



# GUÍA DE LA IALA

1015

## LA PINTURA DE BOYAS DE AYUDA A LA NAVEGACIÓN

**Edición 2.0**

Diciembre de 2013



Puertos del Estado

A stylized red graphic element consisting of three curved lines, positioned below the text "Puertos del Estado".



# REVISIÓN DEL DOCUMENTO

Las revisiones realizadas a este documento de la IALA se anotarán en el siguiente cuadro antes de la puesta en circulación de un documento revisado.

Fecha	Página / Apartado revisado	Motivo de revisión
Diciembre de 2005	Documento entero	Reformateado para reflejar la jerarquía de la documentación de la IALA
Diciembre de 2013	Apartado 5	Información adicional sobre recubrimientos contra incrustaciones marinas

La revisión de la traducción de este documento ha sido realizada por el grupo de trabajo de Puertos del Estado en el que han participado:

*Luis Martínez (Autoridad Portuaria de Vigo);  
Enrique Abati (Autoridad Portuaria de Marín);  
Juan Manuel Vidal (Autoridad Portuaria de Gijón);  
Carlos Calvo (Autoridad Portuaria de Santander);  
Cristina García-Capelo (Autoridad Portuaria de Bilbao);  
José Luis Núñez (Autoridad Portuaria de Pasajes);  
Juan Antonio Torres (Autoridad Portuaria de Huelva);*

*Septimio Andrés (Autoridad Portuaria de Sevilla);  
Germán Gamarro (Autoridad Portuaria de Algeciras);  
Santiago Tortosa (Autoridad Portuaria de Ceuta);  
Jaime Arenas (Autoridad Portuaria de Baleares);  
Antonio Cebrián y Guillermo Segador (Autoridad Portuaria de Barcelona);  
José Carlos Díez (Puertos del Estado).*

Coordinación de la edición en español y edición final:

*José Carlos Díez (Puertos del Estado)*

NOTA: Puertos del Estado no se responsabiliza de los errores de interpretación que puedan producirse por terceros en el uso del contenido de este documento, que corresponde a una traducción del documento original de la Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros (IALA) denominado según aparece en la carátula.



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>PINTURA DE BOYAS DE ACERO</b>	<b>4</b>
2.1	preparación	4
2.2	Pintura	5
2.2.1	Sistema de imprimación	5
2.2.2	Capa de color	5
2.2.3	Sistemas de pintura	5
2.3	Recubrimientos internos	5
2.4	Aplicación	5
<b>3</b>	<b>PINTURA DE BOYAS DE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (GRP)</b>	<b>6</b>
3.1	Reparaciones cosméticas	6
3.2	Preparación de una superficie de plástico reforzado con fibra de vidrio (GRP) para la pintura	6
3.3	Imprimación	6
3.4	Capas de acabado	6
3.5	Aplicación	6
3.6	Zonas sumergidas	7
3.7	Deterioro grave de la superficie	7
<b>4</b>	<b>PINTURA DE BOYAS DE POLIETILENO MOLDEADO</b>	<b>7</b>
4.1	Preparación de la superficie y pintura	7
4.2	Pulverización con llama	7
<b>5</b>	<b>RECUBRIMIENTO CONTRA INCRUSTACIONES MARINAS</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>SEGURIDAD</b>	<b>9</b>
6.1	Seguridad del personal	9
6.2	Formación	9
6.3	Legislación medioambiental	9
<b>7</b>	<b>MANEJO DE BOYAS</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>ACRÓNIMOS</b>	<b>10</b>

## Índice de Figuras

Figura 1      *Boya de espeque pintada con pintura fluoropolimérica..... ¡Error! Marcador no definido.*

## 1 INTRODUCCIÓN

---

Esta Guía incorpora información aportada por los miembros del Comité de Ingeniería de la IALA con experiencia en el mantenimiento de boyas de acero, de plástico reforzado con fibra de vidrio (GRP) y de polietileno moldeado.

Los sistemas de pintura cumplen dos funciones:

- Por una parte, en el caso de las boyas de acero, aportan protección contra la corrosión y, en el caso de las boyas sintéticas, contra la oxidación y el deterioro a causa de la radiación ultravioleta y,
- Por otra, proporcionan el color de la señal que avistará el navegante.

La calidad del sistema de acabado de la pintura definirá, de manera efectiva, el tiempo de trabajo efectivo de la boya. Si se logra alargar el tiempo operativo de la boya de 2 y 5 años, se podrá justificar el elevado coste de la preparación de la superficie y de las técnicas complejas de aplicación asociadas a los sistemas de pintura de alto rendimiento.

## 2 PINTURA DE BOYAS DE ACERO

---

Suecia, Alemania, Canadá, el Reino Unido y los EE.UU. han aportado la información de este apartado, a propósito de sus sistemas de pintura diseñados para proporcionar a las boyas de acero una vida útil de más de 5 años.

### 2.1 PREPARACIÓN

---

Con el fin de obtener el mayor tiempo de vida y, por tanto, alcanzar el valor de un sistema moderno de pintura de alto rendimiento, la superficie sobre la que se va a aplicar la pintura debe prepararse correctamente y las condiciones de la pintura tendrán que cumplir con todos los requisitos del fabricante.

Si la boya ha estado en servicio, suele someterse a un chorreo de agua a alta presión para eliminar las incrustaciones marinas, los depósitos de sal y la pintura suelta. Esta tarea se puede realizar en el buque de mantenimiento, en las instalaciones de mantenimiento o, quizás, mediante un subcontratista especializado, en función de los procedimientos operativos de cada servicio.

El siguiente proceso consiste en el chorreo abrasivo, o granallado, para eliminar los restos de sistemas antiguos de pintura y/o limpiar la superficie de acero para adecuarla a la aplicación de la pintura. El estándar más comúnmente usado es el grado SA2½, lo que significa que de la limpieza por granallado resultará una superficie uniforme y casi blanca. El granallado produce, además, una superficie básicamente rugosa, que facilita la adherencia del sistema de revestimiento. Existen varios tipos de granalla en uso: de hierro fundido, de acero o de partículas minerales. Las granallas con escoria de cobre no se deben emplear y las normativas en materia de seguridad y salud laboral previenen del uso de granallas de silicio (arena).

Después de la limpieza por granallado, la boya se mantendrá a una temperatura lo suficientemente alta y a una humedad lo suficientemente baja que impidan la corrosión antes de la aplicación de la pintura. El fabricante de la pintura especificará la temperatura mínima de pintado y el nivel de temperatura por encima del punto de condensación. Esto hace necesario que, en climas fríos y húmedos, la boya se mantenga en un edificio con calefacción.

Las variantes de este proceso incluyen el chorreo abrasivo con agua, en el que se pulverizan partículas abrasivas con agua a alta presión, y el chorreo de agua a presiones muy altas. Ambos métodos tienen la ventaja de contener todos los residuos en una mezcla de agua, reduciendo así los riesgos medioambientales. Es necesario que los sistemas de pintura estén preparados específicamente para la imprimación del acero sometido a un chorreo de agua y se tendrán que cumplir determinadas condiciones ambientales.

## 2.2 PINTURA

---

### 2.2.1 SISTEMA DE IMPRIMACIÓN

La mayoría de las autoridades utilizan un sistema de pintura epóxica de gran espesor que protege contra la corrosión, y que se aplica mediante un sistema de pulverización a alta presión airless. Con 2 capas de pintura, se logra una película de unos 250 a 300 micras capaz de proteger contra la corrosión durante al menos 5 años. Hay muchas formulaciones epóxicas de gran espesor para uso marino. El epoxy puede estar compuesto de óxido de hierro, mica o cinc.

Los desarrollos más recientes incluyen una formulación epóxica de escamas de vidrio con una alta resistencia a la abrasión, que se puede aplicar en una sola capa para lograr una película seca de un espesor de unos 300 a 400 micras.

El revestimiento epóxico de gran espesor aporta al acero protección contra la corrosión y debe ser aplicado en condiciones que cumplan estrictamente con las recomendaciones del fabricante.

### 2.2.2 CAPA DE COLOR

Al revestimiento de gran espesor, le sigue la capa de acabado que proporciona el color de la señal de la boya.

La tendencia actual se inclina hacia el uso de recubrimientos de poliuretano de dos componentes, debido a sus excelentes propiedades, capaces de retener el brillo. No obstante, existen serias preocupaciones acerca de la seguridad de los componentes de isocianato de estas pinturas, y se han desarrollado sistemas epóxicos modificados de alto brillo, con rendimientos similares al poliuretano en cuanto a la retención del brillo.

Se puede aplicar un recubrimiento contra incrustaciones marinas en los lados de la boya y por debajo de la línea de flotación, que podrá ser del mismo color que la señal, si estuviera disponible. Véase el apartado 5 al respecto.

### 2.2.3 SISTEMAS DE PINTURA

Cuando se pinta una boya, por lo general se prefiere que todos los productos sean del mismo fabricante, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes recubrimientos y que se adhieran bien entre sí.

## 2.3 RECUBRIMIENTOS INTERNOS

---

Se ha utilizado una gran variedad de recubrimientos en las superficies interiores de las boyas de acero. Estos recubrimientos incluyen desde sistemas de aceites vegetales, que se aplican al acero en caliente, hasta un granallado completo con aplicación de una capa única de una pintura epóxica. Siempre que se selle por completo el interior de la boya, será poco probable que se corra. Debería ser suficiente para las boyas un producto basado en aceite o cera diseñado para proteger estructuras huecas y tanques de acero. Sin embargo, algunas autoridades prefieren utilizar una pintura convencional derivada del aceite, que forma una superficie dura al secarse y que permite la realización posterior de trabajos en el cuerpo de la boya.

Cuando se elaboren las especificaciones para productos de revestimiento interno, los aspectos relacionados con la seguridad y salud laborales relacionados con la aplicación de un recubrimiento en el interior de la boya serán un factor importante a tener en cuenta.

## 2.4 APLICACIÓN

---

Todas las pinturas de alto rendimiento mencionadas con antelación, es decir, las epóxicas de gran espesor y las de poliuretano, son sistemas de dos componentes, en los que la base y el endurecedor se mezclan y reaccionan para proporcionar una película de pintura dura y de larga duración. El rendimiento a largo plazo de la pintura depende por completo de la aplicación y del curado de la pintura en las condiciones especificadas por el fabricante. El coste que supone mantener instalaciones con la calefacción y el sistema de ventilación apropiados, que cumplan con la normativa local en materia de seguridad e higiene en el trabajo, puede ser prohibitivo, sobre todo en países fríos. Por tanto, es posible que resulte más económico que un contratista especializado, que disponga ya de tales instalaciones, se encargue de la pintura.

## **3 PINTURA DE BOYAS DE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (GRP)**

---

### **3.1 REPARACIONES COSMÉTICAS**

---

Cuando una boya lleva un largo periodo de tiempo en servicio, la superficie del GRP, la imprimación, empezará a perder el color como resultado del efecto de la radiación ultravioleta (UV) de la luz solar. También se pueden dar condiciones que causen la pérdida del brillo y el calcinado, que gradualmente deterioran la superficie convirtiéndola en polvo. El pulido con cera marina puede retardar dichos efectos, pero, con el tiempo, será necesario un recubrimiento de pintura para proteger la superficie de la capa de acabado y dar el necesario acabado brillante al color.

### **3.2 PREPARACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (GRP) PARA LA PINTURA**

---

Durante el proceso de fabricación, se emplean agentes especiales que permiten que la boya se desprenda de su molde. Es fundamental eliminar dichos agentes antes de proceder a la pintura. Se deberá lavar la boya con un desengrasante, que facilitará el fabricante de la pintura. Este desengrasante se deja sobre la superficie de la boya durante 10-20 minutos y, posteriormente, se elimina mediante un lavado con agua. Esta tarea asegurará que tanto la grasa como los agentes se eliminen.

A continuación, la boya se volverá a lavar con agua dulce. Si la superficie está libre de grasa por completo, el agua se distribuirá de manera uniforme por la superficie. Si, por el contrario, aún queda grasa en la superficie, se formarán gotas pequeñas, que indican la necesidad de un lavado adicional con el desengrasante.

Cualquier grieta menor o imperfección se rellenará con una masilla de resina epóxica. Para garantizar la adhesión a largo plazo y la resistencia al agua, se utilizarán exclusivamente masillas de resina epóxica.

Para asegurar una buena adhesión de la pintura, la superficie se lijará con un papel de lija de grano fino. Si lo que se requiere es un acabado muy brillante, se podrá emplear tanto el papel de lija en mojado como en seco.

Antes de proceder a la pintura, se eliminará todo el polvo del lijado.

### **3.3 IMPRIMACIÓN**

---

El fin de la imprimación es proteger el sustrato y potenciar la buena adhesión del sistema de pintura. Para una mejor protección a largo plazo, se debe aplicar una mano de imprimación de resina epóxica antes de la capa del acabado elegido.

Si la superficie está en muy buenas condiciones, no será necesario aplicar una imprimación, ya que la capa debajo de la pintura proporcionará la adhesión necesaria. Si la superficie se ha calcinado, podrá absorber los solventes del revestimiento de pintura, lo que puede causar un problema de formación de micro ampollas más adelante. Para evitar que esto ocurra, se debe aplicar un recubrimiento de imprimación epóxica a la superficie, que sellará esta y creará una base estable para el sistema de pintura.

### **3.4 CAPAS DE ACABADO**

---

Para conseguir la vida útil más larga posible y para mantener el brillo, se suele elegir una pintura de poliuretano de dos componentes del color idóneo para la primera mano y la mano de acabado.

### **3.5 APLICACIÓN**

---

Tanto las pinturas epóxicas como las de poliuretano se pueden aplicar con brocha, rodillo o mediante pulverización, en función del área de la superficie a pintar y de las instalaciones de que se disponga. Se seguirán estrictamente las recomendaciones del fabricante de la pintura con respecto a las condiciones de aplicación (temperatura y humedad) y a los tiempos de curado, ya que son los factores fundamentales de estos sofisticados sistemas de pintura.



El personal encargado de aplicar la pintura dispondrá de los equipos de seguridad adecuados, sobre todo si se emplean sistemas de pulverización. Las instalaciones deben cumplir con la normativa nacional en materia de seguridad e higiene en el trabajo para los tipos de pintura que vayan a utilizar.

### 3.6 ZONAS SUMERGIDAS

Las partes sumergidas de la boya, que no forman parte del color de la marca diurna, se pintarán con al menos tres capas de un sistema epoxi submarino, lo que creará una barrera impermeable para la estructura de GRP. A continuación, se puede aplicar una capa de pintura contra las incrustaciones marinas, cuando ésta se utilice. También se debe asegurar la compatibilidad entre la capa contra las incrustaciones marinas y el sistema epóxico.

Se aconseja que todas las pinturas utilizadas en una boya sean del mismo fabricante, lo que garantizará que sean compatibles y que constituyan un sistema recomendado de pintura.

### 3.7 DETERIORO GRAVE DE LA SUPERFICIE

Si la imprimación tiene rozaduras, desconchados, ampollas o burbujas extensas, se tendrán que eliminar mediante chorreo con arena. Para evitar daños en la estructura de fibra de vidrio de la boya, este trabajo lo realizará personal experto. Posteriormente, la boya se lavará con agua dulce a presión, dejando que se seque en condiciones controladas de temperatura y humedad. Después, se aplican recubrimientos de resinas epóxicas libres de disolventes, también en condiciones controladas, para formar una barrera impermeable sobre la moldura de GRP. Se suelen necesitar cuatro o cinco capas que, a continuación, se recubrirán con capas de pintura de poliuretano, ahí donde se requiera el color de la señal en la boya.

Hay que seguir las instrucciones del proveedor del sistema epóxico con cuidado, y se le pedirá consejo en todas las etapas del proceso.

## 4 PINTURA DE BOYAS DE POLIETILENO MOLDEADO

### 4.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE Y PINTURA

Las boyas de polietileno normalmente se rotomoldean en moldes de acero. La superficie moldeada es lisa y de naturaleza “deslizante”, por lo que es muy difícil conseguir que la pintura se adhiera. Se han obtenido resultados aceptables desgastando la superficie de plástico con papel de lijar de grado medio, pintándola después con un sistema de pintura de poliuretano de dos componentes. La efectividad de este proceso varía en función de la calidad del polietileno utilizado en la fabricación de la boya.

### 4.2 PULVERIZACIÓN CON LLAMA

Se puede restaurar una superficie nueva considerable mediante la pulverización de plástico nuevo con llama sobre la superficie moldeada original. Esta técnica implica el uso de un sistema de proyección que pulverice el polvo de plástico a través de una llama de gas que deposita una capa de plástico fusionado, permitiendo así que se pueda acumular un espesor considerable. Puede pulverizarse material de cualquier color y reconstruirse cualquier espesor, según proceda.

## 5 RECUBRIMIENTO CONTRA INCRUSTACIONES MARINAS

Hay opiniones diversas acerca del uso y eficacia de las pinturas contra las incrustaciones marinas. Las normas nacionales podrán limitar los tipos de pintura aptas para su empleo contra las incrustaciones.

Aunque los desarrollos más modernos que emplean fórmulas no tóxicas alegan ofrecer una vida útil más larga, los recubrimientos contra incrustaciones marinas disponibles comercialmente ofrecen un funcionamiento eficaz contra las incrustaciones marinas de hasta 3 años.

Los recubrimientos y sistemas contra incrustaciones marinas incluyen:

- Recubrimientos biocidas;  
Principalmente de cobre.
- Recubrimientos no tóxicos (antiadherentes):
  - Recubrimientos basados en el silicio;
  - Recubrimientos basados en fluoropolímeros.
- Sistemas de corriente eléctrica impresa.

Cada uno de estos sistemas sólo retrasará, en mayor o menor medida, la formación de tales incrustaciones en la boya y es probable que facilite su eliminación mediante el chorro de agua o el cepillado.

Los tipos de recubrimientos resbaladizos facilitarán mucho la eliminación de incrustaciones marinas en comparación con los recubrimientos contra incrustaciones marinas convencionales.



**Figure 1** *Boya de espeque pintada con pintura fluoropolimérica*

Figure 1 muestra una boya de espeque que se ha extraída del agua tras un año de servicio. Se ha pintado la obra viva con un recubrimiento fluoropolimérico contra incrustaciones marinas, mientras que el espeque y la escalera se han pintado con una pintura epóxica tradicional.

El procedimiento de pintado que se muestra en la ilustración consiste en una capa epóxica contra la corrosión en primer lugar, seguida por una capa fijadora y, finalmente, un acabado con una pintura fluoropolimérica, que proporciona una textura elástica, blanda y gomosa.

Las condiciones ambientales para la aplicación de la pintura fluoropolimérica son particularmente críticas, al igual que el tiempo de recubrimiento. Una vez que se hayan mezclado los componentes de la pintura, deben utilizarse dentro de un plazo de tiempo muy determinado y, por lo tanto, resulta fundamental planificar tanto el tiempo como los materiales necesarios para la aplicación completa del sistema de pintura.



## 6 SEGURIDAD

---

### 6.1 SEGURIDAD DEL PERSONAL

---

La mayoría de las pinturas son peligrosas, de una u otra manera, para el personal que las maneja. Por lo tanto, los operarios trabajarán con ropa de protección y con sistemas de respiración adecuados y, además, se hará un seguimiento del uso de las pinturas para asegurar que el personal no corra riesgos a causa de partículas de pintura o de vapores de disolventes. Tanto los fabricantes como los especialistas locales de seguridad e higiene en el trabajo aconsejarán al respecto.

### 6.2 FORMACIÓN

---

Los operarios recibirán formación completa en el uso de todos los equipos, así como en la mezcla y aplicación de todos los tipos de pintura que vayan a utilizar. Los fabricantes de pintura suelen cooperar en la formación de los operarios. Si los tipos de pintura se cambian, la formación de los operarios se revisará.

### 6.3 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL

---

Muchos de los procesos descritos arriba caen dentro del ámbito de la legislación en materia medioambiental y de seguridad y salud laboral. A continuación, se ofrece una relación de los tipos de legislación a estudiar:

- 1 Chorreo con partículas:
  - a Emisión de polvos.
  - b Tipos de productos abrasivos.
  - c Eliminación de residuos, especialmente el polvo de pinturas antiguas de plomo o de pinturas contra las incrustaciones marinas.
  - d Ropa de protección y equipos de respiración.
  - e Equipos de seguridad personal para los operarios.
- 2 Pintura:
  - a Contenido de disolventes volátiles en pinturas.
  - b Emisión de disolventes en el ámbito laboral.
  - c Emisiones tolerables a la atmósfera.
  - d Condiciones laborales en la zona de pintura.
  - e Ropa de protección y equipos de respiración para operarios.
  - f Seguridad, sobre todo la de equipos de pulverización sin aire.

## 7 MANEJO DE BOYAS

---

Deben observarse con especial cuidado los métodos de manejar las boyas recién pintadas. Carece de sentido realizar un recubrimiento con pintura de alta calidad para después dañarlo por una manipulación descuidada de la boya antes de que llegue al agua. Este problema afecta en concreto a las boyas pesadas de acero. Se pueden diseñar paletas que faciliten el traslado de las boyas con carretillas; de lo contrario, se tendrá mucho cuidado de evitar que los ganchos de las grúas dañen la pintura nueva. Si la boya se deja reposar en el suelo, los calzos se forrarán con cuidado, así como los cables de anclaje utilizados a bordo de un buque.

No se deben retirar las incrustaciones marinas de boyas pintadas con raspadores mecánicos durante la visita de mantenimiento, pues éstos causarían serios daños a la película de pintura y acortarán la vida del sistema de pintura. La superficie dura de los sistemas de pintura, tanto epóxicas como de poliuretano, facilitan la eliminación de incrustaciones marinas mediante el chorreo de agua o el cepillado, y estos serán los únicos métodos empleados.



## 8 ACRÓNIMOS

---

GRP	( <i>Glass Reinforced Plastic</i> ) - Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio
IALA:	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities – AISM
nm	nanómetro
EE.UU.	Estados Unidos de América
UV	Ultravioleta (luz de 10-380 nm)