

Revista

**RECUBRIMIENTOS**

**& CORROSIÓN**

Agosto 2025

Mejora de la evaluación

**DIRECTA DE LA  
CORROSIÓN EXTERNA  
MEDIANTE MACHINE  
LEARNING**



¿Cómo precalificar una opción de recubrimientos para corrosión bajo aislamiento ?



Recubrimientos Antiincrustantes: Una Necesidad de Innovación

Revista  
**RECUBRIMIENTOS  
& CORROSIÓN**

AGOSTO 2025



03

**Mejora de la evaluación directa (direct assessment) de la corrosión externa mediante Machine Learning.**



13

**¿Cómo precalificar una opción de recubrimientos para corrosión bajo aislamiento (CUI Corrosion Under Insulation)?**



18

**Recubrimientos Antiincrustantes: Una Necesidad de Innovación**

## Nuestros Profesionales te comparten su experiencia

Formar parte de IARCOR como nueva instructora ha sido una experiencia realmente enriquecedora. Es motivador integrarse a una comunidad técnica tan activa, comprometida y con un enfoque claro hacia la excelencia profesional. Desde este espacio, estoy trabajando en el desarrollo del curso de Fundamentos de Corrosión, un programa pensado para todos aquellos que desean construir una base sólida en uno de los temas más críticos de la industria.

La corrosión no solo representa pérdidas económicas, sino también riesgos operativos, estructurales y humanos. Comprender sus causas, formas, mecanismos y métodos de control no es opcional: es esencial para tomar decisiones técnicas responsables. Este curso está diseñado para ser accesible, aplicable y con una visión global, pero con énfasis en los desafíos que enfrentamos en América Latina. Me emociona poder aportar, compartir y crecer dentro de esta red profesional que sigue expandiéndose con fuerza y propósito.



*Ing. Clarisa Campechano*  
Instructor IARCOR

Creo firmemente que la educación técnica transforma no solo la carrera de un profesional, sino también la forma en que una industria enfrenta sus desafíos. Ser parte de IARCOR significa formar parte de un organismo que no solo entrena, sino que inspira, conecta y eleva el estándar técnico en cada país donde está presente. Estoy comprometida con aportar desde mi experiencia y seguir aprendiendo junto a esta comunidad que valora el conocimiento tanto como la ética y la excelencia.

## ¡Tú voz también es parte de IARCOR!

Esta sección no es solo un espacio para compartir una visión, sino una tribuna abierta para todos los voluntarios, profesionales y apasionados por la protección contra la corrosión. Si formas parte de IARCOR y quieres compartir tu experiencia, motivar a las nuevas generaciones o dejar un mensaje que inspire a quienes están construyendo el futuro de nuestra industria, te invitamos a ser parte de "Voces de IARCOR".

Envíanos tu mensaje a: [info@iarcor.com](mailto:info@iarcor.com) y sé parte de esta iniciativa que está uniendo a los profesionales de toda América.

## TESTIMONIOS IARCOR

Cada certificación es una muestra del compromiso que tenemos con la calidad y la formación especializada. Si deseas conocer más sobre el impacto de nuestros programas, te invitamos a explorar las reseñas y testimonios disponibles en nuestro sitio web, asociados a cada una de nuestros profesionales.



Cursos prácticos y detallados. Relación 100% de lo teórico con lo práctico, siendo una guía para la resolución de los problemas que se presentan día a día en proyectos de recubrimiento. Instructores con basta experiencia en el área, lo que hace de estas certificaciones una experiencia algo invaluable.

Leonardo Loor / ★★★★★

El curso de SUPRI es muy interesante, su contenido es concreto, técnico y de fácil comprensión, ya que sus clases son dinámicas y de participación continua. De igual manera el material de estudio es útil, conjunto con los ejemplos prácticos.

Wendy Taco / ★★★★★

Muy buena experiencia con un muy buen contenido y orgulloso de poder tener la posibilidad de pertenecer a este equipo de profesionales IARCOR, muchas gracias.

Lican Castro Meneses / ★★★★★



## Glosario

**ILI:** In-Line Inspection

**V-ILI:** Virtual In-Line Inspection

**ECDA:** External Corrosion Direct Assessment

**IDW:** Integrity Data Warehouse

**CP:** Protección Catódica

**CIPS:** Close Interval Protection Survey

**DCVG:** Direct Current Voltage Gradient

# Mejora de la evaluación directa (direct assessment) de la corrosión externa mediante **Machine Learning**.

Por **L. Barton - Rosen**

## Resumen

Los operadores necesitan mantener sus oleoductos en buen estado, maximizar su vida útil y controlar los costes. La corrosión externa es una de las principales amenazas a las que se enfrentan los operadores, con un coste anual de millones en identificación, mitigación y reparación. Aunque existen muchos métodos para modelizar el crecimiento de las características de la corrosión, la situación suele ser más complicada en el caso de las tuberías no raspables (non - piggable).

Cuando la inspección en línea (ILI) no es posible, se utilizan modelos basados en el conocimiento que dependen de datos y suposiciones para múltiples variables. La combinación de las variables que se cree que contribuyen a la corrosión se conoce como evaluación directa de la corrosión externa (ECDA). Sin embargo, el ECDA puede requerir a menudo múltiples iteraciones de costosas excavaciones para llegar a buen puerto.

En este artículo se analiza el uso de la herramienta ROSEN Virtual-ILI (V-ILI) para mejorar el proceso ECDA y se demuestra dónde se utilizó V-ILI como parte del proceso ECDA para proporcionar datos de entrada adicionales y una mayor confianza sin necesidad de más excavaciones.

## 1. Introducción

El proceso ECDA se ha utilizado de muchas formas durante los últimos 30 años, pero no se incluyó en una norma reconocida internacionalmente hasta 2010 (ANSI/ NACE SP502). Esta norma formalizó el enfoque de ECDA en las cuatro etapas que reconocemos hoy en día, basadas en el sencillo bucle de gestión de la integridad de Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar:

- **Etapas 1 - Planificar - Preevaluación:** Recopilación de datos y análisis inicial para decidir los métodos de inspección que se utilizarán y, lo que es más importante, si el enfoque ECDA es viable.
- **Etapas 2 - Hacer - Inspección indirecta:** Inspección indirecta de la tubería mediante estudio documental y estudios sobre el terreno para identificar y clasificar los puntos calientes de corrosión externos

- **Etapas 3 - Comprobar - Examen directo:** Excavación en los puntos calientes para confirmar o refutar la presencia de corrosión.
- **Etapas 4 - Actuar - Evaluación posterior:** Revisión de los resultados del proceso ECDA y de la evaluación de la idoneidad para el servicio/propósito para generar finalmente la definición del intervalo de reevaluación.

La base del enfoque estándar ECDA es su dependencia de la cantidad de datos y, lo que es más importante, de la calidad de los datos, que es sin duda el eslabón débil de la cadena. Como en cualquier modelización predictiva, «malos datos de entrada = mala información de salida». De ahí que utilizar el factor de entrada de forma descuidada pueda inutilizar todo el ECDA a ojos de operadores y reguladores. Para mejorar la resolución de datos del proceso ECDA estándar, se utilizó la inspección virtual en línea (V-ILI) basada en el Almacén de Datos de Integridad

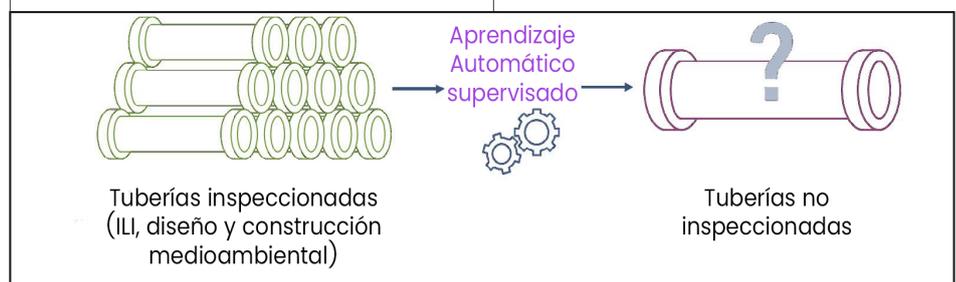


Figura 1: Fundamentos de Virtual-ILI

(IDW) para incorporar los datos recogidos durante muchos años por ILI. V-ILI combina otros datos relevantes, como la pluviometría, el tipo de suelo y el revestimiento, con información sobre tendencias de corrosión en miles de segmentos de tuberías almacenados en el IDW. Mediante algoritmos de aprendizaje automático entrenados en estos datos históricos, la incorporación de V-ILI tiene el potencial de reducir sustancialmente la incertidumbre de ECDA al observar el comportamiento de la corrosión en miles de tuberías piggables similares. Este proceso amplía el horizonte de datos, ya que no sólo tiene en cuenta los resultados locales de la tubería en cuestión, sino también el comportamiento de todas las demás tuberías identificadas en el IDW.

## 2. Virtual-ILI

Una tubería (o unión de tuberías) tiene una serie de parámetros que la describen, entre los que se incluyen información sobre el diseño, la construcción y la ubicación; se utilizan como variables predictoras y constituyen la base de las entradas para los modelos de aprendizaje automático. Estudios anteriores [1, 2, 3] han mostrado resultados positivos utilizando V-ILI para predecir daños a terceros, así como la densidad y profundidad máxima de las anomalías de corrosión externa. Además, también se han generado distribuciones generalizadas de la tasa de crecimiento de la corrosión que pueden aplicarse a tuberías con atributos similares de ubicación y construcción. Aprovechando el éxito de estos estudios, se ha adaptado el modelo V-ILI para utilizarlo en apoyo de ECDA.

V-ILI [1] es el proceso de utilizar métodos de aprendizaje automático para aprender de una base de datos global de

información de inspecciones de tuberías con el fin de predecir el estado probable de una tubería que no se ha visto, una que todavía tiene que inspeccionarse o que no puede inspeccionarse con herramientas ILI convencionales (Figura 1).

La etapa final del ECDA (evaluación posterior) consiste en correlacionar los hallazgos esperados con los resultados del examen directo, es decir, ¿hemos encontrado lo que esperábamos: mucha corrosión o ninguna? Aunque encontrar lo que se espera es un signo positivo, sigue existiendo la incertidumbre con respecto a la cobertura de la inspección; por ejemplo, «si hubiera excavado 10 cm más, ¿habría encontrado un defecto en el espesor de la pared del 80%?».

Aquí es donde V-ILI pretende aportar confianza, especialmente a la hora de respaldar las expectativas del examen directo. Como tal, los modelos V-ILI han sido entrenados para predecir dos métricas relevantes del estado de corrosión externa: (i) profundidad máxima (% del espesor de la pared), y (ii) número de defectos de corrosión externa por metro cuadrado. Estas métricas de predicción proporcionan al equipo de verificación sobre el terreno una previsión de lo que es probable que encuentren, aliviando la preocupación de que puedan haber pasado algo por alto inadvertidamente.

Se utilizan tres variaciones de V-ILI para predecir la condición de la tubería objetivo. Estos modelos se definen en:

- **Modelo A:** Un modelo básico, entrenado con un número limitado de variables predictoras con la intención de ofrecer una visión general del estado de la tubería basada principalmente en

tendencias relacionadas con el diseño y la construcción de la tubería.

- **Modelo B:** Un modelo más sofisticado, con variables de predicción medioambientales además de los datos básicos de diseño y construcción. Al igual que el modelo A, su objetivo es ofrecer una visión general del estado de las tuberías, pero más precisa que la obtenida únicamente a partir de la información sobre diseño y construcción.
- **Modelo C:** Una ampliación del modelo B que segmenta la tubería y proporciona una predicción del estado por segmento. Las variables de predicción son las mismas que en el modelo B, es decir, datos sobre diseño, construcción y medio ambiente. La intención es predecir qué segmentos es probable que estén en mejor o peor estado, reflejando la realidad de que muchas tuberías están en general en buen estado y algunas tienen algunos segmentos «malos».

Para que un modelo pueda ser entrenado y evaluado, debe disponerse de suficientes datos de inspección de ILI por pérdida de metal, representativos de la población objetivo que el V-ILI está intentando predecir. Por ejemplo, si intentamos predecir el estado de las tuberías no inspeccionadas instaladas durante un periodo determinado, es importante que el IDW disponga de un número suficiente de estos grupos para aprender de ellos. La misma lógica se aplica a otras categorías, como el revestimiento externo, el grado de la tubería, la ubicación, etc. Un reparto desequilibrado de los datos entre estos grupos (por ejemplo, si los datos están dominados por tuberías con un revestimiento concreto) puede dar lugar a sesgos, con efectos perjudiciales sobre

# PosiTector

## Kits de Inspección PosiTector

**DeFelsko**<sup>®</sup>  
The Measure of Quality



<b>Recorridos de inspección</b>	24,799
<b>Número de tuberías</b>	14,649
<b>Número de juntas de tuberías</b>	66,604,244
<b>Longitud inspeccionada (km)</b>	1,235,751
<b>Número de anomalías externas por pérdida de metal</b>	22,332,886

Tabla 1: Resumen del almacén de datos de integridad (2023)

<b>Descripción</b>	Distribución de gas a alta presión
<b>Longitud</b>	~7 km
<b>Diámetro nominal</b>	14" (377 mm)
<b>Espesor de pared</b>	9 mm
<b>Calidad del tubo</b>	B
<b>Presión de diseño</b>	38 barg
<b>Fecha de puesta en servicio de la construcción</b>	Mid-1970s
<b>Tipo de recubrimiento</b>	Bitumen

Tabla 2: Resumen de los proyectos

la capacidad del modelo para realizar predicciones con éxito.

El IDW es un repositorio central que contiene datos de inspección en línea de decenas de miles de tuberías que ROSEN ha inspeccionado a lo largo de varias décadas, incluidos los metadatos de tuberías asociados. La tabla 1 resume el estado del IDW con respecto a las inspecciones de pérdida de metal en el momento de redactar este informe.

### 3. Una aplicación de Virtual-ILI

El enfoque combinado ECDA y V-ILI se investigó para un oleoducto que consideramos típico para la aplicación de ECDA.

Se trata de un gasoducto relativamente corto, de sólo 7 km de longitud. Atraviesa terrenos agrícolas y es una sección de presión relativamente alta de un sistema de distribución de gas que toma gas natural de un sistema nacional de transporte y lo suministra a una pequeña ciudad. El gasoducto se instaló a mediados de los años 70 y, durante su vida útil, nunca se había sometido a inspecciones ni a actividades de limpieza.

En el cuadro 2 se resumen los detalles de la tubería.

Antes de este estudio, existía cierta incertidumbre sobre el estado de la tubería. No se había realizado ninguna

inspección interna y no se disponía de los resultados de ningún estudio histórico sobre el terreno, lo que no daba ninguna pista sobre el funcionamiento de las barreras de mitigación de la corrosión de la tubería, como la protección catódica (CP). Sin embargo, no había pruebas físicas o directas de que la tubería estuviera en mal estado o degradada.

Para comprender mejor la tubería, se adoptó un enfoque por fases basado en ECDA en combinación con V-ILI para respaldar los hallazgos y priorizar los lugares de excavación y examen directo.

La preevaluación de la etapa 1 concluyó que, dado que la tubería transporta gas de venta en seco para uso de los clientes, era poco probable que la corrosión interna fuera significativa; por lo tanto, los esfuerzos deberían centrarse en un enfoque ECDA. Una brecha en el análisis mostró que no había datos suficientes para pasar inmediatamente a la Etapa 3 y seleccionar lugares para excavar y comprobar el estado. La combinación de la antigüedad de la tubería (> 40 años) y la falta de registros fiables indicaba que el estado de la tubería podía estar degradado. La experiencia indica que los operadores diligentes que mantienen sus tuberías en buen estado también llevan registros exhaustivos, por lo que la opinión de los expertos se inclina por la cautela cuando faltan registros.

En el siguiente paso, como parte de la Etapa 2, se llevaron a cabo un estudio de protección de intervalo cercano (CIPS) y un estudio de gradiente de tensión de corriente continua (DCVG) para recopilar información sobre el rendimiento de la polarización CP y el estado del recubrimiento. Aunque las inspecciones sobre el terreno suelen ser más fáciles de realizar que las ILI o las pruebas hidrotérmicas, no se trata de una tarea trivial, y para obtener resultados de alta calidad es necesario movilizar a un equipo experimentado y tener acceso para recorrer la ruta de la tubería, lo que también puede ser difícil de organizar y costoso.

En resumen, no se encontraron características significativas en las inspecciones CIPS y DCVG, y la mayoría de los defectos del recubrimiento se consideraron menores, mientras que todos los defectos satisfacían los criterios mínimos de protección de -850mVCSE. Sólo un defecto del recubrimiento se consideró significativo, pero de nuevo cumplía los criterios mínimos de protección. Por consiguiente, el proceso de evaluación indirecta no proporcionó muchas localizaciones de interés, aparte de la localización singular impulsada por la indicación DCVG significativa. En este tipo de situación, el número de excavaciones necesarias para demostrar el estado de la tubería puede ser considerable, especialmente cuando se trata de demostrar la ausencia de defectos de corrosión, lo que es intrínsecamente más difícil que demostrar la presencia de corrosión.

Con el fin de proporcionar un mayor contexto para el número de excavaciones necesarias y para obtener una mayor confianza en el alcance y la gravedad de la corrosión, se utilizó V-ILI. El objetivo era segmentar aún más la tubería para identificar cuántos segmentos posibles tendrían más probabilidades de contener corrosión, si se trata de segmentos concretos y cuál podría ser su gravedad basándose en los miles de tuberías similares presentes en el IDW. Este proceso aumenta la confianza en los resultados de la metodología de evaluación directa y proporciona una mayor justificación del estado de la tubería.

El modelo C (geoenriquecido y segmentado) identificó dos segmentos:

- **Segmento 1**, que va desde el inicio de la tubería hasta aproximadamente el punto de 6 km.
- **Segmento 2**, que comprende el resto de la tubería.

Los segmentos se muestran en un mapa a continuación en la Figura 2. Los colores azul y rojo corresponden a los segmentos 1 y 2. Dentro del IDW global de oleoductos, el conjunto de datos utilizado para este estudio comprendía datos de 1.868 oleoductos coincidentes, considerados un subconjunto con buena representación para el oleoducto objetivo. Se incluyeron oleoductos de Europa y Norteamérica con años de construcción comprendidos entre 1940 y 2020.

Utilizando los algoritmos de aprendizaje automático del conjunto de datos emparejados, se predijo que la densidad de características dentro de la tubería objetivo era de Clase 3 ( $\geq 0,001 - \leq 0,03$  defectos por m<sup>2</sup>) con una confianza del 80% tanto para el Segmento 1 como para el Segmento 2, lo que sugiere una distribución uniforme baja de características a lo largo de toda la longitud.

Se predijo que la profundidad máxima de las características era de Clase 2 (0% - 25% de espesor de pared) para el Segmento 1 con una confianza del 32%, y de Clase 3 (entre 25% y 50% de pérdida de metal en profundidad) para el Segmento 2 con una confianza del 39%. Esto sugiere que se prevé que los defectos más profundos se encuentren en el tramo 2, el último 1 km de la tubería. Obsérvese que la confianza en esta predicción de pérdida de pared es baja.

En este estudio no se investigaron las razones de esta baja confianza, pero podrían ser:

- Los datos de entrenamiento no eran lo suficientemente representativos como para proporcionar una coincidencia de alta confianza.
- El estado de los segmentos coincidentes en los datos IDW puede haber sido muy variable.
- Segmentos similares en los datos IDW pueden estar cerca del borde de los umbrales definidos.

Tras un análisis de los datos de la prospección sobre el terreno y de los resultados del V-ILI, se eligieron cuatro lugares de excavación que ofrecían las mayores posibilidades de encontrar

corrosión significativa y representaban mejor la posible dispersión de los datos.

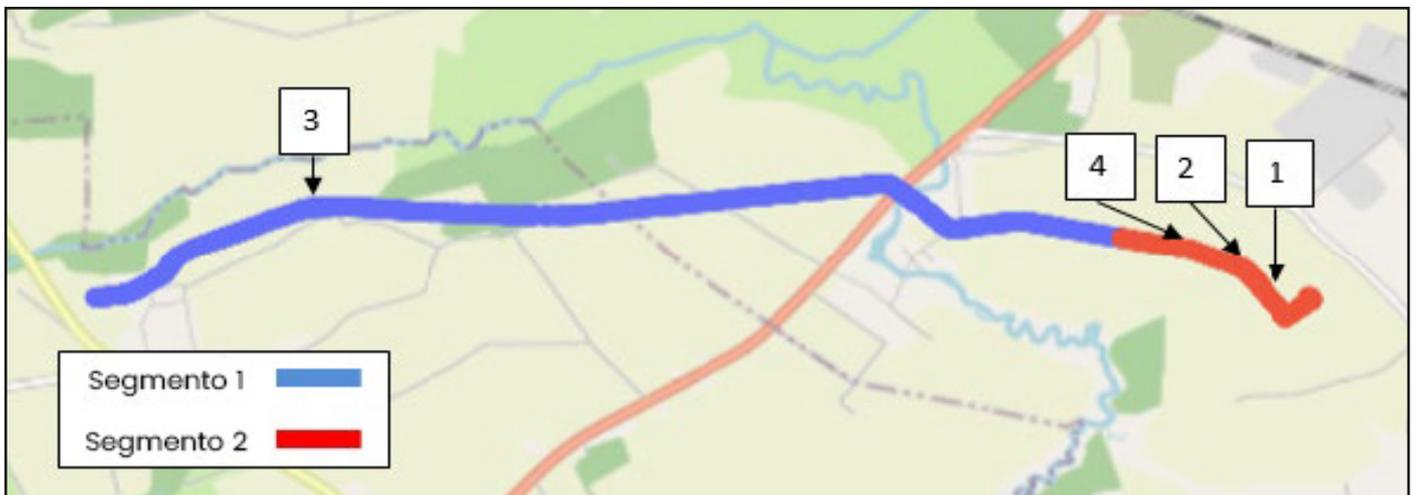
La combinación de los estudios V-ILI y sobre el terreno sugería que era poco probable encontrar corrosión significativa en ninguna de las localizaciones, pero que los defectos más profundos deberían estar presentes en el Tramo 2. Se consideró que las localizaciones 1, 2 y 4, todas ellas en el Tramo 2, tenían la mayor probabilidad de presentar corrosión significativa, mientras que la localización 3 era necesaria para realizar la validación en el Tramo 1, donde se consideraba que la probabilidad de corrosión profunda era menor.

Las distancias y criterios se resumen en la Tabla 3.

#### 4. Resultados sobre el terreno

##### 4.1 Ubicación 1

Contrariamente al diseño previsto, se comprobó que el revestimiento era una cinta de polietileno (PE) de una sola capa, no bituminosa (según los datos facilitados), lo que arroja más dudas sobre los registros del sistema. Se observó un único defecto en el revestimiento debido a la carga de tierra de la envoltura junto



**Figura 2: Mapa que muestra el trazado de la tubería con el tramo 1 en azul y el tramo 2 en rojo, además de los lugares de excavación**

Location ID	Distance (m)	Segment	Comment
1	7,079	2	Highest combination of factors (CIPS, DCVG and V-ILI)
2	6,953	2	Highest DCVG defect, plus in V-ILI
3	1,147	1	Defect with low-level DCVG in Segment 1
4	6,384	2	Control site in V-ILI Segment 2

**Cuadro 3: Excavaciones resultantes de la prospección sobre el terreno y del V-ILI - ID de localización, distancias asociadas y criterios.**



Figura 3: Resultados generales en el emplazamiento 1



Figura 4: Resultados generales en el emplazamiento 2



Figura 5: Resultados generales en el emplazamiento 3



Figura 6: Resultados generales en el emplazamiento 4

con una mala adherencia, ya que el revestimiento se despegaba con facilidad; también se apreciaba una ligera corrosión superficial en la superficie de la tubería, probablemente como resultado de una mala preparación de la superficie durante el proceso de envoltura, ya que la cascarilla de laminación se desprendía y quedaba impregnada en el adhesivo.

Se confirmó que el sistema CP funcionaba, como demostraban los depósitos de

hidróxido blanco bajo el revestimiento. Y lo que es más importante, no había indicios de corrosión de profundidad significativa en el emplazamiento, lo que cumplía las expectativas.

#### 4.2 Ubicación 2

El revestimiento era de nuevo una cinta de PE de una sola capa, no bituminosa. De nuevo, se observaron pequeños defectos en el revestimiento. Se encontró un único defecto de revestimiento

debido a un solapamiento insuficiente de la envoltura en la posición de las 6 en punto, junto con una adhesión deficiente atribuida a una mala preparación de la superficie durante la aplicación del revestimiento. Se confirmó que el sistema CP funcionaba, como demostraban los depósitos de hidróxido blanco bajo el revestimiento. Y lo que es más importante, una vez más no había indicios de corrosión de profundidad significativa en el lugar.

### 4.3 Ubicación 3

El recubrimiento en esta ubicación era un sistema de envoltura de goma, no el bituminosoesperado ni la cinta de PE vista en las ubicaciones 1 y 2, lo que arroja más dudas sobre los registros del sistema. Se descubrieron defectos menores en el recubrimiento, además de pruebas de una adhesión deficiente, ya que el revestimiento se desprendía con facilidad y se apreciaba una ligera corrosión superficial en la superficie de la tubería en las zonas de solapamiento. El sistema CP funcionaba; sin embargo, era evidente que se había producido cierto apantallamiento, lo que había dado lugar a la formación de algunas pequeñas picaduras de corrosión de < 1 mm de profundidad (< 11% del peso).

### 4.4 Ubicación 4

En la ubicación final, se confirmó que el recubrimiento era el bituminoso original de la década de 1970. Dada la edad relativa del recubrimiento y las apariencias iniciales, se comprobó que estaba en buenas condiciones, sin defectos en el recubrimiento. El bituminoso se mostró quebradizo y fácil de retirar; sin embargo, esto es lo que cabe esperar de los recubrimientos bituminosos. Tras retirar una pequeña sección del recubrimiento para confirmar su estado, se comprobó que el sistema CP funcionaba correctamente, con una fina capa de carbonato en la superficie y sin indicios de corrosión de profundidad significativa.

En resumen, los defectos de corrosión medibles eran mínimos en cualquiera de los cuatro lugares excavados. Tres de los lugares de excavación se encontraban en el segmento de la tubería que V-ILI predijo que se encontraba en peor estado, y dos se encontraban en las ubicaciones de las zonas más significativas derivadas de los estudios sobre el terreno, es decir, CIPS y DCVG.

### 5. Conclusiones

La tubería, a pesar de su antigüedad y de la falta de registros de datos históricos, se encuentra en buen estado y es apta para el servicio futuro, con el apoyo de evaluaciones posteriores para controlar los cambios.

La opinión de los expertos por sí sola habría llegado a la conclusión de que el

Location ID	Distance (m)	Comment	Corrosion present?	Comment
1	7,079	Highest combination of factors	No significant features found	PE tape, some coating defects, no measurable corrosion
2	6,953	Highest DCVG defect	No significant features found	PE tape, some coating defects, no measurable corrosion
3	1,147	Defect with low-level DCVG	Minor corrosion defects found; < 1 mm depth (< 11% wt)	Rubberized wrap, coating defect at area of poor overlapping, possible shielding effect as few small corrosion pits were found
4	6,384	Control site	No significant features found	Bitumen, no coating defects, no measurable corrosion

Tabla 4: Resumen de los resultados de la excavación

estado era incierto y que podía haber una pérdida de metal potencialmente significativa debido a la antigüedad de la tubería y a la falta de datos pertinentes sobre el sistema CP y el revestimiento. A falta de datos históricos pertinentes y fiables, la opinión de los expertos era limitada y, por tanto, conservadora.

El modelo V-ILI desarrollado mediante aprendizaje automático basado en un conjunto de datos de casi 2.000 tuberías predijo que el estado era aceptable. Es decir, se predijo cierta corrosión (de 0,001 a 0,03 rasgos por m<sup>2</sup>, o hasta 1 rasgo cada 2,5 juntas de tubería), y se predijeron profundidades máximas del 25% al 50% del grosor de la pared para el último 1 km de la tubería. En las excavaciones realizadas en los lugares en los que la corrosión era más probable (según los modelos V-ILI y ECDA), aunque la probabilidad seguía siendo baja, se encontraron algunos defectos en el recubrimiento y en la superficie. Sin embargo, no se observaron rasgos de corrosión significativos, siendo el máximo < 11% en peso. Por lo tanto, se espera que el estado general de la tubería sea bueno, evaluación respaldada por la correlación con las excavaciones sobre el terreno de las predicciones tanto de ECDA como de V-ILI.

Los modelos para predecir el estado de la tubería desarrollados mediante Machine Learning y una muestra adecuada tomada del IDW resultaron útiles para apoyar el proceso ECDA, sobre todo como parte de la evaluación previa con datos iniciales mínimos, mediante la interpretación de los resultados de la inspección sobre el terreno y la selección

y realización de las excavaciones pertinentes. De este modo, la V-ILI demostró ser una herramienta útil para mejorar la confianza en los resultados del examen, por ser representativos de la tubería.

La integración de V-ILI en un proceso ECDA proporciona datos para respaldar la experiencia y las opiniones de los expertos en integridad/corrosión de tuberías, reforzando la posición de los expertos y proporcionándoles una aportación adicional que puede utilizarse cuando los datos históricos de inspección o estudio son escasos. Esto es especialmente cierto en el caso de tuberías en las que la corrosión puede ser mínima, ya que demostrar la ausencia de corrosión puede ser más difícil que identificar su presencia.

### 6. Trabajo adicional

Los resultados iniciales de la integración de V-ILI en el proceso ECDA como herramienta de cribado son prometedores, especialmente en lo que se refiere a aumentar la confianza en los resultados ECDA cuando se dispone de datos limitados. La integración de datos adicionales de ILI en el IDW aumenta la variedad y la cantidad de datos de canalización relevantes de casos diferentes y similares, ampliando también la capacidad de V-ILI para ofrecer predicciones más precisas. ROSEN seguirá desarrollando no sólo los algoritmos del modelo, sino también el modo en que V-ILI puede integrarse en el núcleo del proceso ECDA.

Fuente: JPCL

Traducción y actualización: IARCOR INTERNACIONAL

## Próximos programas de entrenamiento y certificación

En IARCOR trabajamos cada día por brindar formación especializada, práctica y con reconocimiento internacional. En el segundo semestre del año 2025 se vienen nuevas ediciones de nuestros programas SUPRI, CIP, NDT y muchos más, pensados para fortalecer tus competencias y abrir nuevas oportunidades en el sector industrial. Te invitamos a revisar nuestro cronograma de entrenamientos y ser parte activa de la comunidad técnica que lidera la protección contra la corrosión.



VISÍTANOS EN  
NUESTRO SITIO WEB



Supervisor en Procesos de Preparación Superficial y Aplicación de Recubrimientos Industriales "IARCOR SUPRI"

### IARCOR SUPRI

Supervisor en Procesos de Preparación Superficial y Aplicación de Recubrimientos Industriales

Del **1** al **10** de  
**Septiembre - 2025**

### IARCOR CIP

Certificación como Inspector de Recubrimientos Protectores

**Teoría 1era Semana: del 1 al 7 de Noviembre 2025**

**Teoría 1era Semana: del 17 al 21 de Noviembre 2025**

**Práctica: del 1 al 5 de Diciembre 2025**



Inspector de Recubrimientos Certificado "IARCOR CIP NIVEL 1"



Detección de corrosión a través de ensayos no destructivos

### IARCOR NDT

Detección de Corrosión a través de ensayos no destructivos

Del **27** al **31** de  
**Octubre - 2025**

### IARCOR FDC

Fundamentos de Corrosión

Del **8** al **16** de  
**Diciembre - 2025**



Fundamentos de Corrosión



## IARCOR y ESPOL: alianza para la formación técnica

**E**n IARCOR creemos firmemente que el fortalecimiento del conocimiento técnico debe comenzar desde las aulas, con espacios de formación que integren teoría, práctica y una visión ética del ejercicio profesional. Con esa convicción, hemos iniciado un nuevo proceso de colaboración con la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en Ecuador, una de las instituciones académicas más destacadas del Ecuador y referente en la formación de profesionales en ingeniería, ciencias y

tecnología.

Durante el reciente encuentro entre directivos de IARCOR y autoridades de ESPOL, se presentó oficialmente el programa Capítulo Estudiantil IARCOR, una iniciativa que busca brindar a los estudiantes un espacio de participación activa en la comunidad técnica internacional, promoviendo el liderazgo académico, la vinculación con la industria y el desarrollo profesional desde etapas tempranas.

La respuesta por parte de ESPOL fue extraordinariamente positiva. Los directivos acogieron la propuesta con entusiasmo, destacando su alineación con los valores institucionales de excelencia, innovación y compromiso social. Se reconoció el valor que representa para los estudiantes el acceso a actividades técnicas, entrenamientos especializados, mentorías y la posibilidad de interactuar con profesionales

certificados en toda la región.

Fruto de este encuentro se ha iniciado formalmente el proceso para la creación del Capítulo Estudiantil IARCOR – ESPOL, sumándose a este modelo de desarrollo académico. El entusiasmo demostrado por los directivos marcan un precedente muy valioso para futuras alianzas entre IARCOR y el sistema educativo superior.

Este tipo de acercamientos reflejan el compromiso de IARCOR con la formación integral de nuevos profesionales, que no solo dominan los aspectos técnicos de su disciplina, sino que también comprenden la importancia de la ética, la responsabilidad social y la mejora continua como pilares del ejercicio profesional.

Estamos convencidos de que el capítulo ESPOL será un ejemplo de crecimiento, participación y excelencia.



**Si formas parte de una institución educativa y te gustaría crear un capítulo estudiantil IARCOR, contáctanos. Estaremos encantados de acompañarte en este proceso y ayudarte a construir un espacio técnico de alto nivel desde tu universidad.**

# Coatings & Corrosion Talks

Edición Julio 2025

Camila Moretti, desde Brasil, presentó innovaciones en epóxicos elastoméricos ante audiencia internacional.

En el marco de su programa de formación gratuita, IARCOR organizó una nueva edición de su serie Coatings & Corrosion Talks, esta vez con la participación destacada de la ingeniera Camila Moretti, especialista técnica de la empresa WEG Brasil. El webinar, titulado "Conservación y mantenimiento de alta productividad: recubrimientos epóxicos elastoméricos", tuvo lugar el pasado 21 de

julio y reunió a más de 190 participantes de diferentes países.

Durante la sesión, se presentó el sistema Rapex HBD332, un innovador recubrimiento epóxico elastomérico 100% sólidos, desarrollado para ambientes de alta criticidad como plataformas offshore. Camila abordó características clave como su flexibilidad, resistencia química, facilidad de aplicación en frío y su capacidad para alcanzar espesores de hasta 8 mm en una sola capa, logrando extender la vida útil de los sistemas hasta 12 años con tiempos de aplicación muy reducidos.

Uno de los puntos más valorados por los asistentes fue la presentación de casos reales de aplicación en estructuras metálicas, pisos, válvulas y bridas de plataformas petroleras brasileñas, así como ensayos técnicos que demostraron su excelente comportamiento frente a corrosión, humedad y niebla salina.

La interacción fue constante durante todo el evento, con decenas de preguntas técnicas y participación activa por parte del público. Desde temas de

compatibilidad con superficies concretas, preparación mínima requerida, temperaturas de aplicación, hasta criterios de inspección y normas internacionales de referencia.

Este tipo de eventos ratifican el compromiso de IARCOR con la difusión técnica accesible, el desarrollo profesional en América y el impulso a tecnologías innovadoras en control de corrosión. Seguiremos generando espacios gratuitos para compartir conocimiento de la mano de expertos.



**Ing. Camila Moretti**

Analista de Ventas Internacionales  
 Inspectora de Pintura Industrial N1 -  
 SNQC-CP 2848



Si eres profesional del área y deseas compartir tu experiencia en un próximo webinar, contáctanos. Estaremos encantados de sumarte como expositor.

## ¿Has completado exitosamente una certificación?

Con el objetivo de garantizar la trazabilidad, transparencia y autenticidad de nuestras certificaciones, IARCOR pone a disposición del público un sistema de consulta en línea que permite la verificación formal de los profesionales certificados en nuestras distintas acreditaciones técnicas. Este sistema permite a empleadores, auditores, entes reguladores o interesados validar la emisión y vigencia de las credenciales conforme a los estándares establecidos.

### Procedimiento para la verificación de tu certificación:

- 1- Acceda al sitio oficial: **www.iarcor.com**
- 2- En el menú principal, diríjase a la pestaña denominada **“CERTIFICACIONES”**.
- 3- Seleccione la opción **“Verifica tu certificación”** dentro del submenú desplegable.
- 4- Una vez en la sección, podrá:
  - Acceder directamente a las tablas de registros por cada programa de certificación,
  - o desplazarse mediante scroll para consultar las diferentes bases de datos publicadas.
- 5- Cada tabla de verificación contiene la información completa del usuario.



**Supervisor en Procesos de Preparación Superficial y Aplicación de Recubrimientos Industriales**  
**IARCOR SUPRI**

10 entries per page Search:

Nro. de documento	Nivel de certificación	Profesional	País	Fecha de emisión	Fecha de expiración	Créditos CEPI
00001	IARCOR SUPRI	[Redacted]	Ecuador	Febrero 2025	Febrero 2029	3
00002	IARCOR SUPRI	[Redacted]	Ecuador	Febrero 2025	Febrero 2029	3
00003	IARCOR SUPRI	[Redacted]	Ecuador	Febrero 2025	Febrero 2029	3
00004	IARCOR SUPRI	[Redacted]	Ecuador	Febrero 2025	Febrero 2029	3

## ¡ Comparte tu certificación con el mundo !

### ¿Ya verificaste la vigencia de tu certificación en nuestro sitio web?

Obtener una certificación técnica es más que un documento: es el resultado de tu esfuerzo, dedicación y compromiso con la excelencia profesional. Ahora es momento de dar visibilidad a ese logro y posicionarte como un referente en la industria de los recubrimientos industriales y la protección contra la corrosión.

Publicar tu certificado en redes sociales no solo fortalece tu perfil profesional, también te permite abrir nuevas oportunidades laborales, generar confianza en tus clientes o empleadores, y formar parte activa de una comunidad técnica que valora la capacitación continua y el crecimiento compartido.

Te invitamos a compartir tu certificación en LinkedIn, Instagram o Facebook, usando una foto del diploma o de tu participación en el curso, y etiquetando a **@iarcorinternacional**.

De esta forma, podrás inspirar a otros profesionales, conectar con colegas del sector y mostrar que eres parte de un movimiento que impulsa el conocimiento técnico en toda América.

Desde distintos países, cientos de profesionales como tú ya comparten su experiencia y se hacen visibles ante el mundo técnico e industrial.





## ¿Cómo precalificar una opción de recubrimientos para corrosión bajo aislamiento (CUI Corrosion Under Insulation)?

Uno de los principales desafíos que enfrentan los operadores de equipos en las industrias de procesos en la actualidad es la corrosión bajo el aislamiento, que puede provocar lesiones, pérdida de contención y daño a la reputación de la marca, así como una pérdida significativa de ingresos por tiempo de inactividad y mantenimiento y reemplazo de materiales corroídos. Elegir el recubrimiento óptimo para la protección contra CUI es un asunto complejo.



Muchos operadores en el negocio de los recubrimientos protectores han escuchado historias de terror sobre la corrosión bajo del aislamiento y aprecian que los recubrimientos pueden formar una de las barreras que ayudan a proteger la integridad de sus activos del problema. Esto se sabe desde hace muchos años, pero a pesar de ello, los métodos para seleccionar los recubrimientos óptimos siguen siendo incomprendidos. Una mayor confianza en la selección de recubrimientos puede ser beneficiosa cuando se considera la inspección basada en riesgos, que, a su vez, puede ayudar a

generar confianza en los intervalos de inspección y, en última instancia, reducir los costos de inspección, un importante contribuyente financiero en la gestión de la corrosión de CUI.

Pero, ¿Qué hace que un sistema de recubrimiento no proporcione el nivel de resistencia esperado en un entorno aislado? ¿Y cómo puede asegurarse de elegir el recubrimiento adecuado para un propósito específico? Para elegir el recubrimiento adecuado para la situación correcta, es necesario observar qué protocolos de prueba se pueden usar para predecir el comportamiento de un material de recubrimiento cuando se coloca en un entorno CUI, y también cómo se conoce el comportamiento del recubrimiento elegido frente al calor ayudará a seleccionar el material correcto.

Si bien, la experiencia de la vida real ofrece la mejor "prueba" de desempeño, algunos de los desafíos asociados con la recopilación y comparación de datos de desempeño del recubrimiento CUI del campo hacen que sea excepcionalmente difícil sacar conclusiones sobre el desempeño y, por lo tanto, predecir el comportamiento futuro. Con suerte, a medida que la inspección de la corrosión y el recubrimiento se digitalice cada vez más, se podrán establecer comparaciones

más efectivas entre los diferentes tipos de recubrimiento. Sin embargo, hasta ese momento, las pruebas aceleradas siguen siendo una de las formas clave de seleccionar el recubrimiento CUI correcto.

Este artículo discutirá diferentes pruebas de recubrimiento con el objetivo de definir qué métodos se pueden utilizar para simular las condiciones de CUI en el laboratorio y cómo evaluar el desempeño de un material de recubrimiento en las condiciones relacionadas. Una mirada más cercana a las pruebas que se pueden utilizar en una muestra que puede ser apropiado mirar más allá de los métodos de prueba relacionados específicamente con CUI al considerar recubrimientos protectores para tuberías aisladas y equipos de proceso.

El artículo también detallará los requisitos establecidos en el estándar ISO 19277, que aborda específicamente los problemas.

### DESAFÍOS PARA ENCONTRAR EL RECUBRIMIENTO ADECUADO

Cuando un recubrimiento para CUI se considera insatisfactorio, muchos factores influyen. ¿El recubrimiento no funcionó como se esperaba debido a una mala aplicación? ¿El producto se especificó incorrectamente? ¿O el producto estaba

defectuoso en sí mismo? Por encima de todo, es crucial determinar si un recubrimiento es adecuado o no para el entorno en el que se puede producir CUI, para evitar elegir el material incorrecto.



Si bien, por supuesto, la capacidad de prevenir la CUI es de suma importancia, a menudo cuando se considera que los recubrimientos protectores se usarán bajo aislamiento, particularmente en la etapa de nueva construcción, los diseñadores deben considerarlos en el contexto de una especificación de pintura más amplia.

En los últimos años, se ha puesto mucho énfasis en la capacidad de los recubrimientos protectores para usarse en una variedad más amplia de rangos de temperatura, incluida la criogénica en servicios tanto aislados como no aislados. Los beneficios de tales sistemas pueden ser significativos e incluir.

- Especificaciones de recubrimiento simplificadas para tuberías y equipos de proceso;
- Número reducido de sistemas de recubrimiento para aprobar para la construcción;
- Se eliminó la necesidad de separar los artículos a granel, como tuberías y válvulas antes de pintar;
- Inventarios de pintura simplificados para aplicadores; y
- Procedimientos de inspección y recubrimiento optimizados.

Si bien existe una tendencia a asumir que la corrosión en condiciones de aislamiento es la más agresiva, no siempre es así. Puede depender del tipo genérico de recubrimiento.



#### CICLO DE VIDA DE UN RECUBRIMIENTO CUI

La norma ISO 19277, "Industrias del petróleo, petroquímica y del gas natural: criterios de aceptación y reposo de calificación para sistemas de

recubrimiento protector bajo aislamiento", se introdujo en diciembre de 2018 para tratar de abordar algunas de estas consideraciones adicionales al seleccionar un recubrimiento CUI. Este documento exige una serie de pruebas en un intento de capturar el ciclo de exposición que un recubrimiento CUI típico puede encontrar durante las fases de construcción, transporte y operación. Antes de analizar estas pruebas, es importante comprender cómo podrían verse estas fases clave

- **Transporte:** Durante el transporte desde el patio de fabricación o el taller y antes del aislamiento, el recubrimiento puede estar expuesto a la corrosión atmosférica típica en una variedad de entornos corrosivos, hasta CX en el caso del transporte modular por mar.
- **Construcción:** Durante la construcción, el recubrimiento puede seguir expuesto a la corrosión atmosférica en su ubicación final y antes de que se instale el aislamiento. En ambos casos, el recubrimiento aún no se ha expuesto a un calor significativo, solo a temperatura ambiente.
- **Fase operativa. Sin CUI:** Durante esta parte de su vida, los recubrimientos están expuestos al calor, pero no a la presencia de humedad, asumiendo que todo el aislamiento está correctamente instalado, pero estará expuesto a la temperatura operativa del equipo.
- **Fase operativa, CUI:** a medida que las propiedades de barrera del aislamiento / recubrimiento se degradan con el tiempo, el recubrimiento estará expuesto tanto al calor como a la humedad a medida que el agua penetra en el sistema de aislamiento.
- **Fase operativa, ciclo térmico:** en algunos casos graves, el recubrimiento también puede estar sujeto a cambios de temperatura a través de ciclos térmicos.
- **Parada / Retiro del aislamiento:** Finalmente, si se retira el aislamiento, ya sea como parte de paradas prolongadas o cambio de servicio, el recubrimiento puede volver a estar expuesto al calor y a la corrosión atmosférica únicamente.

#### LAS CONDICIONES TÉRMICAS JUEGAN UN PAPEL IMPORTANTE.

Se describe ampliamente que el CUI ocurre en el rango de temperatura de 122-347 F (50-175 C). Sin embargo, en el caso de ambientes con alta humedad

relativa, el llamado síndrome de la tubería "sudorosa", la corrosión debajo del aislamiento puede ocurrir por debajo de esta temperatura. Por supuesto, en el caso de una especificación de pintura moderna, este rango de temperatura es solo uno de muchos, lo que generalmente da como resultado la especificación de una variedad de sistemas de pintura diferentes. También es justo decir que al especificar sistemas de recubrimiento para nuevos proyectos de construcción, la protección contra CUI es simplemente uno de los muchos usos de recubrimiento que se deben considerar, aunque uno importante.

La temperatura es el factor de elección clave al seleccionar un recubrimiento protector para su uso en industrias de proceso, y también es imperativo que se describa con precisión en términos de qué temperatura se considera mínima, máxima, de diseño, cíclica. Los límites de temperatura pueden jugar un papel cuando seleccionar el tipo de recubrimiento correcto, y puede llevar a la selección de un tipo de recubrimiento diferente dependiendo de qué condición de temperatura se use.



Un ejemplo de esta tubería recubierto con un recubrimiento de epoxi novolaca. Operando rutinariamente a una "temperatura" de 320 F (160 C) debajo del aislamiento, no se espera que esta temperatura plantee ningún problema para este material. Sin embargo, lo exponemos a vaporización regular o ciclos de proceso a una temperatura de funcionamiento máxima superior a 392 F (200 C), y no sería irrazonable esperar ver una degradación del recubrimiento durante un período de tiempo, manifestándose finalmente como una falla del recubrimiento. En ausencia de una capa protectora. Luego, CUI puede comenzar a trabajar en su ciclo de destrucción mientras opera en la zona de temperatura más baja.

También es importante considerar la

<b>ENTORNOS DE CLASIFICACIÓN CUI</b>		
<b>Clasificación</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Pico de temperatura</b>
CUI-1	-49 F (-45 C)	Hasta 140 F (60 C)
CUI-2	-49 F (-45 C)	140 F (60 C) a 302 F (150 C)
CUI-3	-49 F (-45 C)	302F (150 C) a 400 F (204 C)
CUI-1-Cryo	-320 F (-196 C)	Hasta 140 F (60 C)
CUI-2-Cryo	-320 F (-196 C)	140 F (60 C) a 302 F (150 C)
Cui-3-Cryo	-320 F (-196 C)	302F (150 C) a 400 F (204 C)

precisión de la temperatura existente al especificar los sistemas de recubrimiento, ya que las temperaturas calculadas en la etapa de diseño pueden no siempre funcionar en la práctica. Si bien los cambios pueden parecer menores cuando estos límites coinciden con un cambio en el tipo de recubrimiento recomendado, pueden resultar en una especificación incorrecta. Como tal, es útil establecer márgenes de seguridad al considerar la temperatura máxima para la cual se puede especificar un recubrimiento.

ISO 19277 intenta crear una serie de entornos CUI de manera similar a las categorías corrosivas mencionadas en ISO 12944 para la corrosión atmosférica. Estos entornos CUI están alineados con diferentes temperaturas y se pueden encontrar en la Tabla 1.

Al crear un marco coherente de entornos CUI, se puede establecer una comprensión clara del entorno y las pruebas de precalificación asociadas con él.

Aquí, también es esencial tener en cuenta que el mismo recubrimiento no necesariamente funciona igual de bien a altas y bajas temperaturas.

Muchos recubrimientos protectores experimentan una mejora en sus propiedades cuando se exponen al calor. Un ejemplo de esto es la conversión de la matriz de silicona orgánica, una característica de muchas pinturas de alta temperatura. Mostrarán diferentes características de rendimiento en función de las condiciones térmicas a las que hayan estado expuestos anteriormente.

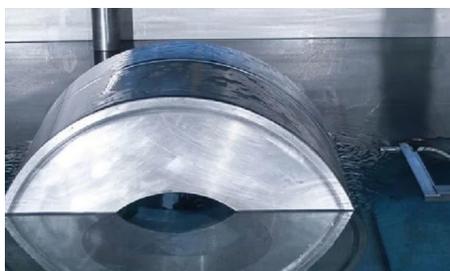
ISO 19277 se refiere a esto al no permitir el cruce de requisitos. Entonces, por ejemplo, un recubrimiento que cumple con los requisitos de CUI-3 no se supone automáticamente que sea adecuado

para la categoría CUI-1, aunque al consolidar las pruebas, algunas pruebas pueden usarse para más de una categoría. Se debe tener cuidado, ya que esta mejora es solo una parte de la historia. Exponga un recubrimiento más allá de sus límites de temperatura y comenzará la degradación de la película de recubrimiento, generalmente a través del agrietamiento y la corrosión posterior. Los límites máximos de temperatura dependen en gran medida del tipo de ligante del recubrimiento.

#### **PRUEBAS DE RECUBRIMIENTO PERTINENTES.**

#### **FASE DE CONSTRUCCIÓN / TRANSPORTE**

Para establecer una línea de base de resistencia adecuada a la corrosión atmosférica, ISO 19277 exige una prueba de envejecimiento artificial que consiste en niebla salina neutra (ISO 19227) e inmersión en agua (ISO 2812-2). Los paneles de prueba están trazados y expuestos por la misma duración, independientemente de la clasificación ambiental CUI, ya que en esta etapa se considera que las condiciones CUI no existen. La evaluación se lleva a cabo de acuerdo con las normas ISO 4628-2 (formación de ampollas), ISO 4628-3 (oxidación), ISO 4628-4 (agrietamiento) e ISO 4628-5 (descamación). Esta evaluación es común en todos los demás métodos de prueba utilizados en la norma. La prueba de adhesión y los criterios de aceptación se enumeran tanto para la resistencia anterior como posterior al envejecimiento.



Para reconocer que la entrada de humedad en el aislamiento no comienza de inmediato, ISO 19277 permite que los sistemas de recubrimiento sean acondicionados térmicamente para replicar el efecto de donde los recubrimientos están expuestos al calor, pero antes de la presencia de humedad dentro del aislamiento. El acondicionamiento térmico se lleva a cabo para ciclos en vivo que constan de 20 horas a la temperatura máxima para la que se aplica la clasificación CUI (por lo tanto, 140 F 60 C, 302 F 150 C) o 400 F 204 C seguido de un período de enfriamiento de 4 horas (24 horas en total). Uno de los inconvenientes de la norma es que no prevé ninguna exposición térmica a largo plazo. Una prueba que podría usarse para complementar la norma es la ASTM D 2485, que se usa para determinar la resistencia de un recubrimiento al calor. Esta prueba expone los paneles recubiertos a una variedad de diferentes temperaturas crecientes, donde se dejan durante un período. Luego se dejan enfriar y se inspeccionan visualmente para detectar cualquier signo de formación de ampollas, grietas, descamación y delaminación de la superficie del metal.

Después de esto, los paneles se exponen a entornos corrosivos mediante pruebas de corrosión acelerada durante un tiempo determinado o una prueba de corrosión atmosférica en la vida real. El propósito aquí es identificar cualquier área donde el calentamiento del recubrimiento haya causado grietas, que finalmente podrían penetrar en el sustrato y posteriormente ser un lugar para la corrosión. En este caso, las microgrietas y el CUI son muy similares: lo que no puede ver definitivamente puede lastimarlo.

También se puede utilizar un análisis más detallado por microscopía óptica en lugar de la inspección visual. Esto permite una inspección más completa de las microfisuras y la caracterización del ancho y la longitud de las grietas.

#### **FASE OPERATIVA, CUI**

Una vez que la humedad ha podido penetrar el recubrimiento y el aislamiento en cantidad suficiente, existen las condiciones para la rotura del recubrimiento y la corrosión subsiguiente

bajo el aislamiento.

Históricamente, los datos de las pruebas de inmersión en muchos casos se han presentado como el peor de los casos y, por lo tanto, se han utilizado como un método independiente para probar si un recubrimiento puede proporcionar una protección adecuada en condiciones de CUI. Si bien en algunos casos esto puede ser cierto, tiene algunas fallas como método de prueba.



Primero, puede descartar algunos sistemas de recubrimiento, que funcionarían de manera bastante satisfactoria en la vida real. Además, no considera la interacción entre el material aislante y el recubrimiento en sí. El paso del agua a través de algunos tipos de aislamiento puede resultar en un cambio en la composición del medio corrosivo, que no se incluye automáticamente en las pruebas de inmersión en aceite. Los métodos de prueba como NACE TMO174, Método B, pueden proporcionar información adicional en esto son; sin embargo, se sugiere que las pruebas de inmersión siempre se complementen con muestras de prueba reales aisladas.

Generalmente, esta prueba de inmersión se realiza a temperatura elevada.

- ISO 19277 describe dos pruebas separadas para evaluar el rendimiento del recubrimiento en un entorno CUI, a saber:
- Prueba de corrosión cíclica CUI multifase, la llamada cámara de condensación CUI (esta prueba es obligatoria); y
- Prueba de tubería vertical, la llamada prueba de tubería de Houston (esta prueba es opcional).

Cada una de las pruebas consiste en exponer el recubrimiento a un ciclo de calentamiento, junto con la adición de un medio corrosivo. La diferencia clave entre los dos es que en el caso de la prueba de corrosión cíclica CUI, no hay aislamiento presente. Ésta es una de las razones por las que este método de prueba y la norma no se han adoptado más

ampliamente.

Vale la pena enfatizar que la prueba ASTM G189 es esencialmente isotérmica. Se mantiene una temperatura de prueba constante (dentro de un rango predeterminado). Esto es diferente a la prueba de tubería de Houston, donde la temperatura en cualquier punto dado varía a lo largo de la tubería y el nivel de saturación del aislamiento, que depende de la duración de la exposición.

Varios operadores y laboratorios han realizado pruebas que implican tomar el principio básico de ASTM G189 y escalarlo a un aparato de prueba más grande. En lugar de un carrete de tubo único, está eléctricamente aislado del siguiente. La tubería está aislada. Luego se pasa un medio calentado (ya sea aire o aceite) a través de la tubería, calentando el sustrato, y el medio corrosivo se pasa al aislamiento. Esta prueba se puede llevar a cabo usando una disposición tipo bomba o bajando todo el conjunto en un canal de agua y elevando el nivel del medio corrosivo hacia arriba y hacia abajo en un ciclo para saturar el aislamiento y luego dejar que se seque. El rendimiento del recubrimiento se puede evaluar entonces tanto visualmente como mediante mediciones electroquímicas.

#### FASE OPERATIVA, CICLO TÉRMICO

ISO 19277 también contiene pruebas de ciclos térmicos. Consiste en exponer los paneles de prueba a una temperatura elevada y enfriarlos. La temperatura se determina de acuerdo con la temperatura máxima de la categoría CUI en cuestión. El panel se coloca en agua helada. Esto se repite durante 20 ciclos. Luego se lleva a cabo la inspección del panel. Cuando se utilizan las categorías CUI-1/2/3-CRYo, se requiere una prueba de ciclo criogénico adicional.

#### APAGADO / ELIMINACIÓN DE AISLAMIENTO

Para cubrir esto eventualmente, las pruebas de resistencia al envejecimiento descritas anteriormente también cubren una sección donde los paneles de prueba han sido condicionados al calor antes de la exposición.

#### PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

- Los métodos descritos son los elementos clave de la norma ISO 19277;

sin embargo, las pruebas complementarias también pueden ser útiles y esencialmente se pueden dividir en las tres categorías siguientes.

- Propiedades físicas como resistencia al impacto, dureza, etc. que son importantes para subestimar la capacidad del recubrimiento para instalarse con un daño mínimo y, por lo tanto, su capacidad para ofrecer una protección posterior.
- Propiedades térmicas que ayudan a caracterizar la idoneidad del recubrimiento para las condiciones térmicas a las que estará expuesto; y
- Propiedades de resistencia a la corrosión, que ayudan a comprender las propiedades del recubrimiento cuando se expone a otros ambientes corrosivos no caracterizados aquí.



#### CONCLUSIONES

En resumen, la selección de métodos de prueba para asegurar la idoneidad de un recubrimiento en condiciones de CUI es extremadamente crítica y depende de varios factores diferentes. La Norma ISO 19277 proporciona orientación sobre este tema y es casi seguro que se desarrollará más. Además, otros organismos como IARCOR SSPC y NACE también están tratando de desarrollar orientación en esta área.

Al seleccionar metodologías de prueba mejores y más apropiadas, es posible identificar candidatos de recubrimiento de mejor rendimiento para entornos CUI, lo que brinda mayores probabilidades de éxito que, a su vez, pueden reducir el costo asociado con la eliminación del aislamiento y la detección de CUI, también cómo prevenir fallas inesperadas y las consecuencias asociadas.

Fuente: JPCL

Traducción y actualización: IARCOR INTERNACIONAL



*Certifícate como:*

**SUPERVISOR EN PROCESOS DE PREPARACIÓN SUPERFICIAL Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES**

**¡INSCRIPCIONES ABIERTAS!**

Nuestra certificación "IARCOR SUPRI" te proporcionará las herramientas y conocimientos necesarios para liderar con éxito proyectos de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos industriales.

**Del 01 al 10 de Septiembre**  
Lunes a Jueves / 17:00 - 21:00 (GMT-5 Bogotá-Lima-Quito)

**100% Online**  
Clases en vivo con el instructor certificado



[www.iarcor.com](http://www.iarcor.com)



[info@iarcor.com](mailto:info@iarcor.com)



+593 96 181 1505

Este entrenamiento está dirigido a quienes lideran procesos de aplicación de recubrimientos industriales y desean profundizar en los estándares, criterios técnicos y control de calidad desde el punto de vista operativo.

El curso SUPRI combina teoría aplicada, casos reales y normativas internacionales, brindándote herramientas clave para asumir responsabilidades de supervisión con criterio técnico y liderazgo.

**¿Quieres conocer fechas, modalidad, requisitos o programa completo?**

Escanea el código QR y accede a todos los detalles desde nuestro sitio web oficial.



Este curso está diseñado para profesionales que buscan dominar técnicas de inspección no invasiva para evaluar integridad estructural y detectar corrosión oculta en sistemas industriales.

A lo largo del entrenamiento, aprenderás principios de ultrasonido, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, inspección visual avanzada y otras metodologías aplicadas en campo con respaldo normativo internacional.

**¿Quieres ver el temario completo, fechas o modalidad?**

Escanea el código QR y accede a todos los detalles desde nuestro sitio web oficial.



**Detección de Corrosión a través de ensayos no destructivos**

**¡INSCRIPCIONES ABIERTAS!**

Especialízate en la identificación de mecanismos de degradación metálica y domina la aplicación de métodos de inspección mediante ensayos no destructivos, bajo un enfoque práctico y alineado a normativas internacionales.

**Del 27 al 31 de Octubre**  
(Horario de Lunes a Viernes / 18:00 - 21:00)

**100% Online**  
Clases en vivo con el instructor certificado



[info@iarcor.com](mailto:info@iarcor.com)

[www.iarcor.com](http://www.iarcor.com)

+593 96 181 1505



## Recubrimientos Antiincrustantes: Una Necesidad de Innovación

Por Bruno Ravel, et al., Safinah Group

El asentamiento de especies marinas en los cascos de los buques conlleva sanciones ecológicas y puede causar daños medioambientales. La acumulación de bioincrustaciones provoca un aumento de la rugosidad del casco, lo que repercute directamente en el consumo de combustible y, por consiguiente, en la emisión de contaminantes atmosféricos de los buques, y aumenta el riesgo de translocación de especies no autóctonas y potencialmente invasoras.

La penalización financiera más importante para la industria naviera es el aumento del consumo de combustible debido a los efectos adversos sobre el rendimiento hidrodinámico, como se muestra en la Tabla 1. Los costes adicionales de mantenimiento se derivan del crecimiento de bioincrustaciones en las tomas de agua de mar,

intercambiadores de calor y otros componentes del sistema. Las incrustaciones en el casco afectan a la eficiencia energética global del buque y, por tanto, a la capacidad de los armadores para cumplir sus objetivos de reducción de la huella de carbono.

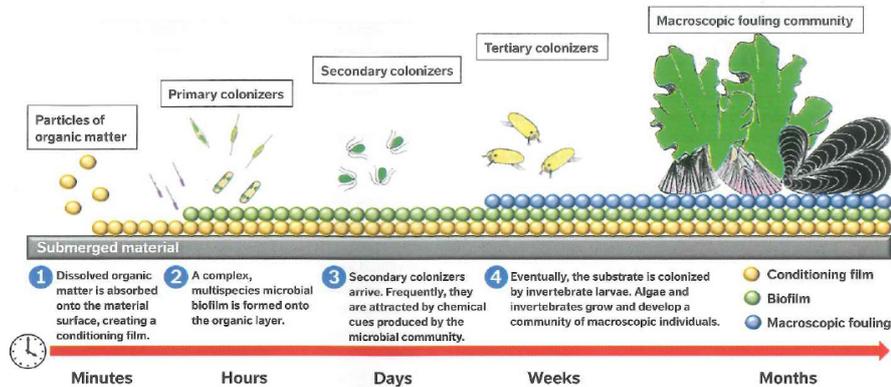
La aplicación de la normativa de la OMI para 2020 en relación con las emisiones de SOx, que prohíbe el uso de combustible que supere el 0,5% de azufre a menos que el buque esté equipado con un sistema aprobado de limpieza de los gases de escape (depurador), es uno de los principales retos a los que se enfrenta el sector. El cumplimiento de los límites de azufre, ya sea mediante la modernización de los depuradores o el uso de combustibles alternativos, tiene un coste significativo. La eficiencia del combustible es fundamental para todos los buques, especialmente durante el periodo de transición.

que probablemente se caracterizará por la fluctuación del precio del combustible.

Cualquier superficie sumergida en agua de mar se cubre con una película de acondicionamiento en cuestión de minutos. Esto es seguido por el desarrollo de micro incrustaciones (capa de limo) e incrustaciones mayores (algas y organismos animales) dentro de dos a tres semanas. La abundancia y riqueza de organismos incrustantes dependen de condiciones ambientales, como la temperatura del agua de mar, salinidad, pH y disponibilidad de nutrientes, entre otros (Fig. 2). La capacidad de las incrustaciones para adherirse al casco depende de la capacidad del recubrimiento para controlarlas. Se espera que las temperaturas promedio de la superficie del mar aumenten debido al cambio climático, lo que probablemente incrementará el riesgo de incrustaciones.

Un control ineficaz de las incrustaciones aumenta la probabilidad de transferencia de especies no autóctonas y potencialmente invasoras, lo que supone un riesgo para la biodiversidad. La erradicación de especies invasoras es un proceso difícil, largo y costoso. Minimizar las amenazas a la bioseguridad derivadas de la translocación de especies no autóctonas es una preocupación creciente

Estado del casco	Additional shaft power to sustain speed (%)
Revestimiento recién aplicado	0
Revestimiento deteriorado o limo fino	9
Limo espeso	19
Pequeñas incrustaciones calcáreas o macroalgas	33
Incrustaciones calcáreas medias	52
Incrustaciones calcáreas espesas	84



para los gobiernos y organismos reguladores internacionales de todo el mundo. Hay ejemplos de buques a los que se ha ordenado abandonar las aguas territoriales debido a un exceso de bioincrustaciones consideradas una amenaza para la bioseguridad. Tales sucesos provocan retrasos y costes adicionales en términos de sobrestadía, gestión de las bioincrustaciones y costes de oportunidad para los armadores y operadores.

En un intento de proporcionar un enfoque global coherente para la gestión de las bioincrustaciones, en 2011 el MEPC de la OMI adoptó las «Directrices para el control y la gestión de las bioincrustaciones de los buques con el fin de minimizar la transferencia de especies acuáticas invasoras». Estas fueron complementadas por, «Directrices para minimizar la transferencia de especies acuáticas invasoras como biofouling Hull Fouling) para embarcaciones de recreación.»

Dado que estas Directrices aún no son vinculantes a nivel internacional, algunos reguladores han desarrollado normativas nacionales o federales que exigen la presentación de pruebas de una estrategia proactiva de gestión de las bioincrustaciones conforme a las recomendaciones de las Directrices. Por ejemplo, en los EE.UU., California exige que todos los buques presenten un plan de gestión activa de las bioincrustaciones o un libro de registro a partir de enero de 2018, y que presenten un formulario de notificación anual del buque en la primera visita de cada año civil.

En Nueva Zelanda, la gestión de bioincrustaciones se rige por la Norma de Gestión de Riesgos de Embarcaciones, según la cual todos los buques deben llegar con un «casco limpio.» La definición de «casco limpio» varía según el itinerario

del buque: por ejemplo, una estancia corta (<21 días) permite una capa de limo, percebes y pequeñas cantidades (<5% de cobertura) de incrustaciones accidentales.

Mantener un casco libre de bioincrustaciones puede ser todo un reto y, una vez que el casco del buque está contaminado, las opciones de que disponen los armadores y operadores son limitadas y pueden resultar costosas y llevar mucho tiempo, entre las que se incluyen las siguientes. Operaciones en el agua (limpieza): La limpieza proactiva en el agua, también conocida como «grooming», es una estrategia que están explorando algunos operadores. Sin embargo, las operaciones en el agua deben planificarse y gestionarse cuidadosamente, ya que la frecuencia y el método de limpieza pueden tener graves repercusiones en el rendimiento, la longevidad y la integridad del recubrimiento.

#### OPERACIONES EN EL AGUA (LIMPIEZA):

Las operaciones en el agua también son objeto de escrutinio por parte de los reguladores debido a la preocupación por la contaminación química derivada de la consiguiente liberación de biocidas. Es probable que los organismos reguladores exijan datos sobre los vertidos químicos generados por los distintos tipos de operaciones en el agua. Las restricciones y

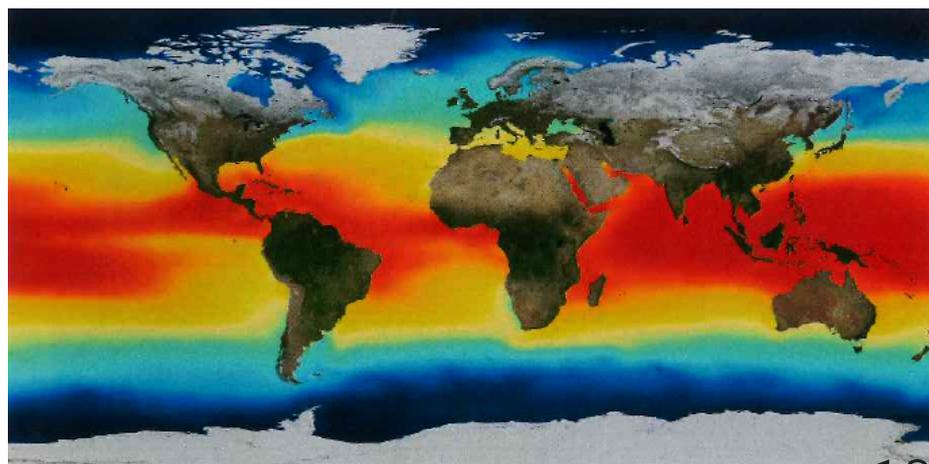
prohibiciones de las operaciones en el agua se están introduciendo en diferentes lugares, lo que plantea complicaciones adicionales para las operaciones de los buques y dificultades para cumplir con la normativa de gestión de bioincrustaciones en todo el mundo.

#### REPARACIONES EN DIQUE SECO:

La necesidad de que un buque entre en dique seco viene determinada por los requisitos normativos y los intervalos entre diques varían en función de la edad del buque y otros factores. Las reparaciones implican un lavado con agua dulce a alta presión, seguido de chorro de agua a presión ultra alta (UHP) o chorro abrasivo para eliminar cualquier recubrimiento dañado. Una vez finalizado el chorreado total o parcial, se aplican las capas anticorrosivas y de anclaje y, a continuación, las capas de control de incrustaciones. Los recubrimientos, incrustaciones y limos eliminados, así como la granalla de chorreado utilizada, deben tratarse como residuos peligrosos. El agua utilizada para el lavado UHP suele filtrarse, mientras que los botes de pintura usados y vacíos deben recogerse y tratarse como corresponde.

Teniendo en cuenta estos factores, resulta difícil elegir el método adecuado de control de las incrustaciones. Al seleccionar la solución óptima, el rendimiento del recubrimiento ya no se define únicamente por las propiedades de control de las incrustaciones. Los recubrimientos deben proporcionar un control fiable y predecible de las incrustaciones en una variedad de condiciones operativas y, al mismo tiempo, ser capaces de soportar la creciente frecuencia potencial de las operaciones en el agua.

«Rendimiento óptimo del recubrimiento»



es un término relativo definido y entendido de diferentes maneras por las distintas partes implicadas en el proceso. Algunos de los parámetros utilizados para definir el «rendimiento del recubrimiento» son los siguientes:

Para los armadores, rendimiento predecible y costes mínimos asociados a la gestión de las bioincrustaciones y el consumo de combustible, menor mantenimiento del casco y limpieza de emergencia debido a las restricciones;

Para los reguladores, un riesgo mínimo de translocar especies invasoras y contaminar las aguas territoriales, bajos niveles de emisión; y

Para los astilleros/aplicadores, un proceso de recubrimiento simplificado para mejorar la productividad, facilidad de reparación, tiempo mínimo de inmersión en diversos tipos de entorno (agua dulce y agua de mar), buen rendimiento estático durante los periodos de equipamiento. Los astilleros tienden a ser reacios a modificar un proceso de recubrimiento para adaptarlo a un nuevo producto o proceso, a menos que beneficie a sus actividades de producción.

Debido a la cantidad de factores que afectan al rendimiento de los recubrimientos en términos de control de las incrustaciones, el proceso de selección se vuelve crucial, ya que es necesario comprender el rendimiento y las propiedades de los productos existentes y adaptarlos al patrón de operaciones de cada buque para lograr un rendimiento óptimo en servicio.

### **TECNOLOGÍAS LIBRES DE BIOCIDAS**

El control de las incrustaciones se consigue utilizando tanto tecnologías sin biocidas como recubrimientos biocidas. Los tipos de tecnologías sin biocidas disponibles en la actualidad incluyen recubrimientos liberadores de incrustaciones, recubrimientos duros, tecnologías ultrasónicas, etc., y sus características son las siguientes.

Los recubrimientos antiincrustantes (FRC) suelen basarse en una matriz de silicona y se caracterizan por su baja energía superficial y su naturaleza elastomérica, que impide la adherencia de las incrustaciones. Sin embargo, los FRCS han sido propensos al ensuciamiento por limo, que aún puede

tener un efecto significativo en el rendimiento del buque. Los FRCS son más adecuados para recipientes rápidos y de alta actividad, aunque los productos desarrollados recientemente afirman que mejoran el rendimiento a velocidades más bajas. El proceso de aplicación de los recubrimientos a base de silicona también puede ser complicado debido a la necesidad de enmascarar y utilizar equipos de aplicación específicos, lo que añade tiempo y costes a la operación. Por ello, muchos astilleros siguen siendo reacios a aplicar FRCS, sobre todo en las nuevas construcciones.

Recientemente, se ha adoptado un enfoque diferente, incorporando un biocida en la formulación del FRC. Se afirma que este enfoque reduce los problemas asociados a la adherencia del limo y mejora el rendimiento en periodos estáticos prolongados.

Los recubrimientos duros suelen basarse en tecnologías epoxi y viniléster, no contienen biocidas y se ensucian con relativa rapidez.

Gracias a sus buenas propiedades mecánicas, pueden someterse a operaciones regulares en el agua (limpieza o aseo) sin dañar la integridad del recubrimiento. Estos recubrimientos ofrecen una buena resistencia a la abrasión y son adecuados para climas fríos y para la navegación en pasos de agua propensos al hielo. Sin embargo, debido a las restricciones y prohibiciones regionales y locales, la planificación y ejecución de operaciones regulares de limpieza en el agua puede ser un reto para los buques que no operan en una ruta fija.

Otras tecnologías sin biocidas incluyen el uso de tecnologías ultrasónicas, luces UV y aireación del casco. A pesar de los prometedores resultados obtenidos en algunos casos, el nivel de preparación de las tecnologías alternativas varía, con problemas relacionados con la tasa de lixiviación de los biocidas, la ampliación, el mantenimiento y los requisitos energéticos adicionales. Además, algunas de las tecnologías pueden no ser adecuadas para la totalidad del casco submarino.

Dado que superar estos retos requiere

tiempo y esfuerzos continuos de I+D, es probable que los recubrimientos líquidos, y especialmente los biocidas, sigan dominando este mercado y sean la solución preferida para prevenir las incrustaciones en un futuro próximo.

### **BIOCIDAS**

Los biocidas de los recubrimientos antiincrustantes impiden la adhesión de distintos tipos de incrustaciones (animales, algas y limo) al casco submarino. Para que sean eficaces en toda la gama de organismos incrustantes, se suele utilizar una combinación de biocidas.

Un paquete biocida típico comprende una mezcla de un biocida inorgánico (óxido cuproso) y uno o más biocidas de refuerzo (orgánicos y/u organometálicos) para ser eficaz en todo el espectro de organismos objetivo. La salinidad, la temperatura y el pH del agua de mar son algunos de los factores que pueden influir en la eficacia de las combinaciones de biocidas.

A lo largo de los años, la preocupación medioambiental por el uso del óxido cuproso ha llevado a los investigadores a estudiar su reducción o sustitución en los recubrimientos antiincrustantes. En algunos lugares, los organismos reguladores han establecido límites a la tasa de liberación de cobre como parte del proceso de registro de los recubrimientos. Por ejemplo, en California, la tasa máxima de lixiviación de cobre permitida para los productos de embarcaciones de recreo es de 9,5 ug/cm<sup>2</sup> al día. En Washington, se está debatiendo la prohibición del uso de antiincrustantes a base de cobre en embarcaciones de recreo.

La selección del biocida de refuerzo es fundamental, ya que determinará la eficacia de los recubrimientos antiincrustantes frente a las incrustaciones de limo y maleza. También se ha descubierto que algunos biocidas de refuerzo tienen cierto efecto contra los percebes, lo que puede llevar a una posible reducción de la cantidad de óxido cuproso utilizado en la formulación.

Lo ideal sería que el biocida se desarrollara específicamente para el mercado de los antiincrustantes. Sin embargo, muchos de los biocidas que se



# BLASTPRO

"Tecnología Avanzada, Calidad Inigualable"

Lo mejor en **removedores de sales e inhibidores de corrosión** biodegradables para tus procesos de wetblasting e hidroblasting, compatibles con todas las marcas y tipos de recubrimientos industriales.



**Contáctanos para distribución en América**

 [info@blast-pro.com](mailto:info@blast-pro.com)

 [www.blast-pro.com](http://www.blast-pro.com)

utilizan actualmente se han desarrollado para otros mercados, como la industria agrícola, y luego han encontrado usos adicionales en los recubrimientos antiincrustantes.

### RECUBRIMIENTOS BIOCIDAS

En términos muy generales, un recubrimiento biocida comprende un sistema de resina soluble, o parcialmente soluble, que contiene una mezcla de biocidas eficaces contra una amplia gama de organismos incrustantes. Los recubrimientos biocidas se diferencian principalmente por el sistema de resina utilizado, también denominado

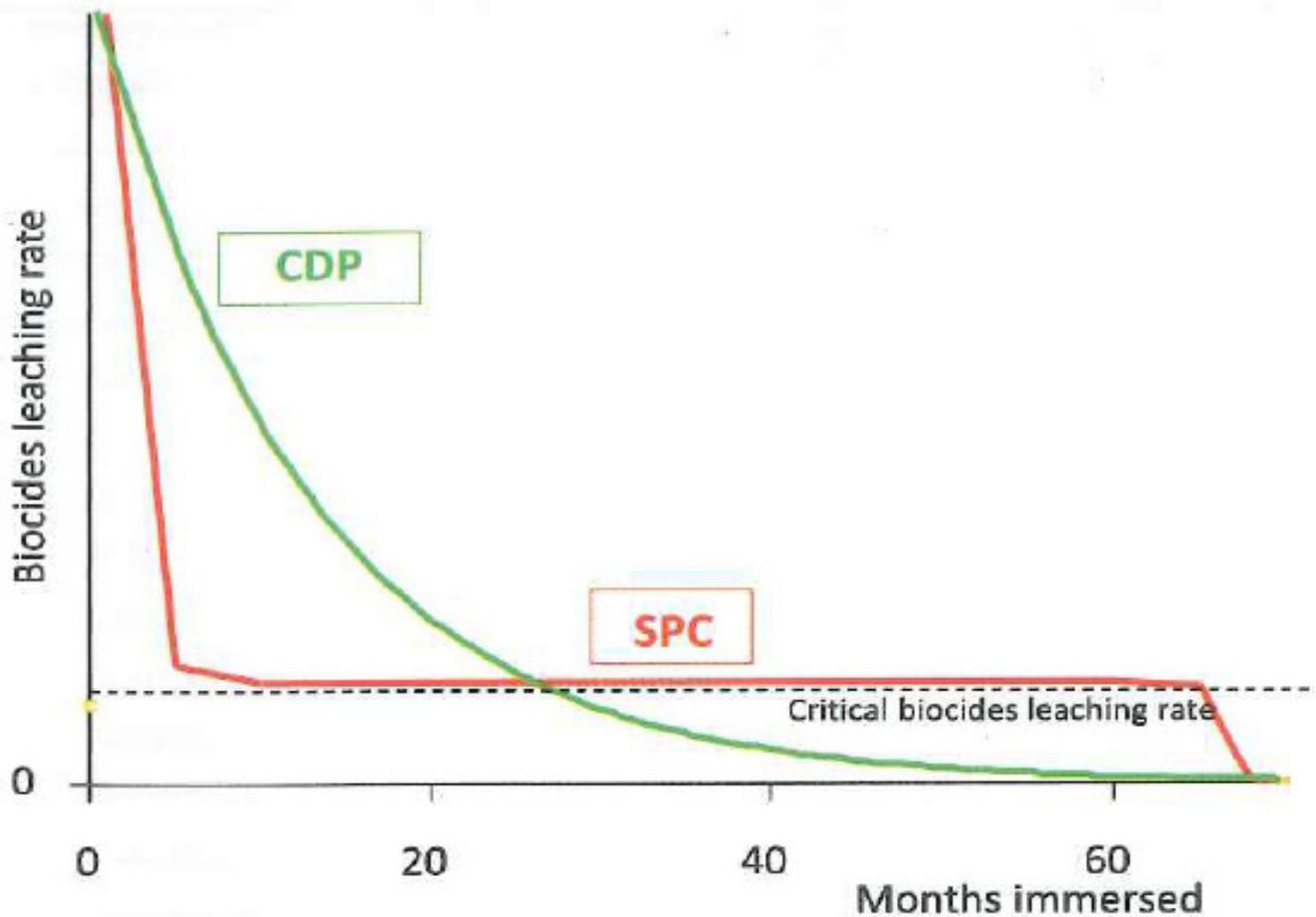
durante periodos estáticos prolongados.

Los dos tipos más antiguos de recubrimientos biocidas son los polímeros de agotamiento controlado (CDC) y los copolímeros autopulimentables (SPC). En la figura 3 se muestra una comparación de sus índices de liberación de biocidas. Más recientemente, se han introducido sistemas híbridos. Se trata de una mezcla de las tecnologías CDP y SPC.

Los CDP utilizan una combinación de resina soluble (normalmente colofonia) y resina insoluble. Variar la proporción de

incrustaciones. Este punto se alcanza normalmente al cabo de tres años.

Los sistemas aglutinantes de SPC más comunes se basan en acrilato de cobre, acrilato de zinc, acrilato de sililo o metacrilato de sililo. Estos sistemas de resina se disuelven o «pulen» de forma controlada mediante una reacción química con el agua de mar, manteniendo una capa de lixiviación de espesor constante. El resultado es una tasa de liberación de biocidas controlada y un control de las incrustaciones predecible. Al igual que ocurre con los CDP, la cuidadosa selección de la resina



«mecanismo de suministro», y por el nivel y tipo de biocidas. La solubilidad del sistema de resina y la eficacia de los biocidas utilizados son los parámetros clave que determinan el rendimiento global del recubrimiento.

Los recubrimientos antiincrustantes biocidas son la tecnología más utilizada para el control de las incrustaciones. Por lo general, son bastante eficaces contra las incrustaciones, pero aún no se ha formulado el recubrimiento perfecto. Los productos actuales se beneficiarían de un mejor rendimiento antiincrustante

material soluble e insoluble permite ajustar la velocidad de disolución y, por tanto, la velocidad de liberación del biocida. Esto permite que el recubrimiento antiincrustante se adapte al patrón de comercio del barco. Una vez en el agua, la resina soluble empieza a disolverse y el biocida se lixivia en el agua de mar circundante, dejando una zona agotada (resina insoluble) en la superficie. Esto se denomina capa de lixiviación. El grosor de la capa de lixiviación aumenta con el tiempo ralentizando la liberación del biocida hasta un punto en el que ya no es tan eficaz para prevenir las

SPC y del paquete biocida asociado permite un ajuste preciso del sistema para adaptarlo a los requisitos de control de las incrustaciones de los buques. La selección del producto adecuado permite una prevención de las incrustaciones a largo plazo, de hasta 5 a 7,5 años en algunos casos.

Los antiincrustantes híbridos son mezclas cuidadosamente formuladas de tecnologías CDP y SPC, que equilibran el rendimiento final con los costes. Los nuevos avances en biocidas de refuerzo ampliarán la gama de opciones

disponibles para el formulador y ayudarán al desarrollo de recubrimientos antiincrustantes con un rendimiento predecible. Sin embargo, recientemente se han comercializado pocos biocidas nuevos debido a los costes generales y al tiempo necesario para el registro y la prueba de rendimiento.

## REGISTRO DE UNA FORMULACIÓN ANTIINCRUSTANTE

Los nuevos biocidas y cualquier pintura antiincrustante que los contenga deben someterse al proceso de registro. Tanto las sustancias activas biocidas nuevas como las ya existentes deben ser registradas, normalmente por el fabricante, en los lugares donde se vayan a utilizar los biocidas (pinturas antiincrustantes). Sin embargo, los amplios requisitos del expediente reglamentario son costosos y no hay uniformidad entre los países.

Una vez concedido, el registro se revisa periódicamente. En Europa, la revisión/renovación de los biocidas se rige por el Reglamento de Biocidas y varía de 5 a 10 años en función del tipo de aprobación obtenida. Las sustancias activas que no están clasificadas como candidatas a la sustitución se aprueban por un máximo de 10 años, y las sustancias activas clasificadas como candidatas a la sustitución se aprueban por un máximo de 7 años (o 5 años si cumplen uno o más criterios de exclusión).

Las sustancias activas biocidas (óxido de cobre y biocidas de refuerzo) están sometidas a presiones normativas, y es posible que algunas no se renueven en el futuro, se restrinjan o se aprueben en un plazo más breve si cumplen uno de los siguientes criterios de exclusión:

- Sustancias carcinógenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción de las categorías 1A o 1B según el Reglamento sobre clasificación, etiquetado y envasado;
- Sustancias persistentes, bioacumulativas y tóxicas;
- Disruptores endocrinos; y
- Sustancias muy persistentes y muy bioacumulativas.

Por tanto, es muy probable que la gama de sustancias activas biocidas a

disposición de los formuladores para desarrollar nuevas pinturas antiincrustantes disminuya en el futuro.

Al igual que los biocidas, los recubrimientos antiincrustantes deben registrarse en los lugares en los que vayan a utilizarse. En este caso, el registro suele correr a cargo del fabricante de la pintura. Es poco probable que los fabricantes de pinturas asuman el gasto que supone el registro de una pintura sin un beneficio en términos de rendimiento, medio ambiente o costes, o sin la necesidad de sustituir una sustancia activa biocida que ya no esté aprobada o disponible.

Para demostrar el rendimiento antiincrustante y convencer a los armadores y operadores, la pintura antiincrustante debe ser probada en diferentes condiciones ambientales durante un período significativo (normalmente >3 años) en múltiples parches de prueba y aplicaciones en buques completos. El plazo y el alcance de las pruebas dependerán de si se trata de un nuevo desarrollo o de una modificación de un producto actual. El coste reglamentario para los fabricantes de pinturas puede variar enormemente en función del plazo de aprobación de la sustancia activa obtenido (de 5 a 10 años).

## INNOVACIÓN PROMETEDORA

Tanto la industria de los recubrimientos como la de los biocidas han estado trabajando en enfoques innovadores para optimizar la liberación controlada de sustancias biocidas. Uno de estos enfoques -la tecnología de encapsulación- es una innovación prometedora para la liberación controlada de biocidas, con el fin de maximizar el rendimiento de la pintura al tiempo que se gestiona el riesgo para el hombre y el medio ambiente.

La tecnología de encapsulación puede ofrecer:

- Una tasa de liberación de biocidas más lineal y predecible entre intervalos de dique seco;
- Tasas de liberación más bajas y controladas que proporcionan pinturas antiincrustantes marinas más sostenibles desde el punto de vista medioambiental, al tiempo que ofrecen un rendimiento completo frente a los

organismos objetivo;

- Reducción de la biodisponibilidad de sustancias peligrosas en las pinturas antiincrustantes para ofrecer productos más seguros durante el almacenamiento, la manipulación y la aplicación por pulverización.
- Mejora de las evaluaciones generales de los riesgos para el medio ambiente y las personas en el nivel de autorización del producto, lo que convierte a la tecnología encapsulada en una solución más sostenible desde el punto de vista normativo para la industria.

## CONCLUSIONES

Los armadores y operadores están sometidos a una presión cada vez mayor para controlar los costes y cumplir con las emisiones a la atmósfera y al mar. Como parte de este cumplimiento, deben confiar en el control de las incrustaciones basado en recubrimientos biocidas o sin biocidas, que cumplan las normativas nacionales e internacionales.

Aunque los sistemas antiincrustantes siguen siendo eficaces sólo en determinados sectores y conllevan complejos requisitos de aplicación, es probable que las opciones biocidas sigan dominando el mercado a corto y medio plazo.

Dado que la gama disponible de biocidas registrados puede reducirse año tras año, las empresas de pintura necesitan acceder a nuevos biocidas para desarrollar recubrimientos de cascos subacuáticos nuevos y más predecibles. Los armadores pueden contribuir a ello colaborando estrechamente con los proveedores de pinturas para ayudar a sacar al mercado soluciones nuevas, innovadoras y más sostenibles para el control de las incrustaciones.

En este contexto, existe una clara necesidad de innovación continua para garantizar la disponibilidad de nuevos materiales respetuosos con el medio ambiente que permitan el desarrollo de nuevos productos para la industria naval.

**Fuente: JPCL**

**Traducción y actualización: IARCOR INTERNACIONAL**

# THE COATINGS INSPECTION WORKSHOP

## MÉXICO 2025



## ¡Éxito Total! Aforo completo y todo listo para Ciudad del Carmen

### Por IARCOR INTERNACIONAL.

Con gran entusiasmo anunciamos que la edición del The Coatings Inspection Workshop en Ciudad del Carmen ha alcanzado su aforo completo, consolidándose como uno de los eventos más esperados y mejor acogidos del año en materia de inspección, recubrimientos y protección contra la corrosión.

Desde la apertura de inscripciones, la respuesta fue inmediata. En cuestión de días, decenas de profesionales de distintas regiones de México y América aseguraron su participación, motivados por la propuesta técnica, la modalidad práctica y el enfoque aplicado que caracteriza a este tipo de encuentros organizados por IARCOR.

Esta edición fue diseñada con estándares de excelencia: estaciones técnicas interactivas, más de 20 equipos de inspección y medición profesional, instructores certificados con amplia experiencia en campo, y un formato rotativo que permite a cada participante experimentar procesos reales de control de calidad antes, durante y después de la aplicación de recubrimientos.

Hoy, a semanas del inicio, podemos decir con orgullo que todo está listo. Cada detalle logístico ha sido afinado: los equipos calibrados, las fichas técnicas distribuidas, los materiales preparados y el equipo de coordinación totalmente organizado. Nos encontramos listos para recibir a los asistentes con la calidad y rigurosidad que merecen.

Ciudad del Carmen se convierte así en el epicentro técnico de la inspección industrial. Este evento no solo representa una oportunidad de aprendizaje práctico, sino también un espacio de conexión,

THE COATINGS INSPECTION WORKSHOP  
MÉXICO 2025

**100% GRATIS**  
**¡INSCRÍBETE AHORA!**

**08 - 09**  
**AGOSTO**

**Ciudad del Carmen**  
Campeche - Av. Camarón #815

Un evento oficial de **IARCOR INTERNACIONAL**, con el auspicio y respaldo de:

AmazoniaEC RAMXA DeFelsko Inspection Instruments PPG

+593 961 811 505 info@iarcor.com www.iarcor.com

actualización y fortalecimiento profesional para quienes enfrentan desafíos reales en mantenimiento, corrosión e ingeniería de superficie.

Agradecemos profundamente a cada profesional que confió en nosotros, se registró y se sumó a esta experiencia. Su interés y compromiso demuestran que la industria técnica en nuestra región está viva, en evolución y con ganas de seguir aprendiendo.

A quienes no lograron inscribirse esta vez, ¡no se preocupen! Ya estamos trabajando en nuevas ediciones del Workshop en distintos países del continente. Muy pronto anunciaremos nuevas fechas y sedes para que más profesionales puedan vivir esta experiencia.



## ¡Atención, Ecuador! Inscripciones abiertas para el The Coatings & Corrosion Weekend – 2025

Por IARCOR INTERNACIONAL.

Después del éxito rotundo en nuestras ediciones anteriores y con aforo completo en Ecuador, nos complace anunciar que Quito será la siguiente sede del The Coatings & Corrosion Weekend, el evento técnico que está transformando la forma de aprender sobre inspección y control de calidad en proyectos de recubrimientos.

Esta edición, organizada con la misma rigurosidad técnica y logística que caracteriza a IARCOR, hace un llamado a todos los profesionales del Ecuador: ingenieros, inspectores, técnicos, jefes de mantenimiento y especialistas en recubrimientos e integridad industrial.

Además, extendemos la invitación a estudiantes de universidades, quienes podrán participar de manera gratuita, accediendo a una experiencia formativa de alto nivel que les permitirá acercarse a

las realidades del campo profesional y fortalecer su perfil desde la etapa académica.

Durante 3 días, los participantes tendrán sesiones de charlas técnicas y rotarán por estaciones prácticas donde trabajarán con equipos reales de inspección y medición, replicando cada etapa crítica del proceso técnico: desde la preparación superficial, aplicación de recubrimientos, hasta el control de calidad post-aplicación. Todo en una jornada intensa, didáctica.

Las ediciones anteriores han sido un éxito total. Tanto en eventos internacionales como en jornadas dentro del país, hemos visto una respuesta entusiasta y creciente por parte de la comunidad técnica.

Cada evento ha sido una oportunidad para reunir a líderes del sector, compartir

buenas prácticas y fortalecer el estándar de calidad con el que operamos en la industria.

Hacemos un llamado a todos los profesionales del Ecuador: ingenieros, inspectores, técnicos, jefes de mantenimiento y estudiantes avanzados. Este evento es una oportunidad única de formación aplicada, networking técnico y actualización profesional.

La demanda ha sido alta en cada ciudad donde aterrizamos. Para asegurar tu participación en esta edición, solo debes ingresar a nuestro sitio web oficial [www.iarcor.com](http://www.iarcor.com), sección Eventos, donde encontrarás toda la información detallada, fechas, lugar, requisitos y el formulario de inscripción. Recuerda que los cupos son limitados. ¡No te quedes fuera!



# Lanzamiento del programa como Inspector de Recubrimientos Protectores - IARCOR CIP

Lanzamos oficialmente el nuevo programa de certificación profesional: IARCOR CIP, dirigido a quienes lideran o ejecutan tareas de inspección técnica en proyectos de recubrimientos industriales.

Este programa de certificación se alinea con los más altos estándares internacionales y ofrece tres niveles progresivos de certificación, diseñados para adaptarse a tu experiencia, responsabilidades y objetivos profesionales. Los participantes desarrollarán competencias clave en control de calidad, interpretación de normativas, preparación de informes, verificación de procesos, uso de instrumentos de inspección y criterios de aceptación técnica aplicados en campo.

Si deseas más información sobre requisitos, niveles, fechas, modalidad o contenidos del programa, puedes acceder directamente desde nuestro sitio web: [www.iarcor.com](http://www.iarcor.com)

**CERTIFICACIÓN**  
**INSPECTOR DE RECUBRIMIENTOS**  
**"IARCOR CIP"**

Este programa ha sido diseñado bajo estándares internacionales como ISO, ASTM, SSPC, NORSOK y capacita a los profesionales para inspeccionar, evaluar y documentar sistemas de recubrimiento en distintas industrias, garantizando calidad, seguridad y cumplimiento normativo en cada proyecto. Ideal para quienes desean avanzar en su carrera dentro del control de calidad y la protección contra la corrosión.

**¡ INSCRIPCIONES ABIERTAS !**

Consulta el cronograma en nuestro sitio web.
 **80 Horas** Clases teóricas y prácticas
 **Modalidad Híbrida** Clases teóricas online Clases prácticas presenciales

+593 961 811 505
 [info@iarcor.com](mailto:info@iarcor.com)
[www.iarcor.com](http://www.iarcor.com)



## ¿Ya escuchaste el podcast técnico de IARCOR en TikTok?

Si aún no lo haces, esta es tu oportunidad de conectarte con una nueva forma de aprender, compartir y reflexionar sobre lo que pasa en el mundo de los recubrimientos industriales y la protección contra la corrosión.

Nuestro podcast en formato corto, disponible en TikTok, ya cuenta con múltiples episodios publicados que abordan temas reales y relevantes para técnicos, inspectores, supervisores y estudiantes del sector. Hablamos sobre errores comunes en campo, recomendaciones prácticas, criterios de inspección, reflexiones técnicas y experiencias. Gracias a su formato ágil y directo, hemos logrado un alto nivel de visualización y participación en cada capítulo.

Este podcast es parte del compromiso de IARCOR por acercar el conocimiento técnico de manera accesible, moderna y constante. Si tienes poco tiempo pero muchas ganas de mantenerte actualizado, este espacio es para ti.

## Sé parte activa de la comunidad técnica de IARCOR

En nuestras redes compartimos contenidos exclusivos, convocatorias, publicaciones técnicas, galerías de eventos, historias de participantes y mucho más.

Síguenos como [@iarcorinternacional](https://www.instagram.com/iarcorinternacional) en todas las plataformas: TikTok, Instagram, Facebook, LinkedIn y YouTube.



En IARCOR, fomentamos la conexión entre empresas del sector, fortaleciendo redes de colaboración que impulsan la innovación y el crecimiento en la industria. A lo largo del tiempo, este vínculo empresarial se ha expandido, permitiendo que más profesionales accedan a servicios y soluciones especializadas.



**Amazonia EC**

Se especializa en ingeniería y desarrollo de proyectos industriales, ofreciendo servicios de alta calidad respaldados por un equipo técnico altamente capacitado. Su enfoque en la excelencia y el soporte inmediato garantiza soluciones eficientes para cada desafío industrial. **EEUU / Ecuador**

✉ [servicios@amazoniaec.com](mailto:servicios@amazoniaec.com) ☎ +593 98 452 3912 🌐 [www.amazoniaec.com](http://www.amazoniaec.com)

**BlastPro**

Es un referente en la venta y alquiler de equipos y productos para preparación superficial, aplicación de recubrimientos e inspección. Su amplio catálogo de soluciones, junto con una asesoría personalizada, permite a cada cliente encontrar la mejor opción para sus necesidades operativas. **Perú / Ecuador / EEUU**

✉ [info@blast-pro.com](mailto:info@blast-pro.com) ☎ +593 98 875 7768 🌐 [www.blast-pro.com](http://www.blast-pro.com)



**Defelsko**

Con más de 60 años de trayectoria, Defelsko es la marca líder en el mercado de equipos de inspección, ofreciendo más de 70 modelos diseñados para garantizar precisión y confiabilidad. Su constante innovación en tecnología y mantenimiento asegura equipos de alto desempeño para la industria. **EEUU**

¿Quieres ser sponsor de IARCOR y salir en la revista?  
 Contáctanos a: [info@iarcor.com](mailto:info@iarcor.com)

LINKS DE INTERÉS



<b>Leer más artículos y blogs</b>	<a href="http://www.iarcor.com/blogs/">www.iarcor.com/blogs/</a>
<b>Entrenamiento y certificación</b>	<a href="http://www.iarcor.com/certificaciones/">www.iarcor.com/certificaciones/</a>
<b>Próximos eventos</b>	<a href="http://www.iarcor.com/eventos/">www.iarcor.com/eventos/</a>
<b>Sobre nosotros</b>	<a href="http://www.iarcor.com/quienes-somos/">www.iarcor.com/quienes-somos/</a>

# SENKO

EQUIPOS DE PINTURA INDUSTRIAL

## Rendimiento profesional. SENKO 795 Contractor Pro



- ⊗ Presión máxima: 3300 psi (227 bar)
- ⊗ Caudal: 3.6 L/min
- ⊗ Motor sin escobillas de alto rendimiento
- ⊗ Marco reforzado y ruedas todo terreno



+593 98 452 3912



info@senko-japan.com



www.senko-japan.com



Capacitación y certificación especializada

✉ [info@iarcor.com](mailto:info@iarcor.com)

☎ +593 96 181 1505

🌐 [www.iarcor.com](http://www.iarcor.com)



[/iarcor internacional](#)



[/iarcor\\_internacional](#)



[/IARCOR INTERNACIONAL](#)



[/IARCORINTERNACIONAL](#)



[/IARCOR INTERNACIONAL](#)

#### CRÉDITOS EDITORIALES

**Redacción:** IARCOR INTERNACIONAL

**Diseño y Maquetación:** Edison Guaman

**Colaboradores Técnicos:** Gabriel Herrera, Danilo Ávila

**Publicación:** Quito, Ecuador - 2025

**Derechos Reservados:** Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida en forma alguna sin autorización previa por escrito de IARCOR INTERNACIONAL.

**Contacto:** [www.iarcor.com](http://www.iarcor.com) – [info@iarcor.com](mailto:info@iarcor.com)