [3].

Los procesos de corrosión se desarrollan principalmente en:

- Elementos estructurales expuestos a la intemperie con protección y/o mantenimiento inadecuado. En estos casos se produce una corrosión superficial generalizada (Figura 1).



Figura 1. Cerchas metálicas, antes y después de la reparación, Valencia

- Elementos estructurales sujetos a filtraciones desde cubiertas (Figura 2), fachadas o desde las instalaciones de saneamiento.



Figura 2. Viguetas oxidadas en forjado cubierta por filtraciones, Valencia

- Perfiles estructurales ubicados en espacios húmedos, poco ventilados o arranques de pilares exteriores.
- Bases de soportes empotrados en hormigón.
- Elementos estructurales envueltos en yeso o morteros de distinta naturaleza.
- Elementos estructurales en permanente contacto con la humedad como, por ejemplo, estructuras sumergidas o enterradas.

## 4.2 Lesiones mecánicas

Las lesiones de origen mecánico pueden conducir a colapsos de tipo local o global o a deformaciones excesivas en los elementos estructurales. Las causas principales de este tipo de lesiones son fallos debidos al propio material o bien errores de proyecto, defectos de fabricación o ejecución, variaciones en las condiciones de proyecto o situaciones accidentales.

Las lesiones relacionadas con fallos relativos al material son la rotura frágil, la rotura por fatiga o el desgarro laminar.

- Rotura frágil: El acero es un material dúctil, es decir, admite deformaciones apreciables antes de la rotura, favoreciendo la detección de cualquier problema antes de que se produzca el fallo. Sin embargo, en algunas ocasiones, especialmente en el caso de conectores, chapas, elementos de unión (tornillos), soldaduras, puede comportarse de forma frágil y romper de forma brusca. Algunos factores que favorecen la rotura frágil son las bajas temperaturas, estados de tracción, mala ejecución de las soldaduras, cambios bruscos de sección, etc.
- Rotura por fatiga [4]: Está relacionada con el agotamiento del material debido a variaciones repetitivas de los esfuerzos. Se trata de una rotura brusca y sin avisar, semejante a la rotura frágil, lo que la hace también peligrosa. Normalmente ocurre cuando el elemento tiene alguna anomalía superficial en la que se originan unas fisuras, a veces, imperceptibles, que conducen a la rotura.
- Desgarro laminar: Es poco frecuente en la actualidad, produciéndose en estructuras soldadas, especialmente en uniones en T en esquina o en cruz [4].

En los elementos estructurales, las lesiones de tipo mecánico difieren dependiendo de la sollicitación a la que están sometidos y se producen cuando éstas superan su capacidad portante.

En los pilares, elementos sollicitados principalmente a compresión y también a flexión, las lesiones mecánicas habituales son deformaciones en forma de alabeos o pandeo. Además de la magnitud de las cargas influye la esbeltez del elemento y las posibles imperfecciones.

En las vigas, al predominar la flexión, la lesión más importante es la deformación en forma de flechas, aunque también puede producirse pandeo lateral o local, alabeo y abolladura del alma.

En los forjados, igual que en las vigas, suelen presentarse problemas de flechas excesivas. Las flechas en vigas y forjados se manifiestan habitualmente en forma de fisuras y/o grietas en elementos de cerramiento, tabiquería, pavimentos y acabados (en la figura 3 se aprecian algunas grietas en los revoltones cerámicos debido a la flecha del forjado).

En ambos casos, vigas y forjados, pueden producirse vibraciones verticales, que, en ocasiones, son molestas para los usuarios.



Figura 3. Forjado de viguetas metálicas, Valencia

En las estructuras trianguladas, formadas por elementos que trabajan fundamentalmente a axil las lesiones pueden producirse cuando se superan los esfuerzos admisibles de tracción o compresión. Los elementos a compresión pueden fallar también por pandeo. Por otra parte, estas estructuras, pueden presentar problemas de estabilidad global durante el montaje, por lo que éste debe planificarse con sumo cuidado, estudiando la necesidad de elementos de arriostramiento durante la fase de ejecución.

Por último, no deben olvidarse las uniones, por ser uno de los puntos más delicados tanto en el proyecto como durante el proceso de ejecución. Son esenciales para que la estructura sea estable y segura, dotando, asimismo, de continuidad a los elementos estructurales que no puede construirse de una sola pieza. Si no están bien diseñadas pueden originar movimientos relativos entre unos elementos y otros, así como deformaciones excesivas llevando incluso a la rotura y ocasionando el colapso de la estructura.



Figura 4. Fallo de la unión entre elementos metálicos. Valencia

## 5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto las lesiones que pueden producirse en las estructuras metálicas.

Para completar los conocimientos adquiridos te invito a que leas el documento "Causes of Structural Failures with Steel Structures" [7]. En él encontrarás muchos

ejemplos de fallos en estructuras metálicas. Te recomiendo que prestes atención a los siguientes ejemplos:

- Edificio en construcción de las figuras 1 a 4 (centro comercial en Estocolmo). Se trata de un ejemplo claro de error de diseño de la unión entre viga y soporte que generó el colapso por abolladura del alma de la viga ante la falta de rigidizadores y errores en las dimensiones de la sección transversal.
- Estructura del campo de deportes de las figuras 5 y 6. Su colapso es un ejemplo de inestabilidad durante el montaje.
- Imágenes de rotura frágil (figuras 15, 16 y 18).

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

[1] Broto, C. Enciclopedia Broto de patologías de la construcción. ed. Broto y Comerma, 2005.

[2] Brufau Niubó, R. Rehabilitar con acero. Publicaciones APTA, 2010

[3] García Olmos, F., Pérez Navarro, J. Manual de prevención de fallos. Corrosión metálica en construcción. Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio CARM. Ed. C.O.A.A.T.I.E. Región de Murcia. I.S.B.N.: 978-84-89882-48-5

[4] Martínez Lasheras, R., Martínez Lasheras, C. Tratado de rehabilitación, tomo 3 - Patología y técnicas de intervención. elementos estructurales. IV. Patología y recuperación de estructuras de hormigón y metálicas. Tema 6. Patología de estructuras metálicas y estructuras mixtas, ed. Editorial Munilla-Lería. 1998

[5] Monjo Carrió, J., L. Maldonado Ramos, L. "Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas", ed. Munilla-Lería, 2001.

[6] UNE 41805-7 IN Diagnóstico de edificios. Parte 7: Estudio patológico de la estructura del edificio. Estructuras metálicas. AENOR, 2009

### 6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

[7] Alpsten G. Causes of Structural Failures with Steel Structures. Disponible en: <http://www.stbk.se/1662c-paper34-iabse-2017-01-24.pdf>

### 6.3 Figuras:

Figura 1. Cerchas metálicas, antes y después de la reparación, Valencia (autor: J. Monfort)

Figura 2. Viguetas oxidadas en forjado cubierta por filtraciones, Valencia (autora: Luisa Basset)

Figura 3. Forjado de viguetas metálicas, Valencia (autoras: Arianna Guardiola y Luisa Basset)

Figura 4. Fallo de la unión entre elementos metálicos. Valencia (autora: Arianna Guardiola)