

INFORME TÉCNICO #2



La Especificación Técnica de sistemas anticorrosivos

ENFOQUE Y APLICACIÓN SEGÚN LA NORMA ISO 12944

Resumen

La protección de estructuras metálicas frente a la corrosión constituye un desafío técnico permanente en los sectores de gas y petróleo, energético, naval y de infraestructura. Las condiciones ambientales severas, los ciclos de operación exigentes y las necesidades de vida útil prolongada obligan a adoptar estrategias de protección anticorrosiva basadas en criterios normativos y técnicamente sólidos. En este contexto, la Especificación Técnica (ET) de esquemas de protección anticorrosiva constituye un aspecto clave en la vida de estructuras metálicas sometidas a exposición ambiental, agentes químicos y corrosivos o condiciones de inmersión. La norma **ISO 12944 Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems** proporciona una base técnica estandarizada para definir la agresividad del entorno, establecer la durabilidad esperada y seleccionar sistemas de recubrimiento compatibles.

Este documento analiza particularmente la elaboración de Especificaciones Técnicas, en articulación con la clasificación ambiental, las consideraciones de diseño y la selección del sistema de protección. Se integran además aspectos fundamentales como la preparación de superficie y las diferencias prácticas entre obra nueva y trabajos de mantenimiento.

Se hace especial énfasis en proporcionar una guía técnica, que contribuya a la toma de decisiones en todas las etapas del proyecto: desde el diseño y la elaboración de pliegos, hasta la ejecución, inspección y verificación de conformidad del sistema de protección.

1. Introducción

En el diseño e implementación de sistemas de protección superficial, uno de los factores críticos de desempeño radica en la naturaleza de la especificación técnica inicial. Las fallas prematuras por corrosión, reprocesos, costos asociados y litigios contractuales, muchas veces tienen su origen en especificaciones incompletas, ambiguas o directamente ausentes ^[1].

La norma ISO 12944, en sus nueve partes, establece un sumario técnico para abordar todas las etapas del proceso: desde la evaluación del entorno y diseño estructural, hasta la selección de sistemas de pintura, aplicación y ensayos.

En este marco, la Parte 8 de la norma reviste especial interés, ya que permite consolidar los criterios técnicos en un documento trazable y operativamente aplicable. Su correcta implementación aporta **ventajas para el proyectista y el constructor, para las empresas aplicadoras, los proveedores de materiales y, en última instancia, el propietario de la estructura.**

2. Clasificación de ambientes (ISO 12944-2)

El punto de partida para cualquier especificación es la determinación del ambiente de exposición. La Parte 2 de la norma establece las **condiciones de servicio**, a través de categorías de corrosividad atmosférica e inmersión, en función de parámetros como humedad relativa, temperatura, contaminación marina e industrial, condensación, entre otros factores (tabla N° 1).

Esta clasificación permite anticipar el nivel de **agresividad corrosiva** al que estará expuesta la estructura, y por tanto seleccionar un sistema de protección acorde.

Categoría	Descripción	Ejemplos
C1	Muy baja	Interiores secos (oficinas, depósitos limpios)
C2	Baja	Ambientes rurales, interiores ventilados
C3	Media	Ambientes urbanos, plantas de producción moderada
C4	Alta	Industria química, zonas costeras con salinidad media
C5	Muy alta	Ambientes industriales severos o marinos con alta humedad
CX	Extrema	Zonas offshore, puertos, industrias con ciclos severos
Im1-Im4	Inmersión	Presas, pilotes, estructuras enterradas

Tabla N° 1 – Clasificación de ambientes de exposición.

3. Consideraciones de diseño (ISO 12944-3)

La eficacia de cualquier sistema anticorrosivo depende, en buena medida, del diseño geométrico de la estructura. La norma destaca que deben evitarse configuraciones que favorezcan la acumulación de agua, suciedad o condensación, así como zonas de difícil acceso/inspección.

Un diseño constructivo adecuado no sólo mejora la eficiencia del sistema protector, sino que reduce significativamente los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil de la estructura ^[2].

4. Preparación de superficie (ISO 12944-4)

La preparación del sustrato metálico es uno de los procesos que más afecta en el desempeño del sistema de protección. La norma establece que éste **debe ser compatible con el sistema especificado y con la condición inicial del sustrato**.

Se recomienda incorporar procesos adecuados a normas SSPC/AMPP (SP1 a SP12, AB1, AB2). Esto permite establecer requisitos claros de limpieza, perfil de anclaje, tipo de abrasivo, entre otros aspectos.

Una preparación deficiente o inadecuada reduce drásticamente la vida útil del sistema, independientemente de la calidad del recubrimiento aplicado u otros factores ^[3].

5. Selección del sistema de recubrimiento (ISO 12944-5)

La Parte 5 de la norma introduce el concepto de **durabilidad esperada del sistema** (tabla N° 2), definido como el período durante el cual el recubrimiento cumplirá su función protectora sin requerir mantenimiento significativo. Esta clasificación se expresa en términos de años.

Código	Durabilidad esperada
L (Low)	Baja (2–5 años)
M (Medium)	Media (5–15 años)
H (High)	Alta (15–25 años)
VH (Very High)	Muy alta (>25 años)

Tabla N° 2 – Clasificación de durabilidad.

La durabilidad refiere al período de tiempo durante el cual no se requiere una intervención significativa, es decir, una reparación mayor o repintado general del sistema. Según lo establecido en la norma ISO 4628-3, se considera significativo un deterioro cuando la pérdida de recubrimiento por corrosión alcanza un grado superior a Ri 3 (correspondiente a una superficie afectada mayor al 1%). De forma práctica, un sistema de alta durabilidad deberá mantenerse por debajo de ese umbral durante el período especificado, requiriendo sólo intervenciones menores como retoques puntuales, limpieza o inspección.

Cabe destacar que la **durabilidad no constituye una garantía contractual**, sino una referencia técnica para seleccionar el sistema de protección.

Cada combinación de ambiente y vida útil deseada conduce a una configuración típica de esquema de recubrimiento: tipos de productos, número de capas y EPS mínimo. (ej. ver Anexo N° 1)

6. Elaboración de Especificaciones Técnicas (ISO 12944-8)

La Parte 8 de la norma proporciona un marco estructurado para redactar especificaciones técnicas normalizadas, reproducibles y verificables, que actúen como base contractual y de control en proyectos industriales. Estas especificaciones no sólo encausan la aplicación del esquema sobre los requisitos del sistema, sino que también permiten establecer criterios objetivos de evaluación, aceptación o rechazo de los trabajos ejecutados.

Es recomendable que deban incluirse en la ET:

- La clasificación del ambiente de exposición (según ISO 12944-2), considerando condiciones reales de operación o condición de servicio: temperatura, humedad, agentes químicos, condensación, contaminación salina o industrial.
- La vida útil esperada del sistema (según ISO 12944-5), expresada en términos de durabilidad baja, media, alta o muy alta, en función del mantenimiento previsto o de la vida útil de la estructura.
- La selección del sistema de recubrimiento: tipo de productos (por ejemplo, epoxi, poliuretano, zinc silicato), número de capas, secuencia de aplicación, colores y EPS mínimo exigido para el conjunto.
- La preparación de superficie requerida: método de limpieza (chorreado, manual, mecánico, agua a presión), grado de limpieza (por ejemplo, SP10 según SSPC), perfil de rugosidad necesario y tipo de abrasivo.
- Condiciones de aplicación: temperatura ambiente y del sustrato, humedad relativa, punto de rocío, métodos de aplicación (airless, pincel, rodillo), tiempos de repintado y tiempos de curado.
- Ensayos finales y criterio de aceptación: inspección visual, dureza, curado final, espesor de película seca (EPS), adherencia (por ejemplo, ensayo de tracción tipo pull-off), presencia de discontinuidades o porosidad, y documentación técnica asociada (certificados u homologación de producto, hojas técnicas, registros).

Una especificación completa debe funcionar tanto como guía de ejecución técnica, como documento de referencia para inspección, validación de calidad y como soporte técnico ante eventuales no conformidades.

7. Obra nueva y trabajos de mantenimiento

En obras nuevas, las condiciones suelen ser más controladas y permiten la aplicación de sistemas de alta durabilidad tanto en taller como en obra, bajo condiciones verificables de preparación de superficie, temperatura y humedad. Además, es posible realizar tratamientos como el chorreado abrasivo a metal blanco o casi blanco (SP5 o SP10), y aplicar sistemas multicapa con altos espesores secos, incluso con primarios ricos en zinc o recubrimientos epoxi de altos sólidos.

En tareas de mantenimiento, en cambio, se enfrentan condiciones más variables y desafíos específicos: superficies recubiertas previamente, geometrías complejas, contaminación acumulada, acceso limitado y limitaciones operativas (por ejemplo, no se puede detener la operación en plantas industriales). Una de las principales causas de falla en mantenimiento es la falta de adecuación del sistema al sustrato existente, especialmente en situaciones donde no se realiza una remoción completa del recubrimiento anterior. En general son ET de menor rigurosidad (ver Anexo N° 2).

La especificación para mantenimiento debe incluir:

- Evaluación del sistema existente (tipo, estado, espesor, adherencia).
- Compatibilidad entre sistemas antiguos y nuevos.
- Determinación del tipo de intervención: remoción total o sobreaplicación (overcoating).

- Definición del grado de limpieza posible (por ejemplo, uso de agua a alta presión o limpieza mecánica cuando el chorreado no es viable).
- Aceptación de perfiles de rugosidad más bajos si no se puede realizar tratamiento abrasivo severo.

8. Aplicación en la Industria Argentina

En el contexto nacional, la aplicación sistemática de ISO 12944 aún no es generalizada, no obstante su uso está cada vez más difundido y creciendo en sectores como energía, petróleo y alimentos.

La falta de especificaciones claras limita la capacidad de control y conduce a decisiones arbitrarias en obra. Adoptar esta norma como base técnica permite estandarizar criterios, mejorar el desempeño, facilitar auditorías y ofrecer respaldo documental ante no conformidades ^[4].

9. Conclusiones

La correcta Especificación Técnica de un sistema de protección anticorrosiva, basada en la norma ISO 12944, constituye una herramienta esencial para alcanzar sistemas de protección que cumplan las expectativas y sean técnicamente coherentes.

Este enfoque no sólo asegura que los materiales, procedimientos y controles estén alineados con el ambiente de exposición y los requerimientos de durabilidad, sino que también establece un lenguaje común entre todas las partes involucradas: empresas aplicadores, inspectores, contratistas y propietarios de estructuras.

Implementar una especificación técnica basada en normas no sólo mejora la calidad del sistema protector. También:

- Genera confianza contractual, al establecer requisitos claros y medibles.
- Reduce el riesgo de fallas prematuras.
- Optimiza los costos de ciclo de vida, al evitar reprocesos y definir períodos de mantenimiento.

Finalmente, debe destacarse que el conocimiento técnico adecuado de la norma, así como una comprensión básica por parte de actores no técnicos, como responsables de compras, jefes de obra o gerencias de mantenimiento, es clave para que una buena especificación se implemente correctamente.

Una ET sólida no es sólo un documento técnico: es una decisión estratégica que puede evitar pérdidas operativas, prolongar la vida útil de activos críticos y establecer relaciones de trabajo más eficaces y responsables.

10. Referencias

1. AMPP. (2024, julio 15). The Importance of Coatings Specifications: Ensuring Long-lasting Protection. AMPP Blog.
2. AMPP (2022). SP0178-2022: Design, Fabrication, and Surface Finish Practices for Tanks and Vessels to Be Lined for Immersion Service. Houston, TX: Association for Materials Protection and Performance.
3. AMPP. (2023, noviembre 6). Surface prep standards: A quick summary. AMPP Blog.
4. AMPP. (2022, marzo 14). Specifications Key to Successful Coatings Projects, and Inspections. AMPP Blog.

ANEXO N° 1 – ESQUEMAS

Ejemplo 1: Ambiente C3 – Durabilidad Alta (H)

Aplicación: Estructuras urbanas o industriales interiores con alta humedad o contaminación moderada (depósitos, talleres).

Parámetro	Especificación
Preparación de superficie	Chorroado abrasivo a metal casi blanco (Sa 2½ según ISO 8501-1 / SP10 SSPC)
Perfil de rugosidad	40–75 µm (grado medio, compatible con recubrimientos epoxídicos)
Sistema de pintura	3 capas
1. Imprimación	Epoxi rico en zinc (80–100 µm)
2. Intermedio	Epoxi alto espesor (150 µm)
3. Tope	Poliuretano alifático (60 µm)
Espesor total (EPS)	~310 µm
Durabilidad estimada	15 a 25 años (Alta, H)

Ejemplo 2: Ambiente C4 – Durabilidad Muy Alta (VH)

Aplicación: Ambientes industriales agresivos o costeros con contaminación elevada y alta humedad (plantas químicas, puertos).

Parámetro	Especificación
Preparación de superficie	Chorroado abrasivo a metal blanco (Sa 3 según ISO 8501-1 / SP5 SSPC)
Perfil de rugosidad	50–85 µm (grado medio-alto, compatible con sistemas de alto espesor)
Sistema de pintura	3 capas
1. Imprimación	Zinc silicato inorgánico (80–100 µm)
2. Intermedio	Epoxi de alto espesor (200 µm)
3. Tope	Poliuretano fluorado (fluoropolímero) o poliuretano de alto desempeño (80 µm)
Espesor total (EPS)	~380–400 µm
Durabilidad estimada	>25 años (Muy Alta, VH)

ANEXO Nº 2 – ALGUNAS DIFERENCIAS ENTRE OBRA NUEVA Y TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Aspecto	Obra nueva	Mantenimiento / Repintado
Estado del sustrato	Acero desnudo, nuevo, limpio	Acero previamente recubierto, deteriorado o parcialmente corroído
Tipo de preparación	Chorreado abrasivo (SP5 – SP10) casi siempre posible	Limitada: puede requerirse limpieza mecánica, manual, o agua HP
Compatibilidad de sistemas	Se elige libremente el sistema óptimo	Debe evaluarse compatibilidad con el sistema existente
Evaluación previa	No se requiere inspección del sistema anterior	Es obligatorio evaluar el recubrimiento existente: adherencia, tipo, espesor, contaminación
Durabilidad esperada	L, M, H o VH según proyecto (ISO 12944-1 y -5)	Puede ser limitada por condiciones del sustrato y entorno
Reparabilidad / accesibilidad	Menos restrictiva: todo accesible	Muchas zonas pueden ser inaccesibles o críticas (en uso)
Control de condiciones ambientales	Mejor control: obra cerrada o taller	Condiciones variables: humedad, temperatura, contaminantes
Contenido de la ET	Estandarizado: fácil de predefinir	Más extensa: incluye diagnóstico previo, posibles alternativas, etapas, limitaciones
Aplicación	Planificada, secuencial, con métodos de control claros	Puede ser parcial, por etapas, con condicionantes operativos
Criterios de aceptación	Basados en el sistema diseñado (espesor, continuidad, adherencia)	Pueden requerir tolerancias mayores, inspección más flexible o por zonas

