

Universidad de Matanzas

Sede “Camilo Cienfuegos”

Facultad de Ciencias Técnicas

Departamento de Química e Ingeniería Química

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Evaluación del DISTIN 603 L en la conservación de objetos en el museo “La Ruta del Esclavo”.

Autora: Heylín Ibañez Fernández.

Matanzas, 2018.

Universidad de Matanzas
Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química e Ingeniería Química
Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Evaluación del DISTIN 603 L en la conservación de objetos en el museo “La Ruta del Esclavo”.

Autora: Heylín Ibañez Fernández.

Tutora: Dr. C. Idaelsys López Arias.

Cotutor: MSc. Asael González Betancourt.

Matanzas, 2018.

Nota de aceptación

Presidente del Tribunal

Tribunal

Tribunal

Ciudad y fecha

DECLARACION DE AUTORIDAD

Yo Heylín Ibañez Fernández declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma, Titulado: Evaluación del DISTIN 603 L en la conservación de objetos en el museo “La Ruta del Esclavo, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Química, autorizo su consulta a otras instituciones, a los profesionales, técnicos y personal en general que la necesiten siempre que se respete la procedencia del mismo, quedando prohibida la reproducción parcial o total de este documento, sin la autoridad del autor, los tutores y la dirección de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

Heylín Ibañez Fernández

DEDICATORIA

- ✚ A mi querido hijo Yeison Hasiel Amoros Ibañez por ser mi inspiración y mi fuerza para luchar y seguir adelante, sin el no hubiera sido posible lograr todo y llegar hasta aquí.



- ✚ A la memoria de mi querida abuela y segunda madre Alejandrina Fernández que desde niña me brindo la fuerza y el apoyo necesario para estar hoy donde estoy.
- ✚ A mí querida madre por su apoyo, paciencia, comprensión, aunque a veces le resulte difícil comprender muchas cosas
- ✚ A mis tías por todo su apoyo durante mi carrera.
- ✚ A los trabajadores de la Estación de Investigaciones de la Caña de Azúcar, mi centro de trabajo por haber confiado en mí y en especial a mis compañeros del Laboratorio de Suelo y Agua.
- ✚ A mis tutores la Dr. C. Idaelsys López Arias y el MSc. Asael González Betancourt por su tiempo y delicadeza para la realización de este trabajo, sin ellos no hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS

- ✚ A la memoria del invencible Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz.
- ✚ A todos mis profesores que contribuyeron con su dedicación y paciencia en el proceso de enseñanza para mi formación profesional durante estos años.
- ✚ A mis amigos por brindarme su amistad y compañerismo en todos estos años, y en especial a Elianys y Yamila por su apoyo incondicional.
- ✚ A la Revolución Cubana por hacer de mí una mujer culta y profesional.
- ✚ A los trabajadores de la Estación de Investigaciones de la Caña de Azúcar, mi centro de trabajo.
- ✚ En especial a mis compañeros del Laboratorio de Suelo y Agua por su apoyo, confianza y permitirme algunas malacrianzas, para todos muchas gracias.
- ✚ A mis tutores la Dr. C. Idaelsys López Arias y el Msc. Asael González Betancourt por su tiempo y delicadeza para la realización de este trabajo, sin ellos no hubiera sido posible.

Pensamiento:



...No hay más que asomarse a las puertas de la tecnología y la ciencia contemporánea para preguntarnos si es posible vivir y conocer ese mundo del futuro sin un enorme caudal de preparación y conocimiento...

Fidel Castro Ruz

Opinión del tutor

Resumen

En el trabajo se aborda como objetivo, la solución para la conservación de objetos metálicos, que están expuestos en el museo “La Ruta del Esclavo” y que forman parte del patrimonio nacional. Esta es una tarea de importancia contemplada en los lineamientos del VI Congreso del PCC. No obstante, existe carencia de productos específicos para esta actividad que puede ser solucionada con la introducción de los productos DISTIN. Para llevar a cabo la misma, se aplica la metodología para el análisis y solución de los problemas de corrosión, que incluye la realización de un diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión presentes en las piezas que se estudian. A partir de este, se aplica la conservación en los objetos metálicos de las vitrinas de la sala de esclavitud, que llegaron hasta la etapa de innovación. Se realizó la valoración económica y el impacto social de la conservación de las piezas.

Abstract

At work you go on board like objective, the proposal of solution for the conservation of metallic objects, the fact that they are risky at the museum The Route of the Slave that they instruct and departs of the national heritage. This is a task of importance contemplated in the guidelines of the I SAW Congress of the PCC. Nevertheless, exists scarcity of specific products for this activity that can be solved with the introduction of the products DISTIN. In order to take to end her same, the methodology for analysis and solution of them are applied

Problems of corrosion, that you include the present realization of a diagnosis of the problems of antirust and corrosion design that are studied in the pieces. As from this, the technologies of conservation for the metallic objects of the display cases of the living room of slavery, that arrived to the stage of invention become elaborate. The cost-reducing assessment and the social impact of the conservation of the pieces were accomplished.

Índice

Introducción.....	1
1. Capítulo I: Análisis bibliográfico.....	4
1.1 El fenómeno de la corrosión. Fundamentos. Perjuicios.	5
1.2 Tipos de corrosión. Mecanismos. Factores que influyen.	5
1.3 Corrosión Atmosférica	10
1.3.1 Factores que influyen en la corrosión atmosférica.....	11
1.3.2 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica..	12
1.4 Principales problemas de diseño anticorrosivo.....	14
1.5 Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC). (Echeverría, et. al, 2010)	17
1.5.1 Caracterización de los componentes de un SIPAYC en el campo de los recubrimientos.....	18
1.5.2 Análisis de materiales.	18
1.5.3 Diseño anticorrosivo.	18
1.5.4 Preparación superficial.	19
1.5.5. Protección anticorrosiva y conservación adicional.	20
1.5.6. Cera abrillantadora e impermeabilizante.....	21
Conclusiones parciales del capítulo I	22
2. Capítulo II.....	23
2.1. Materiales y métodos.....	23
2.1.1. Ensayos acelerados en cámaras de niebla salina (NSS)	23
2.1.2. Ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante.....	29
2.2. Solución de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión.....	32
2.2.1. Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen.	34

2.2.2. Soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión.	36
2.2.3. Evaluación del producto durante un año.	37
Conclusiones parciales del capítulo II.	38
3 Capítulo III Análisis de los resultados.	39
3.1 Caracterización de la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L.....	39
3.2 Análisis del comportamiento de la atmósfera en la zona del museo.	40
3.3 Análisis de los resultados de la caracterización de los materiales que componen los objetos metálicos en el estudio del museo.	41
3.4 Análisis de los diferentes problemas de diseño anticorrosivo presentes en los objetos metálicos del museo.....	42
3.5 Análisis de los problemas de corrosión presentes en los objetos metálicos del museo.....	43
3.6 Medidas que deben aplicarse.	44
3.7 Métodos de protección que pueden aplicarse	46
3.8 Sistema de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) para los objetos metálicos en las vitrinas.....	46
3.9 Valoración económica de la aplicación del SIPAYC para objetos metálicos en vitrinas, expuestos en el museo.	48
3.10 Impacto social de la conservación del patrimonio en el museo “La Ruta del Esclavo”	50
Conclusiones parciales del capítulo III.	53
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	55
Bibliografías	
Anexos	

Introducción

En la mayoría de las instituciones, edificaciones, locales y ambientes en general, de nuestro país, la corrosión atmosférica causa daños considerables, sin que se le dé solución en muchos casos, por lo que se pierden objetos y materiales que no pueden ser repuestos.

Debido al avance vertiginoso de la ciencia y la técnica, materiales usados en épocas pasadas dejan de tener interés desde el punto de vista técnico, pero siguen formando parte de la historia y adquieren valor patrimonial. Su conservación es una tarea contemplada en los lineamientos del VI Congreso del PCC, específicamente reflejada en el **lineamiento 163** que plantea *...contribuir al fomento de la conservación del patrimonio, mediante la transferencia de tecnologías de productos y procedimientos aplicables a objetos patrimoniales.*

Una tecnología para la conservación anticorrosiva, es una herramienta técnica de la cual se vale el personal calificado para disminuir el proceso de deterioro de un material. Los materiales metálicos, entre las que se encuentran las aleaciones más usadas a lo largo del desarrollo de la humanidad, manifiestan diferentes mecanismos de corrosión que provocan pérdidas irreparables en muchos casos, estas pueden ser directas cuando están relacionadas con el propio material e indirectas cuando se relacionan con el medio, la actividad para la cual está diseñado el mismo y otros aspectos.

El museo “La Ruta del Esclavo”, es una institución de carácter patrimonial que atesora evidencias del desarrollo social en una etapa importante para América Latina. Su conservación es una tarea de importancia por lo que representa para la historia de nuestro país y del continente, sin dejar de estar ligado al desarrollo de la humanidad. El Consejo Nacional de Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura de la República de Cuba, con sede en La Habana, es quien rige la política que debe seguirse para la conservación del patrimonio cultural de la nación, sujeto a los preceptos de la Ley No. 1, “Ley de Protección al Patrimonio Cultural y su Reglamento”. No obstante, los esfuerzos que se realizan para llevar a cabo esta tarea son insuficientes, sumándose a ello la carencia de productos apropiados para la conservación. La mayoría de los productos que hoy se ofertan en el

mercado son foráneos; pero el Centro de Anticorrosivos y Tensioactivos de la Universidad de Matanzas, desarrolla una amplia gama de productos adecuados a nuestras condiciones climáticas y a precios relativamente más ventajosos que los del mercado internacional, cumpliendo con los lineamientos 129 y 130 relacionados con el desarrollo de tecnologías y la sustitución de importaciones.

El objetivo de este trabajo es Evaluar el producto DISTIN 603 L sobre objetos museables en “La Ruta del Esclavo”.

Problema

Carencia de productos para disminuir el deterioro por corrosión de objetos museables en “La Ruta del Esclavo”

Hipótesis

Si se evalúa por período de un año el producto DISTIN 603 L sobre objetos museables en el museo “La Ruta del Esclavo”, se puede disminuir el deterioro por corrosión de estos.

Objetivo general

Evaluar el producto DISTIN 603 L sobre objetos museables en “La Ruta del Esclavo”.

Objetivos específicos

1. Actualizar la temática de corrosión atmosférica, protección y conservación de objetos museables a partir de bibliografías consultadas.
2. Caracterizar el producto DISTIN 603 L en el laboratorio LABET.
3. Evaluar el efecto del producto aplicado DISTIN 603 L en la solución de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión en objetos museables del museo “La Ruta del Esclavo”.
4. Valorar económicamente aplicación del producto DISTIN 603 L para la conservación de objetos en el museo.
5. Valorar el impacto social de la aplicación del DISTIN 603 L en el museo.

Alcance del trabajo.

En este trabajo se aborda lo referente a la aplicación del producto DISTIN 603 L sobre objetos museables expuestos en las vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo”, y su evaluación durante un año de exposición, con resultados satisfactorios.

1. Capítulo I: Análisis bibliográfico.

Patrimonio es el conjunto de exponentes naturales o productos de la actividad humana que nos documentan sobre la cultura material y espiritual del pasado y del presente; y que, por su condición ejemplar y representativa del desarrollo de la cultura, se está en la obligación de conservar y mostrar a la actual y futura generación.

En la mayoría de las instituciones, edificaciones, locales y ambientes en general, de nuestro país, la corrosión atmosférica causa daños considerables, sin que se le dé solución en muchos casos, por lo que se pierden objetos y materiales que no pueden ser repuestos. En el caso de los objetos museables metálicos, una vez perdida la pieza ya no se puede reponer, o se afecta su valor patrimonial, lo que es lamentable y de perjuicio social. Por ello, es necesario abordar este fenómeno y proponer soluciones para contrarrestar sus efectos.

Los problemas de diseño anticorrosivo que presentan la mayoría de las estructuras metálicas agravan los efectos de los agentes agresivos sobre los materiales, por lo que es necesario resolverlos cuidando el valor patrimonial de las piezas en los museos.

Estos objetos metálicos museables que forman parte del patrimonio, sufren corrosión por la carencia de productos adecuados para lograr su protección, lo que queda demostrado en entrevistas realizadas a los conservadores de las instituciones.

La **conservación y restauración de metales** es la actividad dedicada a la protección y preservación de objetos históricos (religiosos, artísticos, técnicos y etnográficos) y arqueológicos hechos en parte o totalmente de metal. En él se incluyen todas las actividades encaminadas a prevenir o retrasar el deterioro de los elementos, así como la mejora de la accesibilidad y la facilidad de lectura de ellos como objetos del patrimonio.

1.1 El fenómeno de la corrosión. Fundamentos. Perjuicios.

Por corrosión se entiende a los cambios aparecidos sobre la superficie de un material originados por la influencia indeseada de los factores químicos y electroquímicos. (Agueda, 2010). Los materiales y en especial los metales, son obtenidos a partir de especies minerales estables en las condiciones naturales. El paso de estos materiales a su estado natural combinado, es llamado corrosión (Pancorvo, 2011).

La corrosión de los metales es un tema de gran importancia desde el punto de vista económico y tecnológico, que además reviste gran interés para todos aquellos relacionados con el estudio y la conservación del patrimonio cultural metálico, sin importar el contexto en el que se encuentre: expuesto en los espacios públicos, exhibido en salas de museos o galerías; almacenado en depósitos, formando parte de la estructura de edificios históricos; en el fondo de los mares o bajo tierra. Todos ellos deben ser protegidos. (Acán, 2011).

El control de la corrosión es llevado a cabo para comprender los mecanismos de la corrosión, así como la resistencia de los materiales y diseños, con sistemas y métodos de protección, dispositivos y tratamientos. (López, 2012).

Es evidente, que a partir de lo planteado por los diferentes autores, la corrosión tiene mucha importancia desde el punto de vista material, económico. También en lo social causa pérdidas y no siempre se analizan. El daño que causa este fenómeno al patrimonio no se ha tratado a profundidad y no deja ser de relevancia para la humanidad.

1.2 Tipos de corrosión. Mecanismos. Factores que influyen.

La corrosión depende del tiempo durante el cual la humedad atmosférica permanece sobre la superficie metálica y, por ello, está ligada a la combinación de una serie de factores. Los más importantes son el poder contaminante intrínseco de la atmósfera, así como diversos agentes climáticos entre los que cabe destacar, además de la humedad, la temperatura. (Pancorbo, 2011). En dependencia de ello, varios son los tipos y mecanismos de corrosión que se ponen de manifiesto. A continuación se relacionan los siguientes:

Corrosión atmosférica.

Húmeda

Tipo: Corrosión electroquímica, atmosférica, uniforme y no uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica húmeda, se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, que se forman por condensación capilar, higroscopicidad, adsorción, etc., lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la condensación de humedad y la presencia de contaminantes. De acuerdo con lo antes tratado, se comprende que la presencia de humedad sobre la superficie metálica, incrementa considerablemente la velocidad de corrosión, e incluso se refieren resultados de mayores incrementos en zonas de humedecimiento y secado periódico.

Mojada

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, uniforme y no uniforme.

Mecanismo: La corrosión atmosférica mojada se presenta en aquellas zonas donde existe acumulación de agua en la cual pueden o no estar disueltos contaminantes, como cloruros y sulfatos fundamentalmente.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de agua y contaminantes, además de la temperatura. En presencia de agua un aumento de la temperatura aumenta la velocidad de corrosión, hasta un punto en que se evapora y se detiene la corrosión. La corrosión atmosférica mojada es menor que la húmeda, ya que en la primera existe una delgada capa de humedad.

Corrosión no uniforme: (heterogénea o localizada). Corrosión que ocurre a distintas velocidades en diferentes partes de la superficie y por tanto se produce un ataque no uniforme.

Celdas de aireación diferencial.

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial.

Mecanismo: Electroquímico en presencia de humedad adsorbida o de agua, galvánico por diferencia de concentración de oxígeno, que se explica de la forma siguiente:

Cuando surge una grieta, hendidura, intersticio, desprendimiento de la pintura, depósitos de óxido o suciedades, todos ellos son causa de la aparición de celdas de aireación diferencial. Debajo del depósito o en el interior del intersticio se crea un área de difícil acceso para el oxígeno, que se constituye en ánodo, tan pronto como en los alrededores con mayor acceso de oxígeno se crea un cátodo.

Factores que influyen: El factor determinante en el primer caso, es la presencia de humedad y contaminantes, por un mal diseño anticorrosivo, además de los contaminantes que como el aerosol marino acelera el proceso corrosivo

Corrosión intersticial

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme

Mecanismo: Durante el diseño de una pieza, equipo o estructura metálica, el diseñador debe tener especial cuidado en no crear resquicios, ya que estos favorecen la acumulación de depósitos (contaminantes) y humedad, que propician el desarrollo de este tipo de corrosión. La explicación de este mecanismo es similar al de las celdas de concentración, que fue explicado con anterioridad.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia de resquicios (grietas, hendiduras, solapes, etc), producidas por la presencia del resquicio, que se produce en la unión metal - metal, metal - madera, metal - hormigón y en general entre un metal y otro material. Sin dejar de faltar los contaminantes y la humedad. Es decir, un problema de diseño anticorrosivo. Los contaminantes provenientes del aerosol marino constituyen catalizadores del proceso corrosivo. El factor determinante en este tipo de corrosión es la presencia

de grietas, hendiduras, solapes, etc., conjuntamente con la acumulación de contaminantes y la humedad.

Corrosión por par metálico.

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme.

Mecanismo: Galvánico, donde el metal más activo actúa como ánodo y sobre el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo.

Factores que influyen: El factor determinante en este tipo de corrosión es la unión de metales de distinta naturaleza, aunque influye también la magnitud de la diferencia de potenciales, la diferencia de áreas, sobre todo cuando el área anódica es muy pequeña en comparación con el área catódica. Incrementa este proceso la presencia de contaminantes, la temperatura y el pH del medio.

Corrosión fatiga

Tipo: Corrosión Electroquímica, no uniforme con efectos mecánicos.

Mecanismo: Galvánico con efectos mecánicos, donde la grieta que se forma actúa como ánodo y en ella se concentra la corrosión y en los alrededores de la grieta, en el metal menos activo tiene lugar la reducción del agente oxidante y actúa como cátodo.

Factores que influyen: En la corrosión fatiga resulta fundamental la presencia de tensiones cíclicas, es decir la fatiga, la que provoca conjuntamente con la corrosión la aparición de la grieta y su rápido crecimiento por la acción combinada de la corrosión y la fatiga.

Corrosión selectiva

Tipo: Corrosión electroquímica, no uniforme, por par metálico.

Mecanismos: El par metálico se presenta en aleaciones donde coexisten dos fases de diferente potencial y se manifiesta en aleaciones de aluminio, fundiciones, latones y otros materiales. La corrosión selectiva de los latones, es un

mecanismo electroquímico, que tiene lugar en presencia de electrolitos, por formación de celdas galvánicas, donde el Cinc de determinadas aleaciones Cu - Zn (latones) sufre corrosión selectiva. Esto se explica por ser el Zn (metal activo) el que actúa como ánodo en las celdas que se forman por toda la estructura susceptible a este ataque

En las aleaciones bifásicas α/β , la fase β es más rica en Cinc y por tanto es más activa con respecto a la fase α , que es más rica en Cobre, estableciéndose una celda galvánica, donde la fase β actúa como ánodo y se disuelve preferentemente el Cinc y la fase α , actúa como cátodo y sobre la misma tiene lugar la reducción del agente oxidante.

Factores que influyen: Influye la predisposición de los latones que contienen más del 15% de Cinc a presentar la corrosión por par metálico, sobre todo en presencia de medios agresivos. Un medio agresivo que ataca preferentemente al Cinc, es el dióxido de carbono resultado de la combustión y el aerosol marino, principalmente los sulfatos presentes

Corrosión interfacial

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, no uniforme

Mecanismo: Electroquímico no homogéneo, en presencia de humedad adsorbida que penetra a la pintura, al igual que el oxígeno, pero que se desarrolla únicamente cuando hay contaminantes

Mecanismo: La corrosión interfacial se presenta por debajo del recubrimiento como consecuencia de una mala preparación de la superficie y contaminación de la misma. Este problema es muy frecuente en las carrocerías de los automóviles una vez que se realiza el proceso de chapistería, ya que posterior a la soldadura se aplica pintura, sin eliminar el óxido y sin descontaminar la superficie. Cuando la superficie queda contaminada antes de pintar, fundamentalmente con cloruros y sulfatos, ya están dadas las condiciones para la corrosión interfacial, de lo contrario no ocurre. Las pinturas son permeables al agua y al oxígeno, los cuales la penetran hasta la superficie metálica, pero ambos no pueden provocar el

proceso de corrosión de no existir contaminantes sobre la superficie que aumenten la conductividad en la interfase acero - pintura y favorezcan el proceso corrosivo

Factores que influyen: El factor determinante es la presencia del contaminante sobre la superficie metálica como aerosol marino, en la interfase acero- pintura. La presencia de humedad y oxígeno que deben atravesar la película de pintura, por lo cual influye además el espesor del recubrimiento de pintura

De los tipos de corrosión mencionados, la corrosión atmosférica húmeda es la de mayores posibilidades de ocurrencia en los objetos que se estudian, la más perjudicial y la que mayores pérdidas ocasiona, coincidiendo con (Tomashov, 1979), por el hecho de que la mayoría de las estructuras están expuestas a la atmósfera, aunque el mecanismo de corrosión intersticial, también es muy frecuente en estas piezas

1.3 Corrosión Atmosférica

La corrosión atmosférica es la suma de procesos parciales de corrosión que tienen lugar cada vez que se forma la capa de electrolito. Representa más del 50 % de las pérdidas totales por corrosión. Difícil de investigar por la dificultad de simular en el laboratorio las condiciones atmosféricas reales. (Feliú y Andrade, 1991)

Mecanismo

A temperatura ambiente y en superficies secas procede a velocidad infinitesimal
Rápida en superficies húmedas: mecanismo electroquímico

El electrolito está constituido:

- a) por una película de humedad (unas pocas monocapas)
- b) película acuosa (centenares de μm): metal perceptiblemente mojado

La atmósfera es uno de los medios corrosivos naturales más ampliamente difundido y es, precisamente, en este medio donde ocurre la mayor parte del daño por corrosión a equipos y estructuras metálicas. (Tomashov, 1979) plantea que alrededor de un 80% (y tal vez más) de las estructuras metálicas que están expuestas a la atmósfera y alrededor de un 50% de las pérdidas por corrosión se deben a la corrosión atmosférica. (Citado por: Cervera, 2013)

Los metales constituyen un grupo de materiales en esencia inestables, ya que el proceso que determina su deterioro, la corrosión, es totalmente espontáneo, debido a la tendencia de regresar a su estado original, es decir, convertirse en minerales (óxidos, cloruros, sulfatos, carbonatos), de donde han sido extraídos por diferentes procesos tecnológicos desarrollados por el hombre. De ahí que la presencia en la atmósfera de oxígeno, humedad, salinidad (Cl⁻), compuestos de azufre (SO₂, SO₃, SO₄²⁻, SH₂...), dióxido de carbono (CO₂), y otros contaminantes ambientales, en contacto directo con los metales, provocaran reacciones que facilitarían la trayectoria de los mismos hasta llegar a su condición inicial. (Acán, 2011)

La corrosión atmosférica puede ser clasificada en:

- a) Corrosión seca.** Se produce en los metales que tienen una energía libre de formación de óxidos negativa
- b) Corrosión húmeda.** Requiere de la humedad atmosférica, y aumenta cuando la humedad excede de un valor crítico, frecuentemente por encima del 70%.
- c) Corrosión por mojado.** Se origina cuando se expone el metal a la lluvia o a otras fuentes de agua.

De los mecanismos antes señalados, varios autores (Echeverría, et al, 2002) coinciden en que solo la corrosión húmeda y mojada es posible, siendo la primera la de mayores afectaciones al material.

1.3.1 Factores que influyen en la corrosión atmosférica.

De acuerdo con (Morcillo, 2002) los principales factores que operan en la corrosión atmosférica se clasifican como:

Factores externos:

- Meteorológicos y de contaminación del aire.
- Condiciones de exposición que permitan el libre acceso del medio corrosivo a la superficie expuesta a la atmósfera, almacenamiento en caseta o bajo abrigo ventilado, en las cuales el metal sólo se humidifica por el rocío o el contacto accidental con la lluvia.

Factores internos:

Como naturaleza y propiedades electroquímicas del metal, así como características de los productos de corrosión.

Cada uno de estos factores juega un rol en la ocurrencia y aceleración de la velocidad de corrosión. Pero el efecto combinado de varios de ellos, es lo que causa las mayores pérdidas.

En nuestras condiciones los factores externos juegan un papel fundamental, ya que la humedad y la contaminación ambiental por aerosol marino, fundamentalmente, intensifican el ataque corrosivo.

1.3.2 Influencia de los factores climáticos en la corrosión atmosférica.

Según plantea (Corvo y Veleva, 2003) cuando se evalúa la corrosión atmosférica de metales, los parámetros más importantes son relacionados por la combinación de:

- Temperatura (T) y Humedad Relativa (HR): habitualmente descrito como el complejo T-HR. La humedad es una medida del contenido de vapor de agua en el gas (aire) y se expresa en porcentajes (%). Sus valores son función viceversa de la temperatura, es decir, cuando la HR aumenta, la T disminuye y en una forma viceversa.
- Precipitación pluvial: valores anuales de las precipitaciones pluviales.
- Tiempo de humectación: (TDH), durante éste existe humedad en la superficie del metal y la corrosión puede desarrollarse. Esta capa de humedad puede ser generada por lluvia, niebla, nieve, condensación capilar, rocío u otros fenómenos similares.
- Humedad Relativa (HR).

Ya que las estructuras metálicas expuestas a la atmósfera no se encuentran bañadas por grandes cantidades de electrolitos, la mayor parte de la corrosión atmosférica tiene lugar en celdas de corrosión altamente localizadas.

Uno de los tipos de corrosión atmosférica a señalar es la húmeda, donde el desarrollo de su mecanismo, que se presenta bajo la acción de delgadas películas de humedad no visibles, refiere Domínguez, se forman por condensación capilar,

higroscopicidad, adsorción, etc., lo cual tiene lugar para humedades relativas inferiores al 100 % y superiores al 50 % (Feliú, 1991).

- Influencia de los vientos.

Según (Gómez ,1999; citado por López, 2007) la velocidad del viento puede promover un doble efecto a su vez, si se conjuga con la lluvia ya que en ausencia de esta una alta velocidad del viento produce un efecto de secado sobre la superficie y por ende un decrecimiento en la velocidad de corrosión. Por su parte, un efecto combinado de la lluvia con el viento, da lugar al lavado de la superficie del metal, es decir una remoción de los contaminantes que aceleran el proceso corrosivo y por tanto también disminuye la velocidad de corrosión.

- Influencia del aerosol marino.

La corrosión atmosférica en los países de climas tropicales húmedos como México, Taiwán, Egipto, Vietnam, India y Cuba ha sido abordada por varios investigadores, donde se determina la influencia en la corrosión del aerosol marino. (Echeverría, C.A. et al. 2000; Echeverría, C.A. et al. 2006).

El aerosol marino está constituido por agua de mar o sal de mar, que en pequeñas partículas son arrastradas por los vientos desde la superficie del mar y transportado a grandes distancias y grandes alturas. Para los países costeros y las islas, este constituye uno de los factores que mayor influencia tiene en las elevadas pérdidas por corrosión que se producen en estas áreas. En las condiciones climáticas de Cuba, este factor resulta determinante (Echeverría, C.A. et al. 2000). La influencia de los cloruros, transportados por el aerosol marino, es muy significativa en la elevación de la velocidad de corrosión y una vez que ya está formada la capa, existe un proceso de absorción competitiva entre los cloruros y los sulfatos.

Por otra parte, en nuestras condiciones ambientales se ha planteado que se distinguen 2 períodos cualitativamente diferentes en el año, uno es la temporada invernal o de seca (octubre a marzo), con gran influencia de los vientos del norte-nordeste que producen grandes concentraciones de aerosol marino en el aire y el

otro es la temporada de lluvias o de verano (abril a septiembre), donde los vientos provenientes del sur son de poca envergadura (Echeverría, C.A. et al. 2000).

De lo anterior se deduce que los factores climáticos poseen una influencia trascendental en el desarrollo de la corrosión, así como en el transporte de los contaminantes sobre la superficie de los metales.

1.4 Principales problemas de diseño anticorrosivo.

La Norma ISO 12944 - 3: 2007, establece los criterios básicos de diseño, que deben cumplir con los siguientes aspectos:

- Cuando se presente un problema de diseño anticorrosivo, hay que garantizar mediante una protección adicional la durabilidad del sistema protector.
- Las superficies de las estructuras de acero expuestas a los agentes corrosivos deben ser pequeñas en extensión y tener el número más pequeño posible de irregularidades (por ejemplo, superposiciones, esquinas, bordes).
- Las uniones deben ser realizadas preferiblemente mediante soldadura, en vez de atornilladas o ribeteadas, para conseguir la superficie más uniforme posible.
- Las soldaduras discontinuas y por puntos se deben usar solamente cuando los riesgos de corrosión sean insignificantes.

Seguidamente se aborda cada tipo de problema de diseño anticorrosivo reconocido en la (Norma ISO 12944 - 3, 2007).

- **Accesibilidad:** Los componentes de acero deben diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector. Es muy importante cumplir con los criterios donde se debe lograr separaciones entre componentes superiores a 50mm y profundidades menores de 100mm, para garantizar la aplicación de recubrimientos y mantenimiento, además de todas las operaciones de preparación de superficie.
- **Tratamiento de orificios:** Orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones

Solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe normalmente evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe ser rellenado con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones, y en las superficies en contacto sellarse con soldaduras continuas, para prevenir el atrapamiento de abrasivos y la entrada de humedad.

- **Prevención de la corrosión galvánica:** cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales.

- **Entallas:** Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deberían tener un radio mínimo de 50 mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.

- **Refuerzos:** Cuando se requieren refuerzos, por ejemplo entre un alma y una pestaña, es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes esté soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua, pero sí el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de protector.

- **Manipulación, transporte y montaje:** Durante la etapa de diseño, debe considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, se prestará atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación además debe considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener los componentes durante su manipulación y transporte, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector durante el transporte, las elevaciones y las operaciones a pie de obra.

- Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua: Deben evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador también debe tener en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidable austeníticos, o ferríticos, que puedan provocar la corrosión de estos últimos.
- Bordes: Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos, las capas protectoras en los bordes agudos son además más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deberían redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas en torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deberían eliminarse. Es válido destacar que este problema de diseño es muy evidente y que se presenta con bastante frecuencia.
- Imperfecciones en la superficie de las soldaduras: Las soldaduras deberían estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.
- Conexiones con pernos: Conexiones precargadas. Se debe prestar una atención especial a la especificación de películas de pinturas para conexiones con pernos precargados. Los pernos, las tuercas y las arandelas deben protegerse contra la corrosión para obtener la misma durabilidad que la protección de la estructura.
- Áreas cerradas y componentes huecos: 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. En la

generalidad de los casos, no se toman medidas por el interior de los componentes huecos y las áreas cerradas donde progresa constantemente la corrosión en las condiciones climáticas y de agresividad existentes en Cuba. Esta situación se agrava si previamente se han sometido las estructuras a la acción del ambiente, contaminándose las superficies interiores.

Las soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión no son abordadas frecuentemente como sistema, sino que se hace de forma aislada o incompleta, por lo que en muchas ocasiones no se es del todo efectivo en el tratamiento a estos problemas. En los objetos tratados en este trabajo, los orificios, resquicios y los bordes, cobran particular relevancia.

1.5 Sistema de Protección Anticorrosiva y de Conservación (SIPAYC). (Echeverría, et. al, 2010)

Los sistemas de Protección Anticorrosivas 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 Anticorrosivos y Tensoactivos(CEAT), de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas y se integra como sistema con diferentes tecnologías de productos anticorrosivos, diseñados especialmente para ellas.

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.

1.5.1 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.

1.5.2 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 no solamente por las pinturas.

1.5.3 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 (NC ISO 12944-3:2007) y otras, que precisan diferentes aspectos en el diseño anticorrosivo que tienen que cumplirse por los diseñadores.

1.5.4 Preparación superficial.

La durabilidad de los recubrimientos está dada por la calidad de la preparación previa. La preparación de la superficie depende de muchos factores, entre los cuales podemos señalar:

- Agresividad corrosiva de la atmósfera.
- Tipo de metal y estado superficial.
- Forma y tamaño de la pieza o instalación.
- Tipo de recubrimiento a aplicar.
- Medios técnicos disponibles.
- Tiempo de duración deseado.

Es aceptado que las fallas de los recubrimientos antes del tiempo de vida útil se debe en un alto porcentaje a deficiencias en la preparación de la superficie, los cuales comprenden los tratamientos físicos y químicos que deben realizarse antes de aplicarlos. Una buena preparación es esencial para su eficaz protección y para su aspecto visual final. (Hassan, 2010; Echeverría, et.al, 2010).

Además se tienen que considerar, a la hora de realizarse la preparación, algunos aspectos como el tipo de metal, el estado superficial, el tamaño del objeto, los costos de operación y las condiciones de trabajo, que pueden ser determinantes en la selección de la preparación superficial a desarrollar.

En general todos los métodos de preparación superficial conllevan los siguientes pasos:

- Desengrasado.
- Decapado.
- Se incluyen enjuagues intermedios y finales.
- Se incluye en dependencia de la situación el pasivado y el fosfatado.

Los enjuagues cumplen la función de eliminar los contaminantes sobre la superficie metálica, que son los causantes de la corrosión interfacial.

En todos los casos es fundamental el secado de la superficie metálica, pues afecta directamente a la adherencia (Ruiz y Echeverría, 2010 y Hassan, 2010).

Existen diferentes métodos de decapado de la superficie metálica:

Métodos manuales: Son los métodos más rudimentarios donde se emplean piquetas, espátulas y cepillos para eliminar gruesas capas de óxido, requiriendo posteriormente de la utilización de otros métodos manuales mecanizados o químicos para completar la preparación. Estos métodos, como máximo, logran una superficie con un grado de preparación St 1.

Métodos manuales-mecanizados: Estos métodos están basados en el empleo de cepillos de alambre con taladros, lijas y discos abrasivos, los que tienen un mayor rendimiento que los manuales pero no logran una superficie bien preparada para recibir posteriormente el recubrimiento. Es necesario completar la preparación con otros métodos.

Métodos por proyección de partículas y agua: Estos métodos, que están basado en el chorreado de partículas a presión, entre las cuales se encuentra la arena, granallas de acero y de otros metales, aserrín o sales, así como agua a presión, son mucho más efectivos que los anteriores, tienen un mayor rendimiento por hora-hombre y producen acabados de la superficie que cumplen con los requerimientos de las normas internacionales.

Método químico (fosfatación): La formación de películas fosfóricas, consiste en tratar las piezas con una solución compuesta por ácido fosfórico y algunas de sus sales, de la que precipita una fina película cristalina compuesta por fosfatos metálicos que quedan perfectamente adheridos al metal base y posee un elevado poder protector, el cual puede ser incrementado mediante tratamientos complementarios. (Hassan, 2010; Echeverría, et.al, 2010).

Las piezas tratadas en este trabajo, no podían asimilar ninguno de los tratamientos descritos, por lo que fue necesario buscar alternativas.

1.5.5. Protección anticorrosiva y conservación adicional.

Los sistemas de pinturas, empleados frecuentemente sobre superficies metálicas, no son totalmente resistentes a los medios agresivos y en los objetos estudiados no son una opción, ya que afectarían el valor patrimonial de las piezas. La presencia de problemas de diseño anticorrosivo obliga a emplear otro tipo de

protección. Dentro de los productos disponibles, la única opción es la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L.

1.5.6. Cera abrillantadora e impermeabilizante.

La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L proporciona a los recubrimientos de pintura una mayor resistencia a la radiación ultravioleta y brillo. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, metales, no teniendo reacciones adversas. Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas, en las cuales penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de los metales.

El uso de este producto directamente sobre el metal con buenos resultados, es un logro de este trabajo.

Resiste la acción de la radiación solar, no se chorrea hasta uno 100 ° C, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y del espesor de la capa.

Conclusiones parciales del capítulo I

1. La corrosión está presente en la mayoría de los ambientes a los cuales están expuestos los materiales, incluidas las piezas y objetos que forman parte del patrimonio.
2. Existe carencia de productos para la conservación de objetos metálicos museables, que se deteriora mayormente por la corrosión atmosférica, lo que hace necesario la búsqueda de soluciones con productos nacionales tal como se plantea en los lineamientos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.
3. Un Sistema de Protección Anticorrosivo y de Conservación (SIPAYC) puede ofrecer las soluciones necesarias a los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión a partir de productos nacionales para el patrimonio tangible.
4. La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, ofrece posibilidades para el empleo en la conservación de objetos museables.

2. Capítulo II. Evaluación del DISTIN 603 L en la solución de los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en objetos metálicos del museo “La Ruta del Esclavo”.

2.1. Materiales y métodos.

En el presente capítulo se describen las técnicas y los materiales que se emplean para realizar el trabajo. En primera instancia se caracteriza el producto cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L y seguidamente se aplica la Metodología para el Análisis y Solución de Problemas de Corrosión, donde se determinan los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión en las piezas de vitrina de la sala de la esclavitud, del museo “La Ruta del Esclavo”, que se solucionan con la aplicación del mencionado producto, este permanece aplicado durante un año y luego se vuelve a restablecer sobre la superficie metálica para un tiempo más prolongado.

Para la evaluación del producto cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, se procede a elaboración y posterior caracterización. La misma se realizó en el laboratorio de tropicalización LABET (González, 2011), mediante las técnicas siguientes:

2.1.1. Ensayos acelerados en cámaras de niebla salina (NSS)

Objetivo y Campo de aplicación.

La norma internacional ISO 9227: 2007 especifica los aparatos, los reactivos y el método operatorio que se deben utilizar en los ensayos de niebla salina neutra (NSS), que permiten evaluar la resistencia a la corrosión de materiales metálicos, con o sin recubrimiento de protección temporal o permanente. También describe el método empleado para evaluar la corrosividad del medio de la cámara de ensayo. Todos los métodos de niebla salina son adecuados para verificar que se mantiene la calidad comparativa de un material metálico, con o sin recubrimiento protector. No están previstos como ensayos comparativos para clasificar diferentes materiales uno respecto a otros frente a la corrosión.

a) Soluciones de ensayo

Preparación de la solución de cloruro sódico, se disuelve una masa suficiente de cloruro sódico en agua destilada o desionizada que tenga una conductividad igual o menor de $20 \mu\text{S/cm}$, a $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$, para obtener una concentración de (50 ± 5) g/l. La densidad relativa a $25 ^\circ\text{C}$, debe estar comprendida entre 1,029 y 1,036. El cloruro sódico debe contener menos de 0,001% (m/m) de cobre y menos de 0,001% (m/m) de níquel, determinados por espectrometría de absorción atómica o por otro método analítico de igual sensibilidad. No debe contener más de 0,1% (m/m) de yoduro sódico ni más de 0,5% (m/m) de impurezas totales, calculado respecto al residuo seco. Si el pH de la solución preparada, medido a $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ está fuera del intervalo 6,0 – 7,0 se busca la presencia de impurezas indeseables en la sal o en el agua.

b) Ajuste del pH

Se ajusta el pH de la solución de cloruro sódico de forma que el pH de la solución pulverizada recogida en la cámara de pulverización esté comprendido entre 6,5 y 7,2 a $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Se mide el pH con mediciones electrométricas o, en los ensayos de rutina, con papel indicador de gama estrecha, con el que puedan obtenerse indicaciones con una precisión de aproximadamente 0,3 unidades de pH o menos. Se efectúan las correcciones necesarias mediante la adición de ácido clorhídrico, hidróxido sódico o bicarbonato sódico de calidad analítica reconocida.

c) Filtración

Si es necesario, se filtra la solución antes de colocarla en el depósito del aparato para retirar todas las partículas sólidas que pudieran obstruir los orificios del dispositivo de pulverización.

d) Aparatos

El material o el recubrimiento de todas las piezas que se pongan en contacto con la niebla o la solución de ensayo deben ser resistentes a la corrosión y no debe influir en la corrosividad de las soluciones de ensayo pulverizadas.

Cámara de pulverización.

La cámara de pulverización debe tener una capacidad igual o superior a $0,4 \text{ m}^3$, la experiencia ha demostrado que con menores volúmenes es difícil obtener un reparto homogéneo de la niebla. Para cámaras de gran volumen, es necesario asegurarse que se consiguen las condiciones de homogeneidad y reparto de la niebla. Se deben diseñar las partes superiores de manera que las gotas de solución acumuladas no caigan sobre la superficie de las probetas a ensayar. El aparato debe disponer preferentemente de los medios que permitan tratar adecuadamente la niebla después del ensayo y antes de que salga del edificio, e igualmente acondicionar el agua antes de verterla en el sistema de evacuación, para no perjudicar el medioambiente. En el (Anexo. 5) se recoge una representación esquemática de una posible cámara de pulverización.

Dispositivo de pulverización.

El dispositivo de alimentación de solución salina se compone de un sistema de alimentación de aire limpio, un sistema de control de la presión y la humedad, de un depósito que contiene la solución que se pulveriza y de uno o varios pulverizadores. La alimentación de los pulverizadores con aire comprimido debe hacerse a través de un filtro que elimine cualquier resto de aceite o de material sólido, a una presión comprendida entre 70 kPa y 170 kPa. Para evitar la evaporación de las gotas de agua pulverizadas, el aire debe estar humidificado antes de entrar en el pulverizador, mediante el paso por un saturador cerrado que contenga agua destilada o desionizada y caliente. La temperatura conveniente depende de la presión utilizada y del tipo de boquilla de pulverización, y debe regularse para que se mantenga el caudal de la solución recogida en la cámara y su concentración, dentro de los límites prescritos.

Los pulverizadores deben ser de materiales inertes. Pueden usarse deflectores para impedir el impacto directo de la solución pulverizada sobre las probetas.

Colectores

Se debe disponer al menos de dos colectores adecuados, constituidos por dos embudos de cristal o de otro material inerte de 100 mm de diámetro, conectados a recipientes cilíndricos graduados u otros recipientes del mismo tipo. Los colectores deben colocarse en la zona de la cámara donde se encuentran las probetas, de forma que uno de ellos esté próximo a un pulverizador y el otro alejado.

e) Método de evaluación de la corrosividad de la cámara de ensayo.

Generalidades

Para determinar la corrosividad de los ensayos, se deben utilizar probetas de acero de referencia. Ensayo de probetas de referencia, Se utilizan cuatro o seis probetas de referencia de 150 mm × 70 mm y de $(1 \pm 0,2)$ mm de espesor, de acero del tipo CR4 definido en la Norma ISO 3574, con un acabado superficial esencialmente sin defectos y acabado mate [desviación de la media aritmética del perfil $R_a = (0,8 \pm 0,3) \mu\text{m}$]. Estas probetas de referencia deben cortarse de chapas o flejes laminados en frío. Antes del ensayo se limpian cuidadosamente con un disolvente orgánico adecuado (por ejemplo, un hidrocarburo cuyo punto de ebullición esté comprendido entre 60 °C y 120 °C) utilizando un cepillo limpio y suave o un aparato de limpieza por ultrasonidos, tratando de eliminar los residuos (suciedades, aceites u otras sustancias extrañas) que puedan influir en los resultados del ensayo. Después de la limpieza, se enjuagan las probetas de referencia con disolvente limpio, y por último, se secan. Posteriormente se determina la masa de las probetas de referencia con una precisión de ± 1 mg. Disposición de las probetas de referencia, se colocan las probetas de acero en los cuadrantes en la zona de la cámara donde se colocan las probetas de ensayo, con sus caras no protegidas orientadas hacia arriba y con ángulos de inclinación respecto a la vertical de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Los soportes de las probetas de referencia deben fabricarse con materiales inertes, como plásticos, o estar recubiertos de este tipo de material. El reborde inferior de las probetas de referencia debe estar al mismo nivel que la parte superior de los colectores de niebla. Determinación de la pérdida de masa (masa por unidad de superficie) Al final del ensayo, se retiran

inmediatamente las probetas de referencia de la cámara de ensayo y se quita la película de protección. Se eliminan los productos de corrosión mediante la limpieza mecánica y química que se describe en la Norma ISO 8407. Para la limpieza química, se utiliza una solución al 20% (m/m) de citrato diatómico $[(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7]$ de calidad analítica reconocida, en agua, durante 10 min a 23 °C. Después de cada ataque se enjuagan a fondo las probetas, a la temperatura ambiente, primero con agua, después con etanol, y por último se secan. Se pesan las probetas de referencia con precisión de 1 mg. Se divide la pérdida de masa determinada por el área de la superficie expuesta de la probeta de referencia, para evaluar la pérdida de masa de metal por metro cuadrado de probeta de referencia.

Verificación del funcionamiento del aparato de Niebla Salina Neutra

El funcionamiento del ensayo es satisfactorio cuando la pérdida de masa de cada probeta de referencia de acero es de (70 ± 20) g/m² en 48 h de funcionamiento.

Probetas

- 1) Se debe elegir el número de probetas, su forma y sus medidas, de acuerdo con la especificación del material o del producto que se somete a ensayo. A falta de tal especificación, estos parámetros deben ser objeto de un acuerdo entre las partes interesadas. Estas probetas deben medir aproximadamente 150×100×1 mm.
- 2) Las probetas deben limpiarse cuidadosamente antes del ensayo. El método utilizado depende de la naturaleza del material, de la superficie y de los productos que hayan contaminado esta superficie y no deben emplearse abrasivos o disolventes que puedan atacar la superficie de las probetas.

Disposición de las probetas

- 1) Las probetas deben colocarse en la cámara de forma que no sean rociadas directamente por los pulverizadores de la niebla.
- 2) Las probetas debe ser planas y colocadas en la cámara formando un ángulo respecto a la vertical lo más próximo posible a los 20°.
- 3) Las probetas deben estar dispuestas de manera que no entren en contacto con

la cámara, y que estén expuestas a la libre circulación de la niebla.

4) Los soportes de las probetas deben ser de materiales inertes no metálicos.

Condiciones de operación

Las condiciones de operación se resumen en el Anexo 5a. Antes de proceder a un ensayo, se deben verificar las condiciones de ensayo en la cámara. Una vez que se ha confirmado que las condiciones de ensayo están dentro de los límites especificados, se colocan las probetas en la cámara y se comienza el ensayo.

- La solución recogida en cada uno de los colectores debe tener los parámetros requeridos.

Duración de los ensayos

La duración de los ensayos debe fijarse según la especificación que define el material o el producto que se somete a ensayo. En nuestro caso el periodo de exposición deseado es de 500 horas. La pulverización debe ser continua para toda la duración del periodo de ensayo fijado. Sólo debe abrirse la cámara para exámenes visuales breves de las probetas y para rellenar los depósitos de solución salina, si esta operación no puede realizarse desde el exterior de la cámara. Se puede realizar un examen visual periódico de las probetas sometidas a examen durante un periodo determinado, pero no deben alterarse las superficies que se están ensayando y el tiempo que la cámara esté abierta debe ser el mínimo necesario para observar y registrar los cambios visibles.

Tratamiento de las probetas después del ensayo

Finalizado el periodo de ensayo, se retiran las probetas de la cámara y se dejan secar entre 0,5 h y 1 h antes de enjuagarlas, para reducir los riesgos de eliminar productos de corrosión. Antes de examinar las probetas, se eliminan cuidadosamente los restos de la solución pulverizada de las superficies. Un método conveniente consiste en enjuagar o sumergir cuidadosamente las probetas en agua corriente limpia, a una temperatura que no sobrepase los 40 °C,

y secarlas inmediatamente en una corriente de aire, a una presión que no supere los 200 kPa y a una distancia de aproximadamente 300 mm. Se puede utilizar la Norma ISO 8407 para el tratamiento de la probeta después del ensayo.

Evaluación de los resultados

Se pueden aplicar diferentes criterios a la hora de evaluar los resultados del ensayo tales como:

- El aspecto después del ensayo.
- El aspecto después de la eliminación de los productos superficiales de corrosión.
- La variación de la masa.
- La modificación de las propiedades mecánicas.
- La alteración revelada por un examen micrográfico.

La evaluación se realiza por cada un ciclo de 100 horas con una exigencia de 500 horas sin afectaciones. La Cera Impermeabilizante y Abrillantadora DISTIN 603 L, pasó el ensayo sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

Este resultado corrobora que el recubrimiento formado proporciona una protección temporal por años de las superficies metálicas en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua, no se emulsiona por contacto.

2.1.2. Ensayos de resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante.

Principios Generales.

Las atmósferas de ensayo con condensación de agua originan la condensación de humedad atmosférica sobre la superficie de las probetas de ensayo, cuya temperatura es inferior a la del aire saturado de la cámara climática, debido a la radiación de las paredes de la cámara o al enfriamiento de las probetas de ensayo. La atmósfera de ensayo con condensación de agua es a humedad constante (CH). La temperatura atmosférica en la cámara climática durante el

proceso de condensación descrita en la Norma ISO 6270: 2006 es de 40 °C.

a) Procedimiento Operatorio

Probetas de ensayo En ningún momento se deben exponer a la vez recubrimientos que puedan ejercer una influencia entre ellos. Dispositivo para la colocación de las probetas de ensayo. Este dispositivo debe ser de un material que no provoque la corrosión de la probeta.

Disposición de las probetas de ensayo

Las probetas de ensayo se deben colocar en la cámara con un ángulo igual o mayor a 60° respecto a la horizontal, de manera que no se encuentren en contacto unas con otras y puedan radiar calor adecuadamente. Se deben cumplir las siguientes distancias mínimas: Distancia a las paredes no menor de 100 mm. Distancia desde la superficie del agua hasta el borde inferior de las probetas de ensayo no menor de 200 mm. Distancia entre las probetas de ensayo no menor de 20 mm

b) Aparatos

Cámara climática

Para realizar estos ensayos es esencial una cámara climática hermética al vapor. El material de las paredes interiores debe ser resistente a la corrosión y no debe afectar a las probetas de ensayo. La cámara climática normalmente está equipada con un fondo que actúa como cubeta receptora de agua. La cámara climática se debe controlar calentando el agua de la cubeta del fondo, siendo la temperatura del agua no superior los 60 °C para evitar una excesiva formación de vapor. La cámara climática se debe instalar en una sala con atmósfera ambiental que no contenga componentes corrosivos, con una temperatura ambiente de (23 ± 5) °C y una humedad relativa máxima del 75%, y de modo que quede protegida de corrientes de aire y de radiación solar directa. Llenado de la cubeta del fondo. La cubeta del fondo se debe llenar con agua, de manera que la profundidad no sea inferior a 10 mm, en ningún momento del ensayo. Se recomienda la utilización de agua destilada o desionizada para evitar la calcificación del aparato.

c) Etapas del ensayo

Puesta en marcha. Se colocan las probetas de ensayo en su posición, se cierra la cámara climática y se enciende el calentador del agua de la cubeta del fondo o de la cámara climática. Se calienta la cámara a la temperatura del aire requerida para la primera parte del ensayo; esta temperatura se debe alcanzar en 1,5 h. Atmósfera de condensación con humedad constante (CH) Se mantiene, durante todo el ensayo, la temperatura en 40 °C. Si es necesario realizar una evaluación intermedia, se retiran las probetas, sin apagar el calentador, llevándolas de nuevo a la cámara en menos de 30 min. Interrupciones. Toda interrupción de los ensayos que suponga alteración de la atmósfera se debe compensar prolongando el segundo periodo de ensayo.

Fin del ensayo

El ensayo termina cuando se produzca un deterioro específico del recubrimiento, o cuando se haya completado la duración del ensayo o el número de ciclos especificado.

Evaluación de los resultados

Se lleva a cabo la evaluación y se registran los resultados, incluyendo el número y el momento de las evaluaciones intermedias y el tipo de evaluación realizada en la evaluación final de las probetas de ensayo. La Cera Impermeabilizante y Abrillantadora DISTIN 603 L pasó el ensayo de Resistencia a la humedad y temperatura con condensación constante durante 1600 horas, sobre probetas de acero de bajo contenido de carbono según la norma correspondiente, sin afectaciones. Estos ensayos se realizaron por el Laboratorio LABET.

Este resultado corrobora que el recubrimiento formado proporciona una protección temporal por años, de las superficies metálicas en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua, no se emulsiona por contacto.

2.2. Solución de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión.

(Serrano 2015) desarrolla la metodología para el análisis y solución de problemas de corrosión, donde se determinan los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión que son tomados en este trabajo para ser solucionados aplicando la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L. En este trabajo se muestran los problemas determinados y luego la aplicación y evaluación del producto sobre los objetos de las vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo”.

Se tomaron imágenes digitales de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión en las piezas metálicas expuestas en las vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo” las cuales se pueden observar en el Anexo 2, con una cámara Cassio y un teléfono celular Samsung. En el trabajo participaron especialistas en la temática de corrosión y conservación de la Unidad de Desarrollo e Innovación-Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos (UDI-CEAT), de la Universidad de Matanzas y la especialista en conservación del museo la sala de esclavitud que fue creada en el 2007, en ella se exponen los objetos metálicos de vitrina que se estudian en este trabajo.

Las piezas metálicas de las vitrinas, fueron intervenidas con métodos de conservación inapropiados, años atrás, lo que aceleró su deterioro.

La estructura de los objetos metálicos está compuesta por fundición, acero al carbono, bronce, madera y conchas de hueso.

El **acero al carbono** es el material por excelencia para la construcción de estructuras metálicas. El término acero sirve comúnmente para denominar, en ingeniería metalúrgica, a una mezcla de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,03 % y el 2,14 % en masa de su composición, dependiendo del grado. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,14 % se producen fundiciones que, en oposición al acero, son mucho más frágiles y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas. La composición química de los aceros al carbono es compleja, además del hierro y el carbono que generalmente no supera el 1%, hay en la aleación otros elementos necesarios para su producción, tales como silicio y manganeso, y hay otros que se consideran impurezas por la dificultad de excluirlos totalmente -azufre, fósforo, oxígeno e

hidrógeno. El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad. No se debe confundir el acero con el hierro, que es un metal duro y relativamente dúctil. La diferencia principal entre el hierro y el acero se halla en el porcentaje del carbono: el acero es hierro con un porcentaje de carbono de entre el 0,03 % y el 1,075 %, a partir de este porcentaje se consideran otras aleaciones con hierro.

Las **fundiciones** están presentes también en estas piezas de museo. Se denomina fundición al proceso de fabricar objetos con metales fundidos mediante moldes, que suele ser la etapa siguiente a la fundición extractiva. La fundición es un proceso que implica más que la simple fusión del metal para extraerlo de la mena. La mayoría de las menas minerales son compuestos en los que el metal está combinado con el oxígeno (en los óxidos), el azufre (en los sulfuros) o el carbono y el oxígeno (en los carbonatos), entre otros. Para obtener el metal en su forma elemental se debe producir una reacción química de reducción que descomponga estos compuestos. Por ello en la fundición se requiere el uso de sustancias reductoras que al reaccionar con los elementos metálicos oxidados los transformen en sus formas metálicas.

El **bronce** se encuentra en los remaches del mango del cuchillo. Se denomina así a toda aleación metálica de cobre y estaño, además de otros metales (exceptuando el zinc que da lugar al latón), en la que el primero constituye su base y el segundo aparece en una proporción del 3 al 20 %.

El bronce fue la primera aleación de importancia obtenida por el hombre y da su nombre al período prehistórico conocido como Edad del Bronce. Durante milenios fue la aleación básica para la fabricación de armas y utensilios, y orfebres de todas las épocas lo han utilizado en joyería, medallas y escultura.

Cabe destacar entre sus aplicaciones actuales su uso en partes mecánicas resistentes al roce y a la corrosión, en instrumentos musicales de buena calidad como campanas, gongs, platillos de acompañamiento, saxofones, y en la fabricación de cuerdas de pianos, arpas y guitarras.

Exceptuando al acero, las aleaciones de bronce son superiores a las de hierro en casi todas las aplicaciones. Por su elevado calor específico, el mayor de todos los sólidos, se emplea en aplicaciones de transferencia del calor.

Los objetos metálicos que se encuentran en las vitrinas en la sala de la esclavitud Figuras 1 y 6 Anexo 2, pueden estar bajo una atmósfera de muy alta agresividad corrosiva, ya que al existir apantallamiento, el efecto del aerosol marino y los gases industriales se reduce.

Atendiendo a la norma NC ISO 12944-2:2007, por estar en una zona costera se puede considerar de muy alta agresividad corrosiva (C5M) y por la influencia de los gases por estar enclavado el museo en la zona industrial de Matanzas, también es considerada de muy alta agresividad corrosiva (C5I). En realidad, hay una atmósfera mixta, donde predomina la contaminación marina.

En el museo “La Ruta del Esclavo”, los materiales no presentan, en sentido general ningún tipo de conservación. Sus superficies aparecen desnudas y desprotegidas, con evidencia de los efectos del medio sobre ellos. No cuentan con productos para llevar a cabo la tarea de conservación y el personal encargado necesita preparación. Se desconocen las normas que rigen los procesos de protección anticorrosiva y conservación.

Los objetos metálicos expuestos en la sala de esclavitud del museo “La Ruta del Esclavo”, a los cuales se le realiza un estudio en este trabajo, presentan varios problemas de diseño anticorrosivo que se muestran en las figuras del **Anexo 2** tales como los resquicios, bordes, problemas de preparación superficial y ausencia de recubrimientos.

2.2.1. Tipos de corrosión. Causas, mecanismos y factores que influyen.

Se basa en identificar el tipo de corrosión y con ello las causas que la originan, en algunos casos es necesario auxiliarse de medios de observación para poder identificarla, entre ellas el microscopio estereoscópico, metalográfico, mediciones ultrasónicas, rayos X, microscopía electrónica de barrido (MEB) y otros ensayos especiales esto implica conocer las características de los diferentes tipos de corrosión que pueden presentarse en las condiciones del problema dado. Por ello

hay que considerar en este aspecto todos los posibles tipos que puedan estar presentes y considerar además la posibilidad de acción combinada de efectos físicos y químicos que influyen en la corrosión.

Se precisa tener en cuenta los daños físicos y químicos que afectan por corrosión, precisando los tipos de corrosión más comunes, descripción detallada de los mecanismos y los factores que influyen; así como, los daños biológicos y/o biodeterioros, precisando también los tipos y factores que influyen. Cada uno debe ser analizado profundamente considerando todos los elementos.

En las figuras del Anexo 2 se muestran los problemas de corrosión causados por los diferentes problemas de diseño anticorrosivo frente a la agresividad atmosférica reinante en el ambiente del museo.

- La **corrosión electroquímica** es un proceso espontáneo que denota siempre la existencia de una zona anódica (la que sufre la corrosión), una zona catódica y un electrolito, y es imprescindible la existencia de estos tres elementos, además de una buena unión eléctrica entre ánodos y cátodos, para que este tipo de corrosión pueda tener lugar. La corrosión más frecuente siempre es de naturaleza electroquímica y resulta de la formación sobre la superficie metálica de multitud de zonas anódicas y catódicas; el electrolito es, en caso de no estar sumergido o enterrado el metal, el agua condensada de atmósfera, para lo que la humedad relativa deberá ser del 70%.
- La **corrosión atmosférica mojada**, que tiene lugar cuando existe presencia de agua en la superficie. Pero con solo haber humedad, se produce la **corrosión atmosférica húmeda**. Ambas se clasifican del tipo de corrosión electroquímica, atmosférica, que puede ser uniforme o no uniforme. La presencia de contaminantes, principalmente los cloruros y sulfatos provenientes del aerosol marino, son factores que influyen en la aceleración de la corrosión cuando existe humedad.
- Existe la **corrosión en resquicios o intersticial** que es del tipo electroquímica, no uniforme. Esta favorece la acumulación de depósitos

como los provenientes del aerosol marino y la humedad. En los resquicios tiene lugar la condensación a humedades relativas por debajo del 100 %, ya que se comporta como un capilar y favorece la acumulación y depósitos de contaminantes y la corrosión.

- Se presenta la **corrosión galvánica por celdas de aireación diferencial** provocada por la diferencia de concentración de oxígeno entre la superficie donde se encuentra el contaminante y el resto. Esta es también corrosión del tipo electroquímica, atmosférica, pero no uniforme, galvánica por celdas de aireación diferencial. El factor determinante es la presencia de humedad, conjuntamente con el depósito o intersticio, además de los contaminantes que como el aerosol marino aceleran el proceso corrosivo

En los objetos metálicos presentes en las vitrinas los principales tipos de corrosión predominantes son la corrosión electroquímica atmosférica generalizada y la corrosión por par metálico provocadas por el uso incorrecto de productos anticorrosivos y por la ausencia de los mismos en las piezas.

- La **corrosión galvánica por par metálico** viene dada por la continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición, continua o periódica, a la humedad (electrolito). Tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. Influye también la diferencia de áreas, sobre todo cuando el área anódica es muy pequeña en comparación con el área catódica. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales.

2.2.2. Soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión.

Las piezas de vitrina, no es posible tratarlas con Disolución de Fosfato DISTIN 502 para su limpieza, por el estado de deterioro que presentan las superficies y para mantener su aspecto y su color debido al paso del tiempo. De acuerdo con esto, se procede a aplicar la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L directamente sobre la superficie de las piezas utilizando un paño de felpa embebido en el producto, cuidando siempre de sellar los orificios y resquicios que

aparecen en las uniones metal-metal, metal-nácar, metal-madera, en los remaches, las irregularidades de los bordes y las superficies rugosas. Las piezas conservadas se exponen durante un año sin más intervenciones y luego se re conservan exponiéndolas hasta la fecha actual (otros seis meses). Durante el período de exposición con el producto aplicado no se observaron afectaciones sobre las superficies, ni sobre el producto.

2.2.3. Evaluación del producto durante un año.

Las piezas protegidas con la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603L, se exponen en las vitrinas de la sala de la esclavitud del museo “La Ruta del Esclavo”, donde están protegidas del polvo, pero sometidas a la humedad y variaciones de iluminación que durante el día es alta y en horas de la tarde y noche es nula, pues la sala queda totalmente a oscuras. La humedad se mantiene relativamente alta. La temperatura no tiene grandes variaciones. Durante un año, la sala es visitada por el público, que observa estas piezas sin tener contacto manual directo con ellas, excepto con uno de los grilletes que se encuentra de muestra fuera de las vitrinas. El aspecto de las piezas es uniforme, con brillo y no presentan corrosión, ni evidencia de proliferación de microorganismos. El grillete de muestra fuera de las vitrinas sí se corroe.

Conclusiones parciales del capítulo II.

1. La cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L es sometida a varios ensayos para comprobar su resistencia y determinar sus características.
2. Las piezas de vitrina en la sala de la esclavitud están confeccionadas por varios tipos de materiales y presentan varios problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión.
3. El producto cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, es de fácil aplicación y no afecta la estética de las piezas en las vitrinas, después de un año de estar aplicado el producto.

3 Capítulo III Análisis de los resultados.

Para el análisis se toman en consideración la caracterización de la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, producto que será utilizado para la protección anticorrosiva y conservación de los objetos de vitrina de la Sala de la Esclavitud en el Museo “La Ruta del Esclavo”.

Además, se analiza el comportamiento de la atmósfera, los materiales que conforman los objetos estudiados; así como, los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión que están presentes en ellos.

Luego se abordan los resultados de la aplicación del producto mediante el SIPAYC, por espacio de un año y seis meses posteriores y se analiza la ficha de costo del producto y se hace la valoración del impacto social.

3.1 Caracterización de la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L.

En los resultados obtenidos de la caracterización de la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L se tuvieron en consideración diferentes criterios como el aspecto de las probetas después del ensayo, el aspecto después de la eliminación de los productos superficiales de corrosión, la variación de la masa determinada por el método gravimétrico, la modificación de las propiedades mecánicas, la alteración revelada por un examen micrográfico. Estas evaluaciones realizadas por cada un ciclo de 100 horas con una exigencia de 500 horas sin afectaciones, fueron satisfactorias para la Cera Impermeabilizante y Abrillantadora DISTIN 603 L, en los Laboratorios LABET. El recubrimiento formado proporciona una protección temporal por años sobre superficies metálicas en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad corrosiva, propias de las zonas marítimas. Tiene buena resistencia a la acción del agua y no se emulsiona por contacto.

Por otra parte se comprobó la resistencia del producto a la humedad ambiental, exponiéndolo en cámara climática a elevada humedad regulando la temperatura, por un período de 1600 horas, con resultados satisfactorios, lo que demuestra que este producto resiste bien las condiciones climáticas de nuestro país y puede

proporcionar una adecuada protección sobre acero por un período de un año.

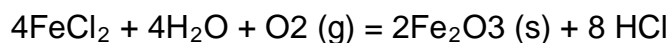
3.2 Análisis del comportamiento de la atmósfera en la zona del museo.

La atmósfera en la que están expuestos los objetos metálicos en el museo “La Ruta del Esclavo”, es de agresividad corrosiva extrema C5 según el Mapa de agresividad corrosiva de la atmósfera de Cuba por la distancia a la costa norte, que es de aproximadamente 300m, con una combinación de contaminación marina con industrial , C5M-C5I según la norma NC ISO 12944-2:2008, donde el aerosol marino es el contaminante que mayor influencia tiene en la agresividad atmosférica, ya que los cloruros y sulfatos presentes en él, desarrollan ciclos de formación de herrumbre, según el mecanismo que se muestra a continuación:

Ciclo de formación de herrumbre por cloruros:

El cloruro se deposita sobre la superficie metálica, formando con el acero cloruro de hierro FeCl_2 .

El cloruro de hierro (II) en presencia del oxígeno del aire y la humedad interviene en la siguiente reacción:

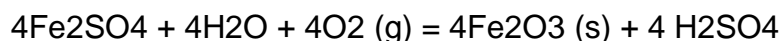


Como se observa se forma óxido férrico que precipita sobre la superficie metálica y forma la herrumbre y se origina ácido clorhídrico.

El ácido clorhídrico ataca el metal y forma nuevamente cloruro de hierro (II). $2\text{HCl} + \text{Fe} = \text{H}_2 (\text{g}) + \text{FeCl}_2$

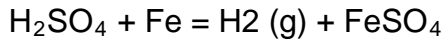
El ciclo de formación de herrumbre por sulfatos es idéntico al ciclo por cloruros y tiene los siguientes pasos:

- El sulfato se deposita sobre la superficie metálica, formando con el acero sulfato de hierro Fe_2SO_4 .
- El sulfato de hierro (II) en presencia del oxígeno del aire y la humedad interviene en la siguiente reacción:



Como se observa se forma óxido férrico que precipita sobre la superficie metálica y forma la herrumbre y se origina ácido sulfúrico.

- El ácido sulfúrico ataca el metal y forma nuevamente cloruro de hierro (II).



Es importante observar que el ataque fundamental sobre el metal se debe a la acción del ácido, por lo cual se incrementa apreciablemente la velocidad de corrosión.

Como se repite el ciclo, basta con un solo ión cloruro o ión sulfato para que se desencadene el proceso corrosivo.

Además de estos mecanismos se desarrollan otros por contaminantes gaseosos provenientes de la zona industrial y de las vías de transporte aledañas al museo, sin embargo, estas contaminaciones dependen de diversos factores que las hacen menos estables que la provocada por el aerosol marino, cuyo carácter estacional lo hace más incidente en el invierno que en el verano. Esto se debe a que en el período de las entradas de los frentes fríos por la costa norte, hay mayor arrastre de este contaminante desde el mar hacia la tierra, en las zonas costeras del litoral norte, donde se encuentra ubicado este museo, es donde se alcanzan los mayores niveles de deposición de cloruros y sulfatos en Cuba y como consecuencia, se alcanzan los mayores niveles de corrosión, el deterioro de los materiales que conforman las piezas del museo, así lo corroboran.

3.3 Análisis de los resultados de la caracterización de los materiales que componen los objetos metálicos en el estudio del museo.

De los objetos en el museo, los de mayor interés desde el punto de vista práctico para la protección anticorrosiva y la conservación, son el acero al carbono y las fundiciones, estos son materiales de baja resistencia a la corrosión. El acero al carbono estructural, casi toda la estructura de los objetos estudiados expuestos en las vitrinas, es el de menor resistencia a la corrosión, este acero hipoeutectoide, presenta en su microestructura la fase ferrita+perlita, su contenido de carbono es relativamente bajo y su contenido de hierro es más alto que el de las fundiciones. Estas características de su composición lo hacen más inestable frente a los agentes corrosivos de la atmósfera como el oxígeno y los iones cloruro y sulfato, aunque eventual y puntualmente pueden aparecer otros contaminantes por contaminaciones adicionales.

Las fundiciones tienen mayor contenido de carbono y en su micro estructura presenta las fases ferrita + cementista, el alto contenido de carbono aumenta su dureza, por lo que no pueden ser sometidas a conformado y las piezas se obtienen en moldes, es más resistente que el acero a la corrosión, pero aun así, también sufre daños por deterioro ante este fenómeno.

Por otra parte, la madera contribuye a la corrosión del acero y la fundición cuando se acoplan estructuras de estos materiales porque al ser higroscópica adsorbe humedad y aporta electrolito al mecanismo de corrosión, pero también, en ella pueden desarrollarse microorganismos, cuyas materias metabólicas pueden desarrollar la corrosión microbiológica.

El bronce se patina y es más estable que el acero. Al estar en contacto con él, como en la empuñadura del cuchillo expuesto en vitrina, causa corrosión galvánica por par metálico, donde el acero de la hoja se corroe.

La concha no reacciona con el metal acero, pero sí crea resquicios donde la corrosión se desarrolla en presencia de humedad y contaminantes.

3.4 Análisis de los diferentes problemas de diseño anticorrosivo presentes en los objetos metálicos del museo.

Dentro de los problemas de diseño anticorrosivo se destacan los resquicios, puede observarse entre la madera del mango del cuchillo y el acero de la hoja, y la cubierta de concha de la navaja con la hoja de acero.

En estas zonas, la acumulación de humedad, aún en partículas microscópicas; así como de los contaminantes, es todo lo que se necesita para desencadenar el proceso corrosivo, que frecuentemente comienza por una pequeña celda.

En estas zonas existe un desprendimiento abundante de óxido en forma de cascarilla que también crea depósitos.

Los bordes irregulares se observan en el cuchillo, el machete. En las irregularidades de estos se observa el material deteriorado y que le faltan porciones del material. Esto es evidencia del efecto de la corrosión.

El problema de la prevención galvánica por par metálico se presenta en el cuchillo, donde se ponen en contacto los remaches de bronce, con el acero del cuchillo. En

este caso el acero se deteriora por ser el metal más activo, por lo que cede sus electrones y se oxida.

Estos problemas van a ser solucionados mediante la aplicación del producto DISTIN 603 L, que permite en objetos museables, sin dañar su valor patrimonial ni su estética, aislar el parmetálico, sellar los resquicios en las uniones metal-metal y en cuanto a los bordes, es un recubrimiento que actúa eficazmente en la impermeabilización de estos evitando la corrosión intersticial.

3.5 Análisis de los problemas de corrosión presentes en los objetos metálicos del museo.

La corrosión electroquímica atmosférica es la que se presenta en estos objetos, porque están creadas las condiciones de humedad y temperatura, que en presencia del oxígeno y el resto de los contaminantes donde el cloruro y el sulfato ejercen una gran influencia. La atmósfera por su contenido alto en aerosol marino y la alta humedad es muy propicia para que ocurra este tipo de corrosión, por mecanismo húmedo la mayor parte del día, ya que la temperatura influye en que haya menos condensación.

Debido a los problemas de diseño anticorrosivo esta corrosión se clasifica, de acuerdo con el problema que la ocasiona. Así, la corrosión intersticial tiene lugar en los orificios, intersticios o resquicios que se observan en el cuchillo y la navaja. En estos lugares la corrosión no ocurre de forma uniforme sino localizada, se forman celdas de aireación diferencial, por la deposición de sales, polvo y materias, debajo de las cuales se crean ánodos por menor concentración de oxígeno y en los alrededores cátodos, que cuanto mayor sea este último, más intenso será el ataque corrosivo.

Lo mismo ocurre en las zonas de acumulación de depósito y humedad, donde aparece también este tipo de corrosión, que es galvánica en el cuchillo (unión: bronce-acero). El acero actúa como ánodo, por ser más activo y cede sus electrones oxidándose. El resultado en todos los casos es la pérdida del material por el deterioro.

Los factores que influyen en la corrosión en esta zona, son el viento que traslada a

los contaminantes, fundamentalmente del mar hacia la tierra, incrementando su concentración en el ambiente, lo que hace más intenso el proceso corrosivo. La humedad, porque provee la capa electrolítica y da lugar al mecanismo de corrosión atmosférica húmeda. La temperatura, puede actuar como catalizador de la corrosión, pero en las horas en que seca la superficie, la detiene.

Las horas de humectación, tiempo en que permanece la superficie mojada o húmeda también influye. En nuestro país es de gran influencia, pues la mayor parte del tiempo la superficie se humedece y ocurre la corrosión.

Para estos problemas de corrosión en los que influyen varios factores ya mencionados, la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, actúa contrarrestando el acceso de la humedad y los contaminantes a la superficie metálica, ya que sobre esta crea una barrera protectora.

3.6 Medidas que deben aplicarse.

Este aspecto no se incluye en los textos, sin embargo en la práctica es de gran importancia ya que en la mayoría de los casos en que se presentan problemas de corrosión, los mismos son ocasionados por modificaciones introducidas por el propio hombre y que se resuelven con medidas que eliminen las causas que provocan el problema.

Para poner un ejemplo, citaremos el problema de la contaminación ambiental, la cual puede ser atenuada con la aplicación de medidas y en conjunto con la aplicación de métodos de protección, la solución resultaría en la mayoría de los casos mucho más efectiva, aunque pudiera ser más costosa a corto plazo. No obstante, esta combinación, también puede abaratar los costos de mantenimiento, a largo plazo.

Medidas que deben aplicarse a corto, mediano y largo plazo. Incluye acondicionamiento, rehabilitación, así como las derivadas de la disminución o eliminación de la contaminación.

Para lograr una protección anticorrosiva y de conservación adecuada se pueden poner en práctica medidas tales como:

- Limpieza periódica de vitrinas y objetos contenidos en ellas. Ventilar las

Capítulo III: Análisis de los Resultados

vitrinas y las salas de manera tal que se evite o se minimice la contaminación por microorganismo evitando así el desarrollo de la corrosión microbiana.

- Aplicar métodos de protección anticorrosiva con recubrimientos sin dañar la estética y el valor patrimonial de la pieza.
- Solucionar problemas de diseño anticorrosivo sin modificar el diseño original de la pieza.

Las medidas que aquí se proponen y que ya se están aplicando en el museo, no implican grandes gastos. Más bien, sugieren incremento en la actividad de limpieza y ventilación del área, ya que las condiciones de humedad, temperatura, iluminación dentro de las vitrinas, son propicias para el crecimiento microbiano. Alterar de forma periódica estos ambientes, de manera tal que no permita la aparición y desarrollo de especies de hongos y bacterias, garantiza la protección preventiva de las piezas, que de otra manera pudieran ser atacadas por sustancias producidas durante el metabolismo de los microorganismos.

Así mismo, se evita el daño al recubrimiento que se aplica, en este caso la cera abrillantadora e impermeabilizante *DISTIN 603 L*, que pudiera ser biodegradada. Este producto, de fácil aplicación, provee una capa protectora, aislante e impermeabilizante, que mejora la estética de las piezas y las protege por períodos prolongados. Hasta el momento, se ha logrado mantener las piezas protegidas y conservadas con este producto, durante un año sin intervención. Se estima que puede alargarse el período de las intervenciones y ya se estableció que se haga hasta dos años. Esto favorece a las piezas, que no serán manipuladas con frecuencia, lo que evitaría su desintegración al paso del tiempo y garantiza la preservación de su valor patrimonial.

Por otra parte, con la aplicación del producto se solucionan problemas de diseño anticorrosivo presentes en las piezas, como los resquicios y el par metálico, sin dañar su estado actual y su valor patrimonial.

3.7 Métodos de protección que pueden aplicarse.

Se aplican una vez analizadas todas las medidas que puedan proponerse, ya que económicamente, la aplicación de métodos motiva un incremento de los costos.

Los métodos de protección se seleccionan en base a las características del sistema y se fundamentan convenientemente.

Cuando se realiza un diagnóstico de un equipo o instalación, se tiene que tener en cuenta que todos los elementos que integran la misma, el ambiente que la rodea, el proceso que tiene lugar y los hombres que la operan, son elementos del sistema. Por tanto todos intervienen en la protección anticorrosiva y conservación de la misma.

Para el caso de los objetos expuestos en las vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo”, se aplicó un recubrimiento protector con cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, que no afectó a la estética de la pieza y soluciona problemas de diseño anticorrosivo como resquicios y par metálico.

3.8 Sistema de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) para los objetos metálicos en las vitrinas.

El Centro Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), de la Universidad de Matanzas ha desarrollado entre otras líneas de investigación, la relacionada con los Sistemas de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC), que abarca componentes, piezas, equipos y estructuras, de acuerdo con una metodología desarrollada. (Echeverría, C.A. et al. 2010).

En el caso de las piezas metálicas de las vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo”, por las exigencias del estado de las mismas, no se le hacen intervenciones, ni limpiezas a fondo en su superficie, pues esto pondría en riesgo la integridad y su valor patrimonial.

Teniendo en cuenta esto, se procedió aplicando una capa de cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, con un paño o estopa embebido en este producto, cuidando de impregnar bien con el mismo, los bordes, resquicios y las uniones de metales diferentes, para evitar el par metálico.

Se encargó la observación periódica del estado del producto, la vigilancia del

cumplimiento de las medidas preventivas relacionadas y analizadas anteriormente. Con este proceder, se logró mantener en buen estado de conservación a todas las piezas metálicas dentro de las vitrinas, durante un año, sin intervención. (Anexo 2. Figuras 32, 33 y 34) No sucedió así con el grillete que se encuentra fuera de la vitrina, dentro de la sala, que se utiliza para que los turistas lo puedan manipular. Durante esta manipulación, el producto de conservación se va perdiendo y las sustancias presentes en las manos (sudor, ácidos de la piel) de los visitantes, se impregnan en la superficie metálica, lo que unido a la contaminación de la atmósfera reinante, trae consigo la aparición de herrumbre, por la reacción con la superficie metálica. Fig.



Fig. 1. Grillete fuera de la vitrina.

Para este caso particular se debe proceder limpiando la superficie con nafta, después de cada manipulación y aplicando el producto cera impermeabilizante y abrillantadora DISTIN 603 L. Esto supone mayor gasto de producto y aumento de los costos, sin embargo, garantiza la protección de la pieza.

Además de estas piezas se conservó con la DISTIN 603 L una cureña de madera, que aún después de dos años de conservada permanece en buen estado.

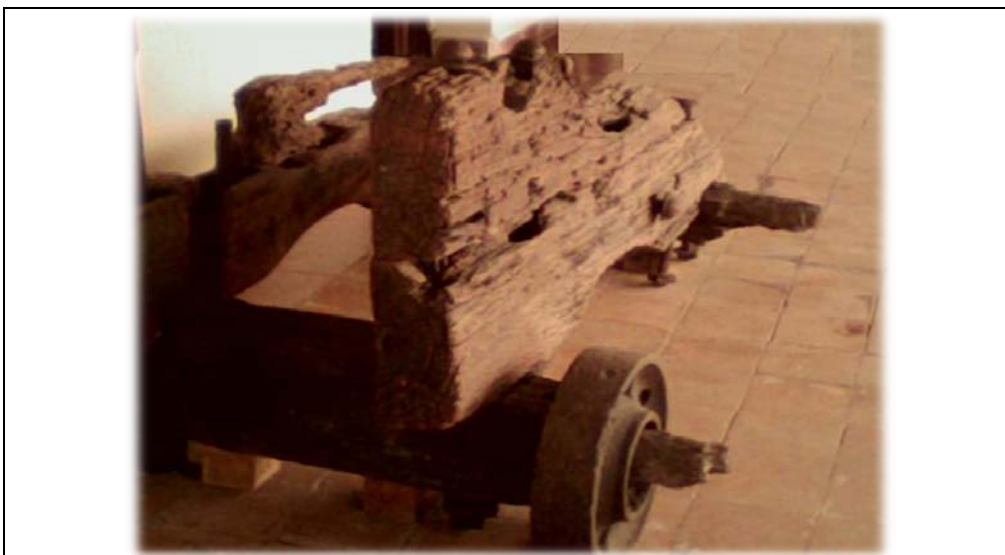


Fig. 2. Cureña de madera

3.9 Valoración económica de la aplicación del SIPAYC para objetos metálicos en vitrinas, expuestos en el museo.

En esta etapa se aplican los documentos normativos establecidos en cuanto a la elaboración de las fichas de costo y su actualización con nuevos documentos que sean emitidos en la etapa actual de cambios en la economía.

Se realiza una valoración económica de la aplicación de la conservación de los objetos metálicos en el museo, aplicando el SIPAYC desarrollado por (Serrano, 2015) y se señalan sus ventajas.

El producto cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, es desarrollado por la Unidad de Desarrollo e Innovación- Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (UDI-CEAT) de la Universidad de Matanzas. Este presenta características técnicas, definidas en su Ficha Técnica.

En el país no existe un producto similar, para la conservación del patrimonio. Su demanda es mayor que la oferta; además, tiene un precio asequible por estar elaborado en un 100% con materias primas nacionales, logrando así la sustitución de importaciones.

El precio de este producto no se rige por la oferta y la demanda aunque sea nuevo, sino por la Resolución Conjunta 1/2005 del Ministerio de Economía y

Capítulo III: Análisis de los Resultados

Planificación y el Ministerio de Finanzas y Precios que establece la ficha de costo país de obligatorio cumplimiento. Establece que el margen de ganancia debe ser hasta un 20% por encima de los gastos totales.

Se elaboró la ficha económica para la aplicación del SIPAYC a los objetos metálicos de las vitrinas en la sala de esclavitud (Anexo 4). Se obtuvieron los valores de los diferentes costos en que se incurre para la aplicación del procedimiento de protección anticorrosiva y conservación, el grafico Fig. 3 se presentan los costos.

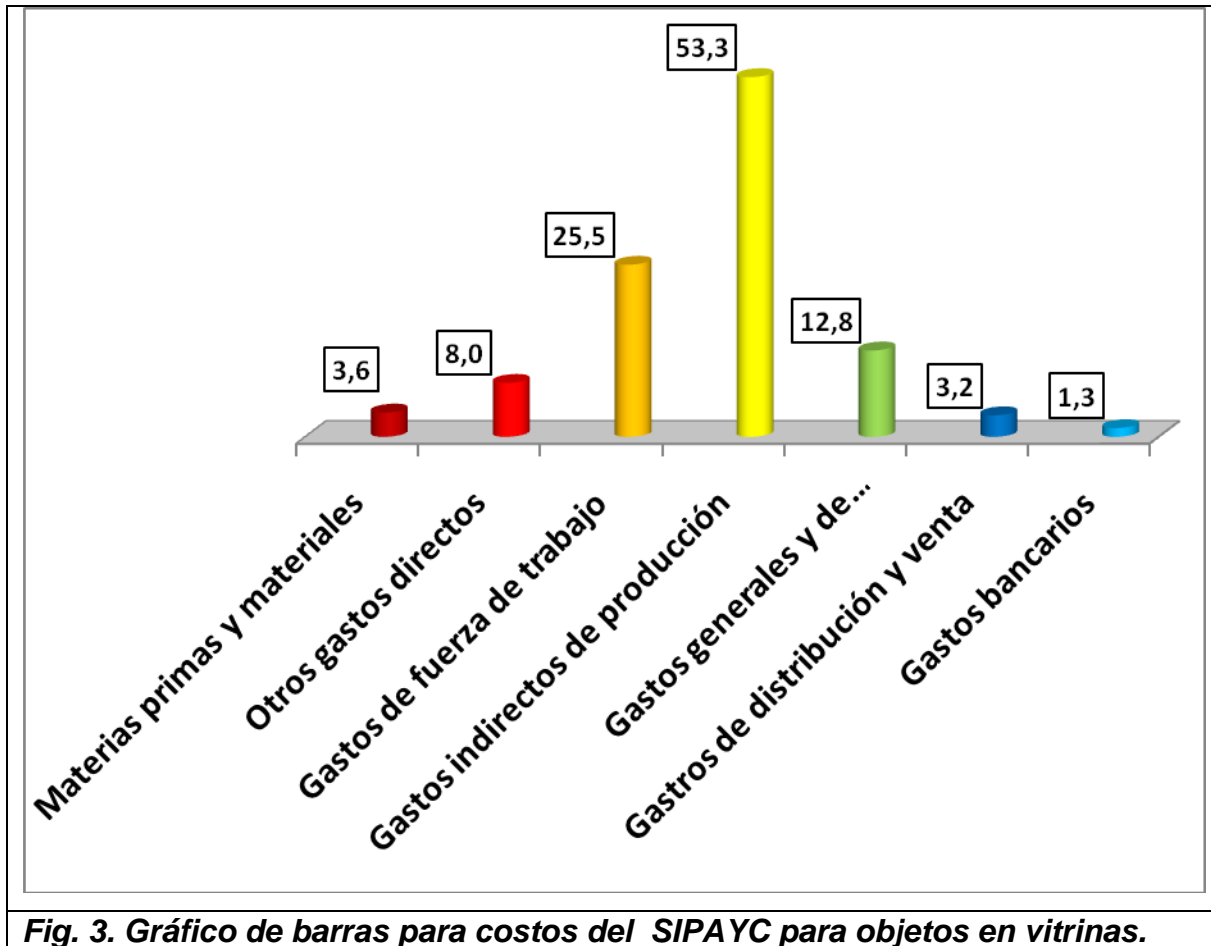


Fig. 3. Gráfico de barras para costos del SIPAYC para objetos en vitrinas.

Se calculó el costo total Anexo 4, que es de 82.6CUP de ellos 25.1CUC para los objetos de las vitrinas de la sala de esclavitud, con un precio de 99,1CUP de ellos 27.6CUC.

Este es un precio más barato que el de la cera abrillantadora de resina de 325ml, de la marca Autoglym que se oferta en el mercado internacional a 12.90 euros que equivale a 16,39 CUC y no se ha comprobado si resuelve los problemas de diseño anticorrosivo que presentan estas piezas.

Al comparar las dos ceras abrillantadoras hemos llegado a la conclusión que es más factible la DISTIN 603 L ya que el litro tiene un precio total unitario de 3,6 de ellos 1,4CUC, lo que resuelve el problema de todas las piezas en vitrina y para el mantenimiento de otras, ejemplo el Grillete que es manipulado por las personas.

3.10 Impacto social de la conservación del patrimonio en el museo “La Ruta del Esclavo”.

El estudio del impacto social permite revisar, supervisar y controlar el cumplimiento de las metas sociales a nivel interno y externo. El impacto social se refiere a los resultados finales a nivel de propósito o finalidad de los programas de desarrollo cultural ramal, especial y de gobierno gestionados por las Direcciones Provinciales y/o Municipales de Cultura. Implican un mejoramiento significativo y perdurable o sustentable en el tiempo, de las condiciones, características, comportamientos y actitudes de la población que se plantearon como esenciales en la definición del banco de problemas que dio origen al programa. (MINCULT, 2013).

Según plantea (López et al, 2013) el patrimonio cultural de un pueblo constituye su herencia y encarna su memoria colectiva. Es a su vez el resultado de valores propios y valores aportados por otras culturas. Esa herencia pertenece en primer lugar a la comunidad en cuyo territorio radica, pero también y por extensión a toda la humanidad, es algo que tenemos el deber de transmitir a las generaciones futuras, cuya conservación está vinculada a la identidad cultural de los pueblos y constituye, además, un espacio de conocimiento y reconocimiento mutuo de comprensión y diálogo entre las diferentes culturas y grupos.

Capítulo III: Análisis de los Resultados

Está formado por los bienes culturales que la historia le ha legado a una nación y por aquellos que en el presente se crean y a los que la sociedad les otorga una especial importancia histórica, científica, simbólica o estética.

La tendencia actual es la de entender el Patrimonio Cultural en su sentido más amplio, abarcando todos los signos que documenten las actividades y logros de los seres humanos a lo largo del tiempo.

Los bienes patrimoniales reflejan parte de la historia del desarrollo de una nación y por esa razón es necesario conservarlos, para que llegue a las nuevas generaciones el legado de sus antepasados. En los museos se atesoran muchos de estos bienes, que con el paso del tiempo van sufriendo deterioro, por lo que hay que conservarlos; sobre todo, para evitar la restauración o alargar el período de su ejecución por los gastos que representa y las pérdidas en las propiedades y características originales de la pieza en cuestión.

El VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, aprobó en los Lineamientos Económicos y Sociales del partido el Lineamiento 163 que establece que es necesario “continuar fomentando la defensa de la identidad, la conservación del patrimonio cultural, la creación artística y literaria y la capacidad para apreciar el arte. Promover la lectura, enriquecer la vida cultural de la población y potenciar el trabajo comunitario como vías para satisfacer las necesidades espirituales y fortalecer los valores sociales”.

El museo “La Ruta del Esclavo” (Castillo de San Severino de Matanzas) es una típica construcción militar renacentista, ejemplo de asimilación del sistema difundido por franceses e italianos en los siglos XVI y XVII. Comenzó a construirse en mayo de 1639 y se culminó la obra en la década del cuarenta del siglo XVIII. En su edificación participaron negros esclavos y operarios bajo el sistema de trabajo asalariado.

A lo largo de la historia el Castillo de San Severino pasó de ser fortaleza militar como plaza permanente abaluartada a prisión en el siglo XIX, siendo testigos sus muros, de disimiles atropellos, representación de las ansias de libertad del pueblo cubano. Los estudios arqueológicos en él, fundamentan su pasado glorioso como

Capítulo III: Análisis de los Resultados

vigía del puerto y la Ciudad de Matanzas, y sus tristes años de cárcel y prisión militar. Posee un conjunto de valores arquitectónicos e históricos que lo hacen merecedor de la condición de patrimonio de la humanidad.

En el año 2002, abre sus puertas como museo. A partir de entonces es visitado por delegaciones, embajadores, personas de rango internacional, que han montado exposiciones y han hecho donaciones de piezas representativas de diferentes culturas.

En un encuentro con la dirección del Centro Provincial de Patrimonio Cultural y del Museo Provincial Palacio de Junco, así como a especialistas de conservación, se planteó que la mayor parte de las piezas metálicas del museo, se encontraban en mal estado de conservación, tal y como se observa en las fotos tomadas durante el diagnóstico (Anexo 2), pues están constituidas por metales ferrosos como el hierro, el acero y las fundiciones, presentando suciedad y corrosión. Por ello, el procedimiento aplicado a los objetos de la sala de esclavitud, está considerado como una solución efectiva al problema de la conservación que se presenta en esta institución.

La aplicación del Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) a las piezas del museo “La Ruta del Esclavo”, permite alargar la vida útil y conservar el valor patrimonial de estas, que son utilizadas para transmitir la historia a las generaciones que visitan en diferentes épocas esta institución. Mensualmente el museo es visitado por, aproximadamente, 600 personas, lo que equivale a un promedio anual de 7 200 personas.

Teniendo en cuenta lo anterior, conservar estas piezas, es de importancia social, ya que las mismas forman parte del patrimonio nacional y de la humanidad. La tarea desarrollada en este trabajo, beneficia desde ese punto de vista a la sociedad, por lo que se considera de impacto.

Conclusiones parciales del capítulo III.

1. En el museo “La Ruta del Esclavo” reina un ambiente de agresividad corrosiva extrema categoría C5MI, donde el aerosol marino juega un papel fundamental.
2. Entre los materiales de las piezas de las vitrinas de la sala de la esclavitud, se encuentra el acero al carbono estructural y las fundiciones que sufren un alto deterioro frente al medio que las rodea.
3. La conservación con cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, ha sido muy efectiva, mostrando un estado adecuado de las piezas conservadas, después de un año de exposición.
4. Desde el punto de vista económico es posible la conservación con el producto cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L a un precio asequible.
5. La conservación de los objetos museables expuestos en las vitrinas del museo “La Ruta del Esclavo” con cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, tiene impacto social en la actividad de la institución.

Conclusiones

1. Se evaluó por período de un año el producto DISTIN 603 L sobre objetos museables en el museo “La Ruta del Esclavo” y se logró disminuir el deterioro por corrosión de estos, validando así la hipótesis planteada.
2. Los objetos museables, en su mayoría, se encuentran expuestos a la atmósfera y por tanto, al deterioro que ella genera; no obstante, no siempre se logra la conservación adecuada para contrarrestar su efecto.
3. Se caracterizó el producto DISTIN 603 L en laboratorios LABET, lo que arrojó excelentes resultados que lo avalaron para su uso en la conservación de las piezas de las vitrinas de la sala de la esclavitud, en el museo “La Ruta del Esclavo”.
4. Se analizó el efecto del producto aplicado DISTIN 603 L en la solución de los problemas de diseño anticorrosivo y corrosión en objetos museables del museo “La Ruta del Esclavo”, lo cual fue satisfactorio para el período de exposición de un año.
5. Económicamente, la aplicación del producto DISTIN 603 L para la conservación de objetos de vitrina en el museo, asciende a un costo de 82.6CUP de ellos 25.1CUC con un precio de 99,1CUP de ellos 27.6CUC, lo que es muy ventajoso para la institución.
6. La aplicación del DISTIN 603 L en las piezas de vitrina del museo, es una tarea de impacto social, por lo que representa para el desarrollo de las actividades que se desarrollan en la institución.

Recomendaciones

1. Seguir chequeando la conservación de las piezas de vitrinas en el museo “La Ruta del Esclavo”, mediante el SIPAYC con el uso de la cera abrillantadora e impermeabilizante DISTIN 603 L, extendiendo el tiempo de reconseración a dos años y más.
2. Generalizar este resultado a otras piezas, expuestas en condiciones similares, en otros museos del país.

Bibliografías

- Acán, Ana Cepero. 2011 "El medio ambiente de la república de cuba y su influencia en el deterioro del hierro y el bronce, algunos métodos para su evaluación, conservación y protección." *Ediciones digitales* 3.1.
- Agueda, E. 2010. Elementos fijos. Quinta edición.
- Corvo, F., Veleza, L., L. 2003. Corrosión Atmosférica. En: ANDRADE da SILVA, J.R. (Ed) *Productos Electro - Electrónicos en Ambientes Tropicales*. Sao Paulo: Campinas, p.137-170.
- Cervera, J. E. (2013). Propuestas de mejoras del proceso tecnológico del aceite de Conservación en la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas. Matanzas. Trabajo de Diploma. Universidad de Matanzas.
- Echeverría, C., Cortijo, O., Sarraff, M. (2000). Influencia de la corrosión atmosférica en la industria azucarera cubana. *Revista Centro Azúcar*, no. 3, ISSN- 0253 - 5777-p. 83-86.
- Echeverría, C.A. et al. 2002. Corrosión atmosférica del acero en condiciones climáticas de Cuba: Influencia del aerosol marino. Matanzas: Universidad de Matanzas. 32 p. Disponible en: <http://monografias.umcc.cu>. ISBN: 9590-16-0188-3.
- Echeverría, C.A. 2003 (a). Métodos de protección a la atmósfera. Matanzas, Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT), Universidad de Matanzas. Conferencia especializada.
- Echeverría, C.A. et al. 2004. Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 959 - 16 - 0250 - 2.
- Echeverría, M. et al. (2006). Goma reciclada en recubrimientos anticorrosivos y de la construcción. Memorias del IX Congreso Internacional de Reciclaje. RECICLAJE 2006, Palacio de Convenciones. La Habana, CUBA. ISSN-1607-6281.
- Echeverría, M. 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. ISBN 959-16-0490-4.
- Echeverría, C.A. et al. 2008. Grasas de Conservación Anticorrosivas Características y Aplicaciones. Parte 1: Primeros desarrollos en la Universidad de Matanzas y en Cuba. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7
 - Echeverría, C.A. et al. 2010. Los sistemas de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC) y sus aplicaciones. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978-959-16-0632-7.
 - Echeverría, C.A. et al. 2012. Etapas para la solución o mitigación de los problemas de diseño anticorrosivo en los proyectos con sistemas de pinturas protectoras. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas. ISBN 978 - 959 - 16 - 2070 - 5.
 - Echeverría, C.A. (2012). Material de conferencias de la Ingeniería de Materiales I. Facultad de ingenierías. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
 - Espinosa, Antonio. 2013. Trabajo de diploma en opción al título de licenciado en estudios socioculturales: Impacto sociocultural del procedimiento para la conservación de la colección de armas atesorada por el Museo Provincial "Palacio de Junco" de Matanzas.
 - Feliú S, Andrade M.C. 1991. Corrosión y protección metálicas. C.S.I.C., Madrid.
 - Gómez, J. 1999. Estudio corrosivo sobre cuatro metales en estaciones cubanas del proyecto MICAT. La Habana. Ministerio de Industria Básica. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
 - González, A. 2011. Contribución a la disminución del deterioro por corrosión de una Central Eléctrica Diesel MTU Serie 4000. Tesis en Opción al Título de Máster en Ingeniería Química. Facultad de Ingenierías. Departamento de Química e Ingeniería Química. Centro de Estudio de Anticorrosivo y Tenso Activos. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

- Hassán, A. et al (2010). Aprende los fundamentos de la tecnología de la preparación de superficies. CD de Monografías. Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos. Universidad de Matanzas. Parte I.
- ISO 12944-3:2007. Protección mediante sistemas de pintura y recubrimientos. Comité Técnico AEN/CTN 45 Pinturas y Barnices. Norma española.
- López, I. 2007. Corrosión y conservación en obras de alta protección. Tesis presentada para optar por el Grado Científico de Doctor en Ciencias. Universidad de Matanzas. Matanzas 100pag.
- López, G .2012. Microcorrosión en la industria alimenticia y bebida, automotriz y electrónica.
- López. et al. 2013 Conservación de Patrimonio. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.
- Morcillo, M. et al. 2002. Factors influencing the corrosion behaviour of coated steel sheets in lap-joints. Report EUR 20067 EN.
- Muxlhanga, R. et al. (2010). Diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo, corrosión y propuesta de soluciones en la empresa salineras de Matanzas, Cuba. CD Monografías. Universidad de Matanzas.
- Pancorvo, Francisco.2011. Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación.
- Rocha, J. 2003. Productos electro – electrónicos en Ambientes Tropicales. Campiñas, SP: SITTA, gráfica.
- Ruíz, R y Echeverría, C. (2012). Estudio de los problemas de diseño anticorrosivo, protección y corrosión en los contenedores del área de almacén de la Planta Piloto de la Universidad de Matanzas. CD Monografías. Universidad de Matanzas.
- Serrano, F. 2015. Propuesta y aplicación de tecnologías para la conservación del patrimonio (armamento y objetos metálicos) en el museo “La Ruta del Esclavo” a partir del SIPAYC. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico. Facultad de Ciencias Técnicas Departamento de Química e Ingeniería Química Universidad de Matanzas Sede Camilo

Cienfuegos. Cuba.

- Tomashov, N.D. 1979. Theory of corrosion and protection of metals. La Habana. Ed. Revolucionaria. 672 p.
- UNE-EN ISO 8501-1:2008. Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores.
- UNE-EN ISO 12944 – 1: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. General Introduction.
- NC ISO 12944 – 2: 2008. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte-2: Clasificación de ambientes.
- NC ISO 12944-3: 2007. Pinturas y barnices-Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte-3: Consideraciones sobre el diseño.
- UNE-EN ISO 12944-3: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies. Consideraciones de diseño.
- UNE-EN ISO 12944 – 4: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Part4: Tipos y preparación de superficies.
- UNE-EN ISO 12944 – 5: 2007. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores. Parte 5: Sistemas de pinturas protectores.
- UNE-EN ISO 12944 – 6: 2007. Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. Laboratory performance test methods.
- VI Congreso del PCC: Lineamientos de la política económica y social del partido y de la Revolución.2011.

Anexos

- ANEXO 1: Fig. 4. Mapa y características de Agresividad Corrosiva de la Atmósfera de Cuba.



- ANEXO 2: Objetos metálicos en vitrinas.



Fig. 5. Vitrina No 1. Objetos metálicos sin conservar, en el museo “La Ruta del Esclavo”.



Fig. 6. Navaja con conchas de hueso Cueva El Grillete, Limonar, Matanzas (siglo XIX). Acero al carbono. Presenta problemas de resquicios entre las conchas y el metal. Corrosión en resquicios.



Fig. 7. Machete de Plantación Sierra de Pan de Azúcar Pinar del Río (siglo XIX). Acero al carbono. Presenta problemas de bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada

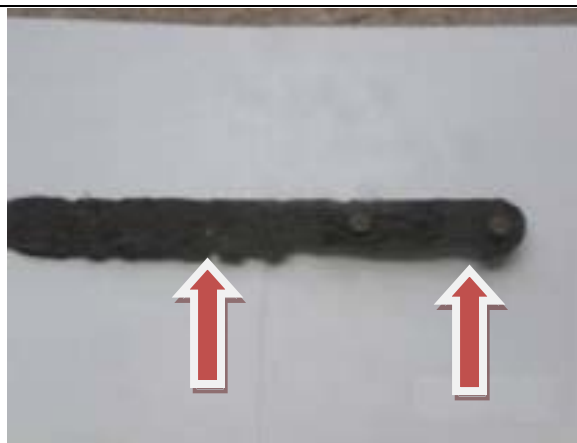


Fig. 8. Cuchillo con mango de madera Cueva El Grillete, Limonar, Matanzas (siglo XIX). Acero al carbono, madera. Presenta problemas con la prevención de la corrosión galvánica, con los bordes. Corrosión electroquímica por par metálico, Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 9. Aguja para coser cuero Cueva El Grillete, Limonar, Matanzas (siglo XIX). Acero al carbono. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 10. Vitrina No 2. Objetos metálicos sin conservar, en el museo “La Ruta del Esclavo”.



Fig. 11 Fragmentos de calderos de hierro. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 12. Bisagra de puerta colonial. Presenta Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 13. Fijador de marco. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 14. Pestillo. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 15. Clavo. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 16. Fragmentos de calderos de hierro. Presenta problemas con los bordes. Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 17. Vitrina No 3. Objetos metálicos sin conservar, en el museo “La Ruta del Esclavo”.



Fig. 18. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 19. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 20. Planchuela con argolla. Presenta problemas con los bordes de corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 21. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 22. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 23. Grillete. Presenta corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 24. Vitrina No 5. Objetos metálicos sin conservar, en el museo “La Ruta del Esclavo”.



Fig. 25. Candado de hierro Cafetal La Dionisia, Canímar, Matanzas (siglo XIX) Presenta Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 26. Grillete. Presenta Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.



Fig. 27. Estribos de montar caballo Cafetal La Dionisia, Cañamar, Matanzas (siglo XIX).Acero al carbono. Presenta Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.

Fig. 28. Tenedor de Alpaca Cafetal La Dionisia, Canímar, Matanzas (siglo XIX). Presenta Corrosión electroquímica atmosférica generalizada.

Objetos metálicos en las vitrinas de la sala de esclavitud, conservados con el SIPAYC.



Fig. 29. Objetos metálicos (bisagras y otros) de las vitrinas de la sala de esclavitud.



Fig. 30. Objetos metálicos (grilletes) de las vitrinas de la sala de esclavitud.



Fig. 31. Objetos metálicos (machete, cuchillo, navaja y aguja) de las vitrinas de la sala de esclavitud.



Fig. 32. Objetos metálicos (candados, bridas y otros) de las vitrinas de la sala de esclavitud.



Fig. 33. Objetos metálicos (bisagras y otros) de las vitrinas de la sala de esclavitud.

Objetos metálicos en las vitrinas de la sala de esclavitud, conservados durante un año con el SIPAYC.



Fig. 34. Objetos metálicos (grilletes) de las vitrinas de la sala de esclavitud.



Fig. 35. Objetos metálicos (machete, cuchillo, navaja y aguja) de las vitrinas de la sala de esclavitud.



Fig. 36. Objetos metálicos (candados, bridas y otros) de las vitrinas de la sala de esclavitud.

**ANEXO 3: Ficha técnica del producto anticorrosivo utilizado. DISTIN 603 L
Cera Abrillantadora e Impermeabilizante Líquida.**

Es una cera líquida especialmente preparada para la protección de superficies metálicas pintadas, en las cuales penetra a fondo, impermeabiliza los poros, impidiendo la penetración del agua y el oxígeno, que junto con los contaminantes atmosféricos son los causante del deterioro de las pinturas. Por su composición líquida penetra a fondo en orificios, sella e impide la penetración de contaminantes. Proporciona a los recubrimientos de pintura una resistencia a la corrosión adicional en condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad. Además de mayor resistencia a la radiación ultravioleta, causante del deterioro de los recubrimiento de pintura. No afecta los recubrimientos de pintura y le proporciona una protección por formación de una capa impermeable a los agentes agresivos. Puede ser aplicada sobre madera, hormigón, mortero, no teniendo reacciones adversas.

Método de aplicación:

- Proyección: Pudiera aplicarse pero no se recomienda, ya que se pierde mucho producto.
- Frotado: Es el método más recomendado, para producir una fina capa sobre la superficie de pintura.
- Rendimiento: Se corresponde con el generalmente establecido para los productos líquidos de 8 a 10 m²/L.

Protección anticorrosiva:

El recubrimiento proporciona una protección adicional y temporal de las superficies metálicas pintadas e incrementa su durabilidad en las condiciones climáticas de alta, muy alta y extrema agresividad, propias de las zonas marítimas. Resiste la acción del agua de mar por salpicaduras. Como recubrimiento temporal debe ser aplicado con la frecuencia que requiera el tipo de técnica. En automóviles cuando se observe que el agua moja la pintura debe ser aplicado.

Condiciones de conservación:

- Intemperie: Resiste la acción de la radiación solar, no se chorrea hasta uno

100 °C, resiste años en la conservación de superficies en dependencia de la agresividad del medio y del espesor de la capa.

Aplicaciones derivadas de sus propiedades:

Por sus características está especialmente formulada para la protección adicional de recubrimientos de pinturas, ya que las impermeabiliza contra la acción del agua, el oxígeno y los contaminantes que la penetran, le proporciona protección adicional contra la radiación ultravioleta y brillo.

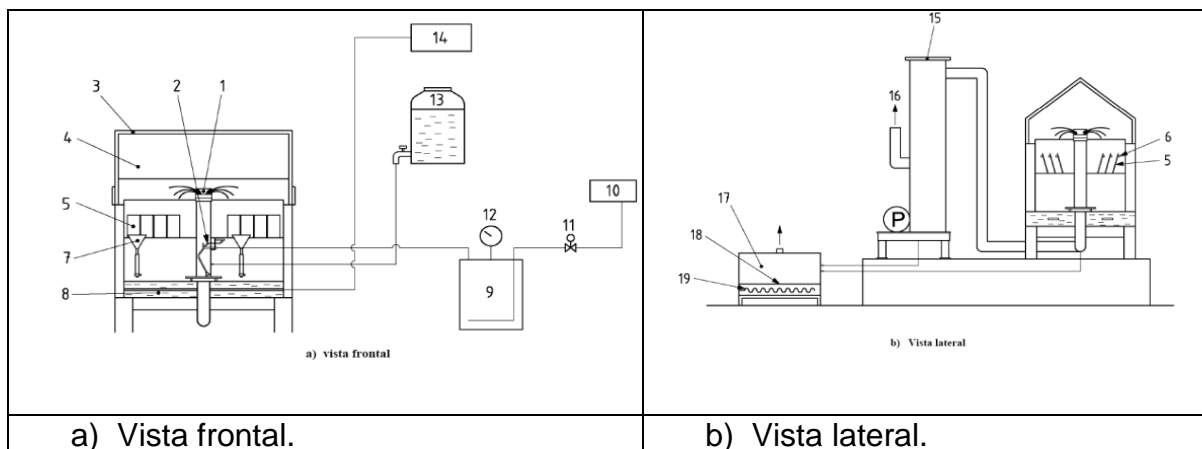
Transportación y almacenamiento:

El producto se suministra en frascos de un litro de capacidad.

ANEXO. 4: Ficha económica de los objetos metálicos el museo.

Concepto de gastos	Fila	Total Unitario	De ello: CUC
1	2	3	4
Materias Primas y Materiales	1	3,6	1,4
Materia Prima y materiales fundamentales	1,1	0,3	0,1
Combustible y Lubricantes	1,2	1,4	1,4
Energía Eléctrica	1,3	1,9	0,0
Agua	1,4	0,0	0,0
Sub-total (Gastos de elaboración)	2	104,1	27,7
Otros gastos directos	3	8,0	6,0
Depreciación	3,1	6,0	4,0
Arrendamiento de equipos	3,2	0,0	0,0
Ropa y calzado (Trabajadores directos)	3,3	2,0	2,0
Gastos de fuerza de trabajo	4	25,5	0,0
Salarios	4,1	17,2	0,0
Vacaciones	4,2	1,6	0,0
Impuesto utilización de la fuerza de trabajo	4,3	4,7	0,0
Contribución a la seguridad social	4,4	2,1	0,0
Estimulación en pesos convertibles	4,5	0,0	0,0
Gastos indirectos de producción	5	53,3	2,0
Depreciación	5,1	0,0	0,0
Mantenimiento y Reparación	5,2	0,2	2,0
Gastos Generales y de Administración	6	12,8	11,9
Combustible y Lubricantes	6,1	8,2	8,2
Energía Eléctrica	6,2	0,7	0,0
Depreciación	6,3	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabajadores indirectos)	6,4	0,0	0,0
Alimentos	6,5	0,0	0,0
Otros	6,6	3,9	3,7
Gastos de Distribución y Venta	7	3,2	3,2
Combustible y Lubricantes	7,1	2,2	2,2
Energía Eléctrica	7,2	0,0	0,0
Depreciación	7,3	0,0	0,0
Ropa y Calzado (trabajadores indirectos)	7,4	0,0	0,0
Otros	7,5	1,0	1,0
Gastos Bancarios	8	1,3	0,5
Gastos Totales o Costo de producción	9	82,6	25,1
Margen utilidad S/ base autorizada	10	16,5	
Precio según lo establecido por el MFP	11	99,1	
%Sobre gastos en divisa (hasta el 10%)	12		2,5
Componente total en pesos convertibles	13		27,6

Anexo 5 Representación esquemática de una posible cámara de pulverización



Leyenda.

1--Torre de dispersión de la solución.	8--Cámara.	15--Evacuación de la niebla después del tratamiento.
2--Pulverizador.	9--Saturador de aire.	16--Orificio de salida de aire.
3--Cubierta.	10--Compresor de aire.	17--Evacuación del agua después del tratamiento.
4--Cámara de ensayo.	11--Electroválvula.	18--Bandeja de la sal.
5--Probeta.	12--Manómetro.	19--Elementos de calefacción.
6--Soporte de las probetas.	13--Depósito de la solución.	
7--Colector de la niebla.	14--Control de Temperatura.	

Anexo 5.a Condiciones de operación.

Etapa de método de ensayo	Niebla salina neutra (NSS)	Niebla salina acética (AASS)	Niebla salina cuproacética (CASS)
Temperatura	(35±2)°C	(35±2)°C	(50±2)°C
Velocidad media de recuperación de la solución para un área horizontal colectora de 80 cm ²	(1,5±0,5)ml/h		
Concentración de cloruro de sodio (en solución recogida)	(50±5)g/L		
pH (en solución recogida)	6,5 a 7,2	3,1 a 3,3	3,1 a 3,3