



MATERIAL DE CAPACITACIÓN · AS-C-015 · VERSIÓN 01

Protección catódica y renovación de ánodos

Fundamentos, selección, inspección y verificación en buques y lanchas

Ocho charlas y cinco talleres · Nivel técnico básico · 18 horas



Objetivo y alcance

Para qué sirve

Comprender por qué se corroen los metales sumergidos y cómo interviene la protección catódica; saber qué verificar antes y después de renovar un ánodo, y cuándo una observación exige el diagnóstico de un especialista en lugar de otra sustitución.

A quién va dirigido

Supervisores e ingenieros de mantenimiento; técnicos de obra viva, ejes, hélices y propulsión; inspectores y peritos; compras técnicas; armadores y operadores de embarcaciones menores y fluviales.

Tres preguntas estructuran el curso

- 1 Qué repuesto corresponde:** el del agua de operación, no el que encaja en los mismos tornillos.
- 2 Cómo se conecta:** una fijación mecánica impecable puede no conducir.
- 3 Cómo se comprueba:** que el sistema protege, no solo que la pieza está bien puesta.

La corrosión marina no es un desgaste: es un circuito eléctrico. Entenderlo convierte el cambio de ánodos de una costumbre en una decisión técnica.

Formato

18 horas

6 h de charlas, 8 de talleres, 2 de casos y 2 de evaluación.

Teoría virtual o presencial; talleres presenciales

Examen de 20 preguntas; aprobación 80 % y todas las reglas críticas.

Ocho charlas, cinco talleres y cuatro casos



Distribución de las 18 horas

Charlas • 6 h	Talleres • 8 h	Casos • 2 h	Evaluación • 2 h
---------------	----------------	-------------	------------------

La teoría admite modalidad a distancia; los talleres no: la competencia se demuestra con muestras, documentos e instrumentos reales.

Qué cubre, qué no cubre y qué no otorga

Cubre

- Corrosión marina y corrientes parásitas.
- Funcionamiento del ánodo y selección del material según el agua.
- Sistemas a bordo, continuidad del eje y hélice.
- Repuesto, trazabilidad y restricciones de ubicación.
- Inspección, criterio de renovación y controles de seguridad.
- Verificación del sistema.

No cubre: frontera del curso

- Diseño y cálculo de un sistema de protección catódica.
- Operación o reparación de sistemas de corriente impresa.
- Buceo.
- Soldadura.
- Reparación eléctrica.

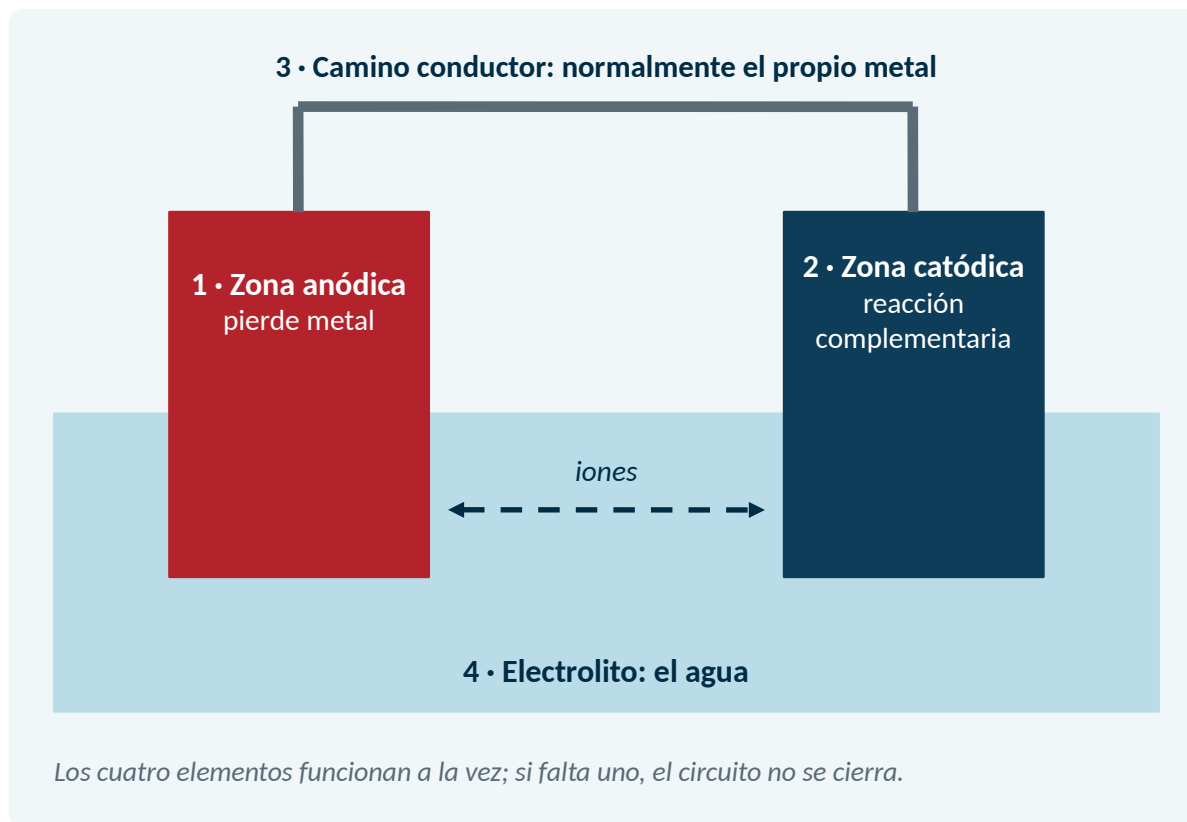
Se nombran como frontera: exigen competencia y autorización propias.

No otorga

- NO constituye ni conduce a las certificaciones internacionales de personal en protección catódica.
- NO otorga licencia de buzo ni libreta de buceo, ni habilita para trabajos submarinos.
- NO habilita para soldar, intervenir instalaciones eléctricas ni ingresar a espacios cerrados.
- No reemplaza el manual, el plano de protección ni el procedimiento autorizado.

Competencia de egreso: reconoce el sistema, decide y verifica un repuesto, registra una inspección con criterio y distingue montaje de protección.

No es desgaste: es un circuito



Quite cualquiera de los cuatro y la corrosión se detiene

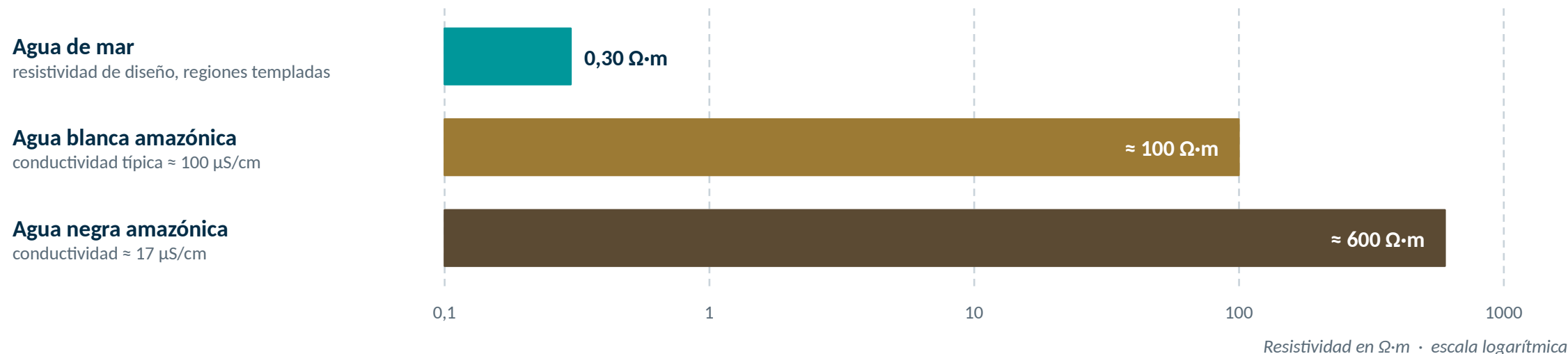
La protección catódica no neutraliza ni recubre nada: interviene el circuito. Todo lo demás del curso son formas de intervenirlo.

Cómo se ve el daño

La picadura localizada es más peligrosa que la pérdida uniforme: perfora antes y cuesta más detectarla. Una zona con la pintura levantada alrededor de un accesorio no es un problema de pintura: es una pista.

El metal sumergido no se gasta por el roce del agua: se disuelve porque funciona como parte de una pila que nadie quiso construir.

Mar y río: dos o tres órdenes de magnitud



En el mar

El circuito de corrosión funciona con facilidad —por eso el acero se come— y el de protección también.

En el río

Corroe menos, pero proteger cuesta mucho más: la corriente que un ánodo puede entregar se desploma.

300 a 2000

veces mejor conduce el mar que un río amazónico

Guarde este dato: en la charla 4 decide el material del ánodo, y en el caso de la lancha que baja al Callao es lo único que importa.

Dos metales conectados: la pareja galvánica

Corrosión galvánica

Dos metales distintos, conectados eléctricamente y en el mismo electrolito: el más activo se corroe más rápido que si estuviera solo, y el otro, menos. Eje inoxidable con hélice de bronce; casco de acero con accesorio de bronce.

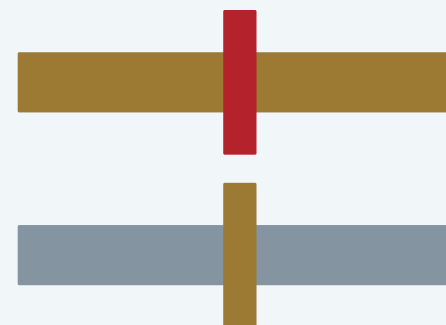
La serie galvánica depende del medio

Una serie medida en agua de mar no sirve para agua dulce, caliente ni con sulfuros. Usarla sin saber dónde se midió es adivinar con aspecto de rigor.

Antes de cambiar una pieza por otra de otro metal

¿Queda conectada a los demás metales? ¿Su área es pequeña comparada con el resto? Dos síes son una pieza que se va a comer.

LA RELACIÓN DE ÁREAS DECIDE LA GRAVEDAD



Tornillo de acero en plancha de bronce
dura muy poco

Plancha de acero con tornillo de bronce
casi ni lo nota

Un área catódica grande concentra la corriente en un ánodo pequeño.

Una lancha de fibra también se corroe

El casco no, pero sí la hélice, el eje, el timón, los herrajes, las tomas de agua y el conjunto inferior del motor.

Cambiar una pieza sumergida por otra de distinto metal «porque era lo que había» crea una pareja galvánica que nadie evaluó.

Una corriente que no debería estar ahí

	Par galvánico	Corriente parásita
Fuente	Diferencia natural de potencial entre dos metales	Externa: instalación eléctrica, soldadura, conexión de muelle, batería o cargador
Magnitud	Cientos de milivoltios	Puede ser de decenas de voltios
Velocidad del daño	Meses o años	Días o semanas

Qué corresponde: documentar y pedir diagnóstico

- Registrar qué cambió y cuándo, qué se observa y dónde, con fotos desde una posición repetible y el historial de consumo.
- El diagnóstico es trabajo eléctrico: instalación, puesta a masa, aislamientos y, si corresponde, potenciales.
- Separar lo observado («ánodo al 80 % en tres meses») de lo supuesto («hay una fuga»).

Cuatro señales que deben levantar la sospecha

1 Cronología

El daño empezó tras un trabajo eléctrico, un equipo nuevo, un cambio de muelle o de conexión a tierra.

2 Velocidad

La pieza se perdió en días o semanas, no en años.

3 Consumo anómalo

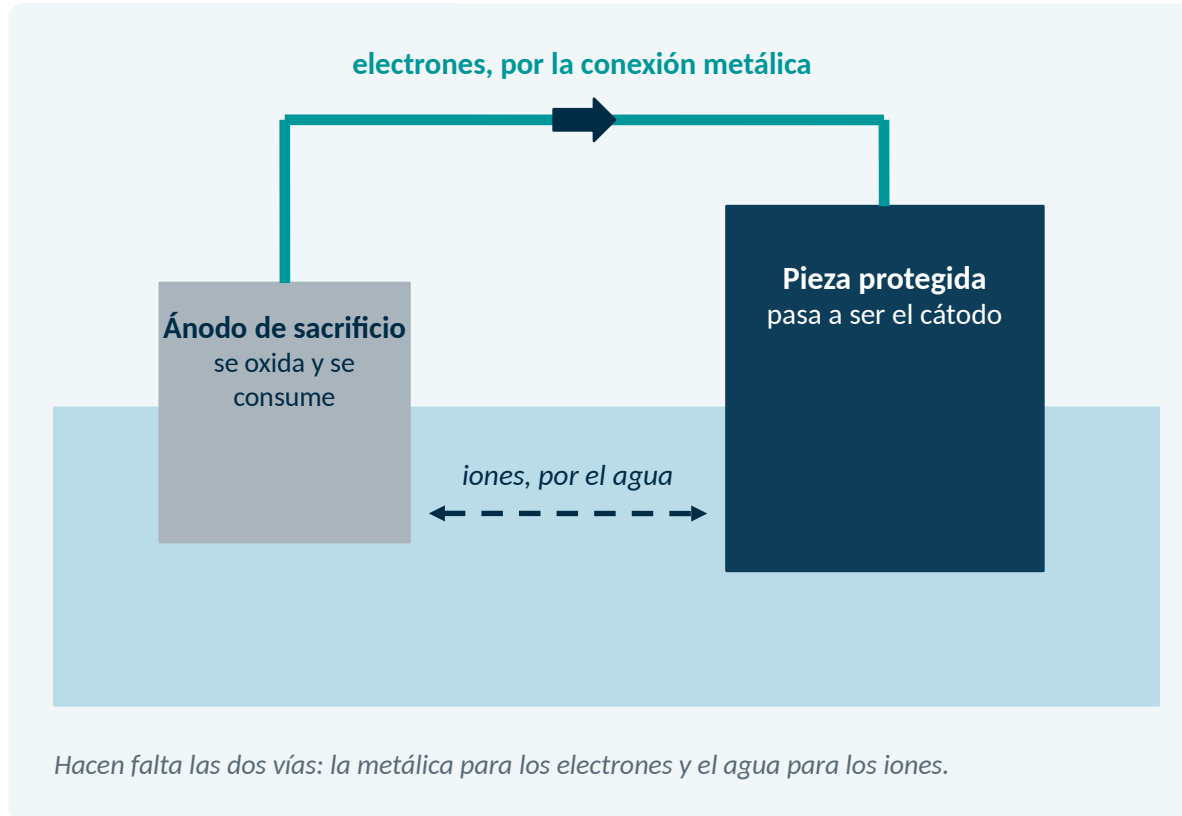
Un ánodo que desaparece antes de lo previsto: alguien le está pidiendo corriente.

4 Localización

Daño concentrado junto a un paso de cable, una bomba, un transductor o una conexión.

Poner más ánodos alimenta la fuga más tiempo y borra la única señal de alarma: se quita el síntoma y se conserva la causa.

Convertir la pieza importante en cátodo



Tres condiciones, las tres juntas

- 1 Material compatible**
con la aplicación y con el agua de operación (charla 4).
- 2 Conexión conductora verificada**
Una fijación firme no garantiza continuidad: óxido, pintura en la rosca, sellador o una arandela aislante sujetan y no conducen.
- 3 Superficie activa expuesta al agua**
sin pintura, grasa, incrustación ni costra de productos de corrosión.

Dos de tres es cero.

Un ánodo junto a la pieza pero sin conexión eléctrica no protege nada: se ve bien en la foto y es decorativo.

Un ánodo pintado no protege nada

Por qué no se pinta

- La pintura aísla la superficie activa del agua: sin transporte de iones, el circuito no se cierra.
- El ánodo conserva toda su masa durante años, y se lee como si la protección fuera bien.
- No pintar se refiere a la superficie activa; el soporte y el casco bajo el ánodo dependen de la instalación.
- Error habitual: pintar en dique con el ánodo puesto, o montarlo sobre pintura fresca sin limpiar contactos.

Pintura y ánodos se reparten el trabajo

- El recubrimiento protege mientras está íntegro, y se golpea, se raya y se desgasta.
- Los ánodos cubren lo que la pintura deja al descubierto: se dimensionan con un factor de degradación del recubrimiento que crece con los años.
- Anticorrosiva y antiincrustante no son lo mismo ni se sustituyen.
- Algunos recubrimientos deben estar precalificados frente al desprendimiento catódico.

Lo que la protección catódica no hace

- Controla la corrosión.
- No recupera el espesor perdido, no rellena una picadura, no repara una pieza debilitada ni corrige un error de material.
- Si aparece daño estructural, el ánodo nuevo no lo resuelve: la pieza se evalúa aparte, y esa evaluación no forma parte de la renovación.

Ejemplo Ánodos de casco casi íntegros tras dos años, informe «conforme» y picaduras en el acero alrededor: en la última pintada de dique les pasaron el rodillo junto con el casco. Masa completa, protección cero.

El agua decide el material

Material	Agua de operación	Consumo aprox.	Límites y observaciones
Aleación de aluminio	Mar y salobre	3,5 kg/(A·año)	No es normalmente eficaz en agua dulce: sus activadores, indio o galio, necesitan cloruros. No existe un umbral numérico de cloruros normalizado.
Zinc	Mar	11,2 kg/(A·año)	Hasta unos 50 °C protegiendo acero, 60 °C como máximo absoluto; pH de 5 a 10. Para 60 a 80 °C hay aleaciones específicas, que se piden como tales.
Magnesio	Dulce	7,3 kg/(A·año)	Rara vez en el mar: sobreprotección y baja eficiencia. No en cascos de aluminio. PROHIBIDO en tanques con vapores inflamables y en los adyacentes.

Masa consumida para entregar 1 A durante un año



Ojo con la cita: agua salobre

Usar aluminio en agua salobre es práctica de la industria, no criterio normalizado. Lo que advierte la guía es que la caída de tensión se vuelve significativa y la corriente es difícil de controlar.

Antes de aceptar un repuesto, en este orden: ¿en qué agua opera? · ¿qué aleación específica el documento para esa agua? · y solo entonces, ¿encaja en la fijación?

Del Ucayali al Callao, y de vuelta

Ida • río
agua blanca $\approx 100 \Omega \cdot m$

Campaña de tres meses en el Callao
agua de mar $0,30 \Omega \cdot m$

Regreso • río
¿qué corresponde al volver?

Qué cambia

- El medio, en dos o tres órdenes de magnitud.
- La resistencia del ánodo depende de la resistividad del medio: lo que funciona en el río puede no entregar corriente útil en el mar, y al revés.
- El aluminio no se activa sin cloruros; el magnesio rara vez va al mar.

Qué reunir antes de comprar

- Manual del motor y de la transmisión.
- Referencias de ánodo que el fabricante admite para cada posición.
- Ruta por tramos, con la duración de cada estadía.
- La pregunta expresa de qué hacer al volver al río.

Las aguas amazónicas no son uniformes

Hay tramos del Maraón y del Ucayali por encima de $400 \mu S/cm$, por aportes salinos andinos, que se clasifican aparte. La ruta real es información técnica.

Por validar

No se localizó una serie publicada de conductividad de los tramos navegables; la salinidad del Callao (18,3 a 34,7 ups) es de marzo de 2002.

«En el río funcionan bien» es cierto y es irrelevante: por eso mismo pueden no servir en el mar.

Primero, identificar el sistema

Sistema galvánico

- Metal más activo conectado a la pieza, que se consume.
- No necesita alimentación.
- Mantenimiento: renovar el consumible y comprobar montaje y estado.

Corriente impresa (ICCP)

- Fuente de corriente continua, ánodos que no se consumen igual, electrodos de referencia y control.
- Hay elementos aislados del casco por diseño: no se conectan.
- Mantenimiento: el manual del sistema, sus lecturas y alarmas.

Dónde está la información

- Buque: plano del sistema e inventario de ánodos.
- Lancha: manuales del motor y la transmisión, no la memoria del mecánico.
- Fuera de borda: ánodos visibles y, en algunos modelos, internos en la refrigeración.

Antes de hablar de renovar, por escrito:

1 Qué sistema es

2 Qué documento lo describe

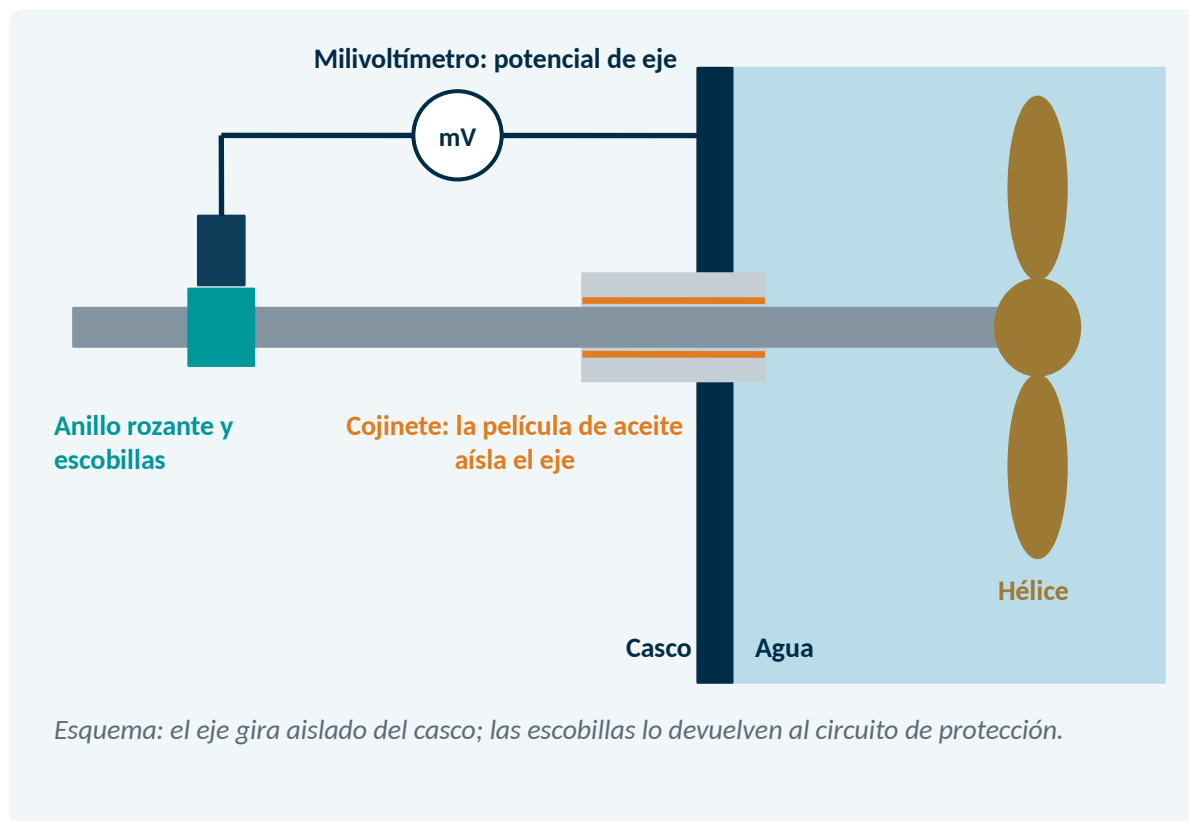
3 Quién es el responsable técnico



Si falta uno:
«renovación pendiente de aclaración técnica»

Trasladar a la corriente impresa la regla de «conectarlo todo» del ánodo galvánico es una forma segura de estropear un sistema caro.

La hélice no se protege a través del eje



Dos consecuencias del aislamiento

- Aparece un potencial de eje que corroe las superficies del cojinete.
- La hélice y el núcleo quedan sin protección: no hay camino conductor hasta ellos.

$\leq 1 \text{ m}\Omega$

contacto, cojinete
lubricado con agua

$\leq 10 \text{ m}\Omega$

contacto, cojinete
lubricado con aceite

$\leq 40 \text{ mV}$

potencial de eje, salvo
especificación distinta

Valores recomendados por la guía de protección catódica de buques de la sociedad de clasificación.

No es una puesta a tierra de seguridad: incorpora la hélice al circuito.

Escobillas que nadie mira suelen estar desgastadas, sucias o con el anillo oxidado: un hallazgo barato de encontrar y caro de ignorar.

La ficha mínima de compra: cinco campos

Si falta alguno, se consulta al fabricante o al responsable técnico antes de aceptar un equivalente. Los campos 3 y 4 son los que más se omiten.

1 Equipo: marca y modelo, o identificación del plano de protección del buque.

2 Referencia y aleación: con la trazabilidad del repuesto: saber después qué se instaló.

3 Dimensiones y fijación: tipo de fijación y accesorios correspondientes.

4 Material protegido y agua: material del componente y aguas de operación.

5 Instrucciones del fabricante: instalación y criterio de sustitución.

«Encaja en los mismos tornillos» no es una especificación

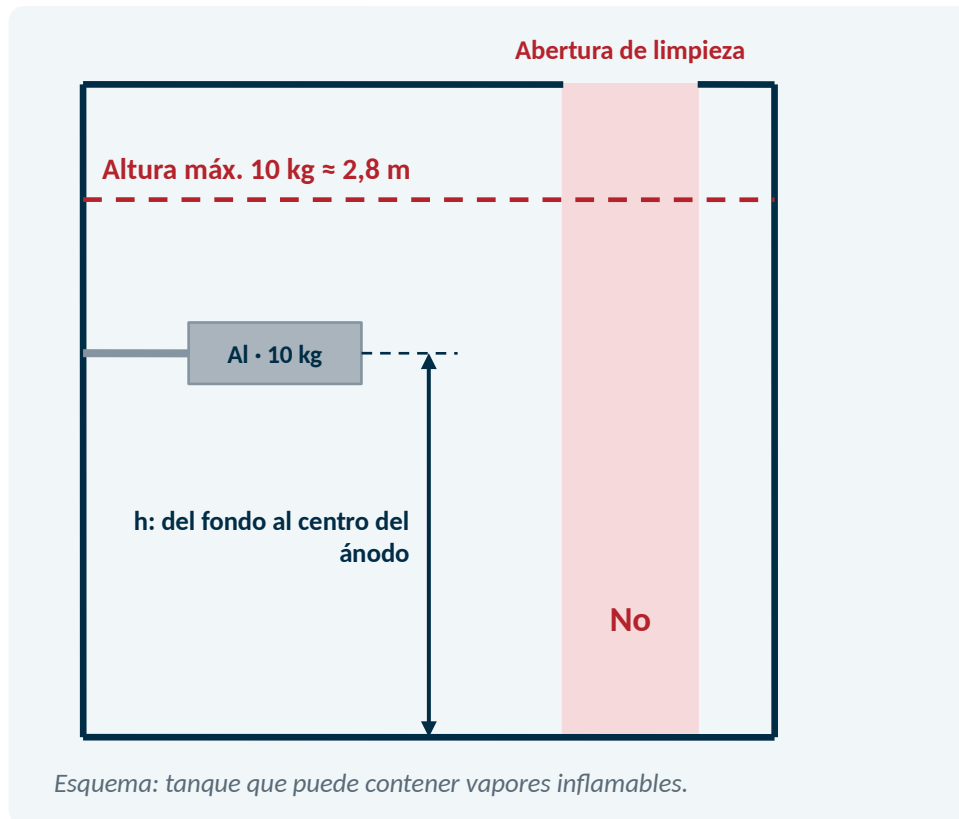
Misma forma, peso y agujeros pueden ser aleaciones distintas. Entre un aluminio convencional y uno de bajo voltaje hay centésimas de activador y potenciales de trabajo claramente distintos.

Especificaciones de material

- Zinc y magnesio: especificaciones ASTM.
- Aluminio: especificación militar de EE. UU. y requisitos de fabricación de DNV-RP-B401.
- Se citan en la orden de compra y se exige el certificado de lote.

Si el proveedor responde a las cinco preguntas, es un buen proveedor. Si responde «es el mismo», lo que está vendiendo es la forma.

La regla de los 275 julios



$$E = m \cdot g \cdot h \leq 275 \text{ J}$$

= 28 kg·m (requisito unificado) = 200 lb·pie (reglamentación de EE. UU.)

Cómo se mide

- Masa: la del ánodo al instalarlo, incluidos insertos y fijaciones.
- Altura: desde el fondo del tanque hasta el centro del ánodo.
- Excepción: sobre una superficie horizontal de al menos 1 m de ancho con brida o planchuela de borde de al menos 75 mm, se mide desde esa superficie.
- Nunca debajo de escotillas ni aberturas de limpieza, salvo estructura adyacente que lo proteja.

Regla práctica: $h \text{ máx. (m)} \approx 27-28 \div \text{masa (kg)} \cdot 10 \text{ kg} \rightarrow 2,8 \text{ m} \cdot 12 \text{ kg} \rightarrow 2,3 \text{ m}$

Aplica a todo tanque que pueda contener vapores explosivos o inflamables, no solo a los de carga: un ánodo que se desprende y cae puede hacer una chispa.

Magnesio: no hay cálculo, no va

Ánodos de magnesio

- No se admiten en tanques que puedan contener vapores explosivos o inflamables.
- Tampoco en los tanques adyacentes a ellos.
- No hay límite de altura porque no hay permiso.
- Donde sí se permiten, en otros tanques, debe haber venteo adecuado.

Ni ahí, ni en el tanque de al lado.

DÓNDE ESTÁ LA REGLA

Fuente	Qué dice
Requisito unificado F1 de IACS	Origen sectorial. Magnesio no permitido en tanques de carga de petróleo ni adyacentes; aluminio solo donde la energía potencial no exceda 28 kg·m.
Reglas de clase, protección contra la corrosión	275 J; define cómo se miden masa y altura; alcanza a todo tanque con vapor inflamable y a sus adyacentes.
Guía de otra sociedad de clasificación	275 J como energía al desprenderse; magnesio no aceptable.
Reglamentación federal de EE. UU.	200 lb·pie; altura máxima de 6 pies; al menos dos conexiones soldadas o empernadas; magnesio prohibido.

NO está en SOLAS, ni en el Código IBC, ni en el IGC

En el Código IBC «ánodos» aparece dos veces, ambas de corriente impresa. Citarla como regla de SOLAS es un error que un inspector detecta en el acto.

Punto de control: masa al instalar × altura al centro × gravedad. Si pasa de 275 J, la ubicación no es válida. Si es magnesio, no hay cálculo que hacer.

Cuándo renovar y qué registrar

≈ 50 %

Criterio práctico

Renovar con un consumo aproximado del 50 % o más. Lo establece la guía de protección catódica de buques de la sociedad de clasificación.

0,7 – 0,95

Factor de utilización

Masa realmente aprovechable antes de que falle la geometría. Es el criterio de ingeniería que da la vida del ánodo.

Atribución corregida

El 50 % no procede de un fabricante de fuera de borda: sus manuales dan guía cualitativa —revisar, retirar la costra, no pintar, consultar— sin umbral numérico.

Poco desgaste no prueba buena protección

Puede estar pintado, desconectado o fuera del agua parte del tiempo.

Registro de inspección: cinco campos

- 1 Identificación de la pieza y foto desde una posición repetible.
- 2 Consumo estimado y el método con que se estimó.
- 3 Estado de fijaciones, conexiones y recubrimientos próximos.
- 4 Cambios de hélice, accesorios u operación desde la última inspección.
- 5 Daño visible del componente y comparación con registros anteriores.

Mucho desgaste no prueba mal material

Puede haber corriente parásita, más superficie desnuda, cambio de agua o un ánodo mal dimensionado.

Las dos son observaciones: se cruzan con las conexiones, el medio, la documentación y las mediciones antes de concluir.

Renovar a flote es buceo comercial

La hélice no tarda veinte minutos en girar

Una investigación oficial británica de 2009 documenta a un buzo enredado y arrastrado hacia las palas de una hélice en giro, en una operación que todos habrían considerado menor.

Marco peruano vigente desde enero de 2025

Disposiciones de la autoridad marítima sobre formación, certificación y seguridad de buzos y empresas de trabajos submarinos. Se exige licencia de buzo y libreta de buceo.

Por validar

El anexo de la resolución de buceo no se publicó en el diario oficial: obtenerlo antes de fijar la cláusula de alcance.

Antes de autorizar una intervención submarina

- 1 Coordinación formal con la embarcación.
- 2 **Bloqueo y etiquetado de la propulsión y de los propulsores transversales.**
- 3 **Confirmación escrita de que no se accionarán durante la inmersión.**
- 4 Aviso a las embarcaciones próximas.
- 5 Plan de buceo.
- 6 Supervisor y empresa habilitados conforme a la norma.
- 7 Plan de emergencia.

Este curso no autoriza nada de eso: da la capacidad de preguntar si existe, y de no autorizar el trabajo cuando no existe.

La renovación en ocho pasos



Tres motivos para detener: basta uno

- Fijación dañada.
- Manual ausente.
- Repuesto sin confirmar.

En seco o en dique

Soporte estable y verificado, acceso seguro, iluminación y herramienta adecuada.

Trabajos conexos

- Soldadura → trabajo en caliente.
- Ánodo en un tanque → espacios cerrados (AS-C-014).
- Desenergizar → bloqueo y etiquetado.

Es una secuencia educativa: no fija pares de apriete, herramientas abrasivas ni productos de rosca. Eso viene del manual del modelo.

Continuidad no es potencial

1 • Revisión de montaje

¿Está bien puesta la pieza? Referencia, posición, fijación y par, contactos limpios y continuidad. La puede hacer quien ejecutó el trabajo.

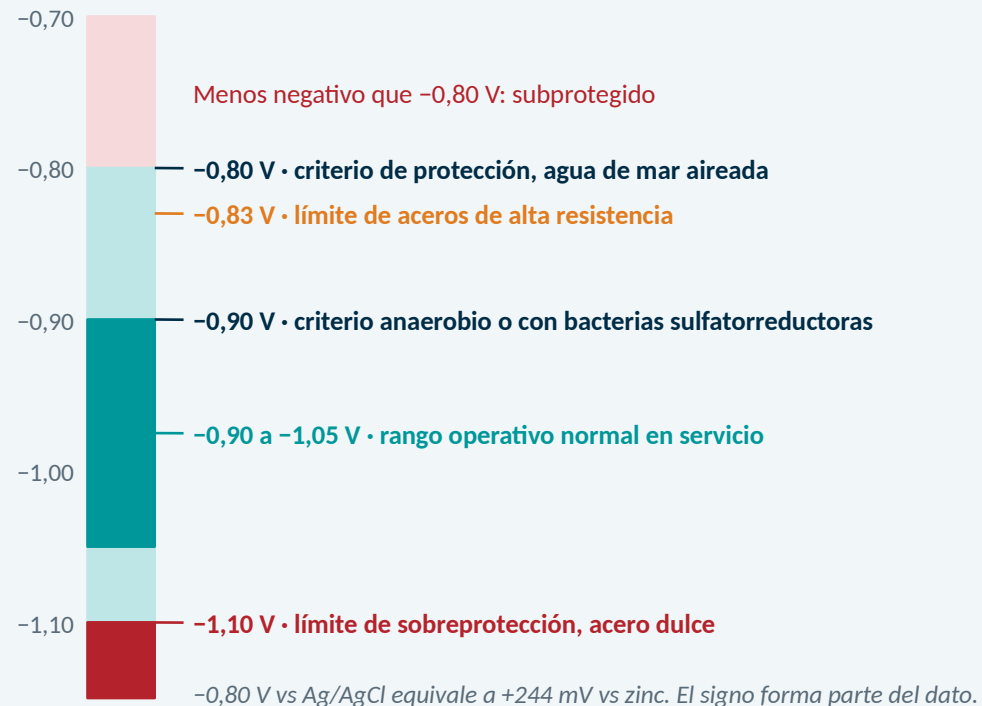
2 • Evaluación de protección

¿Está protegiendo el sistema? Si el componente alcanzó y mantiene su potencial. Es una medición electroquímica, y es otra competencia.

La trampa de los $-0,85\text{ V}$

Es el criterio de tuberías enterradas o sumergidas, contra cobre/sulfato de cobre. No es criterio marino, y ese electrodo no es estable en inmersión prolongada.

Acero en agua de mar • V vs Ag/AgCl (agua de mar)



Un potencial sin signo, sin electrodo de referencia y sin punto de medición no es un dato: es un número.

Más protección no es mejor protección

Tres daños documentados de la sobreprotección

1

Fatiga

Afecta las propiedades de fatiga del material.

2

Fragilización por hidrógeno

La reacción catódica genera hidrógeno que penetra en los aceros susceptibles y los vuelve frágiles.

3

Desprendimiento catódico

La polarización excesiva despega la pintura desde abajo: por eso los recubrimientos se precalifican.

Poner ánodos de más no es una precaución barata: es una modificación del sistema que debe calcularse.

Qué pedir en un informe: cuatro bloques

1

Componente o zona examinada, y fecha.

2

Método, instrumento y electrodo de referencia, con su calibración.

3

Condiciones de operación y valores medidos, con los puntos identificados.

4

Criterio aplicable, conclusión y acciones pendientes.

En corriente impresa, además: conservar lecturas y alarmas del equipo. Una indicación del panel se evalúa en el contexto del sistema; no es verdad por venir de una pantalla.

Un informe que dice «protección conforme» sin electrodo de referencia, puntos de medición ni criterio no está diciendo nada verificable.

Cinco talleres sobre muestras reales

Taller	Tiempo	Actividad	Evidencia que debe observarse
1. Inventario del sistema	90 min	Con planos, fotos y manuales reales: componente, sistema, documento y responsable. Incluye un fuera de borda con ánodos internos.	Completa los cuatro campos, encuentra en el manual los ánodos no visibles y escribe «pendiente de aclaración técnica» donde corresponde.
2. Inspección y consumo	90 min	Cinco muestras: consumo esperado, pintado, fijación deteriorada, casi intacto y consumo anómalo. Registro de cinco campos.	Describe antes de diagnosticar, declara el método de estimación y trata el ánodo intacto como hallazgo.
3. Continuidad en bancada	90 min	Tres ánodos idénticos: correcto, con arandela aislante y pintado. Hipótesis y medición con multímetro.	Mide los tres, no da por buena la continuidad por el apriete y explica por qué el visual no bastaba.
4. Renovación supervisada	120 min	Bancada o equipo fuera de servicio: 10 min de documentos, 20 de inspección y plan, 60 de ejecución según manual y 30 de registro.	Consulta el manual antes de actuar, prepara los contactos y reconoce el límite de su intervención.
5. Compra y verificación	90 min	Tres ofertas con distinto nivel de información; ficha de cinco campos y cálculo de energía potencial en un tanque.	Rechaza el equivalente que solo coincide en forma, redacta las preguntas al proveedor y calcula bien los 275 J.

Sin equipo en servicio, sin buceo, soldadura, trabajo eléctrico ni espacios cerrados. Mediciones en bancada sin energía de proceso; documentos anonimizados.

Dos jornadas y cómo se aprueba

Día 1 • 9 horas

- Presentación y evaluación diagnóstica.
- Charlas 1 a 4: circuito, corrientes parásitas, ánodo y materiales.
- Talleres 1 y 2: inventario e inspección de muestras.

Día 2 • 9 horas

- Charlas 5 a 8: sistema a bordo, repuesto, inspección y verificación.
- Talleres 3, 4 y 5: continuidad, renovación supervisada y compra.
- Casos, evaluación y retroalimentación.

También en tres jornadas de seis horas. El taller de compra va al final porque exige todo lo anterior; el de continuidad, antes de la renovación.

Evaluación de los talleres • 100 puntos

Inventario, con ánodos no visibles	20
Inspección: observación antes que diagnóstico	20
Continuidad medida, no supuesta	15
Manual primero y límite de intervención	25
Oferta con ficha y energía potencial	20

≥ 80 %

examen teórico: 16 de 20

≥ 80

puntos en los talleres

100 %

asistencia a los talleres
3, 4 y 5

Todas

las reglas críticas
cumplidas

Diagnóstica inicial sin nota • 24 preguntas de charla • examen final de 20 preguntas en 40 minutos.

Ocho reglas críticas

Determinan la no aprobación con independencia del puntaje. Se explican al grupo antes de la evaluación.

1 Aceptar un repuesto solo porque encaja en la misma fijación, y mantenerlo tras la explicación.

2 Proponer más ánodos como respuesta a un consumo anómalo.

3 Dar por buena la continuidad eléctrica sin medirla.

4 Montar aluminio en un tanque sin verificar la energía potencial, o magnesio en un tanque con vapores inflamables.

5 Autorizar una intervención submarina sin bloqueo verificado de la propulsión.

6 Concluir que un sistema está protegido basándose solo en la continuidad.

7 Escribir o aceptar un valor de potencial sin signo ni electrodo de referencia.

8 Emitir un diagnóstico eléctrico a partir de una fotografía.

Rúbrica de los talleres

Competente

Resuelve solo y justifica su decisión

Competente con observación menor

Error no crítico que corrige él mismo

Requiere reentrenamiento

Omite una verificación o necesita ayuda

No competente

Regla crítica o criterio mantenido

Quien incurre en una regla crítica recibe reentrenamiento del bloque y nueva evaluación: repetir el examen escrito no subsana un criterio de decisión equivocado.

Cuatro casos, un razonamiento

No tienen una única respuesta correcta: tienen un razonamiento correcto, y eso es lo que el instructor evalúa.

1

La lancha y la reparación eléctrica

Deterioro rápido tras una reparación eléctrica; el propietario culpa a los ánodos de otra marca y pide uno más.

Razonamiento: La cronología apunta a una corriente parásita. Registrar qué se intervino, dónde está el daño y cómo iba el consumo, y pedir diagnóstico eléctrico. Un ánodo más alimenta la fuga y borra la señal.

2

La lancha fluvial que baja al Callao

Del Ucayali al Callao por tres meses, con «los mismos ánodos, que en el río funcionan bien».

Razonamiento: Cambia el medio en dos o tres órdenes de magnitud. Reunir manuales, referencias por posición y ruta por tramos, y preguntar qué hacer al volver. El argumento es cierto e irrelevante.

3

El ánodo en el tanque

Reubicar dos ánodos de aluminio de 12 kg a 3 m del fondo, justo debajo de una abertura de limpieza.

Razonamiento: $12 \times 3 \times 9,81 \approx 353 \text{ J} > 275 \text{ J}$: la altura máxima ronda los 2,3 m. Y aunque diera, no van bajo aberturas. Si fueran de magnesio: prohibidos. El consumo irregular se resuelve con el diseñador.

4

Ánodos nuevos y el daño continúa

Informe «montaje conforme, continuidad verificada»; a los cuatro meses el armador pide ánodos más grandes.

Razonamiento: El informe prueba montaje, no protección. No autorizar: comprobar el alcance anterior, reunir la evidencia y pedir la evaluación de potenciales con electrodo declarado.

Lo que circula y no resiste comprobación

Afirmación que circula	Resultado de la comprobación
«El 50 % de renovación es de un fabricante de fuera de borda»	Lo establece la guía de protección catódica de buques de la sociedad de clasificación. Esos manuales no dan umbral numérico.
«La regla de los 275 J está en SOLAS, el IBC o el IGC»	No está. Su origen es el requisito unificado F1 de IACS, de donde pasó a las reglas de clase y a algunas normas nacionales.
«El criterio de protección es -0,85 V»	Es de tuberías enterradas, contra cobre/sulfato de cobre. En buques: -0,80 V contra plata/cloruro de plata.
«El zinc se limita a unos 60 °C»	Impreciso: hasta unos 50 °C protegiendo acero, 60 °C como máximo absoluto. Hay aleaciones para 60 a 80 °C.
«La norma asigna el aluminio al agua salobre»	Es práctica de industria. Lo que advierte la guía es la caída de tensión y la dificultad de controlar la corriente.
«Un fabricante de ánodos fija un umbral de consumo»	No se pudo documentar: su catálogo da una vida de servicio de uno o dos años, que es dimensionado, no límite de desgaste.

Marco peruano: no se localizó Norma Técnica Peruana sobre protección catódica ni figura en la capacitación de la APN. Sí rige, desde enero de 2025, el marco de buceo comercial.

Qué debe recordar el participante

- 1 La corrosión marina es un circuito, no un desgaste: cuatro elementos y basta con romper uno.
- 2 Un consumo anómalo es un indicador: poner más ánodos borra el síntoma y conserva la causa.
- 3 Material, conexión y superficie activa: las tres juntas, porque dos de tres es cero.
- 4 El agua de operación decide el material; que encaje en la fijación es el último criterio.
- 5 Identificar el sistema va antes que renovar; la hélice se protege por las escobillas, no por el eje.
- 6 Aluminio en tanque con vapores inflamables: máximo 275 J. Magnesio: no va. Y no es SOLAS.
- 7 Renovar a flote es buceo comercial: sin bloqueo de la propulsión no entra nadie al agua.
- 8 Continuidad no es potencial, y un potencial sin signo ni electrodo de referencia no es un dato.



Documentos y referencias relacionados

■ Plano e inventario

Plano del sistema, inventario de ánodos, manuales del equipo, del motor y de la transmisión.

■ ISO 20313:2018

Protección catódica de buques: referencia principal. Con ISO 12473:2017 y EN 16222:2012.

■ Diseño y clasificación

DNV-RP-B401 (2021), guía de protección catódica de buques de ABS (2017), IACS UR F1.

■ Seguridad y marco peruano

Plan de buceo y habilitaciones, bloqueo y etiquetado, trabajo en caliente; AS-C-014 si es un tanque.

■ Anexos A a H

Inventario, inspección, ficha de compra, valores de referencia, lista de verificación, glosario y marco.

Por validar

Copias licenciadas de ISO 20313 y DNV-RP-B401, anexo de la norma de buceo, régimen de naves menores y revisión por un especialista.

El certificado acredita formación técnica básica. NO conduce a certificación internacional de personal en protección catódica, NO otorga licencia de buzo ni libreta de buceo y NO habilita para diseñar, soldar, intervenir instalaciones eléctricas ni ingresar a espacios cerrados.

Control del documento

AS-C-015 (código propuesto) v01 · Emisión 11/10/2026 · Material de capacitación de Academia Sarmiento, E. Sarmiento Consultores S.A.C. Elaborado por Academia Sarmiento, revisado por la Gerencia de Operaciones y aprobado por la Gerencia General. Verifique que esta sea la versión vigente antes de su uso.