



## Uso de acero corten en puentes de Costa Rica

Ing. María José Rodríguez, MSc.  
Ing. Rolando Castillo, PhD.  
Fauricio Valverde,  
Estudiante, asistente de ingeniería

Unidad de Puentes, PITRA, LanammeUCR

### Introducción

Una de las principales causas del mal estado de los puentes en Costa Rica es la ausencia de programas de mantenimiento. Las evaluaciones periódicas que realiza la Unidad de Puentes han confirmado que los puentes de nuestro país no reciben mantenimiento desde hace mucho tiempo. El deterioro observado es tal que en algunos casos es preferible recomendar la sustitución de los puentes, ya que el costo de reparación de dichas estructuras sería similar al costo de sustitución.

Es común escuchar que la falta de mantenimiento de nuestros puentes se debe a la falta de recursos económicos. La falta de recursos para realizar las tareas de

mantenimiento puede haber sido una de las causas de la desatención de nuestros puentes, sin embargo en nuestro país se está viviendo una emergencia nacional por el mal estado de los puentes y por lo tanto es necesario evitar buscar excusas y tomar acciones concretas para solucionar el problema.

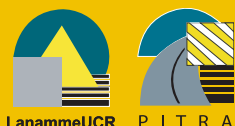
En años recientes el MOPT ha venido introduciendo en el país el uso del acero corten como un material alternativo para la construcción de puentes con el objetivo de reducir los costos de mantenimiento. Este material tiene la ventaja que no requiere la aplicación de un sistema de pintura contra la corrosión tanto al inicio como durante su vida útil, lo cual lo hace un material muy atractivo a pesar de que su costo inicial es mayor al acero convencional. Este acero ha sido utilizado en la construcción de puentes y otras estructuras en diversos países pero en Costa Rica es un material poco conocido. En base a lo anterior, consideramos conveniente proveer información básica acerca de las ventajas y limitaciones que tiene el acero corten para la construcción de puentes en nuestro país.

### ¿Qué es el acero corten?

Se conoce como acero corten o acero estructural con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica a un tipo de acero de alta resistencia y baja aleación (el porcentaje de carbono es mayor al 0,2% y la cantidad total de otros elementos es menor del 5%) que puede dejarse sin ningún sistema de protección si se utiliza en un ambiente adecuado. El nombre de acero corten se deriva de COR-TEN®, nombre comercial con que la empresa United States Steel Corporation (USS) comenzó a comercializar este material.

Al igual que los demás tipos de acero estructural, el acero corten se oxida a una razón que depende del acceso de la humedad y del oxígeno al hierro metálico. En la Figura 1 se muestra una comparación esquemática entre las pérdidas por corrosión en el acero corten y otros tipos de acero. El acero corten contiene aleaciones de cobre, níquel, cromo y silicio y su composición le permite formar una capa superficial estable de óxido que se adhiere

### Comité editorial del boletín

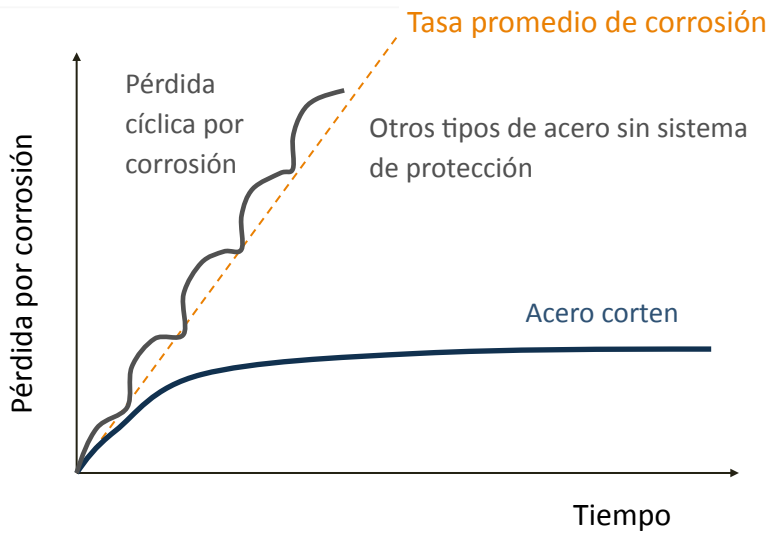


2011

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar  
Coordinador General PITRA, LanammeUCR

Licda. Irene Matamoros Kikut  
Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA

Mauricio Bolaños Barrantes  
Diseñador Gráfico. Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA



**Figura 1**

Comparación entre las pérdidas por corrosión del acero corten y otros tipos de aceros (Adaptado de [3])

En Costa Rica el uso del acero corten ha sido muy limitado. Únicamente están en funcionamiento dos puentes construidos con este material: el Puente sobre el Río Pirrís en la Ruta Nacional 226 mostrado en la Figura 4 y el Puente sobre el Río Pejibaye localizado en el camino hacia el proyecto el Diquís del Instituto Costarricense de Electricidad en Pérez Zeledón.

### Ventajas del uso del acero corten

La principal ventaja del uso del acero corten es económica, ya que el uso de este material reduce los costos iniciales y los costos de mantenimiento. Si bien el costo del material bruto puede ser superior al de otros tipos de acero, el no tener que invertir en un sistema de protección contra la corrosión (tal como un sistema de pintura) significa una reducción de los costos iniciales, pues el costo de un sistema de pintura corresponde aproximadamente al 10% del costo de la estructura de acero [1]. Al no requerirse la aplicación de la pintura también se reduce el tiempo total de construcción y los costos de mantenimiento directos (tales como la aplicación de pintura periódicamente) e indirectos derivados de la interrupción o desvío del tráfico para realizar las labores de mantenimiento. Los gastos de mantenimiento indispensables son la inspección periódica y la limpieza para comprobar que el desempeño del puente es adecuado, no obstante, estas dos

firmemente al material. La capa de óxido actúa como inhibidor de la corrosión porque impide el acceso de agentes perjudiciales como la humedad y las sales del ambiente y el proceso de corrosión se retarda. En los otros tipos de aceros la corrosión forma láminas que al desprenderse permiten el paso de humedad y oxígeno, por lo que el proceso de corrosión se repite cíclicamente.

La rapidez con la que se forma la capa de óxido, así como la textura y la coloración que adquieren los elementos varía con el tiempo y depende de las condiciones de exposición. Inicialmente el acero corten presenta un color café rojizo y con el paso del tiempo se oscurece. Normalmente en un periodo de dos a cinco años adquiere un color café oscuro ligeramente púrpura. En la Figura 2 se puede observar el color característico que adquieren los elementos de acero corten.

Usualmente se identifica los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica mediante la letra W después del grado del acero y generalmente están disponibles en los grados 50, 70 y 100. Algunas normas de referencia en las que se especifica las características de este tipo de materiales son: AASHTO M270 (Standard Specification for Structural Steel for Bridges) y ASTM A709 (ASTM A709 / A709M - 10 Standard Specification for Structural Steel for Bridges) ASTM A588 / A588M - 10 (Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel, up to 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point, with Atmospheric Corrosion Resistance) en los Estados Unidos y la Norma EN 10025-5 (Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 5:

Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica) en Europa.

### Ejemplos de aplicación en el país y ejemplos internacionales

El primer puente de acero corten fue construido en Nueva Jersey en 1964 [4] y este material se ha utilizado en puentes en diferentes países entre los que se puede citar Finlandia, Holanda, Canadá, Alemania, Italia Suiza, España, Gran Bretaña, Brasil y Japón. En Canadá el acero corten ha sido utilizado en aproximadamente 90% de los puentes nuevos [4]. En la Figura 3 se muestra el Puente Shanks-Millennium de Inglaterra construido con acero corten.

**Figura 2**

Color característico de los elementos de acero corten







### Figura 3

Puente Shanks-Millennium (peterborough, Inglaterra)  
Fuente: <http://bridgeworld.net/shanks-millennium-bridge/>

actividades se deben realizar en cualquier tipo de puente.

También se puede considerar que la eliminación de la pintura posee ventajas ambientales tales como la reducción de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) asociados al uso de la pintura a base de aceite, las cuales son peligrosos contaminantes del aire. Otro beneficio ambiental es que se evita la disposición de los desechos contaminados de la limpieza abrasiva.

El uso de acero corten es favorable en zonas donde el acceso para efectuar las labores de mantenimiento es difícil o peligroso y el costo de aplicar un sistema de protección puede ser elevado.

### Limitaciones de uso del acero corten

Como todo material de construcción, el acero corten tiene también limitaciones de uso. El adecuado funcionamiento de este tipo de acero depende primordialmente del tipo de ambiente en el que se encuentra colocada la estructura. La

### Figura 4

Puente sobre el Río Pirris (Ruta Nacional 226)

formación de la capa protectora de óxido depende del tiempo de exposición, de la temperatura y del tipo de ambiente. No se recomienda el uso en zonas costeras (a menos de 2 km de la costa), en ambientes muy húmedos o bien con altas concentraciones de sales y/o contaminantes. Además se necesita un ambiente en el que se produzcan periódicamente ciclos de humedecimiento y secado para que se pueda desarrollar una película uniforme protectora de óxido. Por ejemplo los ambientes muy secos o los ambientes en los que el acero permanecerá constantemente húmedo no presentan las condiciones necesarias para la formación de la capa de óxido superficial, por lo que debe descartarse el uso de este material. La condición de humedad constante se puede presentar por las condiciones climáticas o por la filtración de agua a través de las juntas de expansión, el crecimiento de vegetación, la carencia de drenaje en las secciones tipo cajón, cuando los elementos están en contacto con cubiertas de madera, entre otras.

La utilización del material en ambientes no propicios para la utilización del mismo ocasionará un pobre desempeño. La mayoría de los casos en los que se registra un desempeño inadecuado de puentes de acero corten están asociados a un ambiente inapropiados para este tipo de material.

### Consideraciones de diseño, inspección y mantenimiento

En el diseño de puentes utilizando acero corten son aplicables las consideraciones y métodos normales de diseño de estructuras de acero. Sin embargo, se

debe hacer especial énfasis en los siguientes aspectos:

- No se deben propiciar la formación de hendiduras u otras zonas donde se puedan acumular agua o desechos para evitar que el acero se encuentre húmedo de manera prolongada.
- De ser posible se deben eliminar las juntas de expansión o minimizar la cantidad de juntas en la estructura.
- Se debe considerar que se da una pérdida de sección por la formación de la capa de óxido superficial, por lo que se requiere un espesor adicional (generalmente entre 1,0 y 2,0 mm adicionales) al requerido en el diseño. El espesor considerado generalmente está indicado en las normas. En el análisis se debe suponer que las secciones están oxidadas hasta cierta profundidad (generalmente el espesor adicional considerado) y que el material oxidado no contribuye a la capacidad estructural de la sección.
- Para las conexiones soldadas se requieren electrodos compatibles con el acero corten.
- Se requiere utilizar pernos, tuercas y arandelas de acero corten y se debe evitar las conexiones con elementos de zinc o cadmio.
- Se deben pintar las secciones que estén en contacto con el terreno o vayan a ser enterradas.
- Para asegurar el desarrollo de una superficie de óxido uniforme se debe preparar todas las superficies mediante limpieza abrasiva.





## Figura 5

Acumulación de sedimentos en la cuerda inferior de la cercha (Puente sobre el río Pirrís-Ruta Nacional 226)

Durante la inspección se debe prestar atención a las filtraciones a través de las juntas de expansión, las acumulaciones de sedimentos o desechos como las mostradas en la figura 5, la retención de la humedad producida por el crecimiento de vegetación, a las deficiencias en el sistema de drenaje, si existe deterioro de los sellos entre las superficies de acero y de concreto y si se ha producido corrosión excesiva en las conexiones con pernos. Por otra parte, la inspección de las conexiones para localizar posibles grietas por fatiga es de especial dificultad en puentes construidos con acero corten, ya que la capa de óxido dificulta percibir dichas grietas. Debido a la importancia de este tipo de falla en puentes de acero se debe utilizar métodos especiales para inspeccionar las conexiones en puentes construidos con este material. Además es necesario realizar la medición del espesor efectivo de los elementos con el propósito de determinar si la capa de óxido se extiende en el espesor considerado en el diseño.

## Conclusiones

El acero corten representa una alternativa conveniente en la construcción de puentes de acero en cuanto a funcionalidad y economía. El hecho de que los elementos de acero corten tengan resistencia a la corrosión sin necesidad de utilizar un sistema de protección de pintura conlleva a que tengan un menor costo inicial y de mantenimiento cuando son utilizados en un ambiente adecuado. Su uso se recomienda para estructuras donde el acceso es difícil o peligroso como pueden ser zonas montañosas o cuando se requiere minimizar la interrupción del tráfico.

La elección del uso de acero corten para la construcción de un puente depende primordialmente del ambiente que rodea a la estructura. Ambientes muy secos o ambientes salinos o altamente contaminados no son recomendables para el uso de este material.

En el diseño de puentes con aceros con resistencia mejorada a las condiciones atmosféricas se debe considerar configuraciones geométricas que permitan el flujo del agua de manera adecuada, sin que ésta permanezca en la estructura. Los elementos de acero corten no deben permanecer húmedos de manera prolongada, pues esto provoca la destrucción de la capa protectora de óxido superficial. Además se debe procurar reducir el número de juntas de expansión y proveer un sistema de drenaje adecuado.

Una ventaja importante del acero corten es la reducción de las labores de mantenimiento necesarias en los puentes, ya que se limitan a la inspección y la limpieza y estas actividades son necesarias en todo tipo de puente. Sin embargo, la inspección de puentes construidos con este tipo de acero tiene una mayor dificultad, ya que se torna más complicado determinar si la capa de óxido actúa de manera protectora o perjudicial, por lo que se deben utilizar métodos mecánicos para inspeccionar los elementos. Adicionalmente, la detección de las grietas de fatiga se dificulta y se deben utilizar técnicas especiales de inspección.

## Bibliografía:

1. Brown, C.W. The Use of Weathering Steel in Bridges. European Convention for Constructional Steelwork ECCS Publication.
2. Corus Construction and industrial. "Weathering Steel. Connecting with the environment" London, United Kingdom (2004). 20 pp.
3. Corus Construction and industrial. "Weathering Steel Bridges. Connecting with the environment". London, United Kingdom (2005). 24pp.
4. Texas Department of Transportation. "Performance of Weathering Steel in TxDOT Bridges". Research Project 0-1818 Use of Weathering Steel in TxDOT Structures. (Junio 2000)
5. U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration. Technical Advisory – Uncoated Weathering Steel In Structures. Publication No. T5 140.22 (Diciembre 1989).
6. [www.apta.com.es/pdf/aceros.pdf](http://www.apta.com.es/pdf/aceros.pdf)
7. [www.steel.org](http://www.steel.org)
8. <http://bridgeworld.net/shanks-millennium-bridge>

## Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

### Coordinador General:

Ing. Luis Guillermo Loría, MSc, Candidato a PhD,

### Subcoordinador:

Ing. Fabián Elizondo, MBa.

### Unidades:

Unidad de Auditoría Técnica

Coordinadora: Ing. Jenny Chaverri, MScE.

Unidad de Investigación

Coordinador: Ing. Fabián Elizondo, MBa.

Unidad de Evaluación de la Red Vial

Coordinador: Ing. Roy Barrantes

Unidad de Gestión Municipal

Coordinador: Ing. Jaime Allen, MSc.

Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Coordinadora: Licda. Irene Matamoros

Unidad de Desarrollo de Especificaciones Técnicas

Coordinador: Ing. Jorge Arturo Castro

Unidad de Puentes

Coordinador: Ing. Rolando Castillo, PhD.

Ing. Guillermo Santana, PhD.