



Modalidades turísticas

Conservación para el Turismo Cultural en el Museo “La ruta del esclavo”. Armamento

Conservation for cultural tourism in the Museum “The slave route”. Armament

Idaelsys López Arias¹; Carlos A. Echeverría Lage²; Asael González Betancourt³; Félix Serrano Mena⁴

Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior

Vía Blanca km 3 ½, Matanzas, Cuba

correo electrónico: idaelsys.lopez@umcc.cu

Resumen

El museo “La ruta del esclavo”, enclavado en la ciudad de Matanzas, es una institución de atracción turística que exhibe en sus áreas diferentes piezas de armamento, en su mayoría cañones que datan de la etapa colonial en Cuba. Estos se encuentran a la intemperie, expuestos a las inclemencias del tiempo y a la influencia del aerosol marino en una zona de extrema agresividad corrosiva. En su estructura, los cañones presentan diversos problemas de diseño anticorrosivo que contribuyen al desencadenamiento del fenómeno de la corrosión y por ende al mayor deterioro de los mismos. Es por ello que en este trabajo se identifican estos problemas y los tipos de corrosión que se ponen de manifiesto, así como, los factores que influyen en el fenómeno, para proponer soluciones mediante un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) con el uso de los productos anticorrosivos DISTIN que se elaboran en la Unidad de Desarrollo e Innovación- Centro de Anticorrosivos y Tensoactivos (UDI-CEAT) de la Universidad de Matanzas.

Palabras clave: deterioro, corrosión, diseño anticorrosivo, patrimonio, conservación.

Abstract:

“La ruta del esclavo” museum, located in the city of Matanzas, is an institution of tourist attraction that exhibits different pieces of weapons in its areas, mostly cannons dating from the colonial period in Cuba. These are out in the open, exposed to inclement weather and the influence of sea spray in an area of extreme corrosive aggressiveness. In their structure, the canyons present various anticorrosive design problems that contribute to the unleashing of the corrosion phenomenon and therefore to their further deterioration. That is why this work identifies these problems and the types of corrosion that are revealed, as well as the factors that influence the phenomenon, to propose solutions through an Anticorrosion Protection and Conservation System (SIPAYC) with the use of the DISTIN anticorrosive products that are made in the Development and Innovation Unit-Center for Anticorrosives and Surfactants (UDI-CEAT) of the University of Matanzas.

Key words: deterioration, corrosion, anticorrosive design, patrimony, conservation.





Introducción

El museo “La ruta del esclavo”, visitado anualmente por turistas nacionales y foráneos, se encuentra ubicado a escasos metros de la bahía de Matanzas, en un ambiente donde predomina el aerosol marino, desencadenante principal del deterioro por corrosión en estructuras y piezas metálicas.

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 del armamento y los objetos 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.

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. (Águeda, 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, a partir de lo planteado por los diferentes autores, que la corrosión tiene mucha importancia desde el punto de vista material y 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.

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.

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.

Corrosión atmosférica mojada

Tipo: Corrosión Electroquímica, atmosférica, 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, uniforme.





Mecanismo: Electroquímico 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 el armamento que se estudia, aunque no se descartan el resto de los mecanismos. Esta es 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.

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.

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.

Métodos

El trabajo fue desarrollado siguiendo la Metodología General para el análisis y solución de problemas de corrosión, que contempla en su primera fase la **identificación del problema**. Esto conlleva, identificar los materiales y los problemas de diseño anticorrosivo presentes en las estructuras, tener en cuenta, las especificaciones de diseño según las normas NC ISO-12944(1-8):2016 establecidas, las condiciones de trabajo y exposición; así como, la historia del problema que se analiza.

Se realiza un **análisis visual**, donde se determinan los tipos de materiales presentes en el armamento (cañones). Además, se identifican y se registran, en fotografía digital, los problemas de diseño anticorrosivo presentes en las estructuras. Se determinan las condiciones de exposición al ambiente y las normas y procedimientos que habitualmente se siguen en la instalación para el mantenimiento y conservación del armamento.





Luego se realiza el **análisis del problema y las propuestas de soluciones**, donde se determinan los tipos de corrosión presentes, sus causas, mecanismos y factores que influyen; se valora la magnitud del daño por corrosión, se determinan las medidas que deben aplicarse y los métodos de protección. Además, se realiza la valoración económica de la propuesta de conservación y se valora el impacto social.

Resultados

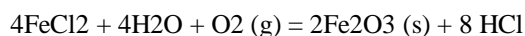
Análisis de los resultados obtenidos del diagnóstico de los problemas de diseño anticorrosivo y la corrosión.

Análisis de los resultados de la caracterización ambiental.

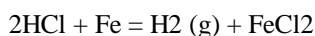
La atmósfera en la que están expuestos el armamento (cañones) en el museo “La Ruta del Esclavo”, es de agresividad corrosiva extrema, con una combinación de contaminación marina con industrial, donde el aerosol marino es el contaminante que mayor influencia tiene en la agresividad atmosférica, ya que 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:

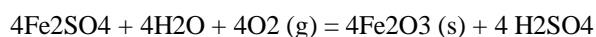


Como se observa se forma óxido férrico que precipita sobre la superficie metálica y forma la herrumbre y se origina ácido clorhídrico. El ácido clorhídrico ataca el metal y forma nuevamente cloruro de hierro (II).

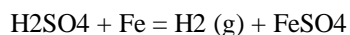


El ciclo de formación de herrumbre por sulfatos es idéntico al ciclo por cloruros y tiene los siguientes pasos:

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.

Análisis de los resultados de la caracterización de los materiales que componen el armamento en estudio del museo.

De los materiales que componen el armamento (cañones), 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, del cual se componen las bases de tres cañones, 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 microestructura presenta las fases ferrita+ cementita. 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, 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.

Análisis de los diferentes problemas de diseño anticorrosivo presentes en el armamento del museo.

Dentro de los problemas de diseño anticorrosivo se destacan los **resquicios**, sobre todo en los cañones, por el acople de partes metálicas en su estructura. los pernos en los cañones. 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. El problema de **accesibilidad** se presenta en la parte inferior de los cañones, que por su alto peso, no pueden ser levantados para ser conservados en esta zona, hacia donde escurren la humedad, los contaminantes y los productos de corrosión, desarrollándose puntos (celdas) donde el fenómeno causa deterioro. Las **imperfecciones en la superficie de la soldadura** aparecen en el cuerpo de los cañones, dejando ver claramente los resquicios que se forman, donde se acumulan humedad, contaminantes y productos de corrosión. Se observa en algunos lugares, que la fundición se desprende en forma de cascarilla. Los cañones como tal, conforman un **componente hueco**, donde se acumulan la humedad y los contaminantes, además, se deposita basura y materias que contribuyen a crear depósitos debajo de los cuales el proceso corrosivo causa un grave





deterioro. En estas zonas existe un desprendimiento abundante de óxido en forma de cascarilla que también crea depósitos. Las **zonas de retención de humedad, depósitos y agua**, se presentan en las bases y en el interior de los cañones. La gran cantidad de productos de corrosión, arena, piedras, materia vegetal, entre otras, son depósitos que retienen la humedad y los contaminantes creando las condiciones para que ocurra la corrosión. Los **bordes irregulares** se observan en los cañones. 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 los acoples de la fundición del cañón con el acero del soporte. En este caso el acero se deteriora por ser el metal más activo, por lo que cede sus electrones y se oxida. Además de todos estos problemas, **la preparación superficial deficiente** causa corrosión, como es evidente en las ruedas de uno de los cañones y en el soporte de otro que son los que están recubiertos con pintura. Se observan puntos de corrosión y desprendimiento del recubrimiento por causa de la corrosión interfacial.

Análisis de los problemas de corrosión presentes en el armamento del museo.

La **corrosión electroquímica atmosférica** es la que se presenta en esta instalación, 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 mecanismos húmedo** la mayor parte del día, ya que la temperatura influye en que haya menos condensación, de la misma forma que en las madrugadas ocurre el mecanismo de **corrosión atmosférica mojada**, en aquellas estructuras que están a la intemperie, como es el caso de los cañones. Debido a los problemas de diseño anticorrosivo esta corrosión adquiere otra clasificación, de acuerdo con el problema que la ocasiona. Así, la **corrosión en resquicios** tiene lugar en los orificios, intersticios o resquicios que se presentan en los cañones fundamentalmente. 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**, pero diferente a la **galvánica por par metálico**, que está presente en el cañón (unión: fundición-acero) En este caso el acero actúa como ánodo, por ser más activo y cede sus electrones oxidándose. El resultado es la pérdida del material por el deterioro. Los cañones están muy deteriorados y hay casos en los que se observan solo restos de recubrimiento. Pero en aquellos que están pintados, es evidente la corrosión que se presenta en forma de puntos dispersos por la superficie sobre la pintura o desprendimiento del recubrimiento, debajo del cual aparece una superficie oxidada. Esto se debe a la **mala preparación superficial** que permite la presencia de contaminantes bajo la interface acero-pintura o la penetración de ellos junto con la humedad desde el exterior hasta la superficie metálica, por envejecimiento del recubrimiento, lo cual provoca porosidad.



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 o mojada. **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. Además, **el polvo** que se deposita sobre todo en las superficies de los cañones, es el vehículo apropiado para contaminantes y humedad, dando lugar a diversos mecanismos de corrosión. **Las precipitaciones**, pueden lavar estas superficies y disminuir el proceso corrosivo; pero también aumentan la humedad y favorecen la corrosión.

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 eliminada con la aplicación de medidas y no precisamente con la aplicación de métodos de protección, ya que la solución resultaría en la mayoría de los casos mucho más costosa.

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. Otras medidas que normalmente no se consideran métodos de conservación y/o protección. Ubicación de las instalaciones, apantallamiento con vegetación, etc. Para lograr una protección anticorrosiva y de conservación adecuada se pueden poner en práctica medidas tales como:

- Limpieza periódica y lavado de los cañones.
- 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.

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. Hay que tener en cuenta que dentro de los métodos de protección contra la corrosión, se incluye el diseño y la operación adecuada.

- Métodos de protección contra el deterioro por corrosión.
- Métodos de protección contra el biodeterioro. Métodos de conservación.
- Métodos de diseño para la protección y conservación.





– Protección por operaciones adecuadas durante los procesos.

Uno de los métodos de protección más ampliamente difundidos es la aplicación de recubrimientos de pinturas. Al respecto la Norma ISO 12944 establece todos los aspectos a tener en cuenta en la elaboración, ejecución y control de un proyecto de pintura en la ISO 12944 – 8: 2016, precisa las especificaciones del proyecto, del sistema de pintura, de los trabajos de pintado y de inspección y ensayo, tal cual se tiene que proceder al ejecutar cualquier proyecto de protección anticorrosivo. 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. El armamento (cañones), requiere que se le aplique pinturas anticorrosivas y que se resuelvan los problemas de diseño anticorrosivo, cuidando de no dañar su valor patrimonial. Es necesario elaborar el SIPAYC para el armamento del museo.

Propuesta de un sistema de protección anticorrosiva y conservación (SIPAYC)

El Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT), de la Facultad de Ciencias Técnicas 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 que se reporta en (Echeverría, C.A. et al. 2010). Para la aplicación de las soluciones propuestas por el SIPAYC, se desarrollan dos etapas fundamentales: En la primera etapa se da solución a los problemas de diseño anticorrosivo de forma manual o manual mecanizada, es decir cuando se utilizan equipos mecánicos como las electro-esmeriladoras o los cepillos de alambre con taladro. Esto se realiza antes de preparar la superficie y pintar. Después se realiza la limpieza superficial y la aplicación de recubrimientos. Finalmente, una segunda etapa donde se dan soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo que necesitan de productos anticorrosivos y conservación diferentes a las pinturas. Esta etapa se lleva a cabo cuando se aplicó el esquema de pintura específica para cada pieza objeto de estudio.

Preparación superficial previa a los recubrimientos de pintura en el armamento

Existen muchos elementos para argumentar que la preparación previa de la superficie resulta de vital importancia en la aplicación de los recubrimientos. Con el objetivo de determinar el volumen y alcance es necesario:

Remover todos los contaminantes visibles como: cascarilla de laminación, óxido, grasa, lubricante y otros no visibles como: sales solubles, cloruros, sulfatos, carbonatos y silicatos.

Eliminar las imperfecciones que producen aristas y vértices agudos como: gotas de soldadura, bordes de maquinado, esquinas geométricas, filos, cantos, picos y rebabas en general, pues el recubrimiento adopta bajos espesores y se pierde la continuidad de la película e inicia la corrosión.

Los diferentes métodos que existen para una preparación superficial son:





Método mecánico (manual y/o mecanizado): Se utilizan instrumentos (cepillo de alambre, espátula, lija en el primero y pulidoras, cepillos, esmeriles u herramienta neumática, eléctrica, mecánica en el segundo), para limpiar las áreas y eliminar el óxido, las escamas, los restos de soldadura y la pintura en mal estado, obteniéndose dos niveles de limpieza el St2 donde la abrasión elimina el óxido y partículas extrañas y la superficie tiene ligero brillo metálico y el St3 donde la superficie llega a un pronunciado brillo metálico.

Método Químico: Baños con soluciones alcalinas (sosa cáustica, silicatos y carbonatos), solventes orgánicos donde se emplean hidrocarburos (gasolina, benceno) y clorados como el tetra cloruro de carbono, etc.

Fosfatación: Aplicación de disoluciones de fosfato para convertir el óxido del metal en capa protectora.

Método por chorro abrasivo seco y húmedo: Es el chorreado de partículas a presión como arena, granallas, sales, así como agua alcanzando grados Sa3, Sa2 1/2, para usar preferentemente en mantenimientos capitales. En correspondencia a las regulaciones ambientales no es posible usar métodos a chorro que es el establecido para estos casos por la norma. Los factores que son indispensables tener en cuenta para una correcta preparación previa son el tipo de metal y estado superficial, la forma y tamaño de la pieza o instalación, el tipo de recubrimiento a aplicar, los medios técnicos disponibles y el tiempo de duración deseado. Algunos pasos fundamentales para la preparación previa son: El desengrasado; El decapado; Los enjuagues intermedios y finales; El pasivado en dependencia de la situación.

Debido al hecho de que el museo se encuentra en un ambiente agresivo, la preparación superficial es fundamental, ya que la durabilidad de los recubrimientos está dada por su calidad previa. Para lograr una preparación superficial similar a la de la norma es necesario combinar el método manual mecanizado con métodos químicos. En el método manual mecanizado se utilizan cepillos de alambre con taladros, electro-esmeriladora, lijas y discos abrasivos, luego se limpian las superficies con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio, para adquirir un suave brillo metálico. Estos métodos tienen un mayor rendimiento que los métodos manuales, pero aun no logran una superficie bien preparada para la aplicación del recubrimiento. Por lo que después es necesario aplicar un método químico como la Disolución de Fosfato Decapante DISTIN 504 dependiendo del estado inicial de la superficie y del resultado deseado, con lo cual se logra un acabado similar al Sa 21/2 que es el requerido por las normas, además de poseer una superficie con una protección. Las superficies tratadas con disolución de fosfato no requieren ser enjuagadas, pero en todos los casos es fundamental el secado de la superficie metálica, pues afecta directamente a la adherencia. El objetivo del método propuesto es la de obtener un perfil de anclaje que asegure la buena adherencia mecánica del recubrimiento.

Tratamiento y soluciones para los problemas de diseño anticorrosivo

Las soluciones de los diferentes problemas de diseño anticorrosivo son las siguientes: } **Accesibilidad:** Este problema se puede resolver convirtiendo el área inaccesible en otro problema de diseño anticorrosivo con mejores condiciones para la conservación como lo son las áreas cerradas y los componentes huecos. En el



caso de las áreas cerradas deben estar previstos de agujeros de acceso y drenaje. En ambos casos se le aplican algún tipo de grasa anticorrosiva y se cierran de tal manera que no exista la entrada de los diferentes contaminantes.

Tratamiento de orificios: Los orificios que surgen entre piezas que no se pueden separar se le aplican grasas de conservación líquidas y posteriormente debe ser sellado con algún tipo de masilla. En el caso de poder separar las partes, se le aplica algún tipo de masilla anticorrosiva que selle todo el orificio.

Prevención de la corrosión galvánica: Para prevenir este tipo de problema hay que lograr separar las partes de los materiales de diferentes potenciales mediante algunas juntas con masillas anticorrosivas que eliminen los orificios. En el caso de no poder separar las partes se deben reforzar los esquemas de pinturas sobre los diferentes materiales.

Precauciones para prevenir la retención de humedad, depósitos y agua: Una de las soluciones es la de favorecer una superficie inclinada que impida la retención de los diferentes contaminantes mediante la aplicación de alguna masilla anticorrosiva. La otra solución es la de practicar algún tipo de agujero que permita el drenaje de los contaminantes que se puedan depositar y otra solución puede ser la de inclinar la superficie metálica.

Bordes: Los bordes deben ser redondeados mediante la aplicación de algún método mecánico.

Imperfecciones en la superficie de las soldaduras: Las soldaduras deben estar lo más lisas posibles para evitar la deposición de los contaminantes y para ello se aplica algún método mecánico. Si las soldaduras no son continuas se recomienda la aplicación de alguna grasa de conservación líquida en los orificios y posteriormente se debe aplicar la soldadura continua. **Conexiones con pernos:** Los pernos deben ser preparados superficialmente, se le debe aplicar algún recubrimiento de pintura anticorrosiva con el esquema de pintura recomendado para la zona donde se encuentre y posteriormente se aplica algún producto anticorrosivo que pueda eliminar los orificios que surgen entre ellos y las partes que serán unidas.

Áreas cerradas y componentes huecos: Estos problemas a pesar de ser los que menos sufren la corrosión, se les debe aplicar alguna grasa anticorrosiva líquida. Para ellos hay que realizarle dos orificios tecnológicos, uno de acceso y otro de drenaje. Posteriormente se sellan.

Selección del recubrimiento de pintura para el sistema

Para seleccionar el sistema de pintura anticorrosiva más idóneo para el armamento (cañones) del museo, se toma el grado de agresividad corrosiva de la atmósfera, que en este caso se definió por la norma NC ISO 12944-2 como C5M y C5I. Con este y con la durabilidad que se desea, 2-5 años (baja) o 5-15 años (media), se selecciona en la tabla correspondiente, según la norma NC ISO 12944-5, el sistema recomendado para nuestras especificaciones. La durabilidad va a depender del comportamiento del sistema protector en el tiempo. Para este caso el sistema es el S5.06, el grado de limpieza de la superficie recomendado es similar a Sa 2 1/2, el ligante es poliuretano, el tipo de imprimación es enriquecida en zinc, con 1 capa de 40 µm, el acabado es poliuretano, con 3-4 capas de 280 µm, para un total de 4-5 capas de 320 µm de espesor. Una vez





seleccionado el sistema o esquema de pinturas, se escogen los productos con los que se va a realizar el trabajo, en el catálogo HEMPEL. En este caso el primario es HEMPADUR PRIMER 15300 y para el intermedio y acabado es HEMPEL'S POLYENAMEL 55100. Si se solucionan todos los problemas de diseño anticorrosivo y se controla el cumplimiento de los requerimientos establecidos por las normas y el catálogo para estas pinturas, la durabilidad del sistema puede superar los cinco años. Entonces, de una durabilidad baja podría llegar a ser media o alta, pues el esquema seleccionado, está sugerido para cumplir esos plazos. No obstante, el SIPAYC se sugiere reponerlo cada cinco años, pero como las piezas de este museo no están en explotación se puede estudiar la posibilidad de que dure más tiempo. Para definirlo es necesario controlar el comportamiento del sistema de pintura aplicado y la conservación con productos DISTIN, anualmente y si supera los cinco años, podrá ser sugerido para durabilidad media en las condiciones de exposición de los cañones en el museo. Si se logra mayor durabilidad, es una ventaja más en la aplicación del SIPAYC en piezas de museo, pues reduce el número de intervenciones a la pieza y contribuye a preservar su valor patrimonial, además, se reducen los costos de aplicación de este sistema en museos.

Productos que se emplean para la conservación del armamento expuesto en el museo

Los materiales que se analizaron fueron productos de fabricación nacional, que se utilizaran para conformar la tecnología del SIPAYC. Ellos son: Disolución de Fosfatado Decapante de Acción Rápida DISTIN 504; Grasa Líquida Tipo Solvente DISTIN 314 L; Grasa Semisólida DISTIN 314; Mástique Asfáltico Semisólido con Goma DISTIN 404; Cera Impermeabilizante y Abrillantadora Líquida DISTIN 603 L.

Valoración económica de la aplicación y propuesta del SIPAYC para el armamento expuesto 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 propuesta de conservación del armamento en el museo, aplicando el SIPAYC y se señalan sus ventajas. Los productos de conservación DISTIN, son desarrollados por el Centro de Estudio de Anticorrosivos y Tensoactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas. Cada uno de estos presenta características técnicas, definidas en su Ficha Técnica. En el país se consumen productos similares, procedentes de importaciones, que poseen un valor monetario superior a los productos DISTIN, cuya demanda es mayor que la oferta; además, poseen precios muy competitivos por estar elaborados en un 100% con materias primas nacionales logrando así la sustitución de importaciones. El precio de los productos ofertados no se rige por la oferta y la demanda, aunque sean nuevos, sino por la Resolución Conjunta 1/2005 del Ministerio de Economía y 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. El procedimiento de conservación se oferta como un paquete tecnológico que incluye la tecnología en CD, curso de formación del personal, servicio de conservación de la pieza y los



productos a utilizar. Se elaboraron las fichas de costo para la aplicación del SIPAYC para el armamento (cuatro cañones).

Se obtuvieron los valores de los diferentes costos en que se incurre para la aplicación del procedimiento de protección anticorrosiva y conservación. Se calculó el costo total que es para los cañones el precio de los productos necesarios para aplicar el recubrimiento con pintura anticorrosiva, como el área total a pintar es de 30 m², se necesitan 5L de imprimación HEMPADUR PRIMER 15300 a un precio/Litro de (0,22CUP y 0,97MLC) por lo que el costo de esta imprimación es (1,1CUP y 4,85MLC) y 7 L de intermedio y acabado HEMPEL'S POLYENAMEL 55100 a un precio de (0,27CUP y 1,19MLC) por lo que el acabado cuesta (1,89CUP y 8,33MLC), para un costo total de recubrimiento anticorrosivo (pintura) de (2,99CUP y 13,18MLC) a lo que hay que sumarle la mano de obra por la limpieza superficial y la aplicación del recubrimiento. Para aplicar el SIPAYC, solucionando los problemas de diseño anticorrosivo con los productos DISTIN en los cuatro cañones, se incurre en un costo total de 381CUP de ellos 59MLC. El precio de este servicio es de 419CUP de ellos 64,8MLC.

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. 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 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, 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. El armamento (cañones), requiere de inversiones para implementar el SIPAYC. Sin embargo, ya han sido identificados sus problemas y propuestas las soluciones, que han sido debidamente fundamentadas en este trabajo.

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 7200 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.

Análisis de los resultados de las soluciones propuestas y aplicadas a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión del museo





Para lograr solucionar el problema del deterioro por corrosión en el armamento (cañones) del museo “La Ruta del Esclavo”, se propusieron en primer lugar, una serie de medidas preventivas que deben ser puestas en práctica. Ellas se explican a continuación: La limpieza periódica y lavado de los cañones, se sugiere para disminuir la concentración de contaminantes, polvo y humedad en las superficies metálicas. De esta manera, se influye directamente en estos elementos que intervienen en el proceso corrosivo y disminuye su efecto.

Aplicar métodos de protección anticorrosiva con recubrimientos sin dañar la estética y el valor patrimonial de la pieza. Se sugiere la aplicación de recubrimientos anticorrosivos, que actúen como barrera entre el metal y el medio corrosivo. Para los cañones se sugiere aplicar pintura anticorrosiva. Solucionar problemas de diseño anticorrosivo sin modificar el diseño original de la pieza. Esta medida cuando se pone en práctica, es muy efectiva para garantizar la durabilidad del sistema protector, pues se eliminan las zonas por donde puede aparecer primero la corrosión o desarrollarse con más intensidad.

Luego de las medidas preventivas, el SIPAYC propone y da solución a los problemas de diseño anticorrosivo y de corrosión en el armamento. Para implementarlo, se desarrollan tres etapas fundamentales: En la primera etapa se da solución a los problemas de diseño anticorrosivo de forma manual o manual mecanizada, es decir cuando se utilizan equipos mecánicos como el electro-esmerilador o los cepillos de alambre con taladro. Esto se realiza antes de preparar la superficie y pintar. Para los cañones, se debe consultar y realizar esta labor con un especialista en patrimonio y museología, para no dañar el valor patrimonial de la pieza. Después viene una etapa intermedia en la cual se realiza la limpieza superficial y la aplicación de recubrimientos. Para los cañones se emplean métodos manual -mecanizados, sin dañar el valor patrimonial de la pieza y luego se aplica disolución de fosfatado para lograr el grado de limpieza superficial Sa 21/2. Luego los cañones serán pintados con imprimación HEMPADUR PRIMER 15300 y de intermedio y acabado HEMPEL'S POLYENAMEL 55100. Finalmente, una segunda etapa donde se le dan soluciones a los problemas de diseño anticorrosivo que necesitan de productos anticorrosivos y conservación diferentes a las pinturas. Esta etapa se lleva a cabo cuando se aplicó el esquema de pintura específica para cada pieza objeto de estudio. En el caso de los cañones, esta etapa debe realizarse una vez pintados, solucionando entonces, todos los problemas de diseño anticorrosivo que requieran el uso de productos de conservación. Para ello, igualmente se necesita la cooperación de un especialista en conservación del patrimonio y museología. Algunos resquicios y otros problemas de diseño anticorrosivo que lo requieran, se solucionarán con cera abrillantadora e impermeabilizante, que también se aplicará sobre la pintura como capa final, para proteger el recubrimiento. Para aplicar el recubrimiento se incurre en costos, el gasto de mayor incidencia en los costos para los cañones es el de fuerza de trabajo de 141.2CUP y los gastos de materias primas y materiales con un valor de 139.6CUP de los cuales 39MLC, estos corresponden al 37%, de los costos totales.

El precio del SIPAYC para los cañones 419CUP y 64.8MLC, es muy ventajoso, pues no representa grandes inversiones y sí muchos beneficios desde el punto de vista social, por la preservación del valor patrimonial de



las piezas, en una institución de valor continental, que despierta el interés de visitantes de variadas naciones. Esta es considerada una tarea de impacto social.

Conclusiones

El diagnóstico del deterioro por corrosión del armamento en el museo “La Ruta del Esclavo”, permitió determinar la existencia de una serie de problemas en ellos, entre los que se encuentran la ausencia de recubrimientos protectores y escasa limpieza en los cañones que están a la intemperie.

Entre los materiales presentes, el acero y las fundiciones son los más importantes para la conservación por el deterioro que causan los agentes corrosivos, intensificados sus efectos por los problemas de diseño anticorrosivo presentes en las piezas.

Dentro de los tipos de corrosión presentes, la corrosión electroquímica, causada por el aerosol marino de la atmósfera, es la que mayor deterioro origina, en los cañones.

La tecnología elaborada a partir del SIPAYC para el armamento en el museo “La Ruta del Esclavo”, es una propuesta de solución viable y una alternativa para el problema de avanzado deterioro que presentan estas piezas.

De la valoración económica y el impacto social de la protección anticorrosiva con las tecnologías elaboradas, se concluye que no se necesitan grandes inversiones para aplicar la conservación propuesta para el armamento (cañones) y que esta, por la importancia de preservar el patrimonio nacional, es una tarea de impacto social.

Referencias

- 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
- Águeda, E. 2010. Elementos fijos. Quinta edición.
- CORVO, F., VELEVA, L., L. 2003. Corrosión Atmosférica. En: ANDRADE da SILVA, J.R. (Ed) Productos Electro - Electrónicos en Ambientes Tropicales. Sao Paulo: Campinas, p.137-170.
- 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. 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 dediseño anticorrosivo en los proyectos con sistemas de pinturas protectoras. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.





ISBN 978 - 959 - 16 - 2070 - 5.

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.

López. et al. 2013 Conservación de Patrimonio. CD Monografías. Matanzas, Universidad de Matanzas.

Pancorvo, Francisco.2011. Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación.

Tomashov, N.D. 1979. Theory of corrosion and protection of metals. La Habana. Ed. Revolucionaria. 672 p.

Recibido: 24 de enero, 2022

Aprobado: 15 de febrero, 2022

