



# GUÍA DE LA IALA

1007

## MANTENIMIENTO DE FAROS

**Edición 1.1**

**Diciembre de 2005**



**Puertos del Estado**





# REVISIÓN DEL DOCUMENTO

Las revisiones realizadas a este documento de la IALA se anotarán en la siguiente tabla 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 estructura/formato de la documentación de la IALA

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>7</b>
1.1	Nota preliminar.....	7
<b>2</b>	<b>COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL</b> .....	<b>7</b>
2.1	Nota preliminar.....	7
2.2	Construcciones de mampostería [6].....	7
2.3	Torres de mampostería .....	9
2.4	Acabados exteriores .....	10
2.5	Piedra Labrada.....	10
<b>3</b>	<b>CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN</b> .....	<b>11</b>
3.1	Mediciones de deformación .....	11
3.2	Investigación del hormigón .....	11
3.3	Investigación de archivos.....	12
3.4	Nuevo cálculo de la estructura .....	12
3.5	Obras de rehabilitación.....	12
3.6	Recomendaciones importantes sobre el uso del mortero y el hormigón .....	12
<b>4</b>	<b>CONSTRUCCIONES DE POLIÉSTER REFORZADO [13]</b> .....	<b>12</b>
4.1	Variación de la resistencia en la flexión.....	13
4.2	Variación de resistencia en ensayos de tracción .....	13
4.3	Variación de color .....	13
4.3.1	Color rojo.....	13
4.3.2	Color blanco.....	13
4.3.3	Color verde .....	13
4.3.4	Cromaticidad .....	14
4.3.5	Daños estructurales (fisuras, etc.) .....	14
4.3.6	Rigidez .....	14
4.3.7	Longevidad .....	14
<b>5</b>	<b>CONSTRUCCIONES DE METAL</b> .....	<b>14</b>
5.1	Antecedentes.....	14
5.1.1	Cuestiones problemáticas .....	14
5.1.2	Recubrimiento .....	15
5.1.3	Oxidación severa en construcciones de acero.....	15
5.2	Reparación y mantenimiento de construcciones con recubrimientos dañados de pintura de cinc .....	15
5.2.1	Construcciones desgastadas por la intemperie .....	15
5.2.2	Reparación y mantenimiento de recubrimiento metálico de cinc en caliente .....	15
<b>6</b>	<b>CONSTRUCCIONES DE ACERO INOXIDABLE</b> .....	<b>15</b>
6.1	Corrosión atmosférica .....	16



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

6.2	Corrosión galvánica.....	16
6.3	Picaduras.....	16
6.4	Corrosión por grietas .....	16
<b>7</b>	<b>CONSTRUCCIONES DE HIERRO FUNDIDO [14].....</b>	<b>16</b>
7.1	Mantenimiento de las estructuras de hierro fundido utilizadas en Sudáfrica [18].....	17
7.1.1	Antecedentes.....	17
7.1.2	Recubrimiento y mantenimiento.....	17
<b>8</b>	<b>TORRES DE FARO DE ALUMINIO COMPLETAMENTE CERRADAS RECIENTEMENTE CONSTRUIDAS EN FILIPINAS [15] .....</b>	<b>17</b>
8.1	Preparación del ajuste de juntas .....	18
8.2	Limpieza de superficies de trabajo .....	18
8.3	Aplicación de cinta adhesiva.....	18
8.4	Aplicación de imprimación (imprimación de aluminio).....	18
8.5	Operación de relleno .....	18
8.6	Mecanizado.....	18
8.7	Retirada de cinta adhesiva.....	18
8.8	Curado.....	19
8.9	Aleación de aluminio A5083 – Propiedades mecánicas .....	19
8.9.1	Desventajas de las torres metalizadas.....	19
8.9.2	Ventajas de torres metalizadas .....	20
<b>9</b>	<b>ESTRUCTURAS DE CELOSÍA DE ALUMINIO UTILIZADAS EN SUDÁFRICA [17] .....</b>	<b>20</b>
9.1	Antecedentes.....	20
9.2	Construcción .....	20
9.2.1	Desventajas .....	20
9.2.2	Cuestiones problemáticas .....	20
9.3	Mantenimiento .....	21
<b>10</b>	<b>ACCESIBILIDAD Y MEDIOS DE TRANSPORTE .....</b>	<b>21</b>
10.1	Faros costeros accesibles por transporte terrestre.....	21
10.2	Faros costeros inaccesibles por transporte terrestre o muy remotos .....	21
10.2.1	Descripción del programa de elementos civiles .....	22
10.2.2	Procedimientos de mantenimiento preventivo [12] .....	22
10.2.3	Formulario de inventario del emplazamiento .....	22
10.2.4	Formulario de registro del emplazamiento .....	22
10.2.5	Mantenimiento correctivo necesario .....	23
10.2.6	Mantenimiento correctivo finalizado .....	23
10.2.7	Circulación de formularios.....	23
10.2.8	Programa de inspección/mantenimiento.....	23
10.3	Helipuertos [1] [7] [19] .....	23



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

10.3.1	Introducción .....	23
10.3.2	Criterios generales de diseño [1] .....	24
10.3.3	Esbozo del programa de obras .....	25
10.3.4	Plataforma de acceso temporal .....	25
10.3.5	Descripción de la estructura .....	25
10.3.6	Plataforma de aterrizaje .....	26
10.3.7	Protección contra la corrosión .....	26
10.3.8	Estructuras de hormigón .....	26
<b>11</b>	<b>INSTALACIONES DE ALOJAMIENTO .....</b>	<b>26</b>
11.1	Estudio general sobre el mantenimiento de faros .....	26
11.2	Mantenimiento elemental .....	26
11.3	Mantenimiento del mobiliario y los enseres .....	27
11.3.1	Trabajos de mantenimiento de pintura .....	27
11.3.2	Mantenimiento del mobiliario .....	27
11.4	Suministros de servicios públicos .....	28
11.4.1	Instalación eléctrica .....	28
11.4.2	Calefacción .....	28
11.4.3	Saneamiento .....	28
11.4.4	Basura .....	28
11.5	Protección contra las condiciones meteorológicas y el vandalismo .....	28
11.5.1	Daños debido a las tormentas y la lluvia .....	28
11.5.2	Detección de incendios .....	29
11.5.3	Sistema contra incendios .....	29
11.5.4	Protección contra robos .....	29
11.6	Observaciones generales .....	29
11.7	Rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura .....	29
11.7.1	Acceso .....	29
11.7.2	Aparcamiento .....	30
<b>12</b>	<b>EFFECTOS FÍSICOS Y MEDIOAMBIENTALES .....</b>	<b>30</b>
12.1	Revisión de efectos .....	30
12.1.1	Efectos orgánicos .....	30
12.1.2	Elementos de madera .....	30
12.1.3	Aludes de nieve o barro .....	30
12.1.4	Excrementos de aves .....	30
12.1.5	Rayos .....	30
12.1.6	Contaminación atmosférica .....	31
12.2	Protección contra el vandalismo .....	31
12.3	Humedad [2] [4] .....	31
12.3.1	Filtración de agua a través de la azotea .....	32
12.3.2	Filtración de agua a través de ventanas y puertas .....	32



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

12.3.3	Subida de aguas subterráneas por la acción capilar .....	32
12.3.4	Absorción de agua por materiales .....	32
12.3.5	Condensación en las paredes .....	32
12.3.6	Inundación del sótano .....	32
<b>13</b>	<b>UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO TÍPICO .....</b>	<b>32</b>
13.1	Registros .....	33
13.2	Archivo de inventario.....	33
13.3	Programación.....	33
13.4	Inspecciones .....	34
<b>14</b>	<b>MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE FAROS HISTÓRICOS .....</b>	<b>34</b>
<b>15</b>	<b>DEFINICIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>16</b>	<b>ACRÓNIMOS .....</b>	<b>34</b>
<b>17</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>35</b>
17.1	De Trinity House Lighthouse Service (Sr. Adrian WILKINS).....	35
17.2	De la Administración Marítima Nacional sueca (SR. Christian LAGERWALL) .....	36
17.3	De la Agencia de Seguridad Marítima japonesa (Sr. Masamitsu KOBAYASHI) .....	36
17.4	De la Guardia Costera canadiense (Sr. Roger BEAUCHESNE) .....	36
17.5	De WSD Nord, Kiel, Alemania (Sr. Gerd SCHRODER) .....	36
17.6	De Zeni Lite Internacional Co (Sr. Roger LEA) .....	36
17.7	De Portnet, Sudáfrica (Sr. James COLLOCOTT) .....	36
17.8	Información técnica adicional sobre la conservación de faros.....	36

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1</i>	<i>Análisis químico del hierro fundido de seis muestras (tomadas de dos faros), media .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2</i>	<i>Aleación de aluminio A5083 – Propiedades mecánicas .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3</i>	<i>Aleación de aluminio A5083 – Composición química .....</i>	<i>19</i>



## 1 INTRODUCCIÓN

---

La Guía de la IALA sobre el Mantenimiento de faros proporciona orientación y sugerencias sobre el mantenimiento de faros, así como sobre su rehabilitación y reparación, protección del medio ambiente y la incorporación de helipuertos. El Comité de Ingeniería de la IALA se comprometió a elaborarla a resultados del interés expresado en el tema durante las Conferencias de la IALA celebradas en los años 1990 y 1994.

Esta Guía pretende resumir las experiencias aportadas por varias autoridades de señalización y balizamiento (véase la Bibliografía) en ciertos campos de interés, para que otros servicios puedan beneficiarse de ellas y evitar las dificultades.

### 1.1 NOTA PRELIMINAR

---

Las estructuras consideradas en esta Guía son faros en el sentido estricto de la palabra, así como sus alrededores. Gran parte de la información ofrecida se encuentra dentro del campo de la ingeniería civil.

## 2 COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL

---

### 2.1 NOTA PRELIMINAR

---

El mantenimiento preventivo y periódico asegurará una vida útil prolongada para la mayoría de las estructuras de faros. Salvo en las construcciones de metal, hace falta muy poco mantenimiento rutinario. Por otra parte, serán necesarias importantes obras de rehabilitación si la estructura original no se ha construido con la suficiente resistencia para soportar las condiciones ambientales locales. Por lo tanto, para establecer de manera fiable las necesidades estructurales, es de suma importancia realizar un estudio exhaustivo que abarque todos los factores ambientales, tales como las condiciones de viento y mar, la temperatura ambiente, y los factores de cimentación, de tierra y de lindes. A partir de tal estudio, surgirá un plan adecuado de rehabilitación.

### 2.2 CONSTRUCCIONES DE MAMPOSTERÍA [6]

---

Estas construcciones están hechas de piedra de cantera o de ladrillo. Cualquiera de estos dos tipos se puede construir con la suficiente solidez para soportar fuerzas de viento muy altas y las embestidas masivas del oleaje.

La diferencia más significativa entre estos dos tipos de construcción es que, en el caso de construcciones de piedra de cantera entrelazada, se solían emplear juntas laberínticas que puede que no necesitaran mortero.

La elección entre ladrillo o piedra de cantera dependía de la ubicación del faro. En las costas aluviales, donde no se encuentran rocas, se solía elegir una construcción de ladrillo. En los litorales rocosos, se encontraba piedra de cantera. Sin embargo, no todos los tipos de piedra son un material adecuado de construcción. En la actualidad, las presiones económicas y medioambientales a menudo sugieren que el hormigón reforzado es el material de construcción más idóneo, particularmente cuando las condiciones ambientales imponen la necesidad de una gran robustez.

Para preservar y mantener nuestros faros de forma adecuada, es necesario estudiar el proyecto original. Mientras que, en el caso de los faros muy antiguos, esta información puede ser muy difícil de conseguir, en el caso de los más recientes, existe suficiente documentación, ya que son la obra de personas conocidas o de equipos de arquitectos/ingenieros.

Hay que comprender también los motivos de los cambios de uso que han surgido a lo largo de los años. Aunque el diseño original sea de gran importancia, tenemos que entender también la importancia histórica de los cambios sufridos por nuestros faros a lo largo de los años, a medida que se modificaban y adaptaban para alojar nuevos equipos. La función principal de nuestros faros ha sido alojar la luz, y cualquier otra función surgida siempre ha sido de una importancia secundaria.



Se necesita un breve estudio de la forma original de la torre del faro. Algunas de las primeras torres del periodo clásico y del Medioevo que sobreviven hoy eran de planta poligonal o circular, con paredes verticales o casi verticales. Esto puede interpretarse como un diseño práctico para proyectar la luz en torno a una zona extensa de visión. Sin embargo, estas luces no estaban expuestas al oleaje y, en realidad, se podrían haber construido de cualquier forma para desempeñar su función básica de proporcionar una plataforma a una altura adecuada para la luz.

Se debe tener en cuenta, no obstante, que existía la necesidad de hacerlas fácilmente reconocibles desde diferentes direcciones, y que para conseguirlo desde el mar favorecía el uso de formas simétricas. La forma circular puede ser preferible cuando no hay otros edificios con los que confundirla. Por otra parte, los lados verticales podían incorporar una función defensiva y facilitar la elevación del combustible de los fuegos abiertos de aquellas primeras luces.

En el siglo XVIII, la norma comenzó a ser un perfil cónico de lados rectos, ya que se asentaba el concepto de construir una torre aerodinámica para combatir la fuerza del viento. A medida que las ubicaciones de las luces quedaban cada vez más expuestas y las torres de iluminación más altas, se adoptó el perfil cónico para incrementar la estabilidad de la estructura. Como los anteriores, pocos de los faros con esta forma tenían que soportar las embestidas del oleaje.

Más adelante, comenzó a utilizarse una forma cónica con curva parabólica, que se adoptó para muchos de los faros expuestos a la acción del oleaje y también en el diseño de las torres ubicadas más allá del alcance de las olas. A medida que avanzaba el siglo XIX, esta curva se convirtió en menos pronunciada y se introdujo la mampostería escalonada en la base de las torres expuestas al oleaje para desviar las olas de la torre. En ocasiones, se utilizaban torres con lados rectos junto con estas bases escalonadas.

Finalmente, se abandonó la construcción de sillares entrelazados de carga, basada en el trabajo de artesanos, con gran exigencia de mano de obra, en favor del hormigón encofrado deslizante, el hormigón o el acero prefabricados, que favorecieron la forma cilíndrica pura de la torre.

Inevitablemente, la breve reseña previa se ha simplificado y, además, hay excepciones. Algunos faros adoptaron formas muy distintas, en particular las luces medievales con un brazo de palanca móvil, que no eran edificios en el sentido estricto de la palabra, y las plataformas para luces de carbón en casas abovedadas, que carecían de torre.

Sin embargo, la mayoría de nuestros faros tradicionales tiene una torre, tanto los que están expuestos al oleaje como los que no. Este hecho será a menudo el centro de atención tanto en la arqueología como en la conservación de una torre de faro, pero sin excluir el faro en su conjunto.

Ya se ha diferenciado entre los dos tipos básicos de torre: los que tienen que soportar las embestidas del oleaje, y los que se ubican en lugares más elevados sobre el nivel del mar o tierra adentro, que sólo tienen que soportar los mismos rigores que cualquier otro edificio situado en un ambiente costero severo.

La historia de los faros proyectados para soportar toda la fuerza del mar comienza, propiamente dicho, en el siglo XVIII. Más adelante, se introdujo el principio de ingeniería de entrelazar bloques macizos de mampostería mediante un sistema de ensamblaje a cola de milano en cinco de las seis caras de cada piedra. A lo largo de la gran época de construcción de faros del siglo XIX, la piedra entrelazada fue la solución preferida para la construcción de las torres situadas mar adentro.

El entrelazado solucionó los principales problemas de resistencia al desplazamiento por el impacto del oleaje, y eliminó la penetración masiva del agua, al no poder seguir los caminos laberínticos que la edificación incorporaba. La complejidad de este diseño precisaba la fabricación previa de las obras de sillería en talleres o terrenos cercanos. La trabazón entre las piedras fue tan efectiva que se tenía plena confianza en que el faro permanecería en pie sin la adhesión ofrecida por el mortero, aunque el rejuntado seguía siendo necesario para evitar la erosión de las juntas. Posteriormente, las piedras llegaron a cortarse con tanta precisión que cada una se enviaba al emplazamiento en una caja para proteger sus bordes.



La mayoría de nuestros faros del siglo XIX pueden considerarse como un producto de la Revolución Industrial, tanto por el uso del hierro fundido y otros componentes y materiales asociados a esa época como por su arquitectura que, en su conjunto, refleja el espíritu de aquel tiempo.

Fundamentalmente, las torres fueron obra de ingenieros: muchas torres de mampostería se erigieron previamente en tierra firme y se tomaban pocas decisiones en el emplazamiento. Las linternas se prefabricaban en fábricas y, por lo general, incorporaban todas las características de la precisión alcanzada en otros campos del quehacer humano. Debido a su peso y durabilidad, se utilizaban bloques de granito en la torre, por ser componentes ideales para una solución de ingeniería. En un contexto diferente y con otro cometido, los ingenieros bien podrían haber empleado el hierro. De hecho, se construyeron faros de hierro para la exportación, que se podían prefabricar y desmontar para el transporte y, además, no tenían ni el volumen ni el peso del granito. Debido a que la mayoría de los faros se construyeron de piedra en lugar de hierro, no suelen ser considerados producto de la Revolución Industrial.

Los faros se distinguen de la mayoría de los edificios que merecen ser conservados, pero no del todo. Ya se ha hecho referencia a los escasos faros no expuestos al oleaje contruidos de mortero de cal y cascotes antes del siglo XIX. En estos casos, el conservador puede recurrir a técnicas conocidas basadas en la cal. Muchos otros aspectos también le serán familiares, como los principios del buen mantenimiento, la exclusión del agua y la humedad, la necesidad de asegurar una buena ventilación, etc. Pero a medida que uno se adentra en los faros del siglo XIX, ya ubicados cerca de las olas y del agua salada, cualquier trabajo que se realice en ellos se verá condicionado por circunstancias más específicas, tales como

- La exposición excepcional al agua de mar, los vientos, la sal higroscópica de mar;
- La dificultad, en ocasiones extrema, de los accesos para realizar reparaciones;
- La dificultad de hacer reparaciones debido a la necesidad de mantener las estaciones en funcionamiento;
- El uso de la mampostería entrelazada, grapas, clavijas y otros refuerzos de ingeniería;
- Los morteros puzolánicos utilizados en la construcción inicial, que hoy no se encuentran con facilidad;
- La utilización de la tecnología de cemento a lo largo de muchos años posteriores;
- Los entornos de alta ingeniería, donde la interacción entre los equipos y el edificio es un elemento esencial de conservación.

Cabe señalar que las disposiciones legales en materia de construcción no se suelen aplicar a las obras realizadas por una autoridad de señalización y balizamiento. Normalmente, éste es el caso de las instalaciones domésticas faro y de la torre. Se supone que dicha exención ya no será de aplicación cuando el faro cese de estar en servicio o se venda.

### 2.3 TORRES DE MAMPOSTERÍA

Muchas torres de cascotes tenían la cornisa construida de granito entrelazado o con grapas, o de otra piedra de semejante dureza, que ofrecía un punto de fijación para la linterna. Es probable, por lo tanto, que este detalle de construcción se encuentre con frecuencia en las obras de conservación de faros. Las torres con sillares entrelazados de granito probablemente resulten ser una de las formas de construcción más duraderas y puede que no necesiten obras de conservación durante muchos años.

No obstante, se pueden anticipar tres problemas: desconchados, agrietamiento, manchas de oxidación y exfoliación si se emplearon clavijas o grapas de hierro; los daños debido a incendios pueden ser tan extensos como en otros edificios de piedra; y el movimiento por el debilitamiento o inestabilidad de la cimentación puede llegar a ser drástico y, posiblemente, sin remedio. Es más que probable que se encuentren desconchados.

Un posible ejemplo de esto es el detalle común a muchos faros donde los postes de hierro del pasamanos se colocaron en huecos realizados en la base de granito y después sellados con plomo fundido: los daños causados por la oxidación debido al agua salada pueden ser causa de cierto agrietamiento. Es posible que no sea suficiente



el volumen de hierro con respecto al tamaño de la piedra a su alrededor para romperla. La corrosión de las vigas de hierro utilizadas en muchas estructuras de mampostería también puede causar serios problemas.

Muchos de los faros que incorporaron dicha técnica parecen depender menos de las grapas de hierro y más de la mampostería entrelazada. Es posible, sin embargo, que algunos de los faros más antiguos incorporen numerosas grapas de hierro. Aunque estos elementos podrían oxidarse con el tiempo, es de esperar que el problema ya se hubiera manifestado, incluso en las grapas que estén fijadas con plomo. La reparación de los daños causados por la dilatación del óxido puede ser muy difícil y costosa. Una vez más, la profundidad del hierro y su volumen con respecto a la masa de granito, u otra piedra densa, podrá limitar los daños que puedan ocasionarse.

La introducción de la generación de electricidad en las torres remotas de mampostería resultó, en muchos casos, de capacidad excedentaria. Esta se ha utilizado para la calefacción eléctrica con el fin de proteger la electrónica sensible que exige la automatización y tuvo, además, el beneficio adicional de ayudar a preservar la estructura del edificio.

Los alojamientos en lugares ubicados mar adentro deben mantenerse y, en climas más fríos, se deben poder calentar para permitir al personal de mantenimiento permanecer en la instalación durante periodos prolongados, si fuera necesario. Cabe afirmar que la calefacción de hoy en día es más adecuada que la de antes de la electrificación, cuando los fareros dependían de estufas individuales. En muchas estaciones de mampostería con torres exentas de la zona de alojamiento, la torre se encontraba muy lejos de la estufa más cercana. La luz de la linterna, sin embargo, generaba algún calor, asegurando así que hubiera ventilación. En las torres de piedra con una disposición vertical, el calor de las estufas del farero solía propagarse hasta las zonas más altas de las estructuras.

Existen ejemplos de faros conectados a la red eléctrica, donde el consumo adicional acarrea costes, o faros donde no existe un excedente de los equipos de generación sin un incremento del consumo de combustible. En tales casos, se suelen ignorar las necesidades de calefacción y ello, a su vez, puede provocar el deterioro de la estructura del faro.

Las estaciones de faros a menudo son buenos lugares para la energía solar o eólica y las autoridades de señalización y el balizamiento están comenzando a adoptar esta nueva tecnología. Se espera que estas fuentes alternativas de energía, que tienen una capacidad bastante reducida en la actualidad, consigan un mayor desarrollo. Si de nuevo podemos llegar a un punto en el que haya un excedente de energía, se podrá suministrar calefacción y deshumidificación para retrasar el deterioro de la estructura.

## 2.4 ACABADOS EXTERIORES

Inicialmente, los faros más antiguos se dejaban sin pintar o se encalaban. La utilización del encalado para los muros de las lindes y de las edificaciones anexas continuó hasta hace relativamente poco tiempo.

En cuanto a las torres ubicadas mar adentro, que claramente eran difíciles de pintar, han permanecido durante muchos años con el color natural de la piedra. Obviamente, la estructura no podía apreciarse con facilidad por el día, y la práctica de pintarlas se fue afianzando de forma progresiva. Se popularizaron ciertas combinaciones de colores y, tal vez, la más habitual fue el rojo y el blanco en bandas horizontales. Como el granito aporta una base relativamente receptiva y estable para las pinturas alquídicas, y dadas las dificultades de pintar en lugares tan remotos y en tiempos tan cortos debido a las condiciones meteorológicas, las pinturas a base de aceite se emplearon desde el principio en torres de mampostería.

## 2.5 PIEDRA LABRADA

En general, los detalles de la cantería son sencillos y resistentes. Sin embargo, si se ha labrado la piedra con motivos llamativos, deben protegerse. Se evitará el granallado en los acabados con texturas, especialmente cuando la piedra no sea suficientemente resistente para recibir dicho tratamiento. Los remedios alternativos son:

- En primer lugar, reconsiderar si en realidad es necesario eliminar toda la pintura;



- Utilizar otras técnicas en la cantería amoldada o finamente labrada, tales como la limpieza con agua o aplicaciones químicas;
- Usar empresas especializadas para dichas tareas en obras de conservación, y no el personal de la plantilla o contratistas elegidos solamente según el precio;
- Formar a algunos operarios de la plantilla en técnicas de conservación.

Preferiblemente, las piedras individuales que se hayan dañado, agrietado o desconchado se deben retirar y reemplazar con piedras similares. Una alternativa sería fijar las piedras sueltas con técnicas que utilizan pernos de acero inoxidable o de bronce. Estas técnicas son preferibles a las reparaciones con cemento, que suelen durar poco y pueden acelerar la erosión de la piedra al absorber sales o humedad.

### 3 CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN

Hasta hace poco, se afirmaba en los ámbitos de la ingeniería civil que las estructuras de hormigón reforzado eran lo suficientemente resistentes para gozar de una vida útil prolongada. La experiencia ha desmentido tal afirmación y ha demostrado que es arriesgada y errónea. Sin embargo, los motivos de los fallos en el hormigón se debían principalmente a la falta de procedimientos adecuados durante la construcción y de subestimar las exigencias ambientales ejercidas sobre la estructura.

El estudio de un caso particular puede ofrecernos un buen ejemplo de ello:

Poco después de la Segunda Guerra Mundial, se construyó un faro de hormigón con una altura focal de 65 m sobre el nivel medio del mar. La parte inferior se realizó con una planta octaédrica, mientras que la parte superior tenía forma cilíndrica. El interior era un cilindro hueco en toda su altura.

Unos 40 años tras su construcción, se detectó que, a varias alturas de la parte inferior, sufría agrietamiento en el exterior y había manchas de oxidación que emanaban de las grietas. Las grietas más pronunciadas se apreciaban en las superficies octaédricas en la dirección del viento predominante, así como en el lado opuesto, evidenciando la deformación dinámica de la torre.

Se realizó un estudio exhaustivo:

#### 3.1 MEDICIONES DE DEFORMACIÓN

Como el faro estaba situado en una zona urbanizada, fue relativamente fácil hacer referencia a casos perfectamente estudiados.

Se realizaron varios estudios, tanto en condiciones de calma como de tormenta. Por supuesto, el estudio demostró que se producían movimientos en la parte superior de la edificación a causa de la fuerza del viento, pero la amplitud de estas oscilaciones se incrementó con el tiempo bajo las mismas condiciones de viento. Además, terminados los fuertes vientos, la torre del faro no retornaba de nuevo a su posición vertical. Esta deformación permanente parecía presentarse principalmente a sotavento de la dirección del viento predominante.

#### 3.2 INVESTIGACIÓN DEL HORMIGÓN

Se emplearon dos métodos de ensayo:

- Un ensayo no destructivo, que mide la resistencia a la compresión del hormigón en cuestión;
- Un ensayo destructivo para investigar el hormigón utilizado.

Este ensayo consiste en perforar varias muestras cilíndricas que después se analizan en el laboratorio.

Ambos ensayos demostraron que la “solidez” de la densidad, el contenido del cemento y la durabilidad del hormigón eran excelentes. Entonces, ¿cuál era el problema?



### 3.3 INVESTIGACIÓN DE ARCHIVOS

---

Esta investigación confirmó que el cemento elegido en su tiempo tenía capacidad para soportar el clima marítimo en cuestión. Sin embargo, la técnica de construcción de deslizar el encofrado era muy nueva. Donde hacía falta según el diseño un recubrimiento de 6 cm, se descubrió que sólo había 2,5 cm en un lado, mientras que había 9,5 cm en el lado opuesto. Esto significa que la capa protectora de hormigón apenas existía en un lado debido al excéntrico forjado de la estructura original.

La capa de revestimiento de hormigón es de suma importancia, ya que protege contra los cloruros agresivos para que no alcancen las barras de refuerzo de acero. A medida que se corroen, estas barras se dilatan, lo que, a su vez, agrieta la torre de hormigón. Dicho agrietamiento conduce a una mayor entrada de agua, más corrosión y al deterioro continuo de la estructura a un ritmo cada vez más rápido.

### 3.4 NUEVO CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

---

Las normas sobre las cargas de viento habían cambiado desde que se edificó el faro. Teniendo en cuenta las nuevas normas, el nuevo cálculo de la estabilidad general de la torre mostró que había una falta de barras de refuerzo transversales.

### 3.5 OBRAS DE REHABILITACIÓN

---

Para realizar una rehabilitación integral y duradera de la estructura del faro, fue necesario eliminar el revestimiento de hormigón de toda la sección octaédrica de la estructura.

Esto tiene que llevarse a cabo durante la temporada de buen tiempo, y trabajar sobre zonas pequeñas sucesivamente para mantener la estabilidad de la torre.

Después de eliminar la capa externa de hormigón, se añadieron barras transversales de refuerzo adicionales.

A continuación, la zona afectada se restauró con hormigón proyectado, para obtener una capa uniforme de hormigón de aproximadamente 8 cm.

### 3.6 RECOMENDACIONES IMPORTANTES SOBRE EL USO DEL MORTERO Y EL HORMIGÓN

---

Estas recomendaciones son aplicables tanto a nuevas construcciones como a obras de rehabilitación.

- El revestimiento mínimo de hormigón para cubrir las barras de refuerzo debe ser de, al menos, 5 cm;
- El contenido mínimo de cemento debe ser de, al menos, 350 kg por m<sup>3</sup> de hormigón fresco;
- Es importantes elegir un cemento de alta calidad. Esto significa que son preferibles los cementos de grano muy fino con una buena composición química.

El cemento no debe contener más del 46,5% de CaO, lo que significa que no se debe utilizar el cemento normal de Portland. Sin embargo, es adecuado un cemento de Portland de alta resistencia, siempre que la proporción de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sea inferior a 0,64.

## 4 CONSTRUCCIONES DE POLIÉSTER REFORZADO [13]

---

Tal y como se definen, éstas son construcciones prefabricadas y de bajo peso, que generalmente no son adecuadas para estar situadas en lugares muy expuestos a las embestidas masivas del oleaje. Los materiales compuestos modernos proporcionan una variedad de fibras, tales como la fibra de vidrio, la fibra de carbono y la fibra de poliamida (Kevlar), que se emplean como refuerzo en resinas de poliéster. Para su uso en la construcción de faros, tanto en términos económicos como mecánicos, el único refuerzo adecuado para las resinas de poliéster es la fibra de vidrio.

Salvo la pintura, las construcciones mencionadas en este apartado no requieren ningún mantenimiento adicional.



Las referencias [8] y [9] mencionan, respectivamente, las características de resistencia a la intemperie de los plásticos reforzados con fibra (FRP, del inglés *Fibre-Reinforced Plastics*), y los problemas asociados a la electricidad estática.

Según la primera referencia, los FRP se han utilizado para la construcción de faros en Japón desde el año 1978, y se han ensayado desde entonces. Los parámetros que se controlan son la compresión, la flexión, la resistencia a la tracción y los cambios de color.

Los FRP utilizados para faros son generalmente del tipo reforzado con fibra de vidrio. Los materiales de refuerzo se distribuyen uniformemente en la resina, que se cura a temperatura ambiente.

La Autoridad japonesa ha aportado información sobre unas muestras de ensayo tomadas de la estructura de un faro en varios periodos tras un año de exposición.

La resistencia a la compresión depende de la dirección de la carga relativa aplicada al eje del refuerzo.

No se observó ningún cambio sustancial en la tasa de retención de la resistencia a la compresión en la dirección perpendicular, mientras que, en la dirección paralela, se redujo de manera sorprendente tras un año de exposición y su tasa de resistencia a la compresión tras cinco años de exposición disminuyó al 70% y al 65% en las muestras de ensayo con y sin recubrimiento de gelcoat, respectivamente.

Tras diez años de exposición, la resistencia a la compresión en la dirección paralela mejoró aproximadamente al 88% y al 76% en las muestras de ensayo con y sin gelcoat, respectivamente.

#### **4.1 VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA EN LA FLEXIÓN**

Incluso tras diez años de exposición, las muestras de ensayo con recubrimiento de gelcoat mantuvieron la misma resistencia, mientras que la tasa de retención de la resistencia a la flexión de las que no llevaban gelcoat disminuyó a aproximadamente el 80% del valor inicial.

#### **4.2 VARIACIÓN DE RESISTENCIA EN ENSAYOS DE TRACCIÓN**

Durante el tiempo de exposición, la resistencia a la tracción de las muestras de ensayo con y sin recubrimiento de gelcoat variaron poco, indicando valores de entre el 95 y el 100% de su resistencia inicial.

#### **4.3 VARIACIÓN DE COLOR**

El desvanecimiento del color, la luminosidad y la cromaticidad de cada color se detallan a continuación.

##### **4.3.1 COLOR ROJO**

- Con el paso del tiempo, el color tiende al rojo violeta;
- La luminosidad se incrementa ligeramente con el paso del tiempo;
- La cromaticidad tiende a disminuir hasta el quinto año de exposición, pero aumenta un poco en el décimo año de exposición.

##### **4.3.2 COLOR BLANCO**

- El color cambia con el paso del tiempo. Sin embargo, no es un cambio visible debido a la saturación cercana a cero;
- No hay cambios destacables de la luminosidad con el paso del tiempo;
- No hay cambios destacables de la cromaticidad con el paso del tiempo.

##### **4.3.3 COLOR VERDE**

- Durante el primer año de exposición, el color es bastante amarillento, y luego vuelve al color original. Al quinto año, el tono cromático es menos amarillento que el color original. Tiende a ser algo más amarillento en el décimo año de exposición;



- La luminosidad es constante tras el tercer año de exposición;
- Con el paso del tiempo, la cromaticidad disminuye un poco y tiende a acercarse al color blanco.

La referencia bibliográfica [9] considera el efecto de la electricidad estática en las torres de FRP. Se descubrió que los equipos de iluminación instalados en las ayudas que emplean torres de FRP sufren un cierto número de fallos debido a la electricidad estática generada por el FRP. Por lo tanto, fue necesario tomar contramedidas para solucionar este problema.

Se cree que la electricidad estática, con la que se cargan las torres de iluminación de FRP, se genera por fenómenos naturales como los rayos y la nieve. Por consiguiente, para este ensayo se eligió un faro instalado en el Mar de Japón, ya que los rayos y la nieve se observan con frecuencia en dicho mar, especialmente en invierno. En las torres de iluminación de FRP, es imposible evitar que se genere electricidad estática. Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que la solución consistía en la puesta a tierra de la electricidad estática a una velocidad superior a la que se puede cargar.

Basándose en esta conclusión, todos los enseres metálicos dentro de las torres de FRP se han puesto a tierra. Dicha solución ha evitado por completo los problemas causados por la carga de electricidad estática.

Entre 1972 y 1981, se construyeron cinco faros alemanes de plástico reforzado con fibra de vidrio (GRP - *Glass-Reinforced Plastic*). Sus alturas son de entre 10 y los 47m.

#### 4.3.4 CROMATICIDAD

- Blanqueamiento intenso del recubrimiento de gelcoat de color rojo y negro: después de un tratamiento/preparación especial de superficie, tuvieron que pintarse con una pintura especial.

#### 4.3.5 DAÑOS ESTRUCTURALES (FISURAS, ETC.)

- Ninguno, de momento.

#### 4.3.6 RIGIDEZ

- La torre delgada de 47m de altura osciló de manera muy pronunciada a causa del viento. En la actualidad, un dispositivo mecánico de compensación reduce la oscilación.

#### 4.3.7 LONGEVIDAD

- No se ha podido recabar información sobre el comportamiento a largo plazo, el probable deterioro o los cambios de las características/propiedades materiales.

Por lo tanto, la construcción de faros de GRP se abandonó en 1981.

## 5 CONSTRUCCIONES DE METAL

Estructuras de celosía de acero utilizadas en Sudáfrica [16].

### 5.1 ANTECEDENTES

Sólo quedan 5 torres de faro de celosía de acero en Sudáfrica. En el pasado, se utilizaba un número considerable de estas torres, tanto como torres de faro como mástiles de radio.

#### 5.1.1 CUESTIONES PROBLEMÁTICAS

Con el paso de los años, debido a sus altos costes de mantenimiento y al deterioro general, la mayor parte de estas estructuras se ha retirado o sustituido por torres de aluminio. La mayoría de las torres se construyeron en los años 20 y 30 del siglo pasado, y fueron galvanizadas. Una vez pintadas, duraban muchos años, pero desafortunadamente, al deteriorarse la pintura, se emplearon martillos buriladores para eliminar la pintura suelta, y esto dañó el galvanizado. Con el paso del tiempo, se oxidaron y el mantenimiento se hizo en cada vez más difícil.



## 5.1.2 RECUBRIMIENTO

Debido a la ubicación remota de estas torres, no siempre es factible realizar el granallado antes de pintarlas. Por esta razón, se elaboró un programa de pintura con un intervalo de 5 años entre pintados, que funcionó bien en las condiciones más severas.

## 5.1.3 OXIDACIÓN SEVERA EN CONSTRUCCIONES DE ACERO

Mediante el chorreo abrasivo, pueden eliminarse todas las impurezas, bataduras, oxidación, grasa etc.

NOTA: Para cumplir con los requisitos locales de seguridad e higiene en el trabajo, es de vital importancia determinar la naturaleza del recubrimiento a eliminar para garantizar la protección adecuada de los trabajadores.

Debe limpiarse la superficie hasta un valor SA de 2,5 con un grado necesario de rugosidad RA de 6,3 (=N9 B Rugatest n.º 3).

Para conseguir la protección catódica necesaria de un sistema de pintura rico en cinc (en frío), se cumplirán el nivel de limpieza y de rugosidad especificados por el fabricante de pintura. Es necesario un contacto directo entre el recubrimiento de zinc y el sustrato de acero. Este tratamiento ofrece la ventaja continua de recargar y reparar de manera automática el sistema de protección catódica.

Para lograr la vida máxima de un sistema de pintura, se tendrán que seguir las instrucciones del fabricante al pie de la letra.

## 5.2 REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CONSTRUCCIONES CON RECUBRIMIENTOS DAÑADOS DE PINTURA DE CINCO

Si no hubiera otra capa de pintura sobre el recubrimiento de cinc, los lugares dañados se deben limpiar antes de repararlos con recubrimientos de cinc.

Si hubiera una capa de pintura por encima del recubrimiento de cinc, las partes dañadas se limpiarán por chorreo o con un cepillo de acero, si fuera necesario, antes de aplicar la nueva capa de recubrimiento de cinc.

### 5.2.1 CONSTRUCCIONES DESGASTADAS POR LA INTEMPERIE

Si no hubiera una mano de pintura sobre la capa de cinc, la capa antigua de cinc se tendrá que eliminar por completo y “recargarse” catódicamente. Para realizar el recubrimiento antes de que se forme óxido, es imprescindible y de vital importancia la limpieza total de la superficie.

### 5.2.2 REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RECUBRIMIENTO METÁLICO DE CINCO EN CALIENTE

Construcciones recubiertas y metalizadas

#### 5.2.2.1 Construcciones antiguas

Se debe limpiar la superficie antes de la aplicación del nuevo sistema de pintura de cinc. Es habitual reparar estructuras recubiertas de cinc mediante la aplicación de una nueva pintura de cinc. La pintura de cinc recarga la antigua capa catódica activa y repara la capa envejecida.

#### 5.2.2.2 Construcciones nuevas

Las nuevas zonas de cinc metalizado que se dañen se tienen que lijar ligeramente para asegurar una buena adhesión de las capas posteriores de pintura.

La capa de cinc emprenderá la acción catódica sólo tras un recubrimiento completo de la misma. Después de esto, el acero recubierto de cinc metalizado se convertirá en anódico.

## 6 CONSTRUCCIONES DE ACERO INOXIDABLE

Comportamiento y prevención de los diferentes tipos de corrosión



## 6.1 CORROSIÓN ATMOSFÉRICA

Esta forma de corrosión general se produce por el deterioro químico debido a reacciones con la atmósfera marina, y su característica principal es la decoloración de la superficie. La corrosión es lenta y gradual, lo que ocasiona el deterioro visual del metal. No existe peligro de un fallo inesperado. Este tipo de corrosión no es potencialmente peligroso.

## 6.2 CORROSIÓN GALVÁNICA

Este tipo de corrosión es más grave y se produce por la diferencia de potencial que pueda existir entre el acero inoxidable y otros materiales (véase las tablas de corrosión electroquímica).

Parece una buena combinación la de hormigón y acero inoxidable (p. ej. anclajes de sujeción de acero inoxidable).

En todos los casos donde haya un contacto inevitable entre materiales distintos, se debe aislar el contacto directo con, por ejemplo, grasa libre de ácidos, barreras de aislamiento, cinta aislante, etc.

## 6.3 PICADURAS

Localmente, se desarrolla la porosidad, que profundiza en el material con rapidez, pudiendo dañarse gravemente la integridad estructural. Este tipo de corrosión aparece principalmente en ambientes marinos y sólo se puede evitar eligiendo acero inoxidable de adecuada calidad para su uso en el medio marino (normalmente, con un alto contenido de molibdeno).

## 6.4 CORROSIÓN POR GRIETAS

En presencia de un ambiente húmedo, aparece la corrosión en las fisuras y aberturas de la construcción, por donde puede circular una cantidad insuficiente de aire (oxígeno) para reparar la pasividad de la superficie del acero inoxidable. Esta forma de corrosión requiere un cambio de diseño para eliminar las fisuras.

## 7 CONSTRUCCIONES DE HIERRO FUNDIDO [14]

En Alemania, hace unos 90 años, se construyeron diez faros compuestos por elementos de hierro fundido gris montados con pernos. Fue un método común en la construcción de faros cuando éstos se transportaban desmontados desde Europa al extranjero.

En el servicio alemán, el exterior de estos faros se pinta cada 15 años, no tanto por motivos de protección, sino como marca diurna. Aparte de esto, no necesitan ningún otro tipo de mantenimiento. Algunos de los faros de hierro fundido no se han pintado nunca y ni siquiera así se han oxidado. Gracias a su alto contenido de carbono, el hierro fundido no es propenso a la corrosión. Véase el análisis más abajo. Según la clasificación actual de la norma alemana DIN 1691, el material se llama hierro fundido de grafito laminar y su número de código es 0.6015.

Al igual que otras estructuras metálicas, los faros de hierro fundido tienden a condensar la humedad en su interior. Esto se puede corregir mediante la ventilación natural o, en el caso de faros sin personal, con deshumidificadores, si hay una fuente adecuada de energía disponible.

Los costes de fabricación se mantuvieron bajos gracias a la utilización de los mismos moldes para fundir los elementos de un conjunto de faros, que sólo variaban en cuanto a su altura.

**Tabla 1 Análisis químico del hierro fundido de seis muestras (tomadas de dos faros), media**

	%
C	3,32
P	1,12
S	0,12
N	0,01



Mn	0,38
Al	0,001
Si	2,06
Cr	0,025

## 7.1 MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE HIERRO FUNDIDO UTILIZADAS EN SUDÁFRICA [18]

### 7.1.1 ANTECEDENTES

La primera estructura de faro de hierro fundido se erigió en Sudáfrica en el año 1864. Posteriormente, se construyeron otros 8 faros más, el último de ellos en el año 1919. La altura de estas torres varía entre los 8 y 33 metros. Algunas de estas estructuras fueron diseñadas por el Sr. Alexander Gordon, un ingeniero civil del Consejo de Comercio de Londres. El Sr. Gordon también suministró las torres de varias instalaciones de faros a las colonias y dependencias británicas.

### 7.1.2 RECUBRIMIENTO Y MANTENIMIENTO

En el pasado y coincidiendo con su construcción, a las torres de hierro fundido de Sudáfrica se les daba una capa de imprimación de plomo rojo y, después, cuando la torre ya estaba finalizada, se le aplicaba un recubrimiento final de pintura de esmalte (a base de aceite). Cuando se realizaba el mantenimiento de la pintura en una estructura de hierro fundido, la pintura en buen estado se limpiaba de toda la suciedad y depósitos de sal y, ahí donde había un fallo en la pintura y asomaba la oxidación, se empleaba un aparato de decapado con llama para eliminar el óxido y secar el metal. Inmediatamente después, mientras el metal aún estaba caliente, se aplicaba una mano de plomo rojo y, una vez seca, se le aplicaba la mano definitiva de color. Si el procedimiento arriba mencionado de mantenimiento se llevaba a cabo con regularidad cada dos años (la vida útil normal de la pintura en condiciones severas), no se presentaban problemas.

Si, por algún motivo, no se realizaba el mantenimiento, se formaba oxidación de tal manera que era casi imperceptible. En ocasiones, se ha detectado que, si se golpea el metal con un martillo burilador, sigue desprendiéndose hasta que se forma un agujero en la zona que se esté limpiando. De hecho, una de las torres de la costa se tuvo que revestir con hormigón a causa de este problema. Dicha torre estaba situada en Durban, que se encuentra en la zona subtropical, donde la humedad puede llegar a ser muy alta. En la actualidad, en estas torres se puede emplear casi cualquier sistema de pintura fabricado por una empresa de prestigio, siempre y cuando se sigan las instrucciones del fabricante al pie de la letra.

Sin embargo, la experiencia ha demostrado que bajo ningún concepto deben someterse al granallado. Cualquier trabajo de decapado o eliminación de la oxidación debe realizarse a mano o utilizando un martillo de agujas. Una vez que se haya limpiado una zona pequeña (de no más de un metro cuadrado), se debe calentar con una llama de gas y, mientras esté aún caliente, se le aplica la pintura de forma inmediata según las recomendaciones del fabricante.

La preparación de la superficie del hierro fundido es de suma importancia. Si la preparación se realiza a fondo y el aire húmedo cargado de salitre no entra en contacto con el metal, los resultados serán buenos, y sólo será necesario pintar la estructura cada cinco años, aproximadamente.

## 8 TORRES DE FARO DE ALUMINIO COMPLETAMENTE CERRADAS RECIENTEMENTE CONSTRUIDAS EN FILIPINAS [15]

Para mayor resistencia contra la corrosión y menor peso, las torres nuevas deben diseñarse con módulos de secciones transversales hexagonales u octogonales, utilizando la aleación de aluminio (5083) del Sistema Internacional de Designación de Aluminio Forjado y Aleaciones de Aluminio Forjado. El diseño en cuanto a la velocidad y presión del viento cumplirá los Códigos Estructurales Nacionales. Para facilitar el mantenimiento, las torres de faros/balizas mayores o medianos se diseñarán para estar equipadas con una escalera interior y las



pequeñas balizas de luz deben tener una escalera exterior y una plataforma en la parte superior. En la plataforma se instalará el panel solar de los faros/balizas de mediano y pequeño tamaño y la batería de acumulación se alojará en el interior de la torre. El material para la fijación de los tornillos y tuercas será de acero inoxidable tipo SIS316, empleándose tuercas de bloqueo tipo nyloc para las vigas principales.

La cimentación se diseñará con la suficiente solidez como para soportar cargas externas y gravitatorias. Como parte de los requisitos de diseño, los licitadores tendrán que realizar estudios del emplazamiento y geotécnicos. Además, el diseño tendrá en cuenta la seguridad de las torres para evitar el acceso no autorizado de personas y el robo de equipos y estructuras.

El acabado consistirá en una imprimación mordiente de aluminio con una pintura epóxica de 3 manos. Todos los tornillos, tuercas y arandelas de fijación serán de acero inoxidable cubierto con plástico anticorrosivo para minimizar, a largo plazo, la acción electrolítica entre los tornillos y las piezas de aluminio y las láminas prefabricadas de las secciones de la torre del faro.

El sellado se realizará conforme al procedimiento que figura a continuación:

### **8.1 PREPARACIÓN DEL AJUSTE DE JUNTAS**

Es fundamental que las juntas de las superficies estén lo suficientemente secas. Deben corregirse por completo las astillas, grietas y juntas mal soldadas. Además, se eliminarán por completo la humedad, los aceites, etc. que puedan impedir la adhesión.

### **8.2 LIMPIEZA DE SUPERFICIES DE TRABAJO**

Dado que, en comparación con otros materiales de sellado, se exige un alto rendimiento al sellante de silicona, se extremará el cuidado de la limpieza de las juntas, eliminando la humedad, la lechada de cemento y los aceites. Cuando las superficies de trabajo están mojadas o cuando hay aceites, lechada o suciedad, se produce una disminución de la adherencia en la separación entre piezas distintas. El polvo y la suciedad se limpiarán de las superficies de trabajo mediante el chorreo de aire o con una bayeta. Asimismo, cuando las superficies estén muy sucias, se limpiarán con una bayeta, utilizando un disolvente adecuado.

### **8.3 APLICACIÓN DE CINTA ADHESIVA**

Para evitar manchas en la zona y asegurar un acabado limpio de las partes rellenadas con sellante, aplique cinta adhesiva a ambos lados de las juntas, ejerciendo una presión fuerte para asegurar la adhesión de las cintas y extremando el cuidado para evitar la introducción de la cinta en las juntas.

### **8.4 APLICACIÓN DE IMPRIMACIÓN (IMPRIMACIÓN DE ALUMINIO)**

La imprimación líquida se aplica de manera uniforme con una brocha o proyectándola y, después, se dejará secar.

### **8.5 OPERACIÓN DE RELLENO**

Corte la tobera al tamaño deseado en un ángulo de 45° y perforo la base interior del sellado de la tobera. A continuación, introduzca el cartucho en la pistola para aplicar la silicona. Aplique el sellante según las instrucciones del fabricante.

### **8.6 MECANIZADO**

Después de rellenar las juntas con sellante, se realiza el mecanizado. Esta operación asegura que el sellante se adhiera herméticamente a la estructura de aluminio para lograr una adherencia completa y para evitar cavidades.

### **8.7 RETIRADA DE CINTA ADHESIVA**

Una vez finalizado el mecanizado, retire la cinta adhesiva con rapidez, antes de que se seque la silicona. Quite la cinta, enrollándola en torno a un objeto con forma de barra de gran diámetro.

## 8.8 CURADO

Una vez finalizada la operación, las superficies de las juntas deben curarse con suficiente cuidado hasta que estén completamente duras. El sellante comienza a curarse al entrar en contacto con el aire y la humedad. El curado progresa hacia dentro desde la superficie de la goma. Por lo tanto, el tiempo de curado dependerá del espesor de la goma, la temperatura de curado y la humedad relativa. Cuando se deja a 25° con una humedad relativa del 50%, la superficie comienza a formar una película a los 20 o 30 minutos y se cura para convertirse en una goma resiliente después de 15 o 16 horas. La fuerza adhesiva máxima se alcanza en 3 días. En el caso de las propiedades eléctricas, tarda 7 días.

## 8.9 ALEACIÓN DE ALUMINIO A5083 – PROPIEDADES MECÁNICAS

*Tabla 2 Aleación de aluminio A5083 – Propiedades mecánicas*

Símbolo		A5083P
Grado de templado		0
Ensayo de tracción	Grosor mm	Más de 0,8, hasta e incluyendo 40
	Ensayo de tracción MPa	275 mínimo, 353 máximo
	Ensayo de estrés MPa %	127 mínimo, 196 máximo
	Alargamiento %	16 mínimo
Ensayo de flexión	Grosor mm	0,5 y más, hasta e incluyendo 12
	Radio interior	Grosor x 2

*Tabla 3 Aleación de aluminio A5083 – Composición química*

Aleación n.º	A5083P
Revestimiento y composición química del material base	0
Si	0,40 máximo
Fe	0,40 máximo
Cu	0,10 máximo
Mn	0,40 a 1,0
Mg	0,40 a 1,0
Cr	0,05 0,25
Zn	0,25 máximo
Zr, Zr+Ti, Ga, V, Ti	0,15 máximo
Otros, cada uno	0,05 máximo
Otros, total	0,15 máximo
Al	Resto

### 8.9.1 DESVENTAJAS DE LAS TORRES METALIZADAS

- Elevados costes de fabricación, ya que son necesarios secciones extruidas y tornillos especiales;



- Para aislar la torre de aluminio de la base de hormigón, se debe colocar una membrana de aislamiento de 360°;
- Se debe retrasar la pintura definitiva hasta que se haya curado el sellante de las juntas.

### 8.9.2 VENTAJAS DE TORRES METALIZADAS

- El peso reducido de los componentes individuales permite que se transporten y monten con facilidad;
- Una torre sólida de aluminio extruido proporciona una gran superficie pintada con buena visibilidad diurna y es un blanco de radar muy eficaz;
- El perfil exterior liso permite que se pueda operar con seguridad con vientos de hasta 260 km/hora.

## 9 ESTRUCTURAS DE CELOSÍA DE ALUMINIO UTILIZADAS EN SUDÁFRICA [17]

### 9.1 ANTECEDENTES

Entre 1963 y 1980, casi todos los nuevos faros construidos en Sudáfrica consistían en una estructura de celosía “autoportante”, que daba apoyo a una plataforma equipada con una óptica estándar Stone Chance de 250 mm y el alojamiento de la linterna. El peso del alojamiento de la linterna y la óptica es de aproximadamente 1 tonelada. Se construyeron un total de 13 de estos faros, de los cuales 9 se edificaron con un diseño de 4 patas y 4 con 3 patas. La altura de estas torres varía entre los 10 y 23 metros.

Además de los faros, y utilizando este tipo de estructura, también se edificaron un cierto número de luces mayores, luces de enfilación a puertos y mástiles de radio. Fueron numerosos los motivos para reemplazar los materiales de construcción más tradicionales por aluminio, pero los más importantes en aquella época fueron los siguientes:

- Que la mayoría de nuevos faros se construirían en ubicaciones remotas, donde el peso reducido y el fácil manejo de las secciones de una estructura de aluminio aportaban una clara ventaja;
- El coste relativamente barato de una estructura de celosía;
- La facilidad y rapidez de construcción.

### 9.2 CONSTRUCCIÓN

Todas las estructuras están fabricadas de un aluminio de grado marino con una sección transversal de ángulo y canal y se montan con tornillos y tuercas, dejándolas sin pintar. Nueve de las torres utilizan tuercas y tornillos de aluminio para fijar las secciones entre sí. Estas tuercas y tornillos se aprietan hasta un par de apriete predeterminado. El resto de las torres se fijan con tuercas y tornillos de acero inoxidable de 316 grados.

#### 9.2.1 DESVENTAJAS

Se ha comprobado que las ventajas de un peso reducido, la facilidad de construcción y la economía no compensan las desventajas de la poca visibilidad como una marca diurna vista desde el mar, la falta de espacio para los equipos en el alojamiento de la linterna, las constantes vibraciones de la torre ante cualquier tipo de viento (seguramente debido a un fallo de diseño) y la fatiga del metal en zonas críticas de la construcción (se perdió una torre en una tormenta de viento cuando, al fracturarse las patas, la torre se desplomó). En la actualidad, estas torres están siendo sustituidas de forma sistemática por torres de hormigón de altura similar.

#### 9.2.2 CUESTIONES PROBLEMÁTICAS

A lo largo de los años, se han comprobado algunos problemas, como el aflojamiento de los tornillos de aluminio debido a la aplicación de un par de apriete incorrecto durante la construcción de las torres. Una vez que se afloja un tornillo, la vibración de la estructura agranda el agujero y, cuando el tornillo se sustituya, el orificio se tendrá que ensanchar para dar cabida a un tornillo de mayor diámetro.



En general, aparte del aflojamiento de tornillos y la fatiga del metal, otro problema que se constató con estas estructuras fue la corrosión de la parte inferior del balcón y del suelo del alojamiento de la linterna. La causa de esta corrosión se debe a que se han utilizado metales diferentes por donde los cables atraviesan el suelo y a la humedad y al crecimiento de la vida vegetal (musgo y líquenes) debajo del balcón. Otro problema es la corrosión en la parte inferior de las patas de la torre, donde están en contacto con la cimentación de hormigón. La subsanación de estos problemas se logró simplemente manteniendo limpia la parte inferior del balcón, cambiando la parte afectada del suelo con un material aislante y reemplazando las patas de la torre con otras de acero inoxidable.

### 9.3 MANTENIMIENTO

---

Debido a que estas estructuras jamás se habían pintado, necesitan poco mantenimiento. Se recomiendan inspecciones periódicas para determinar si hay tornillos sueltos o signos de corrosión, especialmente en las patas de las torres, o debido a la acción de distintos metales.

## 10 ACCESIBILIDAD Y MEDIOS DE TRANSPORTE

---

### 10.1 FAROS COSTEROS ACCESIBLES POR TRANSPORTE TERRESTRE

---

En el caso de estos faros, se puede aceptar que se reduzcan al mínimo imprescindible las existencias de materiales de construcción o de reparación, especialmente teniendo en cuenta el deterioro de determinados productos (pinturas, morteros, sellantes, etc.). Se debe cumplir escrupulosamente la información de los fabricantes sobre la fecha de caducidad.

Además, debido a su ubicación protegida, la probabilidad de daños accidentales al faro es baja y, si sufren daños de una galerna súbita o de los rayos, se detectan con rapidez y se pueden controlar. Sin lugar a dudas, éste es el caso de los faros ubicados en tierra firme. Si, además, cuentan con un farero o están, al menos, provistos de una calefacción mínima (para evitar la condensación), sólo se debe considerar un inventario de productos para reparaciones menores.

Se pueden llevar hasta el faro los materiales de construcción más pesados, tales como la arena, el mortero, la grava, las barras de refuerzo, la piedra de cantera, etc., según las necesidades. En el caso de daños mayores a un edificio de mampostería de piedras duras de cantería, será muy difícil tener existencias de todos los tipos de piedra. La piedra se debe cortar al tamaño adecuado según los planos de obra y, por lo tanto, se considerará realizar más mantenimiento preventivo. Las obras mayores se deben realizar en la tranquilidad de un taller para transportarlas después al faro. En el caso de los faros costeros situados en la base de acantilados, el acceso es, por supuesto, más difícil. Las obras durante épocas de viento y frío deben limitarse a reparaciones menores o de emergencia.

En general, los faros situados en costas llanas se ubican en zonas bien protegidas e incluso pueden encontrarse cerca de zonas urbanas y serán accesibles por transporte terrestre. En este último caso, se puede aceptar que no se mantenga ningún tipo de inventario de materiales en el emplazamiento.

### 10.2 FAROS COSTEROS INACCESIBLES POR TRANSPORTE TERRESTRE O MUY REMOTOS

---

La inaccesibilidad puede deberse a varios motivos, como la imposibilidad de acceder por carretera, factores estacionales (nieve, inundaciones, etc.), la influencia periódica de la marea, una isla o plataforma reducida o aislada, etc.

En tales casos, se debe seguir un sistema de mantenimiento previamente programado. Los daños accidentales sólo se podrán percibir desde buques que navegan en las inmediaciones o mediante la supervisión remota. Si dichos problemas llegaran a producirse en la temporada en la que el lugar es inaccesible por transporte terrestre, se deberá llegar al lugar en transporte aéreo, teniendo en cuenta el límite de peso de este medio de transporte. Es posible, por lo tanto, que sea necesario almacenar en el emplazamiento materiales pesados para el mantenimiento periódico.



### 10.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE ELEMENTOS CIVILES

(Ejemplo) Identificación de edificios y estructuras

Se establecerá un código de dígitos para disponer de un método normalizado y uniforme de identificación y referencia, y para la posibilidad futura del tratamiento automatizado de los datos

### 10.2.2 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO [12]

Estos procedimientos se identifican mediante códigos de rutina. Este código se refiere a los procedimientos que deben llevarse a cabo durante una inspección del emplazamiento.

Las actuaciones de trabajo no se detallan por completo; sino que pretenden, en general, servir como guía para el personal encargado de llevar a cabo la operación.

Se pretende que los procedimientos rutinarios de trabajo los realice personal debidamente cualificado para reconocer y evaluar el estado físico de la estructura.

Las abreviaturas utilizadas bajo el epígrafe “Frecuencia” son las siguientes:

SA	Semestral
A	Anual
2A	Cada dos años
3A	Cada tres años

Una copia reducida de estos procedimientos debe encuadernarse en forma de libro se entregará a todo el personal de campo para que sirva como guía de referencia personal.

### 10.2.3 FORMULARIO DE INVENTARIO DEL EMPLAZAMIENTO

Este formulario es un inventario de todas las estructuras y bienes de cada emplazamiento determinado. También contiene una descripción general de las estructuras. Se debe archivar en el expediente del emplazamiento en la oficina del supervisor de mantenimiento.

### 10.2.4 FORMULARIO DE REGISTRO DEL EMPLAZAMIENTO

Este formulario contiene información específica de cada emplazamiento concreto, como: tipo de estructuras; rutinas a seguir en las inspecciones o en el mantenimiento del emplazamiento; y la frecuencia de dichas visitas. La columna de observaciones es para anotar cualquier consideración o condición especial en ese emplazamiento concreto.

Este formulario se archivará en el expediente en la oficina:

- Inspección semestral del emplazamiento;
- Mantenimiento anual del emplazamiento;
- Mantenimiento cada 2 años del emplazamiento;
- Mantenimiento cada 3 años del emplazamiento.

Estos formularios son listas de control para todo tipo de inspección o mantenimiento de los emplazamientos.

Se deben entregar a todos los inspectores de campo en cada visita. Una vez que se haya inspeccionado cada estructura según los procedimientos rutinarios, el inspector marcará la columna de estado.

Se utilizará la columna de observaciones para identificar los trabajos necesarios, las reparaciones de emergencia realizadas, etc. Si fuera necesario más espacio, se podrán utilizar los formularios de mantenimiento correctivo o de reparaciones de emergencia.

Estos formularios también incluirán la fecha de inspección y la firma del inspector.

En las inspecciones semestrales, el inspector sólo tendrá que llevar este formulario al emplazamiento.



En las inspecciones anuales, el inspector llevará a cabo tanto una inspección semestral como una anual del emplazamiento.

En las inspecciones de cada dos años, el inspector realizará una inspección tanto semestral como una anual, y así sucesivamente.

#### **10.2.5 MANTENIMIENTO CORRECTIVO NECESARIO**

Este formulario debe utilizarse en las visitas al emplazamiento realizadas para identificar los trabajos necesarios en una futura visita al emplazamiento. También incluirá una descripción de los materiales necesarios para hacer dichos trabajos.

Estos formularios se entregarán a todo el personal de campo.

#### **10.2.6 MANTENIMIENTO CORRECTIVO FINALIZADO**

Este formulario se utilizará en las visitas al emplazamiento cuando se hayan realizado trabajos de mantenimiento. Debe identificar las estructuras sobre las que se han realizado los trabajos, el tipo de trabajos llevados a cabo y el tiempo necesario para completarlos. Deben anotarse todas las estructuras, trabajos y tiempos para ese emplazamiento concreto.

El responsable de mantenimiento rellenará el formulario en el emplazamiento y lo devolverá a la oficina del supervisor para su archivo en el expediente del emplazamiento para su posterior referencia.

Estos formularios también se entregarán a todo el personal de campo.

#### **10.2.7 CIRCULACIÓN DE FORMULARIOS**

Todos los formularios de inspección y mantenimiento se entregarán por triplicado al inspector y al personal de mantenimiento. Una vez cumplimentados, se harán circular de la siguiente manera:

- 1 Supervisor de mantenimiento.
- 2 Inspector.
- 3 Emplazamiento.

Nota: Aunque la limpieza de la estructura y del emplazamiento se ha incluido como un Procedimiento de Mantenimiento Civil, ello no exime al equipo de trabajo de la responsabilidad de hacer una limpieza tras realizar un trabajo en el emplazamiento.

#### **10.2.8 PROGRAMA DE INSPECCIÓN/MANTENIMIENTO**

El Departamento de Mantenimiento empleará este formulario como una guía para programar las visitas de inspección a todos los emplazamientos. Incluirá una relación de todos los emplazamientos incluidos en el programa de mantenimiento, las fechas de las visitas (con una antelación de varios años) y un control de que se hayan finalizado las inspecciones.

Podría ser un tablero rígido colgado en la pared del despacho del supervisor de mantenimiento.

[11] para ver ejemplos de las hojas utilizadas para: el mantenimiento civil de cada tres años del emplazamiento, el programa de inspección /mantenimiento civil, el mantenimiento correctivo necesario y el mantenimiento correctivo finalizado.

[12] ofrece detalles exhaustivos sobre los procedimientos del mantenimiento civil preventivo.

### **10.3 HELIPUERTOS [1] [7] [19]**

#### **10.3.1 INTRODUCCIÓN**

Hay en servicio cuatro tipos de helipuertos:

- La pista de hormigón en masa o de asfalto utilizada donde hay terreno suficiente para proporcionar una zona plana de aterrizaje;



- Estructura fabricada de acero inoxidable construida sobre el terreno o las rocas adyacentes a la base del faro;
- Una estructura fabricada de acero/aluminio construida por encima de la linterna del faro;
- Una estructura fabricada de hormigón reforzado construida por encima la linterna del faro.

La geometría y la eventual orientación e implantación de estos helipuertos se describen en las guías de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). El primer tipo de helipuerto no requiere más explicación dentro del contexto de este capítulo.

Los últimos dos se utilizan principalmente en faros situadas en rocas o en plataformas. Hay que distinguir entre los helipuertos empleados para bajar a personas y suministros a tierra mediante un cabestrante y los que se utilizan para el aterrizaje de la propia aeronave. Esto marca una gran diferencia en la carga de trabajo segura de la plataforma, así como en el tamaño y la geometría del helipuerto.

De hecho, sea cual sea la estructura elegida, se debe evitar una alteración drástica de la silueta del faro. En cualquier caso, tal alteración se debe mencionar en la siguiente edición de los Libro de faros de la zona, así como en los Avisos a Navegantes.

Obviamente, la nueva construcción no debe ocultar ni interferir con la propia linterna, las señales de niebla o las ayudas radioeléctricas a la navegación.

Es probable que la nueva estructura o sus piezas prefabricadas se tengan que transportar por helicóptero. Esto significa que existe un límite de peso para cada pieza (digamos, por ejemplo, 3,5 toneladas para un helicóptero tipo Sea King).

El siguiente apartado ofrece un buen ejemplo de una construcción prefabricada de metal, tal y como se ha erigido en el Faro de Needles en la Isla de Wight (Reino Unido). [1].

### 10.3.2 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO [1]

Una estructura portante de acero se asentaría sobre la galería de granito del faro, elevándose a una altura que supera la cubierta de la linterna, de tal forma que obstruya lo menos posible la luz del faro. A esta altura, un bastidor de vigas horizontales de acero soporta una plataforma de aterrizaje de aluminio.

A pesar de que el helicóptero normal en servicio sea un Bolkow 105D, con un peso de 2.300 kg, se diseñó la plataforma para soportar un peso máximo de 3.600 kg y así permitir el uso de un helicóptero alternativo de mayor peso, por si fuera necesario por motivos operativos o en caso de emergencia.

Para maximizar el espacio disponible y ajustarse a la planta circular del faro, la estructura portante de acero se diseñó sobre plano para tener una forma de dieciséis lados. Además, ningún componente individual de la estructura podía pesar más de 350 kg, ya que se pretendía utilizar el helicóptero del servicio para entregar los componentes al faro y porque, en tal caso, esta cifra corresponde a la máxima carga suspendida permisible.

La plataforma de aterrizaje es de 8 metros de diámetro y utiliza paneles perforados de tablero de aluminio para reducir la resistencia al viento.

Los paneles de tablero ubicados fuera de la periferia de la estructura portante principal se fijaron con pernos de rotura, diseñados para romperse bajo fuerzas excesivas del viento/mar, permitiendo así que la plataforma se desprenda sin dañar la estructura.

La periferia de la zona de aterrizaje está cercada con una red de seguridad.

Para minimizar el oscurecimiento de la fuente luminosa, los cálculos previos mostraron que la estructura debe estar inclinada a su paso por el plano focal.

De esta manera, el oscurecimiento de la fuente luminosa a causa de la estructura superpuesta se redujo aproximadamente al 20%, cifra que se consideró aceptable.

Se dispusieron tres trampillas y escaleras de acceso para facilitar el acceso al faro desde la plataforma. Es imposible predecir exactamente dónde va a aterrizar un helicóptero en la pista, porque depende de la dirección



del viento. La experiencia ha demostrado que, con tres trampillas sobre la galería del faro, ubicadas a 90° la una de la otra, una de ellas siempre quedará libre de obstrucción por parte del helicóptero.

Se ha previsto una cuarta trampilla para su futura instalación, destinada a la entrega de aceite y agua, que se empleará con los tanques tipo almohada transportados por el helicóptero.

### 10.3.3 ESBOZO DEL PROGRAMA DE OBRAS

- 1 Trabajos de oficina  
Preparación del diseño, dibujos y especificaciones. Convocatoria y aceptación de ofertas por parte de los fabricantes.
- 2 Trabajos preparatorios en el emplazamiento  
Modificación de la cubierta de la linterna, modificaciones de la galería, preparación de la cimentación, construcción del andamiaje temporal.
- 3 Fabricación  
Fabricación, construcción y pintura de ensayo en condiciones de fábrica.
- 4 Entrega  
Traslado desde la fábrica al lugar de almacenamiento, entrega posterior desde el lugar de almacenamiento a la ubicación operativa del faro, en función del progreso de las obras en el emplazamiento.
- 5 Construcción  
Construcción en el emplazamiento.

### 10.3.4 PLATAFORMA DE ACCESO TEMPORAL

A medida que sea necesario el andamiaje para realizar las modificaciones a la cubierta de la linterna, se diseñará la plataforma para que, a la finalización de las obras temporales, se pueda emplear para proporcionar una plataforma llana por encima de la linterna.

De esta manera, se crea un punto de entrega adecuado para los componentes del helipuerto, transportados al emplazamiento como carga suspendida por el helicóptero.

Para garantizar la mínima obstrucción en la zona de trabajo disponible en la galería del faro, dicho andamiaje se construye justo contra el murete.

### 10.3.5 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Por motivos de diseño y de construcción, la estructura portante de acero se dividió en cinco secciones en sentido vertical y dieciséis secciones en sentido horizontal. Este esquema permitió la conformidad de la estructura con la forma de planta circular de la galería del faro y que la pieza de mayor peso no superara la restricción de 350 kg para cargas suspendidas del helicóptero.

La sección inferior consiste en vigas portantes verticales con arriostramiento horizontal, que también forman una cerca entorno a la galería de la linterna en lugar del parapeto original.

Las siguientes dos secciones, formadas por vigas cruciformes, proporcionan una serie de formas en diamante cuando están montadas para oscurecer lo menos posible la fuente luminosa.

El plano focal de la actual luz de navegación se encuentra al mismo nivel que la primera fila de unidades cruciformes. La segunda fila se dispuso para alojar la futura instalación de una baliza de emergencia como parte del programa de automatización. Al igual que la primera sección, la cuarta tiene vigas portantes verticales con arriostramiento horizontal y se ubica a la altura de la cubierta de la linterna.

La quinta sección proporciona la transición desde la estructura portante a las vigas del tablero e incorpora un brazo voladizo hacia afuera para extender la plataforma más allá de la estructura portante.



A este nivel más alto, unas vigas horizontales interconectan las dieciséis partes de la estructura portante y forman los apoyos de los paneles perforados de un tablero de aluminio de 60 mm de grosor.

### 10.3.6 PLATAFORMA DE ATERRIZAJE

La plataforma de aterrizaje se diseñó para que se realizara con paneles de aluminio de un grosor de 60 mm disponibles en el mercado.

Debido a las restricciones de peso para el transporte al faro y la forma de dieciséis lados, la plataforma se diseñó para que pudiera construirse con una serie de paneles de Al colindantes de forma rectangular y con ángulos en el borde de los paneles, que se aseguran a las vigas mediante fijaciones de acero inoxidable.

### 10.3.7 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Para proporcionar la máxima protección a las piezas de acero en el agresivo ambiente marino, todas las piezas de acero se granallaron de acuerdo con la norma sueca SIS O5 5900, SA3 para dar una amplitud máxima al perfil de chorreo de no más de 100 micras.

Inmediatamente después del granallado, a las piezas de acero se les proyectó un recubrimiento de cinc metalizado hasta un grosor nominal de 200 micrones. A continuación, se aplicó un sistema de pintura que consiste en una imprimación mordiente, una imprimación de fosfato de cinc y una única capa final de acabado.

Todo el aluminio utilizado fue de grado marino HE30, y no recibió ningún tratamiento adicional, a excepción de las zonas donde es necesario señalar el perímetro del helipuerto.

Todas las superficies de contacto entre el acero y el aluminio se aislaron con juntas de neopreno, y se emplearon tornillos de acero inoxidable para las conexiones entre los dos metales.

### 10.3.8 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Sólo se encuentran ejemplos de estructuras portantes de hormigón para el aterrizaje de helicópteros en lugares donde la pista se incorporó al diseño general de faros de reciente construcción.

## 11 INSTALACIONES DE ALOJAMIENTO

### 11.1 ESTUDIO GENERAL SOBRE EL MANTENIMIENTO DE FAROS

Las guías de la IALA definen la apariencia externa de la estructura, y la conservación o el mantenimiento dependen de tres factores principales:

- En un faro sin atender, sólo se necesita mantenimiento estructural;
- En un faro habitado, se debe tomar en cuenta la vertiente social de la decoración interior;  
Si el faro está habitado durante X días a la semana por el mismo personal:
- Un faro con acceso público debe estar dotado de instalaciones adecuadas (carteles, movilidad del visitante).

En general, los faros, cuando no estén habitados, pueden considerarse como espacios técnicos que no precisan de mantenimiento adicional o especial.

Durante las inspecciones periódicas de los equipos de las ayudas a la navegación, se pueden realizar, sin coste adicional alguno, pequeños trabajos de mantenimiento.

### 11.2 MANTENIMIENTO ELEMENTAL

Las tareas de limpieza incluyen:

- Eliminación de polvo de los monitores y (cuando existan) equipos electrónicos;
- Limpieza mensual de habitaciones, eliminación de polvo y limpieza con agua;
- Limpieza mensual de ventanas, así como cuando sea necesario (meses de invierno);



- Limpieza de lentes (mantenimiento anual);
- Escaleras (véase habitaciones).

Si el lugar se encuentra habitado o si se visita con regularidad, las tareas de limpieza se deben realizar con mayor frecuencia. Los habitantes inevitablemente generan suciedad, pero pueden dedicarse a hacer la limpieza durante su estancia y realizar pequeños trabajos y reparaciones en el edificio.

Si se permite el acceso al edificio a los visitantes, será necesario más mantenimiento y tal vez se tenga que contratar a contratistas privados para encargarse de:

- La suciedad en las escaleras;
- El uso frecuente de los aseos;
- Posiblemente, una tienda de recuerdos;
- La retirada de basura (colocación de un contenedor);
- Será imprescindible contar con un equipo para realizar las tareas de limpieza, al menos, una vez por semana.

### 11.3 MANTENIMIENTO DEL MOBILIARIO Y LOS ENSERES

#### 11.3.1 TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE PINTURA

Pintura exterior: véase el apartado 2 (Composición estructural).

##### 11.3.1.1 Interior

- En los faros deshabitados, la pintura de mantenimiento se puede limitar al mantenimiento estructural necesario para la preservación del edificio.

Sólo se tienen que mantener las dependencias utilizadas como talleres o los lugares de almacenamiento mediante un “sistema de pintura sencillo”.

- En una torre habitada, existe un factor social a considerar.

Si el faro se encuentra habitado durante unos días a la semana por el mismo vigilante, algunas habitaciones deben estar acondicionadas para la vida e incluso los espacios de almacenamiento deben ser objeto de alguna consideración estética.

- En los faros abiertos al público, el edificio debe disponer de dependencias completamente diferenciadas.

Debe mantenerse la función de las zonas de trabajo y de almacenamiento, pero en las demás estancias será necesario suficiente espacio para alojar exposiciones. Estas últimas y las escaleras se tendrán que mantener siempre limpias y, por lo tanto, necesitarán mantenimiento adicional.

#### 11.3.2 MANTENIMIENTO DEL MOBILIARIO

La disposición y elección del mobiliario del faro depende de los tres factores arriba mencionados:

- En un faro deshabitado, el mobiliario se limita a elementos útiles y baldas de almacenamiento, que requieren poco mantenimiento;
- En un faro habitado será necesario un enfoque completamente distinto, ya que hay que organizar y mantener las instalaciones domésticas;

El mobiliario consistirá principalmente en enseres domésticos, que los propios habitantes pueden mantener sin ningún coste adicional.

- En cuanto a los faros abiertos al público, el mobiliario consistirá principalmente en muebles de exposición.

El acceso público aumenta el número de reparaciones y renovaciones necesarias, que pueden incluirse en el sistema de gestión del faro.



## 11.4 SUMINISTROS DE SERVICIOS PÚBLICOS

---

### 11.4.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La disposición de la instalación eléctrica depende tanto del emplazamiento como del acceso al faro.

- Si siempre se puede acceder al faro por carretera y se encuentra conectado a la red eléctrica, habrá pocos problemas; el mantenimiento puede ser como el de una instalación industrial normal, de acuerdo con las normas de instalación eléctrica de obligado cumplimiento.
- Si el faro se encuentra en un lugar remoto, el mantenimiento y las reparaciones necesitarán apoyo de transporte marino y aéreo. Si no hay acceso a la red eléctrica, la energía se tendrá que generar *in situ*.

El suministro de materiales y personal para realizar reparaciones se verá limitado por la capacidad de los medios de transporte disponibles (peso del combustible, herramientas y materiales de reparación). No obstante, la ventaja de los accesos difíciles es la poca probabilidad de que se produzcan accesos no autorizados por parte del público.

### 11.4.2 CALEFACCIÓN

En este punto, existen los mismos problemas que con la instalación eléctrica. Una torre deshabitada sólo tiene que mantenerse seca y libre de escarcha, mientras que una torre habitada o con farero debe tener calefacción a 18°C de temperatura media en las zonas de estar.

### 11.4.3 SANEAMIENTO

El saneamiento es complejo, ya que se debe tener en cuenta el medio ambiente y el tipo de instalación de saneamiento necesario para cumplir las normas locales.

- Cuando el faro esté deshabitado, puede que no haya necesidad de saneamiento. Sin embargo, aun así, podría ser necesario instalar sistemas de saneamiento para el personal de mantenimiento que lo visite.
- El problema es distinto en los faros habitados y abiertos al público.

Si el faro está situado cerca de los colectores principales, el saneamiento se podrá conectar al sistema público. Sin embargo, cuando esté ubicado en un lugar remoto, será necesario un sistema de almacenamiento y tratamiento de residuos. Incluso puede que haya que trasladar los residuos en tanques especiales desde el emplazamiento. Las zonas de almacenamiento se planificarán con antelación según la disposición del edificio. Dados los límites (de peso) del transporte aéreo, el transporte de los tanques puede representar uno de los mayores problemas. Incluso si los residuos se tratan y eliminan de forma local, aún será necesario llevar agua fresca al emplazamiento por algún medio de transporte. Generalmente, estos problemas se limitan a los faros situados en tierra firme, ya que a los faros remotos situados mar adentro no son accesibles al público.

### 11.4.4 BASURA

El problema de la basura puede llegar a ser muy serio en los faros abiertos al público, donde se genera mucha basura y se requiere tanto la colocación de contenedores como la posterior retirada de la misma.

## 11.5 PROTECCIÓN CONTRA LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y EL VANDALISMO

---

### 11.5.1 DAÑOS DEBIDO A LAS TORMENTAS Y LA LLUVIA

Es prácticamente imposible la protección permanente del faro contra los daños causados por las tormentas y la lluvia. El control regular y la reparación inmediata de cualquier daño leve causado en las cubiertas y ventanas evitarán daños mayores *a posteriori*. En cuanto a los faros remotos y de difícil acceso, existe la posibilidad de supervisar la humedad mediante un sistema de telemetría. La instalación de sensores de temperatura, que miden grandes oscilaciones en un tiempo determinado de medición, se puede utilizar para avisar de los daños causados por las tormentas (rotura de ventanas, ventiladores, etc.).



### 11.5.2 DETECCIÓN DE INCENDIOS

Se puede instalar un sistema de detección de incendios, en diferentes zonas, con distintos sensores activados por el humo o por una subida de temperatura. La supervisión de la temperatura se suele realizar junto con la detección de humo. Estos sensores funcionan a una corriente baja y activan una alarma que, a su vez, es capaz de activar el sistema contra incendios.

### 11.5.3 SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Hay normas nacionales que establecen los tipos de sistema contra incendios que se pueden utilizar. Un contratista especializado suele encargarse de instalar y mantener dichos sistemas.

### 11.5.4 PROTECCIÓN CONTRA ROBOS

La protección de los recintos de los faros se puede conseguir mediante detectores electrónicos que funcionan con frecuencias de radar y/o de infrarrojos. Los aparatos no deben ser sensibles a la frecuencia de las luces fluorescentes, ni tampoco a los cambios del nivel de luz entre el día y la noche.

## 11.6 OBSERVACIONES GENERALES

Las observaciones y especificaciones mencionadas anteriormente varían en importancia según la función desempeñada por el edificio del faro. La frecuencia de mantenimiento varía en función de la ocupación y la utilización del lugar. El mantenimiento elemental del edificio (anual) puede variar, pero también se puede combinar con las inspecciones periódicas de la ayuda a la navegación instalada en el faro.

- Es probable que en una torre habitada el riesgo de incendio y del humo asociado al mismo se deba a la presencia de electrodomésticos de cocina y aparatos de calefacción. Por el contrario, los riesgos de robo y vandalismo son menores debido a la presencia de un farero;
- En cuanto a una torre abierta al público, el riesgo de robo y vandalismo es mucho mayor, ya que estos faros son más accesibles y porque contienen información, documentación y materiales de exposición;
- La vigilancia de una torre deshabitada sólo tiene que ser básica, pero se deben tomar todas las precauciones posibles si se encuentra en una zona turística;

El mantenimiento del sistema de seguridad depende de la ubicación y puede que resulte necesario para evitar el vandalismo.

- Si el faro es de fácil acceso y cuenta con una línea telefónica, es factible la instalación de alarmas a través de un módem;
- Cuando no haya ninguna línea telefónica disponible, son posibles las siguientes soluciones:
  - Si la distancia entre el faro y una marca fija fuera inferior a 1 km, se podrá utilizar una conexión por infrarrojos (no recomendado);
  - Mediante un sistema de comunicación celular;
  - Mediante un radioenlace específico.

## 11.7 REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA

### 11.7.1 ACCESO

Si se accede al faro por una carretera pública, su mantenimiento será a cargo del ayuntamiento local.

Si la carretera fuera propiedad de la autoridad de señalización y balizamiento o hubiera viales de acceso en el emplazamiento del faro, la responsabilidad de su mantenimiento recaerá en él. Si se permite el acceso público, deberán instalarse postes de señalización y vallas de seguridad.



### 11.7.2 APARCAMIENTO

Sólo se tendrá que construir y mantener un aparcamiento si la torre está abierta al público. Esto requiere una estimación del número de visitantes y, por tanto, número de plazas de aparcamiento y, del personal.

El mantenimiento del aparcamiento es otro gasto adicional que se tendrá que imputar a la gestión del faro.

## 12 EFECTOS FÍSICOS Y MEDIOAMBIENTALES

Estos incluyen el sol, la lluvia, la nieve, las heladas, la sal, la arena, la humedad, las inundaciones, el viento y las influencias orgánicas, tales como la presencia de moho, insectos, carcoma, ratones, etc. Incluyen también la inestabilidad del terreno, los terremotos, los icebergs, los aludes de nieve y barro, la contaminación atmosférica y el vandalismo.

Algunas de estas influencias, como la inestabilidad del terreno, los terremotos, los icebergs, y los aludes de nieve y barro, se deben considerar, principalmente en la fase de diseño del faro, para evitar problemas posteriores de mantenimiento.

### 12.1 REVISIÓN DE EFECTOS

#### 12.1.1 EFECTOS ORGÁNICOS

Los efectos orgánicos, como el moho, los insectos, la carcoma y los ratones, sólo cobran importancia con respecto a la madera sin protección en muros exteriores (ventanas).

#### 12.1.2 ELEMENTOS DE MADERA

Los problemas de los elementos interiores de madera suelen estar relacionados con la humedad y se abordarán más adelante. La radiación ultravioleta (U.V.) en la madera provoca la pérdida de la protección aportada por los aceites naturales, causa grietas y acelera los efectos de las influencias orgánicas.

El procedimiento habitual, especialmente en el lado más soleado, consiste en el mantenimiento normal y la utilización de recubrimientos micro porosos, como aceites de madera y barnices. Durante los primeros años del edificio, la madera se tendrá que proteger con frecuencia y, posteriormente, la frecuencia normal suele ser de una vez al año. Se deberá inspeccionar la superficie de madera después del verano. La erradicación de la descomposición de la madera es más costosa que la protección regular.

Si la protección habitual sigue siendo insuficiente, se considerará la sustitución de la madera por especies de madera más resistentes o tropicales.

#### 12.1.3 ALUDES DE NIEVE O BARRO

Si los aludes de nieve o de barro siguen siendo un problema después de la fase de diseño, una solución puede ser la construcción de un pequeño muro de contención junto con una zanja adicional.

#### 12.1.4 EXCREMENTOS DE AVES

Se puede reducir el problema de los excrementos de aves impidiendo que se posen sobre el faro, lo que puede lograrse mediante la instalación de alambres inoxidables y tensionados. Los accesorios adecuados pueden ser caros y dañinos para un techo impermeable. ¡La protección podría resultar peor que las molestias! También puede ser una solución eficaz la eliminación de los alimentos y materiales para nidos.

#### 12.1.5 RAYOS

La protección contra los rayos suele ser esencial para edificios altos y expuestos, como es el caso de los faros. Deben estar equipados con pararrayos y conductores que, a su vez, se mantendrán en buen estado. Tras una inspección visual para detectar corrosión o interrupciones en el pararrayos, se realizarán mediciones de la capacidad de conductividad y de puesta en tierra.

Protectores de sobretensión evitarán o reducirán los daños causados a equipos electrónicos costosos.



### 12.1.6 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación atmosférica es un problema que afecta al acristalamiento de la linterna. La consiguiente obstrucción de la luz sólo puede reducirse mediante la limpieza periódica de los cristales y, por lo tanto, generalmente se acepta un cierto grado de obstrucción de la luz. Se pueden investigar los sistemas utilizados para los parabrisas de vehículos o los productos químicos que reducen la adhesión de contaminantes.

## 12.2 PROTECCIÓN CONTRA EL VANDALISMO

Deben considerarse las medidas habituales de protección para los edificios remotos. Algunos de estos sistemas requieren un mantenimiento costoso y pueden ser más caros que aceptar cierto nivel de vandalismo.

Los puntos que figuran a continuación se considerarán antes de decidir sobre el nivel de protección:

- La frecuencia de las visitas;
- ¿Se permite el acceso público?
- El uso de llaves especiales, un número reducido de llaves y de portadores de las mismas;
- Procedimiento de control a la salida del edificio, cierre con llave de puertas, ventanas, etc.;
- No se deben dejar efectos de valor en la estación;
- Instalaciones, tales como los depósitos de aceite, los equipos eléctricos de emergencia y los vehículos (bicicletas) se podrán ocultar dentro de los edificios;
- Se deben retirar los elementos que podrían ayudar a los intrusos, como escaleras externas de emergencia;
- Instalación de barreras contra intrusos, tales como vallas, barras en las ventanas inferiores, puertas adicionales cerradas con llave, vidrio reforzado (policarbonato de Lexan);
- Reducción del número de rutas de acceso, colocación de avisos prohibiendo el acceso no autorizado, vallado del camino de acceso mucho antes de llegar al faro, utilización de un camino privado de acceso;
- Instalación de sistemas de alarma;
- Simulación de la presencia de un vigilante mediante el encendido y apagado automático de luces interiores;
- Uso de pinturas resistentes al grafiti y de las que dificultan trepar, según proceda.

## 12.3 HUMEDAD [2] [4]

Éste es el factor más importante en las estructuras de edificios, y sus efectos pueden ser causados directamente por las heladas, la nieve, las inundaciones y la lluvia.

Los efectos de la humedad también incluyen el moho, la presencia de insectos, la carcoma y la inestabilidad del terreno a causa de cambios en los niveles de las aguas subterráneas.

La humedad también tiene la capacidad de incrementar de manera considerable los daños causados por la sal, la mala calidad del mortero, la insuficiencia de recubrimientos de protección y la mala calidad general de los materiales de construcción.

El problema puede aumentar considerablemente por el hecho de que el faro suele estar deshabitado, así como por la falta de calefacción o ventilación.

La presencia de sistemas electrónicos también aumenta la importancia de prevenir la condensación.

El diseño original y las especificaciones de los recubrimientos deben evitar los problemas asociados con la humedad. El mantenimiento inadecuado puede ocasionar nuevos problemas si se emplean recubrimientos de protección en los muros externos, donde se manifiesta la mayoría de los daños visuales, resultando la acumulación de la humedad dentro de las capas interiores. Las capas de aislamiento sin capacidad de ventilación también pueden causar condensación dentro de las cavidades de los muros.



El mantenimiento adecuado comienza con un buen estudio, en el que se atenderá a: la presencia de olores, salpicaduras, marcas del nivel del agua, manchas de sal, moho y manchas cerca de las ventanas y por debajo del techo. El desmenuzamiento del yeso, papel pintado y azulejos. Manchas de óxido en las barras interiores de hierro. La pérdida de mortero en las juntas, eflorescencias y el desmenuzamiento del mortero de las juntas. La pérdida de la capa exterior de protección del hormigón. La presencia de agua o de humedad en conductos eléctricos, corto circuitos frecuentes.

Después de un estudio de los problemas de humedad, habrá que considerar formas de evitar la entrada de agua. El mantenimiento necesario se clasifica a continuación, según la forma en que entra el agua. Suele ser positivo mejorar la ventilación y la calefacción puede llegar a ser la única solución para los problemas de humedad.

#### 12.3.1 FILTRACIÓN DE AGUA A TRAVÉS DE LA AZOTEA

A menudo las capas impermeables ya no se encuentran adheridas a la estructura portante y se han levantado a causa de burbujas de agua. Se deben retirar y sustituir las capas impermeables dañadas. Las soluciones más baratas sólo incrementarán los daños ya existentes.

#### 12.3.2 FILTRACIÓN DE AGUA A TRAVÉS DE VENTANAS Y PUERTAS

Hay que revisar las cerraduras, bisagras y juntas de puertas y ventanas y, si fuera necesario, reemplazarlas. Se debe considerar la instalación de ventanas de doble cristal y la sustitución de ventanas de hoja batiente por fijas.

#### 12.3.3 SUBIDA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR LA ACCIÓN CAPILAR

- Retirada del musgo, la arcilla o el lodo en torno a los muros externos;
- Disminución de los niveles de las aguas subterráneas mediante un drenaje mejorado del entorno;
- Inyección de productos especiales para cerrar todos los canales capilares.

#### 12.3.4 ABSORCIÓN DE AGUA POR MATERIALES

- Revisión de la cantidad de penetración de agua;
- Reparación de juntas en el exterior, particularmente las verticales;  
Las últimas están menos comprimidas que las juntas horizontales y, por lo tanto, son más porosas.
- Reparación de los sistemas de impermeabilización.

#### 12.3.5 CONDENSACIÓN EN LAS PAREDES

- Retirada del yeso, papel pintado y azulejos mojados;
- Retirada del aislamiento empapado;
- Ventilación del muro;
- Aplicación de maestreados impermeables en el muro interior, pero sólo tras un estudio exhaustivo.

#### 12.3.6 INUNDACIÓN DEL SÓTANO

- Disminución de los niveles de las aguas subterráneas mediante un drenaje mejorado del entorno;
- Fijación de capas impermeables a los muros del sótano;
- Instalación de una bomba automática.

## 13 UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO TÍPICO

De acuerdo con la referencia [10], que ofrece un buen ejemplo de cómo las autoridades canadienses enfocan los programas extensivos de mantenimiento, se puede hacer la siguiente subdivisión para un plan de mantenimiento general:



- Inspección;
- Mantenimiento preventivo;
- Mantenimiento correctivo;
- Renovación.

Parte de la arriba citada referencia se reproduce a continuación:

Esta práctica describe un plan para realizar el mantenimiento preventivo, programado previamente, en los emplazamientos de faros. Este plan se ha diseñado para la emisión de órdenes por escrito sobre los trabajos de mantenimiento preventivo a intervalos programados desde un lugar centralizado de registro.

El mantenimiento preventivo conlleva la revisión o sustitución de componentes o la instalación periódica de equipos, a menudo antes de que sean evidentes las señales de deterioro. Esta práctica minimiza la incidencia de situaciones costosas y potencialmente peligrosas que puedan surgir a causa del deterioro o fallo inesperado de un componente.

El mantenimiento preventivo de las instalaciones de faro suele limitarse a la sustitución de piezas de equipos eléctricos, mecánicos y electrónicos, pero la pintura periódica y las obras en el emplazamiento también han de considerarse una forma de mantenimiento preventivo. La sustitución de vigas estructurales se lleva a cabo solamente tras el descubrimiento de evidencias de su deterioro y, por lo tanto, no se puede clasificar como mantenimiento preventivo, sino como mantenimiento correctivo.

Este programa sólo resultará eficaz si todos los datos de mantenimiento se actualizan y todos los procedimientos se cumplen adecuadamente

### 13.1 REGISTROS

Algunos de los objetivos clave que se deberán considerar con respecto a la cantidad y el tipo de información a conservar son:

- La facilidad con la que los datos puedan utilizarse para realizar análisis y ayudar en el proceso de toma de decisiones;
- La facilidad con la que se pueda acceder y mantener la información;
- La seguridad de los datos para proteger su integridad, evitando el acceso no autorizado y la manipulación.

Los registros mostrarán:

- El inventario asociado a la descripción técnica de la instalación;
- Los datos de actividad, relacionados con las diversas actuaciones realizadas en las instalaciones (p. ej. inspecciones, mantenimiento, reparaciones, etc.).

### 13.2 ARCHIVO DE INVENTARIO

Se creará el archivo de inventario cuando se construya una nueva instalación y permanecerá sin cambios hasta que se finalice la rehabilitación integral o sustitución de la estructura. Registra toda la información relevante de esa instalación.

Se debe actualizar cada vez que se lleve a cabo una inspección o trabajo de mantenimiento en la instalación, o cuando se realice un cambio de estado con respecto a ella (p. ej. cambio de la frecuencia de inspecciones de trimestral a semestral).

### 13.3 PROGRAMACIÓN

Las inspecciones puntuales de estructuras y equipos sirven para realizar un control sobre el funcionamiento de los materiales de construcción y de las piezas de los equipos, así como para garantizar la detección temprana del deterioro de materiales o de averías en los equipos.



Las inspecciones que formen parte de un programa periódico se realizarán aproximadamente cada tres o seis meses, o de forma anual (p. ej. en temporadas en que es probable que el deterioro de una estructura sea más pronunciado debido a factores ambientales). Para determinar la fecha de inspección de cada instalación, se elabora un programa maestro basado en datos históricos, tales como son los datos de las condiciones meteorológicas, la disponibilidad de la mano de obra, la disponibilidad del transporte y la distancia del desplazamiento.

El Departamento de Mantenimiento tiene la responsabilidad de garantizar que se establezcan las rutinas necesarias, asegurando que sus frecuencias cumplan las recomendaciones de los fabricantes y que se lleve a cabo el programa de mantenimiento de una manera segura, económica y satisfactoria.

### 13.4 INSPECCIONES

Una inspección conlleva un examen completo y sistemático de las estructuras y equipos, y debe estar formada por un equipo de inspección con buenos conocimientos de las instalaciones y de su funcionamiento.

Debe elaborarse un itinerario detallado de la visita de inspección propuesta.

Los datos de inspección abarcan las inspecciones visuales, rutinarias, detalladas y especiales e incluirán:

- El tipo de inspección;
- La observación de componentes (estado actual), especialmente las deficiencias;
- Recomendaciones y comentarios;
- La fecha de inspección;
- La firma del inspector.

Las observaciones de campo se trasladan de los informes de campo al archivo general de la oficina. Los expedientes de inspección se actualizan tras cada inspección y contienen las observaciones y comentarios del equipo que la ha realizado para permitir la evaluación de los datos de entrada en la oficina regional.

## 14 MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE FAROS HISTÓRICOS

A lo largo de este documento, se hace referencia a las cuestiones de mantenimiento relacionadas con los faros históricos. En el manual *United States Coast Guard Historical Lighthouse Preservation Handbook* se puede encontrar información más detallada y ejemplos específicos sobre la conservación de faros. [19]

## 15 DEFINICIONES

La definición de los términos empleados en esta guía se puede encontrar en el Diccionario internacional de ayudas a la navegación marítima (Diccionario de la IALA) en <http://www.iala-aism.org/wiki/dictionary>.

## 16 ACRÓNIMOS

A	Anual
Al	Aluminio
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de aluminio
C	Carbono
C	Celsius (previamente Centígrados)
CaO	Oxido de calcio
cm	Centímetro
Cr	Cromo



Cu	Cobre
DIN	( <i>Deutsches Institut für Normung</i> ) Instituto Alemán de Normalización
Fe	Hierro
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido ferroso
FRP	( <i>Fibre Reinforced Plastics</i> ) Plásticos Reforzados con Fibra
Ga	Galio
GLA	( <i>General Lighthouse Authority</i> ) Organismo Responsable de Balizamiento y Señalización
GRP	( <i>Glass Reinforced Plastic</i> ) - Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities - AISM
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
IEG	( <i>Information Exchange Group -GLA</i> ) Grupo de Intercambio de Información
kg	Kilogramo
Km	kilómetro
m	Metro/s
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
Mg	Magnesio
mm	Milímetro/s
Mm	Manganeso
nm	Nanómetro/s
P	Fósforo
Ra	( <i>Roughness average</i> ) Rugosidad media
S	Azufre
SA	Semestral
SA	Normas suecas de granallado
Si	Silicio
Ti	Titanio
UV	Ultravioleta (luz de 10-380 nm)
V	Vanadio
Zr	Zirconio
2A	Cada dos años
3A	Cada tres años

## 17 REFERENCIAS

### 17.1 DE TRINITY HOUSE LIGHTHOUSE SERVICE (SR. ADRIAN WILKINS)

- [1] Construction of Helicopter Landing Platform on Needles Lighthouse, ponencia de la Conferencia de la IALA celebrada en Veldhoven
- [2] The Method of Preparing and Securing Lighthouse Stations and Associated Buildings for Long-Term Unattended Operation, artículo del GLA Information Exchange Group (IEG)
- [3] Bulk Fuel Transportation and Storage, artículo del GLA IEG
- [4] Humidity Condensation and Conditioning of Lighthouse Buildings for Unattended Operation, artículo del GLA IEG, con más contenidos que la ponencia de la Conferencia celebrada en Hawái



[5] Coastal Erosion-Effect on Lighthouse Structures, ponencia de la Conferencia celebrada en Hawái

[6] The conservation of British Lighthouses, por Frans Nicolas

#### **17.2 DE LA ADMINISTRACIÓN MARÍTIMA NACIONAL SUECA (SR. CHRISTIAN LAGERWALL)**

---

[7] Helicopter platforms at Swedish offshore lighthouses

#### **17.3 DE LA AGENCIA DE SEGURIDAD MARÍTIMA JAPONESA (SR. MASAMITSU KOBAYASHI)**

---

[8] Weatherproof characteristics of FRPs (fibre reinforced plastics) in Japanese Maritime Safety Agency

[9] Result of an examination on the static electricity of FRP (fibre reinforced plastics) light tower in Japanese Maritime Safety Agency (con versión mejorada)

#### **17.4 DE LA GUARDIA COSTERA CANADIENSE (SR. ROGER BEAUCHESNE)**

---

[10] Preventative Maintenance Program Newfoundland Region

[11] 3-year site maintenance

[12] Preventative Maintenance Procedures

#### **17.5 DE WSD NORD, KIEL, ALEMANIA (SR. GERD SCHRODER)**

---

[13] Reinforced Polyester Constructions

[14] Cast Iron Constructions

#### **17.6 DE ZENI LITE INTERNACIONAL CO (SR. ROGER LEA)**

---

[15] Recent Aluminium Lighthouses Built in the Philippines

#### **17.7 DE PORTNET, SUDÁFRICA (SR. JAMES COLLOCOTT)**

---

[16] Steel Lattice Structures in Use in South Africa

[17] Aluminium Lattice Structures in Use in South Africa

[18] Maintenance of Cast Iron Structures in Use in South Africa

[19] Upgrading of Roman Rock Lighthouse

#### **17.8 INFORMACIÓN TÉCNICA ADICIONAL SOBRE LA CONSERVACIÓN DE FAROS**

---

[20] USCG Historic Lighthouse Preservation Handbook