

RCI Documentación técnica.

SISTEMA “CABLEGUARD”. ***Encintado elastomérico para protección anticorrosiva de tirantes.***



<i>Fecha</i>	<i>12-07-01</i>
<i>Edición</i>	<i>1</i>

SISTEMA “CABLEGUARD”.

Encintado elastomérico para protección anticorrosiva de tirantes.

A lo largo de los años, una gran variedad de procedimientos tecnológicos, han sido desarrollados, con el objetivo de proteger frente a la corrosión a los cables-soporte de los grandes puentes colgantes o atirantados. Pero, pese a dicha gran variedad, todos ellos tienen un objetivo común: pretenden crear una barrera física y duradera, que aisle del exterior, a todos los componentes oxidables del tirante.



Algunos de los procedimientos más utilizados han sido los siguientes: pinturas con base de plomo, galvanizados, recubrimientos de polietileno, cintas adhesivas de fluoruro de polivinilo y vainas exteriores de polietileno con inyección interior o sin ella.

A pesar de los sistemas de protección dispuestos, han seguido reportándose casos de corrosión por todo el mundo, siendo relativamente numerosos los casos de puentes afectados antes de los 20 años de vida e incluso se han dado algunos casos donde la corrosión ha aparecido tan sólo dos años tras la inauguración del puente.

Resulta interesante resaltar, en este contexto, que recientemente muchos puentes colgantes metálicos, construidos a principios de siglo XX, han tenido que ser sometidos a complicados y costosos procesos de restauración.

La experiencia demuestra que la mayoría de los problemas de corrosión pueden atribuirse directamente al fallo prematuro de uno o varios de los componentes de los sistemas de protección anticorrosiva. Por lo tanto, los ingenieros proyectistas de estructuras con tirantes, están requiriendo a las distintas normativas internacionales, mayores niveles de exigencia relativos a las protecciones anticorrosivas de los mismos. Las distintas Administraciones o Propiedades también están sumándose a dicho requerimiento, demandando un incremento significativo en la durabilidad y la protección anticorrosiva de los tirantes, así como unos proyectos con diseños que permitan futuras inspecciones y mantenimientos.

El “Post-Tensioning Institute” de EE.UU. publica unas “Recomendaciones para el diseño, ensayo y montaje de tirantes de puentes”. Un comité del PTI, compuesto por un grupo internacional de expertos, se encarga de la redacción y constante puesta al día del documento. El campo de aplicación de las Recomendaciones abarca a los sistemas de tirantes que utilizan acero de pretensado, ya sea en forma de alambres, cordones o barras.

En 1986 apareció la primera edición de las Recomendaciones y desde entonces han sido una herramienta de valor incalculable para el diseño y construcción de

puentes atirantados. Hasta el momento se han publicado cuatro revisiones, habiendo aparecido la última de ellas en Marzo de 2001.

En lo relativo a protección anticorrosiva, las tres primeras ediciones sólo aportaron recomendaciones sobre los materiales y sistemas de protección anticorrosiva. Dado que la experiencia ha mostrado que el comportamiento de dichos materiales y sistemas ha resultado problemático, la cuarta edición introduce importantes cambios en el apartado correspondiente y recomienda unos niveles de protección mucho más elevados.

En concreto, la cuarta edición requiere para toda nueva construcción, que un mínimo de dos barreras cualificadas de protección anticorrosiva, recubran tanto la longitud libre de los tirantes, como sus zonas de anclaje. Además, se requiere que se ensayen todos los tipos de barreras, para verificar su integridad y durabilidad frente a las distintas situaciones agresivas que puedan originarse. De esta forma, al asegurar el número y efectividad de las barreras, se pretende incrementar la fiabilidad de los sistemas de protección anticorrosiva que se dispongan.

Las dos barreras de protección, deben disponerse de forma superpuesta. Se denominarán barreras externas a aquellas barreras que constituyen la frontera exterior del tirante y están expuestas a las condiciones meteorológicas. Se denominan barreras interiores a aquellas barreras situadas entre las barreras exteriores y el acero de los tirantes. Ambos tipos de barreras deberán cumplir unas ciertas expectativas de comportamiento que se comentan a continuación:

Las barreras internas deberán proteger completamente a los cordones, tanto a lo largo de su longitud libre, como en las zonas de anclaje, mientras que las barreras externas deberán recubrir completamente a las barreras internas a lo largo de la longitud libre. El documento del PTI requiere que se ensayen tres muestras de cada una de las barreras de protección a disponer, de forma que se valide su efectividad como barrera anticorrosiva.

Las barreras internas aplicadas directamente sobre los cordones, tales como la grasa, los tubos de cobertura de PE, los recubrimientos de epoxi o los galvanizados, deben someterse al ensayo en cámara de niebla salina durante 3000 horas, teniéndose en cuenta que la muestra debe mantenerse en tensión durante el ensayo. Finalizado el ensayo, se extraerá la muestra, se fotografiará y analizará en busca de signos de corrosión que no puedan eliminarse por frotamiento con una tela suave. El documento PTI presenta una serie de fotografías para facilitar comparaciones y evaluaciones, pero siempre debe considerarse que cualquier signo de oxidación, bastará para un inmediato rechazo de la barrera de protección anticorrosiva ensayada.

Las barreras externas no metálicas, tales como la tubería de polietileno, la cinta adhesiva de fluoruro de polivinilo y los sistemas de envoltura elastomérica de cables, deberán someterse a experimentación en simuladores de condiciones meteorológicas que estudien su durabilidad frente a la exposición a rayos ultravioletas. No existen aún especificaciones que permitan definir la duración de estas pruebas ni la intensidad de la exposición.

Finalmente, deberá realizarse un ensayo de estanqueidad a 96 horas, sobre un conjunto formado por un anclaje completamente montado, su zona de transición a la longitud libre y un metro de la longitud libre. El ensayo consistirá en introducir el conjunto dentro de una cámara con 3 metros de altura de agua con un tinte llamativo. Tras mantener el conjunto durante 96 horas dentro de la cámara, se extraerá y posteriormente se despiezará para su análisis. Cualquier signo visible de tinte en el interior del tirante, será motivo de no-aceptación del sistema de protección.

Como es natural, se requiere que todos los ensayos que se realicen, tanto al estudiar la idoneidad de las barreras, como al estudiar la idoneidad de la protección en la zona anclaje-longitud libre, estén debida y exhaustivamente documentados por escrito.

La Empresa norteamericana D. S. Brown, inició el desarrollo del sistema **Cableguard** a principios de los 90. El sistema fue desarrollado para reparar los daños que se habían detectado en la protección anticorrosiva de varios puentes atirantados.

El sistema **Cableguard** permite la instalación de un recubrimiento elastomérico estanco sobre un tirante previamente instalado. El recubrimiento se realiza mediante un encintado inicial, seguido de un pegado térmico de las zonas solapadas, que convierte el encintado en un tubo exterior al tirante.

A continuación se presentan las características principales tanto de los materiales a utilizar, como de los sistemas de instalación y sus posibles aplicaciones:

Características de la cinta:

- La cinta se fabrica uniendo tres capas de material. El material base de las dos capas exteriores es un polímero de polietileno clorosulfatado. La capa central es de un tejido de refuerzo.
- El espesor nominal de la cinta es de 1.14 mm (+/- 0.08mm)
- La cinta puede fabricarse en una gran variedad de colores que se caracterizan por su una elevada resistencia a la decoloración.
- Las propiedades físicas de la cinta elastomérica Cableguard se especifican en el cuadro siguiente. Para investigar el comportamiento a largo plazo, se ensayaron muestras del material que había estado expuesto durante unos 19 años a rayos ultravioletas, ozono, ciclos térmicos, lluvia y polución medioambiental, en unas bancadas para ensayos de envejecimiento en condiciones ambientales, que estaban emplazadas en una área metropolitana con una gran densidad de población. Los ensayos, como se muestra en el cuadro siguiente, demostraron un alto grado de resistencia a los agentes atmosféricos y a la polución medioambiental.

Propiedades	Método de ensayo	A corto plazo	A largo plazo
Tensión de rotura de membrana. (N)	ASTM D-751	445	668
Alargamiento en rotura de membrana (%)	ASTM D-751	150	67
Tensión de propagación de fisura. (N)	ASTM D-751	45	22
Resistencia al ozono	ASTM D-1149	Pasa	Pasa
Resistencia al punzonamiento (N)	FTMS 101B	467	490
Curvatura a bajas temperaturas	ASTM D-2136@-40C	Pasa	Pasa

Características de los mecanismos fijación de los extremos.

En algunos casos, para evitar que el recubrimiento proporcionado por el sistema Cableguard se mueva y deslice al cabo de un cierto tiempo, es conveniente instalar un dispositivo mecánico de fijación en cada extremo de la zona encintada.

La tendencia a este tipo de deslizamientos es particularmente importante en cables susceptibles de presentar una oscilación de su diámetro por cualquier tipo de causa (sobrecargas, acciones térmicas,...). Este tipo de situaciones es frecuente en los extremos de los largos cables longitudinales de los puentes colgantes.

Los mecanismos de fijación normalizados en el sistema Cableguard están formados por un elemento de cierre, sus correas de fijación y su cama de asiento.

- el elemento de cierre estará fabricado en policloropreno extruido (neopreno) y no deberá desteñir. Tendrá dos ranuras en su parte exterior que permitirán la colocación de las correas de fijación y presentará un dentado en su parte interior que al apretarse contra el cable creará una fuerte fricción y dificultará a todo desplazamiento relativo.

Las características físicas principales del elemento de cierre son:

Propiedades	Método de ensayo	Mínimo
Tensión de rotura (psi)	ASTM D-412	2000
Alargamiento en rotura (%)	ASTM A-412	200
Dureza Durometer A	ASTM D-2240 modificada	62 ± 5

- las correas de fijación deberán estar fabricadas en acero inoxidable. Se colocarán por lo menos dos correas en cara elemento de cierre. Las correas tendrán un espesor mínimo de 0,6mm y una anchura mínima de 9,5mm.
- para asegurar la impermeabilidad en el mecanismo de fijación, se dispondrá una cama de silicona sobre el encintado inmediatamente antes de colocar y apretar el elemento de cierre sobre el cable.



Mecanismo de fijación en un extremo de un cable longitudinal de un puente colgante

Características de su instalación:

- ninguna fase del proceso de instalación del sistema Cableguard afecta negativamente al medio ambiente.
- en condiciones normales, no es necesaria una preparación superficial o un limpiado del cable con disolventes antes del encintado.

- *el encintado se realiza utilizando un equipo automático especial denominado Skewmaster, que permite colocar la cinta con tensión y es capaz de mantener constante el ángulo de avance.*
- *la tensión de la cinta durante el encintado, debe ser la suficiente como para provocar una dilatación de la misma de entre un 3% y un 10%.*
- *tras instalar la cinta en un cable, con un 50 por ciento de superposición, el espesor de protección será el doble, esto es 2.28mm.*



Maquina Skewmaster para encintado automático

- *podrá encintar directamente sobre cables con superficies pintadas, galvanizadas o con tratamientos especiales. En proyectos de rehabilitación de puentes, esta característica permite recubrir totalmente elementos protegidos con pinturas a base de plomo o con otros tratamientos que por algún motivo puedan ser potencialmente peligrosos, eliminándose así los costes y dificultades que se generarían en caso de que fuera necesaria la retirada de dichos tratamientos y la posterior eliminación de los desechos producidos.*
- *puede encintarse tanto sobre paquetes de cordones sin vaina exterior común, como sobre la vaina común cuando se dispone de ella.*
- *Antes de que transcurran 24 horas tras el encintado, se debe dar un calentamiento al encintado, a una temperatura de 150 °C como mínimo y durante un periodo de entre 5 y 7 minutos, con el objetivo de fusionar las zonas superpuestas del encintado y simultáneamente provocar una retracción del mismo que lo apriete contra la superficie del cable.*
- *La combinación de fusión y retracción, crea una barrera impermeable a la humedad. Aunque el encintado se contrae apretando fuertemente el cable, no se une o funde con el mismo, por ello siempre será posible quitarlo en el futuro si se desea inspeccionar el cable.*
- *Para el calentamiento del encintado se utilizará una manta eléctrica con una potencia mínima de 5 vatios por pulgada cuadrada, capaz de generar y mantener temperaturas de al menos 140°C. La manta eléctrica deberá disponer, como parte integral suya, de un sistema de abrazaderas que al ser apretadas aseguren su íntimo contacto con el cable encintado. También deberá tener incorporado un mecanismo de control de temperaturas unido a un termostato que permita asegurar el mantenimiento de las temperaturas alcanzadas.*

- *Se recomienda que un técnico experimentado, sea el responsable de los trabajos de encintado y calentamiento, al menos en las primeras aplicaciones del sistema de protección.*



Manta eléctrica de calentamiento instalada sobre un tirante encintado

Aplicabilidad del sistema:

- *El sistema Cableguard puede ser utilizado como sistema de construcción o como sistema de rehabilitación y reparación. Ambos tipos de aplicación han sido experimentados con éxito.*
- *El sistema Cableguard puede utilizarse tanto para estructuras atirantadas, como para estructuras colgantes.*

Por ahora, cuatro puentes atirantados y nueve puentes colgantes han encintado todos, o casi todos sus cables con el sistema Cableguard. Tres de los cuatro puentes atirantados han usado el sistema de encintado para recuperar la impermeabilidad exterior de sus tirantes ya que habían aparecido grietas en sus vainas de polietileno.

La aplicación más significativa del sistema Cableguard ha tenido lugar en el puente atirantado Li Jia Tou situado en Chongching (China), que tiene un vano central de 444m. y 196 tirantes con diámetros exteriores variables entre 100 y 150mm. En dicho puente se encintaron sus 196 tirantes

Otra aplicación significativa ha tenido lugar en el nuevo puente atirantado de Papaloapan situado en Vera Cruz (Méjico) durante 1997. En dicho puente, el sistema Cableguard fue especificado como procedimiento de proyecto e instalado posteriormente. El contratista "Mexpresa" instaló el sistema de encintado, directamente encima de los cordones del tirante, que no tenían vaina de acero o PE de recubrimiento exterior. Esta alternativa, no sólo redujo la carga fija de la superestructura eliminando el sistema de protección basado en vaina e inyección de a lechada, sino que además probó su gran economía comparado con otros sistemas de protección.

Las primeras instalaciones del sistema Cableguard en puentes colgantes, consistieron en encintar distintos cables con longitudes de entre 15 m y 30 m. y tuvieron como objetivo principal el control del comportamiento del sistema. Con los datos obtenidos durante el control, se ajustaron las características del material de encintado y de los métodos de instalación. Utilizando la tecnología desarrollada para el encintado de puentes colgantes, durante el periodo 1997/1998 se procedió a la

rehabilitación de los cables principales del puente colgante Anthony Wayne en Toledo, Ohio (USA).

El encintado y los cables de esta estructura, serán regularmente inspeccionados y controlados, como parte de un proyecto de seguimiento de la estructura, que permitirá evaluar la evolución de la impermeabilidad proporcionada por el sistema Cableguard. Finalmente, es interesante mencionar, que en algunos puentes colgantes, se han descubierto zonas de cables que previamente habían sido encintadas y tras una detallada inspección se ha comprobado la efectividad de la barrera anticorrosiva proporcionada por el sistema Cableguard.

LISTA DE APLICACIONES DEL SISTEMA CABLEGUARD

Año	Puente	Ubicación	Tipo puente	Diámetro cable pulgadas	Tipo cinta Cableguard	Notas
1992	Mackinac	Mackinaw city, MI, USA	Colgante	24	2 capas, sin refuerzo, $e=0,03''$	Instalación para ensayo
1993	Bear Mountain	Peekskill, NY, USA	Colgante	18	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Instalación para ensayo 13 m
1994	Golden Gate	San Francisco, CA, USA	Colgante	36	1 capa sin refuerzo $esp=0,03''$	Instalación para ensayo 16m
1995	Mt. Hope	Bristol, RI, USA	Colgante	11,25	2 capas sin refuerzo $e=0,04''$	Instalación para ensayo 32m
1995	Thousand Island	Alexandria bay, NY, USA	Colgante	8,75	2 capas sin refuerzo $e=0,04''$	Reparación parcial tirantes
1997	Quincy	Quincy, IL, USA	Atirantado	10,75	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Reparación parcial tirantes
1997	Anthony Wayne	Toledo, OH, USA	Colgante	14	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Encintado de todos tirantes
1997	Tamar	Cornwall, Inglaterra	Colgante	15,1	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Instalación para ensayo 10m
1997	Papaloapan	Veracruz, Mejico	Atirantado	4 a 5,5	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Encintado de todos tirantes
1999	Li Jia Tou	Chongching, China	Atirantado	4 a 6	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Encintado de todos tirantes
1999	Cochrane	Mobile, AL, USA	Atirantado	10,75	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Reparación parcial tirantes
1999	Ben Franklin	Philadelphia, PA, USA	Colgante	31,2	3 capas con refuerzo	Reparación parcial cables
1999	East Liverpool	Liverpool, OH, USA	Colgante	7,5	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Reparación parcial cables
2000	Jing Hong	Yunnan, China	Atirantado	9	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Encintado de todos tirantes
2000	Yuan Tong	Kunming, China	Atirantado	8	3 capas con refuerzo $e=0,045''$	Encintado de todos tirantes