

# **LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA Y CONSERVACIÓN (SIPAYC) Y SUS APLICACIONES.**

**Dr. C. Carlos A. Echeverría Lage, Dr. C. Ornán Méndez González, M.Sc. Jorge Rodríguez Pérez, Ing. Asael González Betancourt, Ing. Yisel Oquendo Torrecilla, Ing. Teresita Castellanos González, Ing. Arelis Molina Mellina, Ing. Nelmis Rosales Cabrera, Wilfredo F. Olivera Muñiz, Ing. Noel Pérez de Medina Lantigua e Ing. Harold García Betancourt<sup>1</sup>**

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca  
Km.3, Matanzas, Cuba.*

## **Resumen.**

Los sistemas de protección anticorrosiva con pinturas se encuentran dentro de los sistemas de recubrimientos más difundidos, amparados en su mayoría por normas internacionales. Sin embargo, los mismos adolecen de un enfoque integral, al no incluir soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo, protección adicional y conservación para el propio sistema.

En el presente trabajo se fundamenta el Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), resultado de muchos años de trabajo en el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) y que en el campo de los recubrimientos, ha proporcionado soluciones a problemas que reportan normas internacionales y resultados de aplicación práctica, con tecnologías que incorporan diferentes productos y técnicas, integrados como sistemas con las pinturas, con aplicaciones en el transporte, las edificaciones, la industria, los puentes, entre otras, con importantes beneficios técnicos y económicos.

***Palabras claves:** Sistemas, protección anticorrosiva, pinturas, conservación.*

---

## **Introducción.**

El Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC), es resultado de la experiencia desarrollada por más de 30 años de actividad docente-investigativa, con investigaciones a ciclo completo (I+D+i) en el campo del diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación.

Al incorporarle las metodologías, procedimientos, medios y productos que se emplean en los campos antes señalados, conjuntamente con el saber y saber hacer, conforma para cada componente, equipo, instalación o estructura objeto de estudio, las Tecnologías de Servicios, que tiene desarrolladas el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Facultad de Ingenierías Química y Mecánica de la Universidad de Matanzas y se integra como sistema con diferentes tecnologías de productos anticorrosivos, diseñados especialmente para ellas.

Los productos de la Marca Estatal DISTIN, en 6 líneas diferentes y un total de 19 recubrimientos certificados, dan respuesta a los problemas de: diseño anticorrosivo, corrosión, protección y conservación, que se puedan encontrar en la práctica, con un enfoque en sistema, que constituye el fundamento de los SIPAYC, con los cuales se elaboran las diferentes tecnologías específicas.

El objetivo del presente trabajo, es mostrar los fundamentos de los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), su metodología de trabajo, así como algunas aplicaciones prácticas en la solución de los diferentes problemas que se presentan.

Esta monografía general, se integra con otras de referencia, que aplican los SIPAYC en equipos e instalaciones específicas y que resultan de mucha utilidad en la preparación práctica de los estudiantes, que se apropian de estas técnicas al cursar contenidos de

pregrado y postgrado. Además como contenidos específicos, se incorporan a los cursos de transferencia de tecnología que imparte actualmente el CEAT en diferentes entidades del territorio y del país.

## **Desarrollo.**

En las condiciones de agresividad existentes en Cuba y otros muchos países, predominan las atmósferas que clasifican con alta, muy alta o extrema agresividad corrosiva, en correspondencia con normas internacionales. En estas atmósferas, los sistemas clásicos de recubrimientos con pinturas no garantizan y si lo logran, involucran un gaste elevado y frecuente de recubrimientos de pintura con elevado costo.

Para estas condiciones, se fundamentan los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), con recubrimientos y técnicas especialmente desarrolladas las mismas y que resultan más efectivas y de menor costo como se argumenta seguidamente.

### **1.1. La protección anticorrosiva con recubrimientos bajo la acción de atmósferas de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva. Enfoque en sistema.**

(Espada, 2005) señala que la corrosión es un fenómeno que afecta a todos, pero el ser humano sólo puede actuar mitigándolo, utilizando para ello medidas anticorrosivas. Por lo que el control de este proceso de reversión es la meta de la ingeniería de corrosión.

Refiere (Albrecht and Hall, 2003), que existen tres categorías generales de control de la corrosión: Recubrimientos de superficie, sistemas catódicos y el uso de materiales resistentes a la intemperie (aceros de intemperismo). Considera que el tipo de estructura y el ambiente determinarán cuál de los tres acercamientos es más adecuado y económico.

Los recubrimientos protectores se emplean ampliamente para el control de la corrosión, proporcionando una protección de larga duración bajo un amplio rango de condiciones corrosivas. El principio esencial de acción es aislar o separar al metal del medio corrosivo (Pérez, 1998; Roberge, 2000; Fragata, 2002; Morcillo, 2002; Morcillo, Almeida et al, 2002; Rodríguez, 2004; Espada, 2005; Shifler, 2005; Vera and Cañas, 2005; Schmidt, Shawa et al, 2006); Pérez, 1998; Roberge, 2000; entre otros, coinciden en que existe una gran variedad de recubrimientos protectores, que pueden ser divididos en recubrimientos metálicos, inorgánicos y orgánicos. No obstante considera (Pérez, 1998), que el aislamiento del acero del medio mediante la utilización de recubrimientos y en particular con recubrimientos orgánicos (pinturas), es el método de protección más empleado. Las razones fundamentales son su bajo costo y su facilidad de aplicación. Criterio que comparten la mayoría de los investigadores del tema (Pérez, 1998; Almeida, 2002; Fragata, 2002; Morcillo, 2002) (Roberge, 2000; Morcillo, Almeida et al, 2002; Rodríguez, 2004; Ochoa et al, 2005; Santos, Brites et al, 2005).

Sin embargo, la mayoría de los investigadores, hacen poco uso de las técnicas de conservación para proteger los propios sistemas de pinturas, sobre todo en las condiciones de agresividad señaladas.

Al respecto de la *conservación* destaca (Otero, 2000): Los problemas que originan la corrosión y degradación tienen que ser infundidos en el ánimo de los profesionales de todas las disciplinas relacionadas con la ingeniería y las ciencias aplicadas. El concepto "*conservación*" es sin duda uno de los que hoy poseen mayor vigencia. Se piden medidas para evitar la degradación del medio ambiente, de la naturaleza. ¿Por qué no clamar, simultáneamente, por conservar todo aquello que ha sido obra del hombre y que le ha permitido alcanzar un nivel de desarrollo mayor en los últimos dos siglos que en las decenas de miles de años precedentes? En esta sociedad tecnificada el alargar la vida en servicio de los metales y, en general, de los materiales debe convertirse en algo prioritario. Tomar conciencia de este hecho es el primer paso que puede ayudar a la conservación.

Como se comprende el concepto conservación es mucho más amplio y abarcador que el término protección anticorrosiva, relacionado con las acciones diversas que se realizan para proteger a los metales y recubrimientos del deterioro.

En el presente trabajo se insiste en la protección anticorrosiva y conservación, con un enfoque en sistema, para lograr una mayor efectividad en los recubrimientos que se apliquen.

### **1.1.1. Enfoque en sistema en la protección anticorrosiva y conservación con recubrimientos.**

Un sistema de recubrimiento protector es la suma total de capas de materiales metálicos y/o pinturas o productos relacionados, que van a ser aplicados o que ya lo han sido, sobre un sustrato para protegerlo contra la corrosión. Es posible además aplicar medidas de protección adicionales u otras medidas, pero se requiere el acuerdo entre las partes interesadas (UNE-EN ISO 12 944-1, 1998). Esta definición constituye el enfoque más acabado sobre sistema de protección con recubrimientos, aunque la norma no incluye otros recubrimientos diferentes a las pinturas, no precisa los tipos que pueden ser empleados y no hace referencia a la aplicación de las técnicas de conservación.

(Scott, 2000) reporta que las soluciones de mitigación de la corrosión dependerán de lo que haya sido determinado en las fases iniciales, las cuales pobremente diseñadas no tendrán un cumplimiento como es requerido en largos períodos. Estas dependen del material a proteger, calidad del recubrimiento, continuidad eléctrica, localización de la estructura y las mismas pueden involucrar frecuentemente diferentes métodos de protección, que en su conjunto forman un sistema. Pero de igual forma no precisa los componentes del mismo.

Del análisis realizado por (UNE-EN ISO 12 944-1, 1998), (Scott, 2000), se denota que no siempre un único método de protección garantiza que no se deteriore el material, sino que se requiere de la combinación de métodos de protección o medidas adicionales. Al respecto, (Roberge, 2000) refiere, un sistema de protección suplementario que se aplica a superficies que ya tienen una protección semipermanente o permanente. Ello se logra con la aplicación de un material que puede ser fácilmente aplicado y removido y que será reemplazado periódicamente durante la vida del sistema; los que se clasifican en compuestos de unión y sellantes y compuestos que desplazan el agua. Los primeros se usan para la protección en uniones, (superficies solapadas, juntas o uniones a tope, etc.) donde

excluyen o separan la suciedad y la humedad y proporcionan una reserva de pasivadores solubles que actúan como inhibidores. Como ejemplos de los sellantes están los elastoméricos y los más populares son los sellantes de polisulfuros que contienen inhibidores de la corrosión. Los compuestos que desplazan el agua proporcionan una protección suplementaria a los sistemas de pintura que se han deteriorado o se dañan en servicio. Se aplican como fluidos y son usualmente inmiscibles con el agua, desplazándola de las superficies, grietas o hendiduras. Son fluidos que se basan generalmente en la lanolina y contienen varios solventes e inhibidores, los que proporcionan protección de corta duración, por lo que deben exhibir excelentes características de desplazar el agua y crear una capa delgada y oleosa.

Del análisis realizado, se denota que muy pocos autores abordan el enfoque en sistema, para la protección anticorrosiva y conservación de equipos e instalaciones sometidas a los ambientes agresivos, que son los que más necesitan del mismo, como es el objeto de estudio en la presente monografía.

### **1.1.2. Sistemas de protección anticorrosiva con pinturas.**

(Pérez, 1998; Fragata, 2002; Pérez, Collazo et al, 2002; Echeverría, 2003; Grupo Consultor, 2004; Ochoa et al, 2005; Santos, Brites et al, 2005; Shifler, 2005; Almeida, Santos et al, 2006; Schmidt, Shawa et al, 2006) coinciden que la aplicación de pinturas es un método de protección muy utilizado. En los últimos dos decenios se han producido cambios sustanciales en la composición de los sistemas de pinturas. Al respecto (Almeida, et Al, 2006), destaca que a finales de los años 80 estaban disponibles excelentes formulaciones de pinturas. Sin embargo, la necesidad de la protección ambiental mundial y la protección de la salud humana, condujo a la completa prohibición de muchas de esas tradicionales formulaciones de pinturas, debido a que incluían productos tóxicos y/o carcinogénicos en su composición. Por tanto, los años 90 vieron un cambio radical en la dirección de las tecnologías de pinturas, lo que hizo necesario reformular la mayoría de estas, apareciendo las pinturas ecológicas.

### **1.1.3. Etapas del sistema para la protección anticorrosiva con pinturas de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 12 944.**

Seguidamente se desarrollan las etapas del sistema de pintura que establece la norma, exceptuando aquellas que por el alcance del presente trabajo no son objeto de estudio.

#### **1.1.3.1. Clasificación de ambientes.**

Refieren (Pérez, 1998), (Iglesias, 2000), (Fragata, 2002), (Echeverría, 2003), (Echeverría, 2005), que la determinación y clasificación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en la zona donde se va a ejecutar el proyecto de protección anticorrosiva, según la norma (UNE-EN ISO 12 944-2:1998), resulta decisivo. Dado que determina las recomendaciones de diseño, tipos y preparación de superficies, posibles esquemas de pintura a seleccionar, tipos de ensayos a realizar en el laboratorio, desarrollo de especificaciones para obra nueva y trabajos de mantenimiento. De manera que esta etapa dentro del sistema, influirá en los posteriores, todo lo cual en su conjunto contribuirá a aumentar la durabilidad del sistema de protección anticorrosiva con pintura.

En la propia Norma UNE-EN ISO 12 944-2, señala los ambientes interiores de los componentes huecos y áreas cerradas, que por sus peculiaridades (mayor humedad relativa y posible presencia de contaminantes) provocan la corrosión por el interior, pero no ofrece soluciones con otros recubrimientos.

### **1.1.3.2. Consideraciones de diseño.**

Es importante definir y tener en cuenta, desde la etapa de elaboración del proyecto, los problemas de diseño anticorrosivo que se presentan (UNE-EN ISO 12 944-3:1998), pues son causantes de la mayoría de las fallas que se originan en los recubrimientos y que motivan el deterioro prematuro de estos.

Muchas veces los recubrimientos orgánicos aplicados a estructuras metálicas expuestas al ambiente fallan prematuramente debido al diseño particular de la estructura, por la presencia de áreas con mayor predisposición al ataque corrosivo (zonas de retención o acumulación de lluvia, humedad, partículas de polvo o contaminantes, resquicios, etc.).

En la norma de referencia (UNE-EN ISO 12 944-3:1998), se detallan los diferentes tipos de problemas de diseño, pero no se aportan soluciones con técnicas o productos específicos.

### **1.1.3.3. Tipos de preparación de superficies.**

Para la elección del método de preparación de la superficie más apropiado en cada caso, es necesario un análisis previo considerando el estado inicial de la superficie a proteger, el material de construcción, el carácter y grado de la suciedad y oxidación. Además de consideraciones económicas, tecnológicas, de ubicación y de disponibilidad de mano de obra especializada (UNE-EN ISO 12 944-4:1998).

Esta es una de las etapas más importantes para que un esquema de pintura logre el desempeño esperado (Fragata, 2002, la pintura como técnica...), (Morcillo, 2002), (Ochoa, 2005), (Echeverría, 2005); el cual obedece en un 90% a la preparación de la superficie que se haga que es la causa de los fallos de los recubrimientos protectores sobre acero en el 60 – 70 % de los casos (Ochoa, 2005). Siempre que se pueda se debe utilizar el método a chorro, por ser el más efectivo, rápido y ofrecer mayor durabilidad (Ochoa, 2005). Al respecto refiere (Morcillo, 2002), que tanto el chorreado como el decapado son los más seguros y efectivos y destaca que: “mejor comportamiento ofrece un recubrimiento de pintura de “baja resistencia” que uno de “alta calidad” si se aplican a superficies deficientemente preparadas”. Esta etapa tiene una doble misión: limpiar la superficie y conferir cierta rugosidad para favorecer el anclaje de la pintura, todo lo cual tiene un objetivo final que es potenciar la adherencia del recubrimiento a la base metálica. Coinciden la mayoría de las fuentes consultadas con la falta de atención a la preparación de superficies (Echeverría, 2000), (Roberje, 2000), (Iglesias, 2000), (Fragata, 2002,),(Morcillo, 2002) (Ochoa, 2005). .

Una vez realizado el chorreado de arena (sanblasting) o granallado, se requiere una protección inmediata, ya sea mediante la aplicación de fosfatado, una pintura de protección temporal, o una imprimación reactiva (Iglesias, 2000), (Ochoa, 2005). El chorreado no se recomienda en instalaciones turísticas, en centrales eléctricas y otras muchas instalaciones, por exigencias ambientales.

El fosfatado penetra a fondo en los resquicios u orificios, convierte el óxido, sella y forma una capa protectora temporal y resistente a deformaciones y a la acción agresiva de la atmósfera, previo a la aplicación del recubrimiento. Puede ser aplicada directamente sobre el metal oxidado o sobre recubrimientos de pintura que muestren partes oxidadas, convierte el óxido y elimina la mancha en la pintura (Ficha Técnica, DISTIN 504).

La norma de referencia (UNE-EN ISO 12 944-4:1998), que constituye el mejor enfoque en sistema con la aplicación de recubrimientos de pintura, no incluye el fosfatado en la preparación superficial.

#### **1.1.3.4. Sistemas de pinturas protectores.**

La elección de las pinturas incluye varios aspectos (Ochoa, 2005), pero dentro de los más importantes están la durabilidad (en función de la exposición y superficie a proteger), extensión del trabajo a realizar (grandes superficies), condiciones de pintado (temperatura, humedad relativa, pintura previa y tiempo disponible para el pintado) y precio unitario de la pintura (por litro). (Pérez, 1998) define que habitualmente las pinturas no se aplican en una sola capa, sino que lo hacen en una serie de ellas, cada una de las cuales poseen características específicas que responden a distintos requerimientos. Con lo anterior coinciden Echeverría, 2003), (Morcillo, 2002) (Ochoa, 2005).

Un sistema de pintura está constituido por las siguientes capas (Pérez, 1998):

**Imprimación:** capa en contacto directo con el sustrato metálico y sobre la cual recaen dos funciones muy importantes: la adherencia al sustrato metálico y el control de la corrosión. La adherencia está influenciada además por la preparación superficial del sustrato.

**Intermedia:** se aplica a continuación de la capa de imprimación y su composición generalmente no difiere de ésta. Su principal misión es aumentar el espesor total del sistema de pintura, de ahí que su requerimiento más importante sea una elevada compatibilidad con las capas de imprimación y acabado.

**Acabado:** capa que está en contacto directo con el medio ambiente, por tanto, será responsable de la resistencia a los agentes atmosféricos: radiación solar, resistencia a la abrasión, lluvia, etc.; además de cumplir exigencias estéticas.

Lo antes expuesto está en concordancia con lo planteado por la Norma (UNE-EN ISO 12944-5:1998) y es criterio compartido de varios autores (Roberje, 2000), (Fragata, 2002), (Rodríguez, 2004), (Echeverría, 2003), (Ochoa, 2005), (Schmidt, 2006).

(Ochoa, 2005) considera, que la incompatibilidad entre las pinturas que conforman el sistema, es un factor determinante en la calidad del recubrimiento con pinturas, lo que conduce a defectos. Aspecto este con el que coinciden todos los autores consultados.

La Norma (UNE-EN ISO 12 944-5:1998), ofrece varios esquemas de pinturas en función de la agresividad corrosiva del medio, cada uno de los cuales define el grado de preparación superficial, tipo de pintura, número de capas, espesor y durabilidad. La durabilidad de un sistema de pintura protector depende de varios parámetros tales como:

tipo de sistema de pintura, diseño de la estructura, condición del sustrato antes de la preparación, la efectividad de la preparación de superficie, la calidad de la aplicación y las condiciones de exposición antes y durante la aplicación. Al respecto, se establecen tres niveles de durabilidad de los sistemas de pintura:

- **Durabilidad Baja:** Sistema sin afectación apreciable de 2 a 5 años.
- **Durabilidad Media:** Sistema sin afectación apreciable en un período de 5 a 15 años.
- **Durabilidad Alta:** Sistema sin afectación apreciable por un período superior a 15 años.

Lo anterior lo establece la Norma Internacional (UNE-EN ISO 12 944-5:1998). En la actualidad, los sistemas que más se emplean en Cuba, sobre la base de la literatura consultada, son los de durabilidad Baja, en lo que incide la falta de cultura, experiencia y condiciones de agresividad existente.

La norma de referencia (UNE-EN ISO 12 944-4:1998), incluye además los ensayos de comportamiento de las pinturas, que son de obligatorio cumplimiento, la ejecución, supervisión de los trabajos y los proyectos que deben ser elaborados para la aplicación de este sistema.

Como se observa, no incluye otras técnicas, ni productos, ni la conservación, en la composición del sistema protector con recubrimientos de pinturas.

## **1.2. Comportamiento de sistemas de pintura en atmósfera de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva.**

En un valioso estudio realizado por (Pérez, 1998), se expresa que existen dos mecanismos fundamentales a través de los cuales las pinturas protegen a los metales frente a la corrosión: el mecanismo electroquímico y el mecanismo barrera. Cada uno de ellos dependerá de las características físico-químicas de la pintura, sin olvidar que las propiedades no sólo dependen de la resina sino de todos los componentes (pigmentos, aditivos, disolventes), y de la naturaleza del sustrato metálico. Estos dos mecanismos incluyen cuatro efectos reconocidos por (Morcillo, 2002). Puesto que en la práctica se utilizan sistemas de pintura, es habitual que el mecanismo electroquímico le corresponda a la capa de imprimación, mientras que las propiedades barreras son características de la capa de acabado. Los pigmentos que cumplen con este mecanismo son por lo general inorgánicos, que además del efecto pasivante pueden formar compuestos insolubles básicos.

El efecto de protección catódica, refiere (Morcillo, 2002), lo proporcionan pigmentos metálicos, usualmente el zinc, señalando al respecto (Pérez, 1998), que el pigmento anticorrosivo es polvo de zinc en elevadas concentraciones, superiores al 90% en peso, actuando como protección catódica, de forma análoga al acero galvanizado.

Los componentes de las pinturas juegan un papel importante en el mecanismo de actuación, por lo que resulta de interés conocer sus constituyentes básicos, que según refiere (Pérez, 1998), son cuatro: resina o vehículo fijo, pigmentos, disolvente o vehículo volátil y



aditivos, criterio con el que coinciden la mayoría de los investigadores (Roberje, 2000),(Morcillo, 2002)(Fragata, 2002), (Rodríguez, 2004), (Ochoa, 2005). Refiere además (Pérez, 1998), que cada uno de ellos tiene una función específica, pero por la importancia que tienen las resinas, definen las características de la pintura en mayor medida que el resto de los componentes. En consecuencia, será el principal responsable, tanto de las propiedades físicas como químicas de la pintura, las que habitualmente se clasifican según el mecanismo de curado que da lugar a la formación de la película sólida.

En investigaciones realizadas por la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-Centro) (Iglesias, 2000) y por el Centro Investigaciones del Petróleo (CEINPET) (Adames. 2003), se evaluó el comportamiento de diferentes sistemas de pinturas sobre acero en zonas de Alta y Muy Alta agresividad corrosiva con influencia marina. Siendo los de mejores resultados el sistema epoxi – polituretano.

Del análisis del comportamiento de diferentes sistemas de pinturas en ambientes con influencia marina (en zonas de Alta, Muy Alta), se concluye que los sistemas con primarios ricos en zinc ofrecen una excelente protección al sustrato base (protección catódica adicional a la protección barrera del sistema en conjunto) incluso en zonas con agresividad superior a Muy Alta, lo que no se corrobora en los trabajos consultados.

La mayoría de los sistemas en estas atmósferas tan agresivas, no superan los 5 años sin afectación alguna, lo que significa que ofrecen una baja durabilidad según la Norma UNE-EN ISO 12 944-5:1998.

Como resultado del análisis se infiere, que las pinturas son uno de los componentes del sistema de mayor importancia, que los sistemas de pintura que ofrecen el mejor comportamiento están constituidos por un primario rico en cinc y un acabado de poliuretano alifático, con preparación superficial y espesor en correspondencia con la agresividad corrosiva de la atmósfera. No obstante son permeables al agua y al oxígeno, presentan una durabilidad baja en atmósferas agresivas, no se reportan resultados en atmósferas de extrema agresividad, entre otras limitaciones.

La mayor limitación que presentan estos sistemas de pintura de acabado químico, destacados anteriormente, es que se dificulta su reparación y no admiten la aplicación posterior de capas de recubrimiento si no se logra una buena preparación de la superficie.

Como se destacó anteriormente, el sistema propuesto por la norma de referencia (UNE-EN ISO 12 944-4:1998), no ofrece soluciones a los diferentes problemas de diseño anticorrosivo que relaciona.

Otra dificultad de los recubrimientos de pintura en general, es que no son flexibles y por tanto no protegen zonas de resquicios, por lo cual parten y facilitan la penetración de los agentes agresivos.

Por todo lo analizado, se requiere complementar las limitaciones que presentan los sistemas de pinturas y es por ello que se fundamenta un sistema de protección anticorrosiva y conservación que resuelve estas limitaciones.

### **1.3. Otros componentes del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC).**

Como se ha señalado con anterioridad, los sistemas de pinturas no son totalmente resistentes a los medios de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, por limitaciones propias y ante la presencia de problemas de diseño anticorrosivo, estando obligados a emplear otros sistemas protectores como una protección adicional.

Seguidamente se presentan otros recubrimientos que complementan los SIPAYC, objeto del presente trabajo.

#### **1.3.1. Materiales compuestos de matriz asfáltica modificados con polímeros.**

Uno de los materiales más utilizados como matriz en los materiales compuestos es el asfalto y una de las formas de mejorar sus propiedades es oxidándolo (Rodríguez, 2006); y si se desea mejorar substancialmente sus propiedades mecánicas, en especial su recuperación elástica, ello se logra mediante la modificación con relleno de elastómeros.

Los polímeros son sustancias macromoleculares naturales o sintéticas, obtenidas a partir de moléculas más sencillas por reacciones poliméricas. Por lo tanto, un polímero es un compuesto con un elevado peso molecular, con propiedades vinculadas a su composición (Reyes, 2006), (Tonda, 2006).

En la presente investigación el material polimérico que se emplea es el polvo y viruta de goma reciclada de los neumáticos de los automóviles.

Con estas características se producen en el CEAT, dos tipos de recubrimientos: Mástique Asfáltico con Goma Tipo Solvente DISTIN 403 L, que se aplica por proyección y resulta muy resistente a la penetración de agua con sales y el producto Mástique Asfáltico Semisólido con virutas de goma DISTIN 403. Ambos tienen como principales características que proporcionan un recubrimiento flexible y resistente a los impactos, propiedades que no poseen las pinturas (Ficha Técnica DISTIN 403 L y DISTIN 403).

Por las propiedades que aportan al sistema los mástiques asfálticos con polímeros, forman parte de los SIPAYC.

#### **1.3.2. Grasas de conservación.**

Por sus propiedades probadas durante muchos años en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, las grasas de conservación de consistencias semisólidas y líquidas, DISTIN 314 y DISTIN 314 L han ofrecido excelentes resultados. Con resultados de evaluaciones a la intemperie y bajo techo en condiciones de alta y muy alta agresividad corrosiva, por más de 5 años en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas lo que no han logrado otras grasas de importación en evaluaciones realizadas en Cuba a la intemperie y bajo techo. Estos experimentos de conservación, continúan hasta la actualidad, en los almacenes de piezas (Echeverría, 2008).

Otras propiedades importantes de estas grasas son su alta resistencia al agua, medios salinos y ácidos, la no afectación a los recubrimientos de pintura, que permite conservarlas e impermeabilizarlas en áreas cerradas, áreas inaccesibles y superficies durante la transportación y almacenamiento. Protegen superficies oxidadas durante el almacenamiento, componentes huecos donde no es posible preparar la superficie, penetrando al óxido, impermeabilizándolo y formando capas protectoras flexibles, que se endurece con el tiempo, no se cuartean ni chorrean, resistiendo temperaturas superiores a 80° Celsius (Echeverría, 2008).

La grasa líquida de conservación DISTIN 314 L está especialmente preparada para su aplicación por proyección en componentes huecos, áreas cerradas, resquicios y otras partes de las estructuras metálicas y equipos en general. Por su composición líquida penetra a fondo, protege a las superficies oxidadas y los recubrimientos de pintura. Proporciona una barrera al agua y otros agentes agresivos, en superficies oxidadas, no oxidadas o con recubrimientos, con resistencia a la corrosión en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. La capa que se forma por evaporación del solvente, resiste el contacto con agua, no se emulsiona, ni chorrea a temperatura ambiente. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección adicional por formación de una capa impermeable (Ficha Técnica DISTIN 314 L). Por sus propiedades y aplicaciones, existe una creciente demanda en los Sistemas de Protección Anticorrosiva y de Conservación, para tratar los problemas de diseño anticorrosivos en componentes huecos, áreas cerradas, resquicios y zonas de difícil acceso, al poderse aplicar directamente sobre las superficies oxidadas, en las que se dificulta la preparación previa no se recomiendan las pinturas. (Echeverría, 2003,2008).

Por todas las propiedades que contribuyen a la protección anticorrosiva, las grasas anticorrosivas de conservación, forman parte de los SIPAYC.

### **1.3.3. Ceras impermeabilizantes.**

Las ceras impermeabilizantes y abrillantadoras, encuentran aplicación en la conservación de los recubrimientos de pinturas, al proporcionarle impermeabilidad al agua, resistencia a la radiación ultravioleta, además de contribuir al tratamiento de la corrosión en resquicios en las superficies con recubrimientos de pintura, al penetrar en ellos e impedir la penetración del agua y los contaminantes causantes de la corrosión (Ficha Técnica DISTIN 603 L). Por estas propiedades forman también parte de los SIPAYC.

## **1.4. Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) como tecnología y sus aplicaciones.**

Como se ha expresado, un SIPAYC constituye un traje a la medida para tratar y dar solución a los problemas que presente un objeto, equipo, estructura o instalación en específico. Su aplicación práctica en un determinado objeto de estudio, conjuntamente con las metodologías, procedimientos, técnicas y productos a emplear, así como el saber y saber hacer, conforman la tecnología específica de aplicación de los SIPAYC.

En el presente trabajo, no se abordan las tecnologías específicas, de las diferentes aplicaciones de los SIPAYC, ya que son objeto de protección. Por ello se exponen en

general sus componentes, algunas formas del saber y saber hacer de esta técnica, algunas soluciones a problemas de diseño y algunas aplicaciones específicas.

#### **1.4.1. Caracterización de los componentes de un SIPAYC en el campo de los recubrimientos.**

El diagnóstico abarca todas las etapas de la metodología que se desarrolla seguidamente, con la aplicación de técnicas no destructivas de fotografía digital, medición ultrasónica, toma de muestras y otras que permitan caracterizar los componentes de un SIPAYC.

Se analiza de forma obligada, el cumplimiento de las normas internacionales en este campo del diseño anticorrosivo, corrosión, protección anticorrosiva y conservación.

#### **1.4.2. Análisis de materiales.**

A los materiales, hay que prestarle especial atención, analizando si ellos, se corresponden con los establecidos, las condiciones de explotación y lo que establece la normas internacionales actualmente vigentes. Para un equipo o instalación ya construida, se prefiere aplicar métodos de protección y conservación, antes que comenzar por cambiar los materiales existentes, lo que resulta por lo general más costoso.

Dentro de los materiales que se analizan, además de los que conforman el equipo o instalación, se incluyen los recubrimientos, constituidos como se analiza en el trabajo, no solamente por las pinturas.

#### **1.4.3. Diseño anticorrosivo.**

Los problemas de diseño anticorrosivo, los crea el Ingeniero, desde que realiza el diseño. Existen muchos problemas de diseño y son muy frecuentes en los equipos e instalaciones y causan problemas en condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva.

Las garantías de calidad en el diseño anticorrosivo lo establece el cumplimiento de la Norma Internacional (UNE-EN ISO 12944-3:1998) y otras, que precisan diferentes aspectos en el diseño anticorrosivo que tienen que cumplirse por los diseñadores.

Los Criterios Básicos del Diseño Anticorrosivo establecen: “Las superficies de las estructuras de acero expuestas a los agentes corrosivos deberían ser pequeñas en extensión. La estructura debería tener el número más pequeño posible de irregularidades (por ejemplo, superposiciones, esquinas, bordes). Las uniones deberían haber sido realizadas preferiblemente mediante soldadura, en vez de atornilladas o ribeteadas, para conseguir la superficie más uniforme posible.”

Los problemas de diseño anticorrosivo más comunes son los siguientes:

- Accesibilidad.
- Tratamiento de orificios.

- Prevención de la corrosión galvánica.
- Entallas.
- Refuerzos.
- Manipulación, transporte y montaje.
- Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.
- Bordes.
- Imperfecciones en la superficie de las soldaduras.
- Conexiones con pernos.
- Áreas cerradas y componentes huecos.

Como se destacó en el presente trabajo la norma de referencia (UNE-EN ISO 12944-3:1998), no ofrece soluciones en general, para cada uno de los problemas de diseño anticorrosivo que relaciona, lo que sí se resuelve en el SIPAYC. Seguidamente se presentan algunos ejemplos tomados de la aplicación práctica de este sistema.

#### 1.4.3.1. Accesibilidad.

Al respecto la norma de referencia señala: Los componentes de acero deberían diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector.

Cuando lo anterior no se logra, situación frecuente en muchas instalaciones y equipos, no es recomendable la aplicación de recubrimientos de pintura, ya que no existen las condiciones para aplicar una adecuada preparación previa.



Fig. 1. Contenedores del Motor y Generador de una Central Eléctrica Diesel.



Fig. 2. Parte inferior del piso de contenedores. Presenta problemas de accesibilidad.



Fig. 3. Orificio en la unión hormigón – acero de la base. Observe la mancha de corrosión.

En las figuras 1 y 2 anteriores, se muestra el espacio reducido por debajo del piso de los contenedores, donde la única solución es la aplicación de Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L, en componentes huecos y resquicios de la parte inferior y posterior aplicación del Mástique Asfáltico Líquido Tipo Solvente DISTIN 403 L.

#### 1.4.3.2. Tratamiento de orificios.

Para el tratamiento de orificios, tal y como se observa en la figura 3 anterior, de la base de un tanque de combustible, en la unión metal – hormigón, tiene que ser empleado un material flexible, en lugar de pinturas que parten y no protegen.

De igual forma en la unión metal – metal en solapes o uniones con pernos, tal y como se observa en la figura 4 siguiente

En ambos casos, la solución es la aplicación del Mástique Semisólido DISTIN 403, material flexible que impide la penetración del agua, los contaminantes y evita la corrosión desde en el interior del solape, tal y como se observa en la fotos.

#### 1.4.3.3. Conexiones con pernos.

En las figuras 5 y 6 siguientes, se observan los resquicios entre los pernos y los orificios de las bridas y entre las tuercas, arandelas y bridas. Todo ello propicia la corrosión en resquicios. Ella se incrementa en los pernos, tuercas y arandelas por estar tensionados.

La solución incluye el tratamiento de la superficie, la aplicación del recubrimiento de pintura y la aplicación del Mástique Semisólido DISTIN 403, antes de ser colocados los pernos, tuercas y arandelas, para evitar la formación de los resquicios. Evitando así la penetración de humedad y contaminantes causantes de la corrosión.

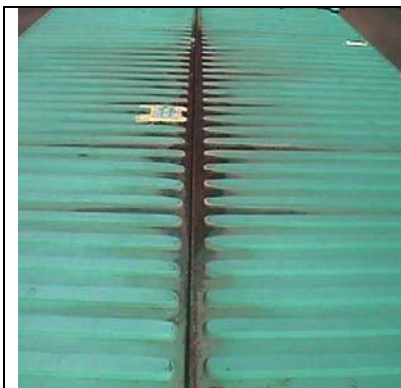


Fig. 4. Contenedores observe la corrosión en resquicios en la unión metal – metal en el techo.



Fig. 5. Conexiones con pernos. Observe los resquicios entre las bridas y junta.



Fig. 6. Resquicios entre el perno y la brida y entre las bridas. Ver la separación entre bridas.

#### 1.4.3.4. Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua.

Con respecto a las precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua, la norma de referencia (UNE-EN ISO 12944-3:1998), señala:

“Deberían evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y que puedan de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador debería también tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidables austeníticos, o ferríticos, que puedan provocar la corrosión de estos últimos.”

En la figura 7 siguiente aparece la parte superior del techo de los Pasillos Telescópicos ubicados en los Aeropuertos Internacionales de Varadero y Ciudad Habana, los cuales presentan problemas de diseño anticorrosivo. Observe la acumulación de agua por un mal drenaje.



Fig. 7. Techo de Pasillos Telescópicos Aeropuertos con mal diseño. Observe la acumulación de agua.



Fig. 8. Estructura de un Hotel, donde se observa la acumulación de agua y depósito sin drenaje.



Fig. 9. Área cerrada de la bóveda de un auto sin el cobertor plástico. Se observa grasa aplicada.

#### 1.4.3.5. Áreas cerradas y componentes huecos.

Al respecto la norma de referencia señala: “Dado que las áreas cerradas (interior accesible) y los componentes huecos (interior inaccesible) minimizan la superficie expuesta a la corrosión atmosférica, constituyen una sección especialmente bien adaptada a la protección frente a la corrosión, siempre que se cumplan los requisitos dados a continuación.”

“Las áreas cerradas y los componentes huecos que estén expuestos a la humedad superficial, deben estar provistos de aberturas de drenaje y estar protegidos de un modo efectivo contra la corrosión.”

Al respecto la Norma Internacional (UNE-EN ISO 12944-3:1998), no ofrece soluciones prácticas, lo que sí se logra mediante la atomización de la Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L. Ella se aplica en los componentes huecos mediante orificios de acceso y se drena el producto sobrante por oficios de drenaje, garantizando así que se logre formar una capa protectora sobre toda la superficie interior.

En la figura 9 anterior, se observa parte de una solución encontrada para algunas áreas inaccesibles, como es el caso de las bóvedas de los automóviles. Estas áreas inaccesibles se convierten en áreas cerradas, al colocar un cobertor plástico sobre la bóveda. Hoy en día la mayoría de los automóviles traen ese cobertor, pero sin protección interior. En la figura se observa la grasa DISTIN 314 L ya aplicada.

En la figura 10 siguiente, se observa el resultado de no proteger los componentes huecos interiormente, en zonas de muy alta agresividad corrosiva, como ocurre en Varadero en las edificaciones que se encuentran en la primera línea de playa.

		
<p>Fig. 10. Componente hueco con corrosión desde el interior en una instalación del turismo.</p>	<p>Fig. 11. Componentes huecos preparados con acceso y drenaje para aplicar DISTIN 314 L.</p>	<p>Fig. 12. Aplicación del DISTIN 314 L en un componente hueco (pasillo) de automóvil.</p>

#### 1.4.4. Tipos de corrosión y factores que influyen.

Para el desarrollo del SIPAYC en un objeto de estudio específico, los tipos de corrosión presentes y los factores que influyen se identifican a partir del diagnóstico y con ello se proponen las soluciones. Por ello este aspecto puede ser muy amplio para una monografía.

Se destacará uno de los tipos de corrosión más frecuentes en las condiciones de alta, muy alta y extrema agresividad, bajo la influencia del aerosol marino. Se trata de la corrosión por celdas de aireación diferencial, causante de la corrosión perforante.

Entre los factores que más influyen en su surgimiento, se encuentran los problemas de diseño anticorrosivo, tales como los resquicios u orificios, las zonas de acumulación de depósitos y agua y las áreas cerradas y componentes huecos sin protección interior. Se inicia por una picadura, que si se detecta en su fase inicial, puede romperse y evitar la aparición del hueco.

En la figura 10 anterior se muestra el hueco resultado de una picadura que se fue ampliando por falta de protección interior.



En la figura 13 siguiente, se observa la formación de varias celdas en una superficie metálica no protegida. Note que al separar la pústula de óxido, aparece una hendidura resultado de la corrosión perforante.

Por limitaciones de espacio, no es posible tratar un mayor número de tipos de corrosión que se presentan frecuentemente en la técnica en las condiciones de agresividad estudiadas.

#### 1.4.5. Biodeterioro y corrosión.

Los procesos de biodeterioro inciden en los recubrimientos y los metales y provocan el fenómeno de la corrosión, que por lo general se manifiesta como corrosión perforante, además de causar otros daños en los procesos. En la figura 14 siguiente se muestra la presencia de microorganismos en el agua drenada de un tanque de combustible. Este mismo microorganismo que se desarrolla en la interface agua – combustible en tanques de almacenamiento, provocando la corrosión perforante en los tanques.

#### 1.4.6. Medidas que puedan aplicarse.

En este aspecto se destacan, entre otras, las medidas que se aplican para eliminar o atenuar la contaminación ambiental, que causa graves problemas de corrosión y que eleva los gastos de la protección de no tratarse convenientemente.

		
<p>Fig. 13. Formación de la celda de aireación. Observe la pústula de óxido ya separada.</p>	<p>Fig 14. Microorganismos presentes en el medio acuoso de los tanques de combustible diesel.</p>	<p>Fig. 15. Aplicación del DISTIN 314 L en un componente hueco de un automóvil.</p>

#### 1.4.7. Métodos de protección anticorrosiva para el SIPAYC.

Como fue destacado en un epígrafe anterior, en el SIPAYC basado en recubrimientos, el principal componente del sistema que proporciona protección anticorrosiva es la pintura, pero no es el único recubrimiento que se tiene que emplear como se ha analizado.

Como la pintura es un tema más tratado, en la presente monografía, se centrará la exposición en los otros componentes del SIPAYC, que van a complementar las limitaciones del sistema de pintura, con sus aplicaciones específicas.

#### 1.4.7.1. Mástiques asfálticos como protección en el SIPAYC.




El Mástique Asfáltico Semisólido con goma DISTIN 403 proporciona al recubrimiento flexibilidad y resistente a los impactos, propiedades que no poseen las pinturas. Por estas características se aplican en las uniones metal – metal, metal – mortero y metal – hormigón, para rellenar los resquicios que se forman e impedir el acceso de los contaminantes. Esta aplicación resuelve problemas de diseño anticorrosivo. Además se emplea para reforzar los recubrimientos de pinturas en zonas de impactos o de acumulación de agua y depósitos. En la figura 16 se observa su aplicación en la parte inferior de un automóvil.

El Mástique Asfáltico con Goma Tipo Solvente DISTIN 403 L, se aplica por proyección como recubrimientos antigraña por la parte inferior del piso de automóviles y contenedores. Observe en la figura 17 su aplicación a un automóvil.

#### 1.4.8. Grasas de conservación y como protección en los SIPAYC.

La grasa de conservación de consistencia semisólida, DISTIN 314 encuentra aplicación en la protección de vástagos de válvulas, pernos, tuercas y arandelas, bornes de acumuladores y conexiones a tierra en Centrales Eléctricas. En la figura 18 siguiente se muestra una de estas aplicaciones en los SIPAYC.

La Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L se aplica como recubrimiento en áreas inaccesibles, áreas cerradas y componentes huecos como vía de dar solución a problemas de diseño anticorrosivo dentro del SIPAYC, lo que fue tratado anteriormente. Como recubrimiento sólo en algunas zonas donde la aplicación de pinturas no es lo más efectivo y resulta engorroso. En la figura 19 se observa la zona del timón de una embarcación pesquera, con poleas y cables que deben ser engrasados, además de cadenas. En toda esta zona la aplicación de la grasa señalada por atomización resulta lo más conveniente.

		
Fig. 16. Aplicación del Mástique DISTIN 403 como recubrimiento adicional.	Fig. 17. Mástique Líquido DISTIN 403 L por proyección, como protección antigraña.	Fig. 18. Aplicación del DISTIN 314 como recubrimiento.

#### 1.4.9. Ceras impermeabilizantes en la protección y conservación.

Las ceras impermeabilizantes y abrillantadoras, encuentran aplicación en la conservación de los recubrimientos de pinturas, al proporcionarle impermeabilidad al agua, resistencia a la radiación ultravioleta, además de contribuir al tratamiento de la corrosión en resquicios en las superficies con recubrimientos de pintura, al penetrar en ellos e impedir la penetración del agua y los contaminantes causantes de la corrosión.

En las figuras 20 y 21 siguientes se observa su aplicación en automóviles y el efecto impermeabilizante y de conservación que ejerce sobre los recubrimientos de pinturas, para los cuales resulta una solución ideal dentro de los SIPAYC.

#### 1.4.10. Métodos de conservación.

		
Fig. 19. Zona del timón de una embarcación pesquera sin protección. Aplicar DISTIN 314 L.	Fig. 20. Aplicación del DISTIN 603 L por frotado. Resulta fácil dada estado líquido.	Fig. 21. Resultado del DISTIN 603 L Cera Abrillantadora sobre las pinturas.

#### 1.4.11. Preparación del personal.

Uno de los componentes más importantes en la materialización de un SIPAYC, es la preparación del personal que se responsabilizará con su aplicación, una vez transferida la tecnología. Por ello en los contratos de transferencia de tecnología que se establecen, constituye una cláusula obligatoria, la impartición de un curso a todos los implicados con la gestión de esta tecnología, el que debe ser aprobado.

Esta es la única vía para que el SIPAYC se convierta en una cultura de la población y se logre de esta forma la conservación del patrimonio existente, tal y como se exige con respecto a la conservación del medio ambiente.

## **Conclusiones.**

Los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), encuentran gran campo de aplicación dentro de los recubrimientos, al proporcionar soluciones a problemas que se reportan en la práctica y que en el contenido de normas internacionales, no encuentran soluciones.

Tienen aplicación práctica, al generar tecnologías que incorporan diferentes productos, que complementan a los sistemas de pinturas, con una gran variedad de aplicaciones, que abarcan los equipos del transporte, las instalaciones de centrales eléctricas, las edificaciones, la industria, los puentes, entre otras, con importantes beneficios técnicos y económicos.

## **Bibliografía**

Albrecht, P. and T. T. J. Hall (2003). "Atmospheric corrosion resistance of structural steels." *Materials in Civil Engineering* 15(1): 2-24.

Almeida, E. (2002). Nuevas tecnologías de pinturas para acero y acero zincado expuestos a la atmósfera. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II-Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED). Madrid, MORCILLO, M.

Almeida, E., D. Santos, et al. (2006). "Anticorrosive painting for a wide spectrum of marine atmospheres: Environmental-friendly versus traditional paint systems." *Progress in Organic Coatings* 57(5): 11-22.

Echeverría, C. A. (1991). La corrosión atmosférica del acero y la protección temporal de los centrales azucareros en la provincia de Matanzas. Departamento de Ingeniería Química. Villa Clara, Universidad Central de Las Villas: 98.

Echeverría, C. A., Echeverría M (hija), et al. (2003). El Deterioro de instalaciones turísticas por problemas de diseño anticorrosivo, corrosión y protección. 2do Simposio Internacional de Turismo y Desarrollo (TURDES). Varadero.

Echeverría (hija), C. A. Echeverría, et al. (2007). Estudio y evaluación de materiales compuestos de matriz asfáltica modificado con polímeros (MAP) para su aplicación como recubrimientos anticorrosivos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.

Echeverría, C. A., Echeverría M (hija), et al. (2005). "El deterioro por corrosión de instalaciones turísticas." *Retos Turísticos* 3(2): 21-30.

Echeverría, M., C. A. Echeverría, et al. (2008). "Los Problemas de Diseño Anticorrosivo: Factores desencadenantes de la corrosión en condiciones climáticas de Cuba." *Revista Retos Turísticos* 7(1).

Espada, L. R. (2005). La corrosividad atmosférica: zonas costeras, de interior y agresivas. 2006.

Fragata, F. (2002). La pintura como técnica de protección anticorrosiva. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II-Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED). Madrid, MORCILLO, M.

Ficha Técnica. Disolución de Fosfatado Decapante Acción Rápida DISTIN 504

Ficha Técnica. Grasa Conservante y Lubricante DISTIN 314 L.

Ficha Técnica. Mastique Asfáltico Semisólido DISTIN 403.

Ficha Técnica. Mastique Asfáltico Líquido DISTIN 403 L .

Grupo Consultor (2004). Generalidades de pinturas anticorrosivas. 2005.

Iglesias H., M. M.(2000). Influencia del aerosol marino en condiciones climáticas de cuba y los ensayos acelerados de corrosión.

Morcillo, M. (2002). Fundamentos sobre protección anticorrosiva de metales en la atmósfera.

Morcillo, M. (2002). Fundamentos sobre protección anticorrosiva de metales en la atmósfera. Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Parte II-Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica (Red Temática Pátina, XV.D/CYTED). Madrid, MORCILLO, M.

Ochoa et al. (2005). Pinturas anticorrosivas. Habana, Empresa Nacional de Pinturas.

Otero, E. (2000). Corrosión y degradación de materiales. Madrid, Editorial Síntesis S.A.

Pérez, C. (1998). Estudio de los sistemas de protección de las superficies metálicas expuestas a la intemperie. Departamento de Química Inorgánica. Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela.: 245.

Roberge, P. (2000). Handbook of Corrosion Engineering. Quebec, McGraw-Hill Companies.

Roberge, P. R., R. D. Klassen, et al. (2002). "Atmospheric corrosivity modeling - a review." Materials and Design 23: 321-330.

Rodríguez, M. T. (2004). Formulación y evaluación de imprimaciones epoxis anticorrosivas curables a temperatura ambiente. Departamento de Tecnología y Departamento de Ciencias Experimentales. Castellón, Universitat Jaume I: 251.

Santos, D., C. Brites, et al. (2005). "Performance of paint systems with polyurethane topcoats, proposed for atmospheres with very high corrosivity category." Progress in Organic Coatings 54: 344-352.

Schmidt, D. P., B. A. Shawa, et al. (2006). "Corrosion protection assessment of sacrificial coating systems as a function of exposure time in a marine environment." *Progress in Organic Coatings* 57: 352–364.

Scott, P. (2000). Minimizing infrastructure deterioration. 119 th Annual Conference New England Water Works Association, Hotel Cambridge, England.

Shifler, D. (2005). "Understanding material interactions in marine environments to promote extended structural life." *Corrosion Science* 47(5): 2335-2352.

Tonda, Mauricio.(2006). *Asfaltos Modificados con Polímeros* [en línea].[consultado Diciembre 2009 ].Disponible en <http://www.monografias.com>.

UNE-EN ISO 12 944-1. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 1: Introducción general. Vig.1998

UNE-EN ISO 12944-2. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Classification of environments. Vig.1998

UNE-EN ISO 12 944-3. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño. Vig.1998

UNE-EN ISO 12 944-4. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies. Vig.1998

UNE-EN ISO 12 944-5. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores. Vig.1998

UNE-EN ISO 12944-8. Pinturas y Barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Especificaciones para el desarrollo de nuevos trabajos y el mantenimiento. Vig.1998

UNE-EN ISO 4628-1. Evaluación de la degradación de los recubrimientos de pintura. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Principios generales y esquemas de evaluación. Vig.2003

Vera, R. M. and F. J. Cañas (2005). "Comportamiento Frente a la Corrosión en Ambiente Marino de Acero Galvanizado y Acero Galvanizado Pintado (Duplex)." *Información tecnológica (Materiales y Metalurgia)* 16(4): 53-58.

