

CAPÍTULO VII. DURABILIDAD

Artículo 31.º Durabilidad de las estructuras de acero

31.1. Generalidades

La durabilidad de una estructura de acero es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Una estructura durable debe conseguirse con una estrategia capaz de considerar todos los posibles factores de degradación y actuar consecuentemente sobre cada una de las fases de proyecto, ejecución y uso de la estructura.

Una estrategia correcta para la durabilidad debe tener en cuenta que en una estructura puede haber diferentes elementos estructurales sometidos a distintos tipos de ambiente.

Comentarios

En el Articulado se plantea un método enfocado hacia la consecución de una durabilidad adecuada en el caso de estructuras convencionales no sometidas a situaciones de agresividad extraordinaria. En otros casos, puede ser conveniente recurrir a métodos alternativos de durabilidad, basados en criterios de comportamiento.

La durabilidad no incumbe sólo a los elementos estructurales. A veces, son los elementos no estructurales los que conllevan problemas importantes de cara a la durabilidad. Estos problemas pueden consistir en el deterioro del propio elemento (por ejemplo, degradación de las aceras de los puentes), o pueden ser la consecuencia de un comportamiento inadecuado del mismo (por ejemplo, mal funcionamiento de los drenajes en un puente).

31.1.1. Consideración de la durabilidad en la fase de proyecto

El proyecto de una estructura de acero debe incluir las medidas necesarias para que la estructura alcance la duración de la vida útil prefijada, de acuerdo con las condiciones de agresividad ambiental y con el tipo de estructura. Para ello, deberá incluir una estrategia de durabilidad, acorde a los criterios establecidos en el Apartado 31.2.

La agresividad a la que está sometida la estructura se identificará por el tipo de ambiente, de acuerdo con 8.2.1.

En la memoria, se justificará la selección de las clases de exposición consideradas para la estructura. Asimismo, en los planos se reflejará el tipo de ambiente para el que se ha proyectado cada elemento.

El proyecto deberá definir formas y detalles estructurales que faciliten la evacuación del agua y sean eficaces frente a la posible corrosión del acero.

Los elementos de equipamiento, tales como apoyos, juntas, drenajes, etc., pueden tener una vida más corta que la de la propia estructura por lo que, en su caso, se estudiará la adopción de medidas de proyecto que faciliten el mantenimiento y sustitución de dichos elementos durante la fase de uso.

Comentarios

En la protección frente a los agentes físicos y químicos agresivos, las medidas preventivas suelen ser las más eficaces y menos costosas. Por ello, la durabilidad es una cualidad que debe tenerse en cuenta durante la realización del proyecto, estudiando la naturaleza e intensidad potencial previsible del medio agresivo y seleccionando las formas estructurales, los materiales, y los procedimientos de ejecución más adecuados en cada caso. La selección del tipo de ambiente debe tener en cuenta la existencia de una serie de factores que son capaces de modificar el grado de agresividad que, a *priori*, podría considerarse como característico de la zona geográfica en la que se encuentra la estructura. Así, localizaciones relativamente próximas pueden presentar distintas clases de exposición en función de la altitud topográfica, la orientación general de la estructura, la naturaleza de la superficie (cubierta vegetal, rocosa, etc.), la existencia de zonas urbanas, la proximidad a un río, etc.

31.1.2. Consideración de la durabilidad en la fase de ejecución

La buena calidad de la ejecución de la obra tiene una influencia decisiva para conseguir una estructura durable.

Las especificaciones relativas a la durabilidad deberán cumplirse en su totalidad durante la fase de ejecución. No se permitirá compensar los efectos derivados por el incumplimiento de alguna de ellas.

31.2. Estrategia para la durabilidad

31.2.1. Prescripciones generales

Para satisfacer los requisitos establecidos en el Artículo 5º, será necesario seguir una estrategia que considere todos los posibles mecanismos de degradación, adoptando medidas específicas en función de la agresividad a la que se encuentre sometido cada elemento.

La estrategia de durabilidad incluirá, al menos, los siguientes aspectos:

31.2.2. Selección de la forma estructural

En el proyecto se definirán los esquemas estructurales, las formas geométricas y los detalles que sean compatibles con la consecución de una adecuada durabilidad de la estructura. El proyecto debe facilitar la preparación de las superficies, el pintado, las inspecciones y el mantenimiento.

Se procurará evitar el empleo de diseños estructurales que conduzcan a una susceptibilidad elevada a la corrosión. Para ello, se recomienda que las formas de los elementos estructurales sean sencillas, evitando una complejidad excesiva, y que los

métodos de ejecución de la estructura sean tales que no se reduzca la eficacia de los sistemas de protección empleados (por daños en el transporte y manipulación de los elementos).

Se tenderá a reducir al mínimo el contacto directo entre las superficies de acero y el agua, evitando la formación de depósitos de agua, facilitando la rápida evacuación de ésta e impidiendo el paso de agua sobre las zonas de juntas. Para ello, deben adoptarse precauciones como evitar la disposición de superficies horizontales que promuevan la acumulación de agua o suciedad, la eliminación de secciones abiertas en la parte superior que faciliten dicha acumulación, la supresión de cavidades y huecos en los que puede quedar retenida el agua, y la disposición de sistemas adecuados y de sección generosa para conducción y drenaje de agua.

Cuando la estructura presente áreas cerradas (interior accesible) o elementos huecos (interior inaccesible), debe cuidarse que estén protegidos de manera efectiva contra la corrosión. Para ello, debe evitarse que quede agua atrapada en su interior durante el montaje de la estructura, así como deben disponerse las medidas necesarias para la ventilación y drenaje (interiores accesibles), y deben sellarse de manera efectiva frente a la entrada de aire y humedad, mediante soldaduras continuas, los interiores inaccesibles.

Debe evitarse la corrosión potencial en orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas, mediante un sellado eficaz, que en general estará constituido por soldaduras continuas.

Debe prestarse una atención especial a la protección contra la corrosión de las uniones, tanto atornilladas (de manera que los tornillos, tuercas y arandelas tengan la misma durabilidad que el resto de la estructura) como soldadas (cuidando que la superficie de la soldadura esté libre de imperfecciones, como fisuras, cráteres y proyecciones, que son difíciles de cubrir eficazmente por la pintura posterior), así como tener en cuenta, en el caso de disposición de refuerzos o de ejecución de entallas (en almas, refuerzos, etc.), la necesidad de permitir una adecuada preparación de la superficie y aplicación de la pintura (soldando de manera continua la intersección entre el refuerzo y el elemento reforzado, disponiendo un radio mínimo de 50 mm en las entallas y evitando cualquier retención de agua).

Debe evitarse la aparición de pares galvánicos, que se producen cuando existe continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico (tales como acero inoxidable y acero al carbono), aislando eléctricamente mediante pintado u otros procedimientos, las superficies de ambos metales.

Comentarios

Un principio básico para la consecución de una estructura durable consiste en lograr, en la medida de lo posible, el máximo aislamiento respecto al agua. Por ello, todas las medidas que promuevan una evacuación rápida del agua, de manera que esté en contacto con la estructura lo mínimo posible, redundan en su durabilidad. De igual manera, es recomendable minimizar la extensión de las superficies de acero expuesta a la corrosión, reduciendo el número de irregularidades (superposiciones, bordes, esquinas), y disponiendo soldaduras continuas, en general (deberían emplearse soldaduras discontinuas y por puntos únicamente en caso de riesgo insignificante de corrosión).

31.2.2.1. Sobreespesores en superficies inaccesibles

Las superficies de estructura de acero sometidas a riesgo de corrosión que sean inaccesibles a la inspección y mantenimiento y que no sean adecuadamente selladas, deberán tener inicialmente una protección adecuada a la vida útil prevista, debiendo además

incrementarse el espesor del acero estrictamente resultante del cálculo estructural, con un sobreespesor que compense el efecto de la corrosión durante la vida útil.

En ausencia de estudios más detallados, el sobreespesor (incremento del espesor nominal) tendrá el siguiente valor mínimo, expresado en mm por cara inaccesible y por cada 30 años de vida útil prevista de la estructura:

- Clases de exposición C4 (corrosividad alta), C5-I y C5-M (corrosividad muy alta): 1,5 mm.
- Clase de exposición C3 (corrosividad media): 1mm.
- Clase de exposición C2 (corrosividad baja): 0,5 mm.

No se precisa sobreespesor en el caso de la clase de exposición C1 (corrosividad muy baja).

El espesor resultante (espesor nominal más sobreespesor) en los cajones inaccesibles de puentes no podrá ser inferior a 8 mm.

31.2.2.2. Utilización de aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica

Los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica podrán utilizarse sin pintura de protección en las superficies exteriores, incrementando el espesor nominal, obtenido en el cálculo, en 1 mm por la superficie expuesta al ambiente exterior. En la superficie interior de secciones cerradas inaccesibles se aplicarán las disposiciones establecidas en 31.2.2.1 (pintura de protección adecuada a la vida útil prevista, y sobreespesor de acero).

El empleo de estos aceros en los casos en que se prevé que su superficie va a estar en contacto con el terreno o el agua durante largos períodos, permanentemente húmeda, o sometida a ambiente marino con salinidad moderada o elevada, ambiente industrial con alto contenido en SO_3 , o presencia de sales de deshielo, precisa un estudio detallado de su conveniencia, debiendo en tales casos protegerse superficialmente el acero.

31.2.3. Detalles constructivos

Se recomienda evitar los detalles constructivos indicados como inadecuados en las figuras que siguen, empleando los considerados adecuados en las mismas. Los detalles adecuados son conformes con los criterios generales indicados en 31.2.2

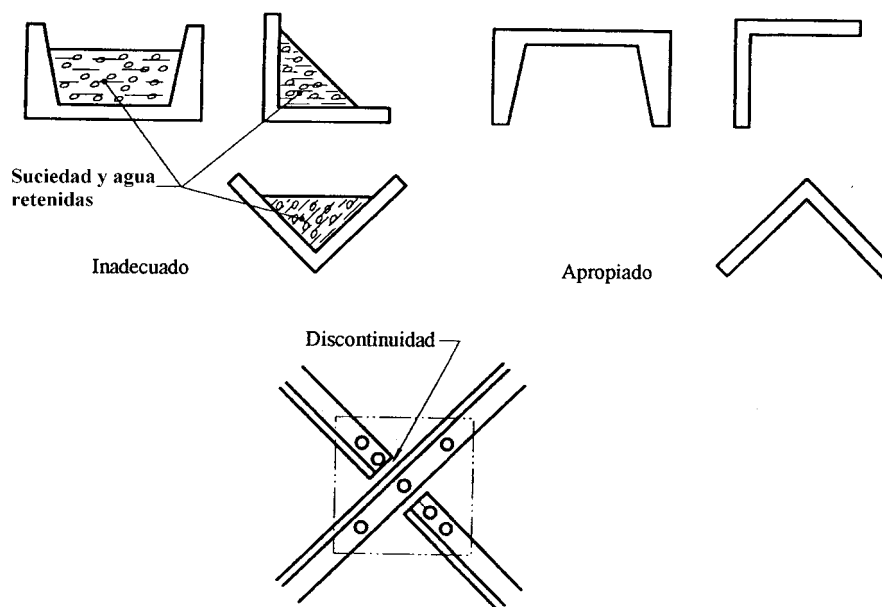


Figura 33.2.3.a Prevención de la acumulación de agua y suciedad

Figura 31.2.3.a Prevención de la acumulación de agua y suciedad

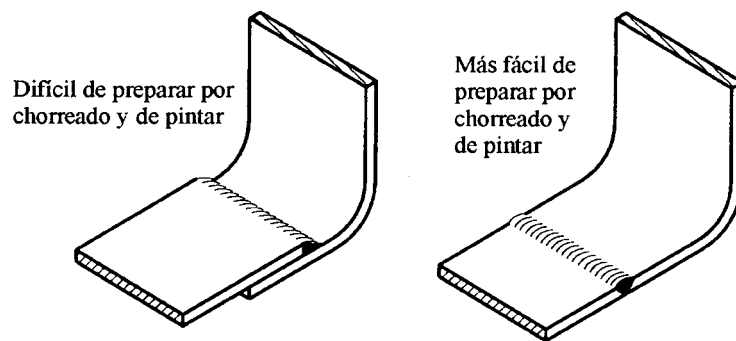


Figura 31.2.3.b Realización de soldaduras

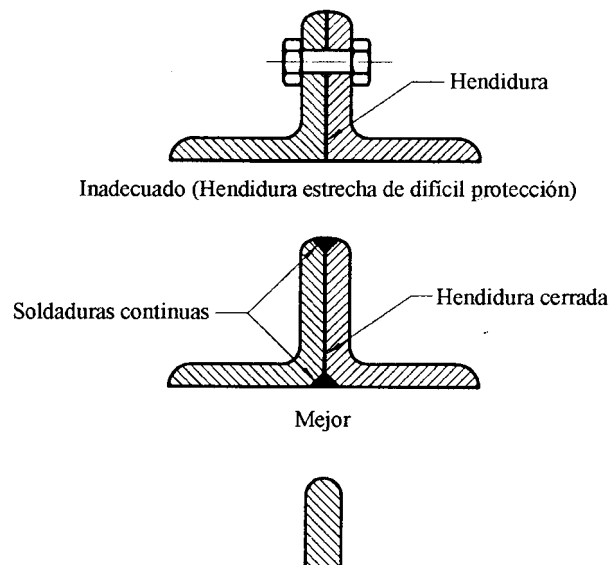


Figura 31.2.3.c Tratamiento de huecos

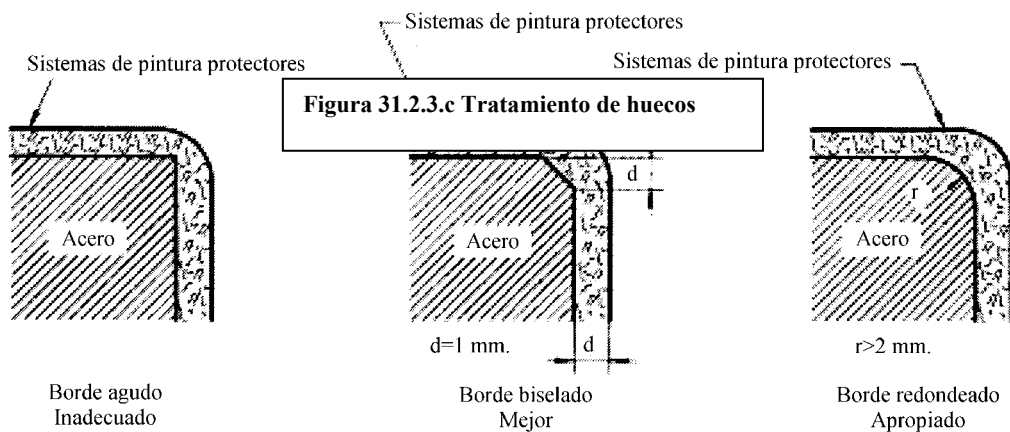


Figura 33.2.3.d Eliminación de bordes agudos

Figura 31.2.3.d Eliminación de bordes agudos

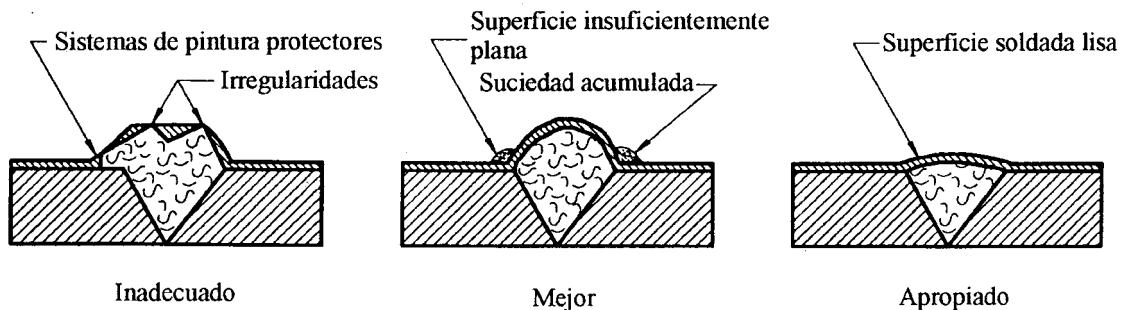
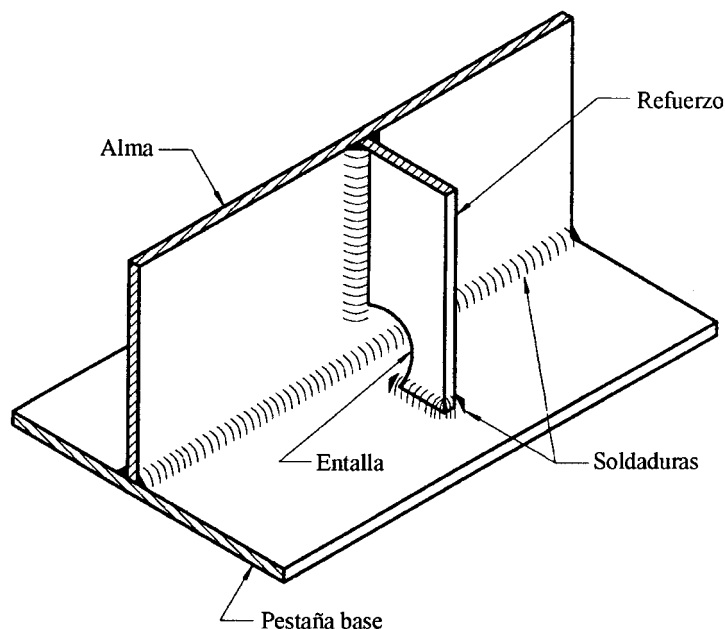


Figura 31.2.3.e Eliminación de imperfecciones en la superficie de las soldaduras



Para entallas, $r \geq 50$ mm

Figura 31.2.3.f Diseño recomendado de refuerzos para la protección frente a la corrosión

31.2.4. Medidas especiales de protección

En casos de especial agresividad, cuando las medidas normales de protección no se consideren suficientes, se podrá recurrir a la disposición de sistemas especiales de protección.

El proyecto deberá tener en cuenta la vida útil de la protección especial adicional, y establecer el mantenimiento adecuado del mismo.

Comentarios

Algunos ejemplos de medidas especiales de protección pueden ser los siguientes:

- a) Aplicación de materiales de recubrimiento en polvo.
- b) Productos para el tratamiento químico de superficies (por ejemplo, soluciones fosfatantes).
- c) Protección catódica (por ejemplo, en caso de riesgo especial de corrosión galvánica).

31.3. Condiciones para facilitar la inspección y el mantenimiento

En la medida de lo posible, se deberá prever el acceso a todos los elementos de la estructura, así como a los apoyos, juntas y elementos de drenaje, estudiando la conveniencia de disponer sistemas específicos que faciliten la inspección y el mantenimiento durante la fase de servicio. Por ello, y dado que la inclusión en servicio de sistemas de acceso para el mantenimiento no previstos inicialmente es una tarea difícil, el proyecto deberá establecer los sistemas de acceso necesarios, que pueden incluir pasarelas fijas, plataformas motorizadas u otros medios auxiliares.

El criterio fundamental de accesibilidad es que todas las superficies de la estructura que han de ser inspeccionadas y mantenidas deben ser visibles y deben encontrarse al alcance del operario de mantenimiento mediante un método seguro. El operario debe poder desplazarse por todas las partes de la estructura a mantener y debe tener el espacio adecuado para trabajar en ellas.

Debe prestarse una atención especial a la accesibilidad a áreas cerradas de la estructura, como cajones metálicos. Las aberturas de acceso deben tener un tamaño suficiente para permitir un acceso seguro, tanto para los operarios como para los equipos de mantenimiento. Se recomiendan dimensiones mínimas de 500x700 mm (ancho x alto) en los accesos rectangulares u ovales, y de diámetro mínimo 600 mm en los accesos de forma circular. Además, deben existir orificios de ventilación adecuados al sistema de protección empleado en el mantenimiento.

Comentarios

Tanto en el apartado 91.2 como en la norma UNE-EN ISO 12944-3:1999 se recogen recomendaciones relativas a las distancias a considerar en los trabajos de protección frente a la corrosión, así como a las dimensiones mínimas para los espacios estrechos entre superficies, cuya observancia facilita la realización de las actividades de inspección y mantenimiento.