



Instituto Nacional de
Metrología de Colombia

BOGOTÁ
JUNIO 2025

Estudio identificación de **brechas metrológicas** ■ **ASTILLEROS**

*Identificación de brechas metrológicas en la **preparación de superficies y aplicación de recubrimientos de embarcaciones** en la región de Cartagena de Indias*

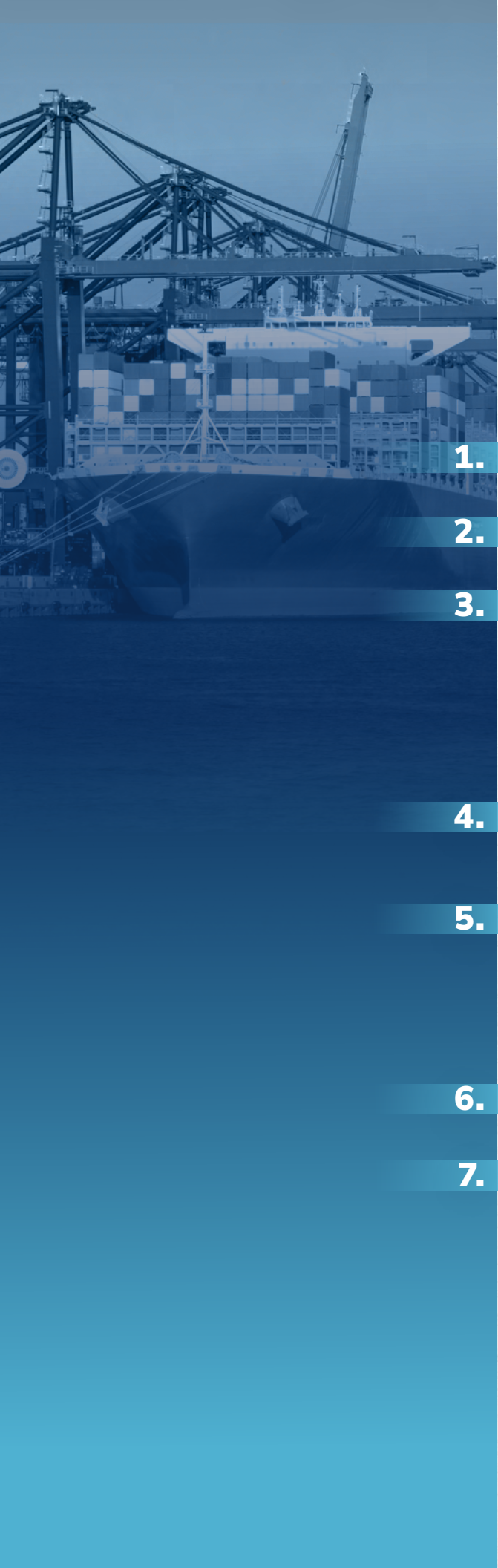


Agradecimiento

El Instituto Nacional de Metrología-INM agradece especialmente a las organizaciones que participaron activamente de este estudio:

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) por brindar información relacionada con los documentos normativos existentes y relacionados con el eslabón de la cadena productiva seleccionado para el estudio; Cámara de Comercio de Cartagena (CCC) por brindarnos información relacionada con actividades y proyectos que se están desarrollando con el sector astillero que sirvió como base para este estudio y Colombia Productiva por brindar información sobre el proyecto KOICA con el gobierno de la República de Corea.

De igual forma el Instituto Nacional de Metrología agradece a todos los productores de embarcaciones (astilleros), productores de pinturas y organizaciones relacionadas con la cadena productiva que ha sido de interés de este estudio, por su participación en las encuestas, entrevistas y visitas realizadas en el marco de la metodología implementada.



CONTENIDO

1.	Introducción	4
2.	El sector astillero en el mundo	6
3.	El sector astillero en Colombia	7
3.	La preparación de superficies y aplicación de recubrimientos	9
3.1	Proveedores de insumos y materias primas	9
3.2	Producción	9
3.3	Contratistas – Prestadores de servicios	9
4.	Necesidades metrológicas en el eslabón seleccionado	11
5.	Capacidades Metrológicas	14
5.1	Presencia de infraestructura metrológica	14
5.2	Instrumentación comúnmente utilizada	14
5.3	Limitaciones identificadas	14
6.	Problemas evidenciados	15
7.	Brechas metrológicas y plan de trabajo	16
7.1	Brechas metrológicas y plan de trabajo	16
7.2	Brechas metrológicas	16
7.3	Brechas de servicios metrológicos	16
7.4	Brechas de innovación metrológica	16
7.5	Otras brechas	16
7.7	Plan de trabajo propuesto	17
	Referencias bibliográficas	18

El Instituto Nacional de Metrología de Colombia – INM – tiene como compromiso asociado desde la Política Nacional de Desarrollo Productivo – CONPES 3866, el desarrollo y aplicación de una metodología de identificación de brechas metrológicas en los diferentes sectores industriales del país y su posterior aplicación en los sectores priorizados por esta política. A partir de este compromiso, se desarrolló la metodología que, desde el año 2018, se ha venido aplicando en el marco de algunos sectores industriales del país y que para el 2024 se aplicó en el sector astillero.

Con la implementación de la metodología se busca identificar las brechas metrológicas, de innovación y de servicios metrológicos, a través del reconocimiento de las necesidades y de las capacidades metrológicas de la cadena productiva de la fabricación y mantenimiento de embarcaciones, enfocado en la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos, en el departamento de Bolívar, para así formular recomendaciones que contribuyan a la competitividad del sector.

Para la implementación de la metodología se realizó un estudio previo y se implementaron cuatro fases que se ejecutaron secuencialmente:

En el **estudio previo** se desarrollan actividades que permiten la selección de la unidad de análisis asociada a la cadena productiva, se realizan búsquedas de cifras económicas, políticas sectoriales y regionales y avances de I+D+i. Aquí se involucran las partes interesadas en el estudio como la Cámara de Comercio de Cartagena, Colombia Productiva o ICONTEC, quienes brindan información clave para conocer la oferta, las oportunidades y perspectivas del mercado y la importancia que tiene la fabricación y mantenimiento de embarcaciones para el desarrollo del departamento de Bolívar y para el país.

Con el producto seleccionado, se inicia la **fase 1 necesidades** metrológicas, donde se realiza un levantamiento de información de las mediciones asociadas a requisitos de calidad. Para esto se revisa el marco normativo nacional e internacional (reglamentos técnicos, normas técnicas nacionales e internacionales), documentos de referencia y métodos de medición documentados asociados a la cadena productiva, esto permite conocer las necesidades metrológicas.

En la **fase 2: capacidades metrológicas** se involucran las partes interesadas identificadas en la fase anterior y se realizan actividades tales como entrevistas relacionadas con el producto y la cadena productiva y visitas en la región para conocer las capacidades metrológicas de las organizaciones e instituciones relacionadas con los atributos de calidad de la unidad de análisis seleccionada.

En la **fase 3: mesas de trabajo**, la actividad principal es la priorización de problemas y el análisis de

causas. La mesa de trabajo está constituida por las diferentes partes interesadas de la cadena productiva. Esto se realiza teniendo en cuenta la información consolidada en las fases 1 y 2. Como resultado se identifican y formulan brechas metrológicas de la unidad de análisis y se plantean recomendaciones.

Por último, en la **fase 4: plan de trabajo**, se elabora un plan de trabajo para la disminución de brechas metrológicas, brechas de innovación metrológica y brechas de servicios metrológicos, acordado con los actores claves y divulgado en diferentes espacios. Esta información servirá para la toma de decisiones orientadas a acrecentar la competitividad de la cadena productiva.

Esta metodología constituye una contribución a los avances de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) dado que permite conocer problemáticas y proponer un plan de trabajo para disminuir las brechas que se presentan en las cadenas productivas. Para la implementación del plan es conveniente asegurar un trabajo coordinado entre el sector privado y público, ya que se promoverá el desarrollo tecnológico, formación de talento humano y desarrollo de nuevas capacidades de medición y calibración, patrones o materiales de referencia con trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades (SI).

1. El sector astillero en el mundo

El mercado global astillero está en continuo cambio y este depende, en gran medida, de la evolución de la economía mundial, el consumo energético mundial, cambios en las distancias de envío promedio, incremento de la productividad de la flota con embarcaciones más grandes y rápidas, modificaciones a la reglamentación sobre protección ambiental de la Organización Marítima Internacional (IMO) y variaciones en la tasa de demolición de embarcaciones con más tiempo de uso; es así como la industria astillera y la demanda de transporte marítimo están sujetos a las reservas o pedidos (demanda) de embarcaciones que incrementan durante periodos de crecimiento económico y caen durante los periodos de recesión.[1]

La industria astillera no solo involucra el ensamble de nuevas embarcaciones, también aporta al comercio ofreciendo servicios de mantenimiento y demoliciones de embarcaciones, se proyecta que el negocio del mantenimiento y reparación de embarcaciones aumentará en respuesta al crecimiento de la flota mundial, la complejidad de las embarcaciones y el incremento en la rigurosidad del control e inspección.

El mercado de construcción naval se clasifica en buques mercantes y militares (clasificados a su vez en cinco categorías: petroleros, graneleros, portacontenedores, carga general y pasajeros). Para el año 2020, los buques graneleros presentaron la

mayor demanda seguidos de los buques petroleros. [2] Para el año 2021 China, Corea del Sur y Japón participaron en alrededor del 85% de las nuevas solicitudes de embarcaciones mercantiles mundiales, de las cuales los buques portacontenedores fueron los más fabricados abarcando un 50% de las embarcaciones construidas. [3]

Para el año 2019 la industria astillera alcanzó un valor de \$192 000 millones de dólares ya que a partir del año 2015 el mercado creció a una tasa anual compuesta de 0.9 %; para el año 2024 su valor llegó a \$259 980 millones de dólares y se proyecta que para 2028 alcance un valor de \$334 140 millones de dólares.[4]

El crecimiento promedio de los mercados de construcción naval es afectado por el comercio marítimo, la creciente demanda de transporte de carga, aumento de acuerdos relacionados a implementación de nuevas tecnologías. En la siguiente tabla puede observarse las proyecciones del sector de acuerdo con la clasificación de las diferentes asociaciones de construcción naval:

AÑOS	CANSI ¹	CESA	KOSHPA	SAJ
2020-2025	75.2	63.5	67.1	53.5
2025-2030	71.4	78.8	81	61.4

Tabla 1. Pronóstico para la demanda de embarcaciones en millones de CGT.

Fuente: An Overview on the Shipbuilding Market in Current Period and Forecast.[1]

2. El sector astillero en Colombia

Colombia, por su posición geográfica, cuenta con límites en el Océano Pacífico y en el Océano Atlántico, específicamente en la Costa Caribe, lo que hace que los principales astilleros de la industria colombiana se encuentran ubicados en estas zonas. Por este motivo, el sector astillero es un pilar esencial para la economía de la región caribe, principalmente en el departamento de Bolívar. Por su

capacidad de integrar otras cadenas productivas como la metalmecánica y la siderúrgica, contribuye al desarrollo económico de otras regiones del país. [5]

Al ser una industria emergente cuenta con un gran potencial de desarrollo económico gracias a que en la misma región se han logrado ubicar los astilleros más importantes dedicados a actividades como el diseño, construcción, mantenimiento y reparación de artefactos navales. La cadena se encuentra representada principalmente por COTECMAR, ASTIVIK Y FERROALQUIMAR ubicados en Cartagena y AUSA en Barranquilla.

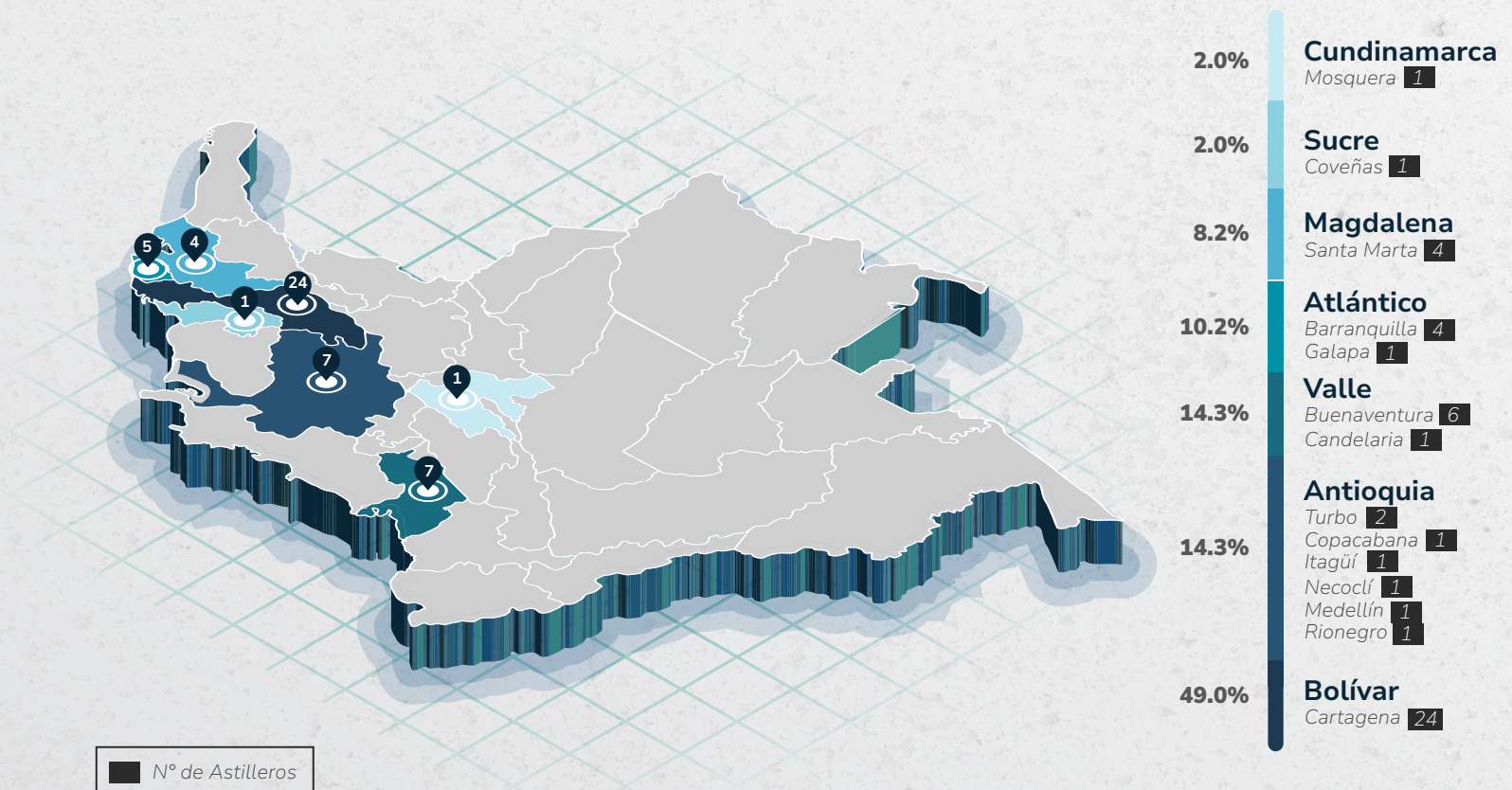


Figura 1. : Distribución de astilleros en Colombia.
Fuente: Estadísticas publicadas por DIMAR - 2024.

La industria astillera en Colombia se ha caracterizado por dedicarse principalmente a los servicios de mantenimiento y reparación de embarcaciones, sin embargo, a partir del año 2012 comienza a reportar las primeras exportaciones de bienes (buques) registrando para el primer año exportaciones por valor de 8.9 millones de dólares y 8.2 millones de dólares para el año 2013, [6] finalmente en el año 2018 las exportaciones del sector representaron 8.3 millones de dólares. [5]

Uno de los eslabones clave en el proceso de fabricación y mantenimiento o reparación de embarcaciones es el de la preparación de superficies

y aplicación de recubrimientos. Este eslabón reviste una importancia alta teniendo en cuenta que, sin una preparación adecuada, las embarcaciones pueden sufrir corrosión, incrustaciones, envejecimiento prematuro y enfrentar multas medioambientales costosas. Los astilleros utilizan herramientas de preparación de superficies como el chorro de arena o chorros de agua a alta presión para mantener los cascos de las embarcaciones. Además de lo anterior, las embarcaciones deben ser preparadas para la aplicación de los recubrimientos que son los que las van a proteger de las condiciones hostiles que puede presentar el océano.

3. La preparación de superficies y aplicación de recubrimientos

En el eslabón de la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos dentro de la cadena productiva de la fabricación y mantenimiento de embarcaciones se cuenta con participación de:

3.1 Proveedores de insumos y materias primas:

Los participantes de este eslabón son aquellos que suministran las materias primas tales como la pintura y el material abrasivo con el que se realiza la preparación de superficie.

La provisión de la pintura incluye el esquema a aplicar, que define las características de pintado que debe ejecutar el productor, o el contratista si es el caso, de acuerdo con las propiedades de la pintura seleccionada y con las características solicitadas por el cliente.

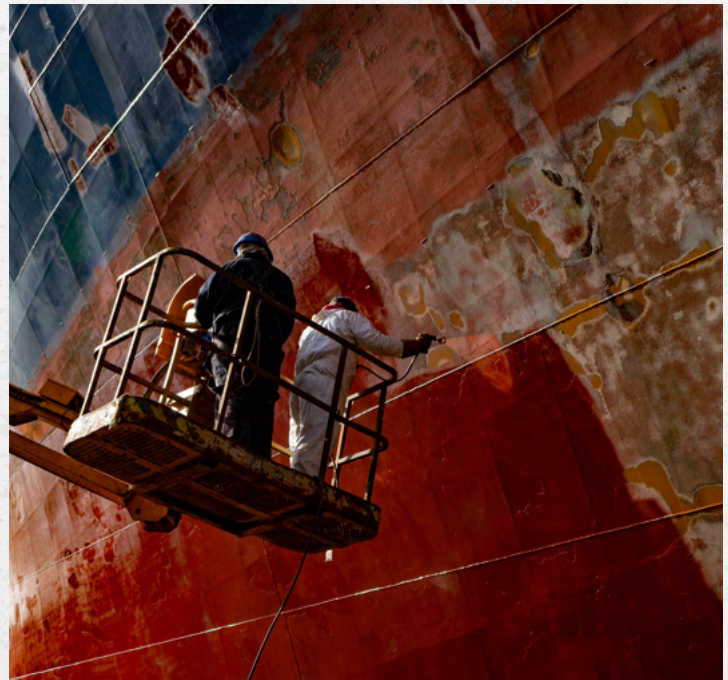
Adicionalmente el proveedor de la pintura es quien, como funciona actualmente el sector, lleva a cabo toda la ejecución, seguimiento y aseguramiento de la trazabilidad de las mediciones que se deben llevar a cabo durante el eslabón seleccionado.

3.2 Producción:

Para efectos de este estudio, el eslabón de la producción se divide en dos subeslabones:

La preparación de superficies que puede ser ejecutada por el productor o puede realizar una subcontratación de empresas que prestan el servicio de preparación de superficie, según las características solicitadas, si la infraestructura del productor no es suficiente para realizarlo.

La aplicación del recubrimiento que puede ser ejecutada por un pintor experto del productor o puede realizar una subcontratación de empresas o personas naturales que prestan el servicio de pintado según el esquema solicitado.



3.3 Contratistas – Prestadores de servicios:

Son todas aquellas empresas o personas naturales que cuentan con competencia y experiencia en alguna actividad propia del eslabón seleccionado y que pueden prestar los servicios al sector para atender estas necesidades cuando los productores no cuentan con la infraestructura, competencia o capacidad para realizarlas. Estos pueden ser preparadores de superficie, pintores, laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, entre otros.

El eslabón de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos consta de cuatro actividades principales: Limpieza e inspección inicial, preparación de superficie, aplicación de recubrimiento, inspección final:



En esta actividad se aplica el método de preparación de superficie seleccionado implementando las normas técnicas correspondientes para reducir el polvo y contemplando las consideraciones ambientales que estas describen. El inspector del proveedor de pintura, el supervisor del astillero y el contratista (si aplica) realizan una inspección intermedia en donde revisan el estado de corrosión de la lámina con unos patrones de color establecidos en la normatividad vigente y hacen la medición de rugosidad de la lámina para asegurar el perfil de anclaje requerido para la adherencia posterior del recubrimiento.



Una vez finalizada la actividad de aplicación del recubrimiento y de haber dejado que este seque, se realizan las mediciones de control de calidad del proceso. Estas comprenden tres mediciones principales: medición de adherencia por medio de un método cualitativo pero que se encuentra normalizado; medición de espesor de película seca por medio de un método cuantitativo cuyo principio de medición es por ultrasonido y medición de discontinuidad de la pintura por medio de un método cuantitativo.

Comprende el lavado que se realiza a la estructura de la embarcación cuando sube a dique y busca eliminar las incrustaciones que se han adherido a esta durante su operación, además de reducir al máximo el contenido de sales solubles en la lámina para reducir los riesgos de corrosión. El inspector del proveedor de pintura, el supervisor del astillero y el contratista (si aplica) realizan una inspección inicial para evaluar las condiciones de la lámina de acero, medir la concentración de sales y definir el tipo de preparación de superficie a realizar.



Para la aplicación de la pintura o el recubrimiento seleccionado se debe asegurar unas condiciones ambientales específicas que permitan que la pintura mantenga sus características y asegure la calidad de la aplicación. Estas condiciones son la temperatura de la lámina, la temperatura de rocío, la temperatura ambiente y la humedad relativa. Esta medición es realizada por el inspector del proveedor de pintura, el supervisor del astillero y el contratista (si aplica) y, una vez aseguradas las condiciones ambientales, se procede con la aplicación del recubrimiento correspondiente.



NOTA: La actividad de "Limpieza e inspección inicial" se lleva a cabo únicamente en los casos de mantenimiento y reparación de la embarcación ya que, cuando es fabricación de una embarcación nueva, la lámina es virgen y no hay que llevar a cabo esta actividad.

4. Necesidades metrológicas en el eslabón seleccionado

Las necesidades metrológicas identificadas en el eslabón de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos, para cada una de las actividades que allí se realizan:

Limpieza e inspección inicial:

- **Medición de concentración de sales solubles:** Tras el lavado de la carcasa del barco y la preparación de la superficie, debe realizarse la medición del **contenido de sales solubles** en la lámina. De acuerdo con el principio del método descrito en la norma SSPC Guide 15, esta medición consiste en una determinación de la **conductividad electrolítica**. Según la norma, los recubrimientos aplicados sobre superficies contaminadas con sales solubles que superan ciertos niveles presentan un desempeño reducido. Asimismo, metales autoprotectores como el acero inoxidable, el aluminio y el cobre pueden verse afectados en ambientes corrosivos si persisten concentraciones elevadas de sales solubles.
- **Método sugerido (SSPC – Guide 15):** método cuantitativo basado en la medición de la **conductividad electrolítica** de las sales extraídas de la superficie. Incluye procedimientos para la extracción de sales y en el Anexo C se detalla cómo calcular la concentración de sales a partir de los valores de conductividad obtenidos.



Imagen 1: Medidor de concentración de sales.
Tomado de:
www.elcometer.com

Preparación de superficies:

- **Medición de perfil de anclaje:** Durante el proceso de sandblasting, el impacto del abrasivo genera una rugosidad superficial conocida como perfil de anclaje, expresada como una **longitud**. Según la norma SSPC-PA 17 este perfil es esencial ya que incrementa el área de contacto y mejora la adherencia del recubrimiento. Sin embargo, un exceso de rugosidad puede requerir mayor cantidad de recubrimiento, generando sobrecostos.

Esta norma referencia la norma ASTM D 4417 que describe 3 métodos de medición diferentes:

- **El comparador visual de superficie:** Método cualitativo que consiste en la comparación visual o táctil de la superficie con un conjunto de patrones con diferentes niveles de rugosidad para identificar el perfil de anclaje.



Imagen 2: Comparador visual de superficie.
Tomado de:
www.elcometer.com

- **Rugosímetro de profundidad:** Método cuantitativo que utiliza un instrumento que determina la profundidad de los valles y el número de picos por unidad de área, proporcionando una medición directa del perfil de anclaje.



Imagen 3: Medidor de perfil de superficies.
Tomado de:
www.elcometer.com

- **Cinta réplica:** Se emplea una cinta que reproduce los picos y valles de la superficie tratada, la cual es posteriormente medida con un micrómetro de precisión (resolución mínima de 5 µm), diseñado específicamente para este fin.



Imagen 4: Cinta Réplica Testex.
Tomado de:
www.elcometer.com

Nota: Las características metroológicas de la medición dependerán exclusivamente de los valores requeridos por el recubrimiento a aplicar. Las normas no establecen valores máximos o mínimos permitidos para la rugosidad, pues siempre lo supeditan a estos requerimientos del recubrimiento a aplicar, por lo que cada caso puede resultar muy diferente a los demás.

Aplicación de recubrimientos:

- **Medición de condiciones ambientales:** Antes de iniciar la aplicación del recubrimiento, es necesario verificar que las condiciones ambientales sean adecuadas. Las mediciones de **temperatura ambiente, temperatura de la superficie, punto de rocío y humedad relativa** son fundamentales para asegurar la calidad del recubrimiento, ya que estas variables influyen directamente en propiedades como la adherencia, el secado y el espesor. Además, condiciones ambientales favorables contribuyen a minimizar el riesgo de formación de óxidos en la superficie metálica y su posterior degradación.

La norma ISO 8502-4 describe los instrumentos que deben utilizarse para la medición de estas condiciones ambientales.

NOTA: Dado que los recubrimientos pueden presentar requerimientos específicos según su formulación, el proceso de aplicación no está sujeto a un intervalo estándar de operación. Desde una perspectiva metroológica, las necesidades asociadas a estas mediciones deben entenderse dentro de rangos de operación comúnmente observados en región de aplicación del recubrimiento



Imagen 5: CMedidor de condiciones ambientales.
Tomado de:
www.elcometer.com

Inspección final:

- **Medición de espesor de película seca:** Esta medición se realiza una vez finalizado el proceso de aplicación de recubrimiento, con el objetivo de verificar la calidad del recubrimiento conforme a los requerimientos del cliente y al esquema de aplicación definido por el proveedor. Se lleva a cabo mediante un instrumento electrónico que proporciona un valor de espesor de película seca, expresado en micrómetros (μm) o milésimas de pulgada ("mils").

La norma SSPC-PA 2 establece el método cuantitativo para esta medición, basado en un principio electrónico que convierte una señal de referencia en el valor de espesor del recubrimiento. Aunque la norma define los procedimientos de medición, no fija límites específicos para el espesor, ya que estos deben ser determinados por el cliente —según la vida útil esperada del sistema de recubrimiento— y por el proveedor de la pintura, quien diseña el esquema de aplicación.

No obstante, la norma sí estipula que el espesor de película seca medido no debe desviarse en más o menos del 20% respecto a los valores límite (mínimo y máximo) especificados por el fabricante del recubrimiento.



Imagen 6: Medidor de espesor de película seca.
Tomado de:
www.elcometer.com

- **Medición de adherencia:** Esta medición se realiza como parte del control de calidad del proceso de aplicación del recubrimiento dado que, según el uso previsto de la embarcación, el fabricante del producto establece límites mínimos de adherencia

que deben verificarse. Existen normas técnicas que definen los métodos aplicables para evaluar esta propiedad.

La norma ASTM D4541 describe el método Pull-Off Test, en el cual se adhiere un dispositivo a la superficie recubierta y, mediante un mecanismo habitualmente magnético o hidráulico, se aplica una carga perpendicular y concéntrica respecto a la superficie. La **fuerza** requerida para desprender el recubrimiento se registra y se utiliza para determinar el nivel de adherencia del sistema aplicado.



La norma ASTM D2197-98 establece un método cualitativo mediante cinta adhesiva, donde se evalúa el desprendimiento de secciones de una cuadrícula trazada previamente sobre el recubrimiento, tras aplicar y retirar la cinta.

5. Capacidades Metrológicas

5.1 Presencia de infraestructura metrológica

- Una de las 7 organizaciones visitadas dispone de un laboratorio metrológico interno con capacidad para gestionar sus propios procesos de medición y control metrológico.
- El resto de las organizaciones visitadas:
 - Disponen de instrumentación aislada para algunas mediciones específicas.
 - En su mayoría, calibran los instrumentos en laboratorios externos o, alternativamente, optan por la restitución de equipos mediante compra de nuevos instrumentos, con el fin de mantener certificados de calibración vigentes emitidos por el fabricante.
 - Ceden el rol de seguimiento y control metrológico de las mediciones al proveedor del recubrimiento
- En cuanto a los proveedores de pintura y servicios de aplicación:
 - Se realizó entrevista a uno de los principales proveedores de pintura en el mercado nacional y se identificó que también cuenta con un laboratorio de metrología, propio de la organización.

5.2 Instrumentación comúnmente utilizada

- Los instrumentos de medición más frecuentes identificados durante las visitas a los fabricantes fueron:

- Medidores multiparámetros capaces de registrar:
 - Humedad relativa
 - Temperatura ambiente
 - Temperatura de la superficie
 - Temperatura del punto de rocío (calculada)
- Marcas recurrentes identificadas:
 - Elcometer
 - TQC
 - Ambas especializadas en instrumentación para control de procesos en recubrimientos industriales.
- Los demás instrumentos, salvo la organización que cuenta con su propio laboratorio interno de metrología, los dispone el proveedor del recubrimiento y lleva el seguimiento y control metrológico de las mediciones.

5.3 Limitaciones identificadas

- Baja disponibilidad regional de laboratorios de calibración, lo cual representa una limitación para el aseguramiento metrológico continuo en la cadena productiva.
- Oferta limitada de proveedores de ensayos de aptitud relacionados con las mediciones críticas del proceso, lo que dificulta la implementación de esquemas de aseguramiento de calidad comparativos o interlaboratorios.

6. Problemas evidenciados

A partir de la información recolectada durante las visitas realizadas a fabricantes, proveedores de recubrimientos y otros actores importantes en el departamento de Cartagena durante el mes de diciembre de 2024, el equipo de trabajo del INM

realizó el análisis de las necesidades metrológicas identificadas junto con las capacidades en medición encontradas en la región, logrando identificar 5 problemas que afectan a la cadena:

1.

Los actores en la preparación de superficies (astilleros, preparadores de superficie y proveedor de pintura) toman decisiones con base en los resultados de medición que reportan los proveedores de recubrimientos, se apoyan en los instrumentos y el control metrológico que ellos realizan.

2.

En el sector la inversión es limitada para el desarrollo de capacidades de medición asociadas a la preparación de superficies debido a presupuestos restringidos de los astilleros.

3.

Algunos astilleros presentan dificultad para identificar proveedores de calibración de los instrumentos que se emplean en la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos.

4.

Los astilleros presentan dificultad para asegurar trazabilidad metrológica en la medición de concentración de sales solubles totales.

5.

Los proveedores de recubrimiento y los astilleros están realizando la medición de adherencia del revestimiento con un método cualitativo (cinta) que no permite una trazabilidad metrológica.

7. Brechas metrológicas y plan de trabajo

A partir de la información obtenida por los diferentes mecanismos empleados a lo largo de la implementación de la metodología, se identificaron las siguientes brechas con sus respectivas recomendaciones de acciones a implementar y las entidades involucradas en su ejecución:

7.1 Brechas metrológicas

BM1: Existen mediciones que se deben realizar en el proceso de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos, sin embargo, el astillero no ha desarrollado las capacidades de medición que se requieren para el control de calidad en esta etapa, entregando la responsabilidad de las mediciones al proveedor de la pintura.

7.2 Brechas de servicios metrológicos

BSM1: Existen laboratorios de calibración acreditados que prestan servicios al sector, sin embargo, el sector no conoce las bases de datos existentes o la forma de acceder a esta información.

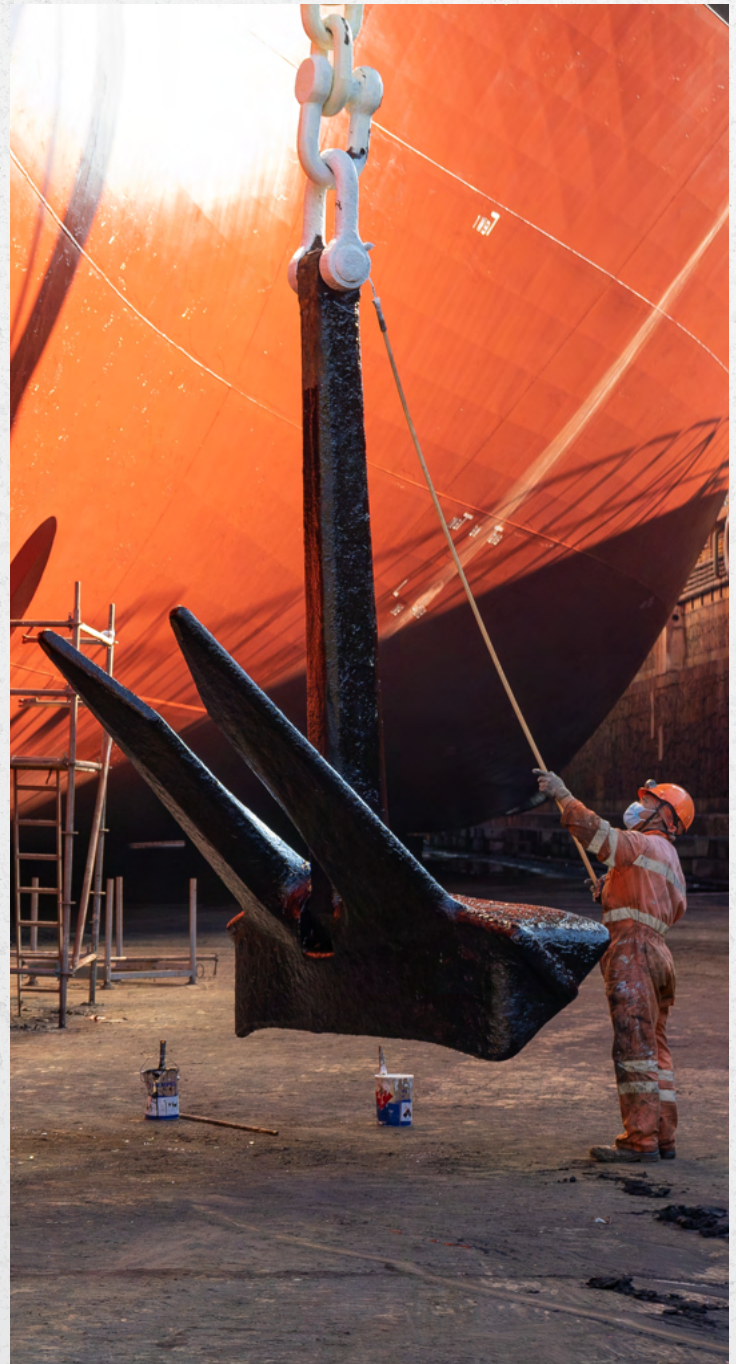
BSM2: Es necesario realizar medición de concentración de sales solubles en la lámina de acero de la embarcación, sin embargo, estos resultados de medición no tienen trazabilidad metrológica al SI porque no se está realizando la calibración de este instrumento.

7.3 Brechas de innovación metrológica

BIM1: Es necesario realizar medición de adherencia de la pintura, sin embargo, se está realizando con un método cualitativo existiendo métodos cuantitativos normalizados.

7.4 Otras brechas:

OB1: Existen mediciones que se deben realizar en el proceso de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos, pero la mayoría de los astilleros no han identificado la importancia de desarrollar capacidades de medición propias.



7.5 Plan de trabajo propuesto

Una vez formuladas y clasificadas las brechas se procede a elaborar el plan de trabajo que busca disminuirlas y que se plasma en la siguiente tabla:

Brecha	Plan de trabajo	Responsable	2025	2026	2027
BM1	Realizar un programa de capacitación técnica sobre trazabilidad metrológica, certificados de calibración, patrones de medición, entre otros, que le permitan al astillero entender la importancia de contar con las capacidades de medición y asegurar la validez de sus resultados.	INM (Subdirección de Metrología Física)	X	X	
OB1	Realizar sensibilizaciones sobre temas de infraestructura de la calidad, competitividad, entre otros, que le permitan al astillero entender la importancia de la calidad como habilitante para su competitividad.	Colombia Productiva y Cámara de Comercio de Cartagena	X	X	
OB1	Realizar mesas de trabajo para identificar posibles mecanismos de financiación que busquen desarrollar capacidades que promuevan los servicios con calidad de los astilleros.	Colombia Productiva / Cámara de Comercio de Cartagena / MinCIT / Bancoldex / Procolombia	X	X	
BSM1	Actualizar, robustecer y socializar el documento "Catálogo de Capacidades Industriales de la Red de Proveeduría de las Industrias del Movimiento - Sector astillero - 2021" con información sobre laboratorios de calibración que puedan prestar servicios al sector, enfocándose especialmente en las mediciones relacionadas con la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos.	INM / Cámara de Comercio de Cartagena (Clúster astillero) / Colombia Productiva / ONAC	X	X	X
BSM1 BSM2	Realizar un evento de divulgación metrológico a través de la RCM, que reúna al ONAC, a los proveedores de pintura, astilleros y laboratorios de calibración acreditados y no acreditados que pueden prestar servicios al sector con el fin de establecer relacionamiento comercial entre las partes y en donde ONAC socialice el directorio de acreditados. Colombia Productiva y CCC socialicen la actualización del documento "Catálogo de Capacidades Industriales de la Red de Proveeduría de las Industrias del Movimiento - Sector astillero - 2021"	INM / Cámara de Comercio de Cartagena (Clúster astillero) / Colombia Productiva / ONAC	X	X	X
BSM1 BSM2	Realizar una mesa de trabajo con los astilleros y proveedores de pintura que realizan la medición de concentración de sales solubles y adherencia y con el/los fabricante/s de los instrumentos de medición asociados, para discutir sobre el método y entender el principio de medición y así identificar cómo asegurar la cadena de trazabilidad al SI.	INM (Subdirecciones de Metrología Física y Metrología Química y Biología)	X	X	

Tabla 2: Estudio de brechas metrológicas y plan de trabajo.

REFERENCIAS

- [1] C. Gasparotti and E. Rusu, "An overview on the shipbuilding market in current period and forecast," EuroEconomica, 2018.
- [2] "Maritime and trade research and analysis," IHS Markit, vol. 1, Feb. 2022.
- [3] [Research and Market, "Shipbuilding market by type and end use: Global opportunity analysis and industry forecast, 2021-2030 Report," Research and Market, vol. 1, Jan. 2022.
- [4] D. Laurent, S. Christian, and Y. Cenk, "Shipbuilding Market Developments Q2 2018," París, May 2018.
- [5] Colombia Productiva, "Pacto por el crecimiento y para la generación de empleo del sector de industrias del movimiento," Bogotá, Aug. 2019.
- [6] Colombia Productiva, "Actividades de fortalecimiento para la industria astillera-Transformemos la industria colombiana," Bogotá, 2015



Instituto Nacional de
Metrología de Colombia

