

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial
Centro de Investigaciones de Soldadura



Trabajo de Diploma

Estudio del Sistema de Mantenimiento en las Pasarelas en el Hotel Playa Cayo Santa María

Autor: Javier Antonio Hernández Santana

Tutor: Dr. Jorge Luís García Jacomino

Ing. Lean S. Chiang Rodríguez

2016-2017

Agradecimientos

Agradecimientos

- ✓ *Gracias a mi familia y en especial a mis padres por darme todo su apoyo, su amor y comprensión.*
- ✓ *Gracias a mi madre querida, que ha sido mi fuerza durante todos estos años.*
- ✓ *A mi padre, un ejemplo a seguir.*
- ✓ *A mi novia por aguantarme cada impulso y por estar a mi lado en todo momento.*
- ✓ *Gracias a mis profesores que contribuyeron a mi preparación como profesional, en especial a mi tutor Dr. Jorge Luis García Jacomino, por su paciencia y comprensión.*
- ✓ *Gracias a todos mis amigos, por su apoyo, son tantos que me gustaría resumirlo en todos para que no se me escape ninguno.*
- ✓ *A los trabajadores y directivos del Hotel Playa Cayo Santa María, por el apoyo brindado, en especial al jefe de Servicios Técnicos Ing. Lean S. Chiang.*

A TODOS MUCHAS GRACIAS

Índice

Índice

Introducción	1
Capítulo I. Generalidades sobre la gestión de mantenimiento	5
1.1. Breve evolución histórica del mantenimiento	6
1.1.1. Mantenimiento en Cuba	7
1.1.2. Planificación	9
1.1.3. Organización.....	10
1.1.4. La ejecución.....	10
1.1.5. El control	11
1.2. Tipos de mantenimiento	11
1.2.1. Tendencias actuales de mantenimiento	13
1.2.2. Mantenimiento en el Grupo de Hotelería y Turismo Gaviota S.A.	15
1.3. Principales materiales utilizados en la infraestructura de una instalación hotelera.....	16
1.3.1. Materiales empleados en la construcción de estructuras cercanas al mar	17
1.3.2. Principales fenómenos de degradación de la madera en ambientes costeros	17
Capítulo II. Estudio del mantenimiento aplicado a las pasarelas	21
2.1. Caracterización general de la pasarela.....	21
2.2. Revisión del Manual de Servicios Técnicos de Gaviota S.A.	22
2.3. Revisión de las tareas planificadas en el @mantener	23
2.4. Principales fenómenos de degradación que afectan a las pasarelas	23
2.5. Estado de conservación de las pasarelas de madera	23
Capítulo III. Uso del material compuesto WPC para las pasarelas	28
3.1. Propiedades del material compuesto WPC.....	28
3.1.1. Propiedades generales del WPC	29
3.1.2. Consideraciones sobre el uso del WPC	30
3.1.3. Ejemplos de aplicación en las instalaciones hoteleras cubanas del WPC	31
3.2. Ensayo de desgaste según la norma ASTM G 65.....	33
3.2.1. Parámetros del ensayo	34
3.2.2. Descripción del ensayo.....	35
3.2.3. Cálculo y reporte de los resultados.....	38
3.2.4. Determinación de la fuerza aplicada entre la probeta y la rueda de caucho.....	38
3.3. Análisis y discusión de los resultados del ensayo de desgaste abrasivo	39
3.4. Propuesta de sistema de mantenimiento a las pasarelas construidas con WPC	47
Conclusiones	49

Recomendaciones.....	51
Bibliografía.....	53
Anexos.....	57
Anexo 1. Esquema que muestra los distintos tipos de mantenimiento.....	57
Anexo 2. Organización tipo del departamento de servicios técnicos	58
Anexo 3. Presentación del software para la GMAO @mantener	59
Anexo 4. Pasos propuestos por (Christensen, 2005)	60

Resumen

Resumen

En la presente investigación se realiza un estudio sobre las generalidades de la gestión del mantenimiento, se hace referencia a su evolución histórica, sus particularidades en Cuba, y la forma en que se realiza en el sector hotelero cubano. Específicamente el estudio se realiza en el Hotel Playa Cayo Santa María. Se caracterizan los diferentes tipos de mantenimiento y las tendencias actuales. De igual modo se analiza el mantenimiento en el Grupo de Hotelería y Turismo Gaviota S.A. Posteriormente se presentan los principales materiales empleados en la infraestructura hotelera y en estructuras cercanas al mar. En este sentido se alude a los principales fenómenos de degradación que afectan a las pasarelas, así como su estado de conservación y su plan de mantenimiento. Además, se describe el uso del material compuesto WPC para las pasarelas, sus propiedades, consideraciones y ejemplos de la aplicación de este material en las instalaciones hoteleras. Se efectúa un ensayo de desgaste abrasivo para comparar la resistencia al desgaste de distintos materiales, utilizados en la construcción de pasarelas. Por último, se propone un sistema de mantenimiento para las pasarelas construidas con WPC, que contribuye a alargar su vida útil.

Summary

In the present investigation a study is carried out on the generalities of maintenance management, reference is made to its historical evolution, its particularities in Cuba, and the way it is performed in the Cuban hotel sector. Specifically, the study is performed at the Playa Cayo Santa María Hotel. The different types of maintenance and current trends are characterized. The maintenance of the Gaviota S.A. Hotel and Tourism Group is also analyzed. Subsequently the main materials used in hotel infrastructure and structures near the sea are presented. In this sense, the main degradation phenomena that affect the catwalks, as well as their conservation status and maintenance plan are mentioned. In addition, the use of the WPC composite for the walkways, their properties, considerations and examples of the application of this material in the hotel facilities is described. An abrasive wear test is performed to compare the wear resistance of different materials used in the construction of walkways. Finally, a maintenance system is proposed for gateways constructed with WPC, which contributes to lengthen its useful life.

Introducción

Introducción

En el contexto actual el turismo es uno de los principales sectores que sostienen la economía mundial. Es por ello que muchos países lo utilizan como la base de su desarrollo y por tanto le dedican un mayor interés. Por su parte, en el contexto cubano este sector es un foco de atención, que ha sido apoyado y promovido desde el triunfo de la Revolución Cubana, siendo el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz uno de sus mayores promotores. Sin embargo, existe la limitante de que el país no cuenta con variedad de recursos minerales (grandes yacimientos de petróleo, grandes minas para extraer minerales, grandes industrias) puesto que por sus características tropicales es considerado principalmente agrícola.

Por otra parte, como elemento positivo se puede destacar que posee hermosas ciudades emblemáticas como Trinidad, Camagüey, Remedios, Santiago de Cuba, La Habana, lo que hace del turismo cultural, urbano y monumental una gran atracción, y por tanto resulta pertinente aprovechar esta potencialidad en aras de fortalecer la economía. De igual modo cuenta con exuberantes paisajes y hermosas playas que logran cautivar a los visitantes, que cada año regresan para disfrutar de dichas bellezas naturales. Tal es el caso de las playas de Varadero, playa Blanca, playa Larga, cayos como Cayo Largo, Cayo Blanco del Sur y una de las cayerías más largas del archipiélago: la Cayería Jardines del Rey, situada al norte de las provincias de Villa Clara, Sancti Espíritus, Ciego de Ávila y Camagüey, perteneciente al archipiélago cubano que incluye Cayo Guillermo, Cayo Coco, Cayo Santa María, Cayo Guajaba, Cayo Romano.

Por su parte Cayo Santa María es uno de los más visitados ya que cuenta con una esplendorosa vegetación tropical, aves exóticas y arrecifes coralinos que son una gran atracción y un excelente sitio para el buceo y otros deportes náuticos.

En esta cayería existen un total de 15 instalaciones de diferentes categorías. El ambiente costero provoca que las instalaciones sufran un nivel de deterioro mucho mayor que otras que se encuentran ubicadas en ciudades al interior, trayendo consigo que el mantenimiento, la preservación y el correcto funcionamiento sea una de las tareas fundamentales a la que se enfrentan los servicios técnicos de Gaviota.

En este sentido (Fernandez, 2012) plantea que el desarrollo del turismo en Cuba reclama de una continua, dinámica y eficiente preparación de sus recursos humanos, para que sean portadores

de una alta profesionalidad en su desempeño, capacidad de adaptación a los cambios de la actividad, creatividad para encontrar soluciones y sentido de pertenencia al sector y a la patria.

Uno de los problemas que presentan estos hoteles es el rápido deterioro de las pasarelas, utilizadas por los clientes, que le brindan al hotel un estilo clásico y natural. Por estas razones resulta necesario darle un correcto mantenimiento que garantice su buen estado.

Teniendo en cuenta lo anterior se pudo conocer que en el Hotel Playa Cayo Santa María no se han realizado estudios sobre la gestión de mantenimiento de las pasarelas, ni los fenómenos de degradación de los materiales con que se fabrican. Por tanto, se plantea el siguiente problema científico

Problema científico

Se desconocen los fenómenos de degradación estructural que sufren los materiales que se emplean en la construcción de pasarelas.

Hipótesis

Si se caracterizan los materiales empleados en la construcción de pasarelas se pueden establecer acciones de la gestión del mantenimiento para extender su vida útil.

Objetivo General

Estudiar los fenómenos de degradación que afectan a los materiales usados en la construcción de pasarelas para proponer acciones de mejoras en la gestión del mantenimiento.

Objetivos específicos

1. Estudiar los fenómenos de degradación que afectan a los materiales que se utilizan en ambiente costero, en específico a las pasarelas de playa para establecer las acciones de mantenimiento que permitan alargar su vida útil.

2. Realizar un ensayo de desgaste abrasivo comparativo de los materiales usados en la construcción de pasarelas de playa para predecir su durabilidad.

Capítulo I

Capítulo I. Generalidades sobre la gestión de mantenimiento

Introducción

Según lo planteado por (Gutiérrez, 2012) la empresa generadora de bienes y/o servicio que utilizan instalaciones, edificios, máquinas, equipos, herramientas, utensilios, dispositivos etc., para lograr su objetivo social y empresarial necesita que sus activos se mantengan en un buen estado de funcionamiento, de confiabilidad, de mantenibilidad y de disponibilidad, acorde a sus necesidades, por lo cual la organizaciones empresariales deben procurar que la vida útil de sus equipo sea la máxima posible al mínimo costo alcanzable.

En este sentido vale destacar que la correcta implementación del mantenimiento juega un rol importante si desea mantener las instalaciones, ofreciendo esta un buen servicio que garantice el confort de las personas que hacen uso de estas instalaciones.

Para lograr la máxima eficiencia en la gestión del mantenimiento existen grupos de personas encargadas de realizar todas las tareas, no solo de reparación de instalaciones y dispositivos sino también en el manejo y recopilación de datos, siendo estos los indicadores que muestran si el mantenimiento es eficiente o no.

A pesar de todas las tareas realizadas, no puede posponerse indefinidamente el momento en que el sistema deja de ser funcional. A partir de ahí, es necesario realizar otras para que recupere su funcionalidad. Esto conduce al concepto de mantenimiento que incluye todas las tareas que realiza el usuario para conservar el elemento o sistema en buen estado, o para recuperarlo a dicho estado.

(Morera, 2016) plantea en términos generales que la tarea de mantenimiento surge desde los mismos inicios de la especie humana, cuando esta necesitó reparar las herramientas rudimentarias que utilizaba para la subsistencia en un ambiente tan hostil a través del cual debía abrirse paso para garantizar su supervivencia.

Por ello todas las instalaciones, herramientas o utensilios destinados a producir un bien o servicio, debe mantenerse en óptimas condiciones, que le permitan garantizar un funcionamiento correcto durante un período dado de explotación, logrando un producto de determinada calidad, y a un costo lo más bajo posible.

Precisamente por ello resulta necesario que quien se dedique al mantenimiento de cualquier tipo de instalación no se conforme con detectar una falla y repararla, lo más importante es descubrir el origen del desperfecto y prever, al menor costo posible que no se repita en el futuro. Es aquí donde juega un papel indispensable la gestión del mantenimiento, ya que se basa en actuar sobre todos los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa o entidad.

El departamento de mantenimiento no debe limitarse solamente a la reparación de las instalaciones, además debe pilotear los costos de mantenimiento, recursos humanos y almacenes, a fin de desarrollar una óptima gestión de mantenimiento.

En correspondencia con lo anterior (Machado, 2012) y (Morera, 2016) plantean que la forma de maximizar la eficacia, la eficiencia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y la aplicación de las leyes que gobiernan la relación entre producción y mantenimiento.

1.1. Breve evolución histórica del mantenimiento

Según asevera (González, 2016) antiguamente la gestión del mantenimiento se centraba en la búsqueda de una mayor eficiencia a la hora de solucionar problemas, es decir cuando ya el daño estaba hecho. El departamento de mantenimiento daba solución a los problemas que se presentaran en las instalaciones en funcionamiento y se le daba solución a los mismos en el menor tiempo posible.

Desde esta postura se puede afirmar que el mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado y se centraba solamente en roturas que surgían durante la producción.

Por su parte(González, 2016) afirma que el buen resultado de la gestión se ponía de manifiesto por el número de operaciones realizadas y el tiempo empleado en estas, por lo que las actuaciones de mejoras se encaminaban simplemente a tratar de gestionar más eficazmente este departamento y hacer las intervenciones en el menor tiempo posible.

El mantenimiento correctivo se fue generalizando en los sectores que producían bienes o servicios hasta cerca de la segunda guerra mundial ya que este corregía los defectos que surgían durante el proceso de producción y que la maquinaria con la que se contaba en aquella época era de poca complejidad.

A medida que evolucionó la sociedad surgió la necesidad de aumentar la cantidad y la calidad de las producciones, lo que trajo consigo un desarrollo inminente de las máquinas, aumentando así su complejidad estructural,

En este sentido (Morera, 2016) plantea que esta dependencia provocó que el mantenimiento se adentrara en buscar nuevas formas de prevenir los fallos y, por tanto de evitar o reducir los tiempos de parada forzada de las máquinas. Con esto se lograba una continuidad en la producción y se lograba una explotación mucho más eficiente de los medios productivos.

Ya en la década de los 60 el mantenimiento consistía primordialmente en realizar revisiones periódicas a la maquinaria a intervalos fijos. Por ello según (Morera, 2016) se comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del mantenimiento con el objetivo de controlar el aumento de los costos de mantenimiento y planificar las revisiones a intervalos fijos.

Más adelante en los años 80 brotaron nuevas concepciones acerca de la producción y para darle respuesta surgió un nuevo concepto en la gestión del mantenimiento: la monitorización de las condiciones que devendría en el mantenimiento predictivo.

Para (González, 2016) en la actualidad se busca la reducción de costes de mantenimiento, eliminación de los tiempos de paro y eliminar todo aquello que no aporte valor al producto, por lo que los diferentes departamentos (producción, ingeniería, mantenimiento, etc.) trabajan conjuntamente en esta meta común: la total desaparición de incidencias.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) recopila las anteriores prácticas de mantenimiento y las proyecta hacia adelante. Además ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos, permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora los tiempos de respuesta y la fiabilidad de suministros (Nakajima, 1988).

1.1.1. Mantenimiento en Cuba

Cuba no es uno de los países donde el mantenimiento ha alcanzado altos niveles puesto que antes del triunfo de la Revolución el país no contaba con una formalización de la actividad del mantenimiento, con excepción de algunas entidades. Al crearse el Ministerio de Industria se comienza a introducir el Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), adaptándose este a las

condiciones específicas de cada ministerio, ya que su implementación lograba un ahorro considerable de recurso, dinero y tiempo.

En el año 1990, con el derrumbe del campo socialista y el recrudecimiento del bloqueo económico, político y financiero impuesto a Cuba por Estados Unidos, resultaba difícil la adquisición de tecnologías, herramientas, materiales y piezas de repuesto. Se redujeron los presupuestos financieros, lo que provocó el deterioro y la obsolescencia de la infraestructura física y tecnológica de las instalaciones y empresas cubanas.

Una gran parte de las empresas existentes en el país se encontraba con un acentuado deterioro de su infraestructura y un gran atraso tecnológico de sus maquinarias. Estas entidades por lo general no contaban con personal calificado para planificar y realizar el mantenimiento, lo que trajo consigo que el mantenimiento no cumpliera con su principal función: conservar y brindar una mayor fiabilidad a un sistema determinado.

Coincidiendo con (Morera, 2016) en 1996 se realiza otro avance significativo en la actividad del mantenimiento en el país que está dado por la propuesta realizada por (Martínez, 1996); donde se desarrolla la versión cubana del Sistema Integrado de Mantenimiento, denominado en Cuba Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). A partir de ese momento se comenzaron a aplicar varios sistemas de mantenimiento, principalmente en plantas productivas del Ministerio de la Industria Ligera.

De igual modo en esta época en el país se acentuó la necesidad que existía de perfeccionar la gestión del mantenimiento y su importancia indiscutible en su implementación adecuada, en todos los sectores industrializados existentes.

Con el paso del tiempo ocurrieron nuevos aportes, en el año 2001 se introdujo la planificación de los Recursos Humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). En 2005 según (Borroto, 2005) fue confeccionado un procedimiento para la realización de la auditoría de Mantenimiento en el Ministerio de Salud Pública, específicamente en hospitales de la provincia Villa Clara.

En el año 2011 el mantenimiento ocupa, por lo importancia que se le atribuye, un lugar fundamental en los objetivos y procesos de actualización del modelo económico y social cubano. Expresado en 15 de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC, 2011). De estos

lineamientos vale resaltar el 117 donde se enuncia que: “Constituirán la primera prioridad las actividades de mantenimiento tecnológico y constructivo en todas las esferas de la economía” y el 267 que expresa “Priorizar el mantenimiento y renovación de la infraestructura turística y de apoyo”.

Gestión de mantenimiento y principales filosofías

La gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. La gestión de mantenimiento es la actuación con que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada.

Es responsable de armonizar los activos fijos, minimizando los tiempos de parada y los costos asociados a los mismos. Es por esto, que una adecuada gestión de mantenimiento, en el marco de una filosofía del personal orientada hacia la calidad, ayuda a incrementar la productividad. Por tanto, resulta de vital importancia el estudio de los aspectos que pueden afectarla.

En este sentido la gestión de mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones que se muestran en la Figura 1.



Figura 1. Funciones de la gestión del mantenimiento.

1.1.2. Planificación

Esta es la etapa inicial de la gestión del mantenimiento, es un proceso que implica tener uno o varios objetivos a realizar junto con las acciones requeridas para su cumplimiento exitoso.

Según (Navarrete, 1998) en la planificación se le debe dar respuesta a las preguntas: ¿cómo hacerlo?, ¿con qué hacerlo? y ¿con quién hacerlo? En esta fase se definen: las acciones de mantenimiento (preventivo, correctivo) a realizar en los equipos o instalaciones, los recursos necesarios (materiales y humanos), y se establece el balance de las cargas de trabajo con las capacidades de medios y hombres para llevarlas a cabo.

Apoyando lo anterior (García-Jacomino, 2015) resalta que deben ser cubiertos una serie de aspectos, como son:

- Planes de mantenimiento
- Manejo de repuestos y partes
- Recursos humanos
- Manejo de contratistas (terceros)
- Recursos físicos
- Recursos financieros

1.1.3. Organización

La organización es el área más ampliamente desarrollada de la teoría administrativa. Tiene dos vertientes fundamentales, una estática que es sinónimo de entidad u organización creada para alcanzar determinados objetivos, o colectivo de personas estructurado para la acción. La vertiente dinámica es la organización como función de dirección, que consiste en ordenar y armonizar los recursos humanos, materiales y financieros de que se dispone con la finalidad de cumplir un objetivo dado con la máxima eficiencia (Navarrete, 1998).

Para llevar a cabo las funciones que permitan el cumplimiento de los objetivos y la meta del mantenimiento industrial debe existir un ente organizativo que se encargue de ello, aunque muchas de las funciones enunciadas se deberán desarrollar en forma compartida con otras áreas de la empresa (Navarrete, 1998).

1.1.4. La ejecución

La ejecución del mantenimiento puede realizarse por medios propios, por contratación de los trabajos a terceros o, como es bastante común, contratar una parte, y el resto ejecutarlo por medios propios, combinación conocida como mixta (Hernández, 2013).

Vale destacar que la utilización de servicio de terceros solo debe usarse cuando en la empresa o entidad no se cuente con los recursos o el personal capacitado para darle cumplimiento a la tarea, además estos servicios deben ser muy bien controlados y aplicados correctamente.

1.1.5. El control

(Christen, 2006) expresa que el control del mantenimiento es un conjunto de actividades destinado a comprobar la realización y desempeño de una correcta labor de mantenimiento. El control comienza desde el momento que es recibido el programa, debe controlarse las etapas de planificación y la ejecución del mismo, incluyendo la preparación del trabajo, hasta la verificación del correcto funcionamiento del equipo o sistema, luego de la ejecución de las tareas concretas.

Este control también abarca las órdenes de trabajo ya que en estas se registran todos los gastos que dieron lugar al trabajo ejecutado. Es preciso destacar que estas órdenes de trabajo constituyen el documento básico del control del mantenimiento.

1.2. Tipos de mantenimiento

Autores como (Silverio, 1993), (Aduvire, 1994), (Martínez, 1996), (Plath, 1996), (LAGARES, 1998) presentan diversidad de criterios en cuanto a los tipos de mantenimiento, a pesar de esto, todos coinciden en que los tipos de mantenimientos más usados son el correctivo, el preventivo y el predictivo. A continuación, se exponen las características de los tres tipos básicos de mantenimiento.

Según la norma AFNOR X60010 existen varias clasificaciones para los tipos de mantenimiento (Ver Anexo 1).

Mantenimiento correctivo:

Según (Torres, 2005) consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento. Dentro de este tipo de mantenimiento se pueden contemplar dos enfoques, el mantenimiento paliativo o de campo (de

arreglo) encargado de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la avería; y el mantenimiento curativo (de reparación): este se encarga de la reparación propiamente, pero eliminando las causas que han producido la avería.

Según (García, 2003) la tarea de mantenimiento correctivo típico consta de las siguientes actividades:

- Detección de la falla
- Localización de la falla
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje
- Pruebas
- Verificación

Mantenimiento preventivo:

Varios autores como (Fabro, 2006) y (Torres, 2003) definen este tipo de mantenimiento. Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina, en base a la experiencia y los datos históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias.

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua (Torres, 2003).

Este tipo de mantenimiento puede ser relativamente costoso, ya que sustituye piezas o elementos de un determinado equipo sin haberse explotado al máximo. Un ejemplo que ilustra la anterior afirmación lo constituyen los cojinetes de rodamientos, que, sin llegar a su máximo período de vida útil, son sustituidos por nuevos, incrementando los costos por mantenimiento.

Según lo planteado por (Taboada, 1990) el mantenimiento preventivo se inicia con un análisis detallado del estado de la maquinaria. Para ello, se establecen unos parámetros de medida tales como:

- ✓ Tiempo entre fallos consecutivos (MTBF)
- ✓ Tiempos medios de reparación (MTTR)
- ✓ Rendimiento global de la maquinaria (OEE) y similares

Mantenimiento predictivo:

Se entiende por Control Predictivo de Mantenimiento, la determinación del punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, o sea, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables (Tavares, 2000).

En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que no tenga consecuencias graves (Torres, 2003).

Algunas de las principales técnicas de monitoreo que son empleadas en el mantenimiento predictivo según (Taboada, 1990) son:

- ✓ Análisis vibracional de equipos o elementos rotativos
- ✓ Análisis de la degradación de los aceites y lubricantes (motores, etc.)
- ✓ Termografía
- ✓ Medición de espesores. Etc.

1.2.1. Tendencias actuales de mantenimiento

(González, 2016) expresa que las acciones de mantenimiento, planeadas o no (como las modificativas y las correctivas), no son ni buenas ni malas en sí mismas; sólo llegan a ser más adecuadas unas que otras en la medida que se realicen a partir de una táctica dada (TPM¹, RCM²,

¹ *Total Productive Maintenance* (Mantenimiento Productivo Total)

² *Reability Centered Maintenance* (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)

combinada, clase mundial, reactiva, proactiva, etc.) y de unos criterios técnicos que permitan establecer si la estrategia utilizada es la más económica y conveniente a la luz del LCC³ y de los beneficios obtenidos en confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad por unidad económica invertida en ese tipo específico de acción (correctiva, modificativa, preventiva y/o predictiva) .

Con el avance tecnológico la gestión del mantenimiento ha ido evolucionando, por lo que las máquinas son más complejas. Durante las últimas décadas ha surgido un alza en la competición de las empresas por ofertar productos de alta calidad y durabilidad, lo que trae consigo que las estrictas normas de calidad obliguen a los departamentos de mantenimiento de cualquier entidad, a transformarse en una unidad de alto valor en la productividad total de la empresa, aplicando para garantizar esta elevada distinción, nuevas técnicas y prácticas de mantenimiento.

(Batista, 2000) expresa que en la situación actual es imprescindible, tanto en las grandes como en las medianas empresas, la implantación de una estrategia de mantenimiento predictivo para aumentar la vida de sus componentes, mejorando así la disponibilidad de sus equipos y su confiabilidad, lo que repercute en su productividad.

Una de las mayores aspiraciones de las áreas de mantenimiento de cualquier entidad, es llegar a una organización de clase mundial, ya que en este tipo de organización es definido como un mantenimiento sin desperdicio. Además, exige para su implementación de un cambio de actitud y de cultura del mantenimiento en la organización. Requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeamiento, para realizar las cosas que hay que hacer en la forma más correcta posible y con la mayor profundidad científica.

Según (Schultz et al., 2003) las empresas que están ubicadas en varios países son llamadas a utilizar intensivamente la técnica de clase mundial, esto las obliga a cumplir con las normas y tratados internacionales. La organización que sigue esta técnica normalmente se apoya en leyes de clase mundial en mantenimiento como: OREDA⁴, AFNOR265⁵, British Standard, EIREDA⁶,

³ *Life Cycle Cost* (Costo del Ciclo de Vida)

⁴ Offshore Reliability Data

⁵ Association Francoise of Normalization

⁶ European Industry Reliability Data

SAE⁷, Military Standard, ESREDA⁸, ISO⁹, DIN¹⁰, ASME¹¹ y muchas otras propias de regiones o países; es utilizada también por empresas que exportan gran parte de sus productos o servicios y se tienen que acoger a las normas de las naciones donde llevan sus bienes.

1.2.2 Mantenimiento en el Grupo de Hotelería y Turismo Gaviota S.A.

En la actualización del modelo económico cubano se aprobó el Lineamiento No: 267- Política para el turismo, que plantea: “priorizar el mantenimiento y renovación de la infraestructura turística y de apoyo. Aplicar políticas que garanticen la sostenibilidad de su desarrollo, implementando medidas para disminuir el índice de consumo de agua y portadores energéticos, e incrementar la utilización de fuentes de energía renovable y el reciclaje de los desechos que se generan en la prestación de los servicios turísticos” (PCC, 2011).

El mantenimiento en el Grupo de Hotelería y Turismo Gaviota S.A. es un objetivo fundamental, para la conservación de sus instalaciones este grupo trabaja teniendo en cuenta la consigna “la mala calidad se trasmite deteriorando la imagen con rapidez; lo que cuesta gran trabajo crear se pierde por no saberlo mantener” (Gaviota, 2011).

Para que un cliente se mantenga satisfecho, las instalaciones, equipos y portadores energéticos deben trabajar con una garantía absoluta y un máximo de calidad. Este mantenimiento se rige por el documento oficial Manual de Servicios Técnico.

Uno de los Departamentos más importantes de cualquier instalación turística es el de Servicios Técnicos o Mantenimiento y de este dependerá, en gran medida, el buen funcionamiento básico de todas sus instalaciones y la satisfacción de las necesidades primarias de todos los clientes de las mismas. La Dirección de la instalación debe tener un esquema claro y eficaz para la realización del mantenimiento (Ver Anexo 2) y así lograr el máximo rendimiento no solamente de las instalaciones técnicas, sino también de las edificaciones.

⁷ Society Automotive Engineers

⁸ European Safety Reliability & Data Association

⁹ International Organization for Standardization

¹⁰ Deutsches Institut für Normung

¹¹ American Society of Mechanical Engineers

Según (Gaviota, 2011), partiendo del principio de que todo equipo, instalación o edificio están proyectados con vistas a garantizar las características más convenientes del trabajo a desarrollar, la labor del mantenimiento incluye todas las actividades necesarias para asegurar la continuidad de las características originales de los mismos y en dependencia de las características particulares de cada instalación tendrá el siguiente alcance:

- Mantenimiento de equipos, instalaciones y servicios de los diferentes departamentos.
- Mantenimiento de las edificaciones y obras civiles existentes.
- Mantenimiento del parque de máquinas herramientas existentes en los talleres.
- Inspección y lubricación de las instalaciones.
- Servicios de pinturas y medidas de protección anticorrosivas.
- Modificaciones de equipos y edificaciones existentes.
- Mantenimiento a los equipos automotores.
- Mantenimiento, cuidado y conservación de las áreas verdes.
- Mantenimiento y explotación de piscinas.
- Medios técnicos de protección.

1.3. Principales materiales utilizados en la infraestructura de una instalación hotelera

En las instalaciones hoteleras de Cuba se utilizan una gran diversidad de materiales para la construcción. Entre ellos se pueden nombrar el hormigón, que conforma la mayor parte de las estructuras del hotel, acero galvanizado en los mástiles portabanderas, PVC en tuberías de agua potable y alcantarillado, losas para la decoración de piscinas, baños y cocinas, placas de yeso y cartón yeso (*pladur*) en las paredes que dividen las habitaciones.

Por su parte, la madera es muy utilizada ya que esta le da al hotel un aspecto natural y se utiliza fundamentalmente en el revestimiento de estructuras, en la fabricación de instalaciones en las áreas de la playa y zonas aledañas y en la fabricación de pasarelas.

1.3.1. Materiales empleados en la construcción de estructuras cercanas al mar

Por lo general las pasarelas del hotel se encuentran muy cerca o en contacto directo con el mar, por lo que sufren una degradación severa debido a que este medio que le rodea es muy agresivo. Estas pasarelas están hechas de materiales que contrastan lo mejor posible con la naturaleza y que preservan las dunas de la playa.

La Tabla 1 muestra las clasificaciones de los materiales que son utilizados en la fabricación de pasarelas y su vida útil. La Tabla 2 refleja un resumen de los materiales más utilizados

Tabla 1. Clasificación de materiales

Nivel de durabilidad	Tiempo de vida útil (años)
Grupo A: Elementos de gran durabilidad	de 40 hasta 100
Grupo B: Elementos de durabilidad media	de 10 hasta 60
Grupo C: Elementos de poca durabilidad	de 5 hasta 10

Tabla 2. Materiales utilizados en las construcciones

Elementos estructurales	Nivel de Durabilidad	Tiempo de vida útil
Cimientos aislados hormigón armado	A	de 65 hasta 100
De piedra o hierro fundido	A	de 65 hasta 70
De ladrillos y bloques	A	de 65 hasta 80
De madera dura	A	de 40 hasta 65
Cubierta de asbesto cemento	B	de 25 hasta 40
De láminas metálicas	B	de 20 hasta 25
De madera aglomerada	B	de 20 hasta 40
Impermeabilización cementosa	C	de 5 hasta 8
De madera blanda	C	de 5 hasta 10

En el caso de las pasarelas del Hotel Playa Cayo Santa María el material con que se fabricaron pertenece al grupo A (madera dura) por lo que estas pasarelas tienen una larga vida útil si las mismas presentan un adecuado mantenimiento. Por encima de estas se transporta los productos gastronómicos para el ranchón que se encuentra en las áreas de la playa, lo que provoca un aumento de las condiciones de degradación a las que está sometida dicha pasarela.

1.3.2. Principales fenómenos de degradación de la madera en ambientes costeros

La degradación de la madera surge por acción de distintos agentes del medio ambiente que pueden ser bióticos, abióticos y por acción del hombre. Por ejemplo, los denominados factores

abióticos del ambiente como el agua, el viento, la radiación solar, el fuego y los esfuerzos mecánicos.

Según (LAGARES, 1998) una de las principales causas del deterioro superficial de la madera se debe a los cambios rápidos del contenido de humedad en la capa externa. El agua moja la superficie de la madera sin protección, y es absorbida rápidamente por capilaridad, por la capa superficial de la madera. Además, expresa que el vapor de agua es recogido directamente por adsorción por las paredes de las células. La diferencia de humedad entre el interior y la capa superficial que tenderá a hinchar, provoca un estado de tensiones en la pieza, que si no está equilibrado origina la arqueadura y la aparición de grietas, siendo estas vías de entrada de microorganismos.

Este fenómeno se empeora cuando la estructura está cercana al mar o en contacto con él (en playas), pues transitan personas con arena pegada en los pies facilitando el desgaste abrasivo de la estructura. Este desgaste provoca que se pierda la protección (pinturas, barnices, otros) que se aplica a estas superficies del entablado, lo que deja expuesta la madera a un ataque más severo de los fenómenos de degradación.

Otro de los fenómenos que influye severamente según (LAGARES, 1998) es la radiación solar cuando la estructura o la pieza de madera se encuentra a la intemperie, esta radiación degrada los componentes como la lignina causando decoloración y desfibrado.

Vale destacar que el deterioro de la madera expuesta a la intemperie por radiación es lento. Aunque en la práctica, el agua y el sol, actúan de forma combinada y se potencian entre si multiplicando los efectos de degradación sobre la madera.

Por otra parte se encuentran los factores bióticos que en la mayoría de los ambientes se produce deterioro por ataque de estos organismos vivos (xilófagos¹²) ya que estos se alimentan de los reservorios energéticos que contiene la madera.

Los hongos descomponedores (Basidiomycetes) son los causantes de las llamadas pudrición parda y blanca. Los hongos filamentosos (Ascomycetes) y algunas bacterias son los responsables de la pudrición blanda

¹²xilófago, ga. (De xilo- y -fago). Se dice de los insectos que roen la madera. U. t. c. s.

Estos organismos viven en ella o la utilizan para incubación de sus larvas. Ejemplos de estos organismos son los hongos, los insectos y los perforadores marinos (moluscos y crustáceos) (Ojeda et al., 2012).

En las Figura 2 se muestran los insectos que afectan a la madera. Las termitas pueden llegar a ser las más destructivas, ya que después que formen una colonia, se multiplican con gran facilidad.

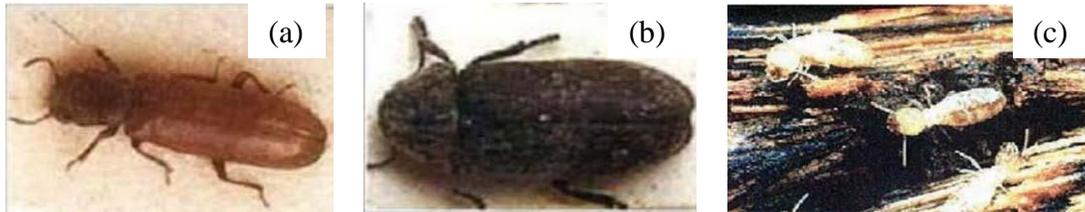


Figura 2. Insectos que atacan a la madera: (a) escarabajos longicornios, (b) escarabajo pulverizadores, (c) termitas.

La Figura 3 muestra un esquema de la degradación de madera por parte de los hongos.



Figura 3. Proceso de degradación de la madera.

Se observa que la madera es afectada por las enzimas digestoras segregadas por los hongos y estas enzimas a su vez degradan el sustrato de la madera que es digerida por las enzimas. Por último, la madera digerida es absorbida por el hongo. De esta manera sucede la descomposición total o parcial de estructuras echas de madera. Este proceso ocurre cíclicamente.

Capítulo II

Capítulo II. Estudio del mantenimiento aplicado a las pasarelas

Las pasarelas del Hotel Playa Cayo Santa María son utilizadas para que los clientes puedan acceder a la playa, por lo que garantizar que estas conserven su estética y confiabilidad es una tarea de suma importancia, puesto que sobre ellas se transportan también productos gastronómicos hacia los diferentes locales situados en la playa.

2.1. Caracterización general de la pasarela

La pasarela de madera del Hotel Playa Cayo Santa María posee 5 años de explotación y se encuentra elevada sobre el nivel del terreno, con un ancho de 0,90 m en la parte de acceso al Ranchón y de 1,50 m para el acceso a la playa, con el fin de facilitar el paso de los clientes y el suministro de bebidas por medio de carretillas manuales. La parte de esta pasarela que es utilizada para acceder a la playa tiene una distancia de 120 m y la parte de acceso al Ranchón 35 m, como se muestra en la Figura 4.

La altura mínima de las barandas es de 1,10 m. El diseño de la baranda cumple las normas de seguridad establecidas por el Grupo de Hotelería y Turismo, Gaviota S.A. (Hernández, 2011).



Figura 4. Pasarelas, (a) acceso al ranchón, (b) acceso a la playa.

La pasarela inicialmente se construyó con madera de importación Capirona, la cual posee buenas características de resistencia a los medios de degradación y se clasifica como madera dura. Con el paso del tiempo comienza a presentar problemas de roturas, las barandas comienzan a degradarse por la acción de insectos y la alta humedad, lo que provoca su sustitución cada 6

meses aproximadamente. A eso se le suman las roturas intermitentes de partes del entablado por donde se camina y la corrosión de sus elementos de fijación.

Las reparaciones de las partes de madera se hacen con cualquier tipo de madera, que por lo general son maderas blandas. Este tipo de madera no presenta una adecuada resistencia al medio, lo que provoca el aumento de las acciones correctivas y un incremento de los costos de manutención.

2.2. Revisión del Manual de Servicios Técnicos de Gaviota S.A.

En la última versión del Manual de Servicios Técnicos de Gaviota S.A. (Gaviota, 2011) para la protección de sus equipos no se encontró nada referido a la protección de las pasarelas.

Sin embargo, en el departamento de Servicios Técnicos del Hotel Villa las Brujas tienen un documento con las operaciones de mantenimiento asociadas a las pasarelas, aprobado por el Jefe de Servicios Técnicos. y el Director General del Hotel (Tabla 3).

Tabla 3. Mantenimiento aplicado a las pasarelas de madera

No.	Operaciones a Realizar	Frecuencia	Ejecutada	Tiempo
1	Aplicar pintura de aceite de color caoba oscura en la totalidad de las pasarelas.	1 vez al año	Explotador	120 horas
2	Barrer la superficie de los pisos evitando la acumulación de arena.	1 vez por semana	Explotador	2 horas
3	Fumigar todos los elementos de la madera, se recomienda productos como el TERMITOR (Emulsión concentrada al 25 % aplicado por la aspersion o inyección de 25 ml por litro de agua, o bromuro de metila).	1 vez al año	Explotador	24 horas
4	Reponer las partes afectadas antes de la destrucción total del objeto.	Permanente	El constructor y el explotador	-
5	Aplicar el oxiclورو de cobre u otra fungicida en lugares donde la madera este en contacto con el suelo.	1 vez al año	Explotador	2 horas
6	Reclavar los elementos de fijación (como puntillas) que producto a la dilatación y contracción de las maderas se salen.	Cuando ocurra el hecho	Explotador	Semanalmente
7	Debe evitarse la humedad permanente en los pisos de las pasarelas.	Permanente	Explotador	-

Este conjunto de operaciones pudiera ser una variante a evaluar para implementar en los hoteles donde existan pasarelas de madera y mediante indicadores evaluar su efectividad, sin dejar de realizar una revisión de los métodos de protección más actuales que se aplican en maderas expuestas a ese ambiente.

2.3. Revisión de las tareas planificadas en el @mantener

El @mantener es un software de gestión de mantenimiento donde se revisan y planifican el mantenimiento de todos los equipos e instalaciones para el buen funcionamiento del hotel y calidad de los servicios, (Ver Anexo 3).

La revisión de las tareas planificadas en el @mantener se hace con un corte mensual y un seguimiento semanal de todas las tareas, verificando su cumplimiento. Sin embargo, las pasarelas no tienen tareas de manutención planificadas.

Es evidente que esta parte de la infraestructura, necesaria para el confort de los huéspedes en su traslado desde y hacia la playa, no tiene un seguimiento programado de su estado técnico, lo que ha ocasionado diversas quejas e inconformidades que siempre afectan la imagen del hotel.

2.4. Principales fenómenos de degradación que afectan a las pasarelas

Las pasarelas del hotel están construidas de madera lo que provoca que sea un blanco fácil para los fenómenos de degradación. Tal es el caso del ataque de insectos y hongos devoradores de madera, la alta humedad, al estar a la intemperie la alta exposición a los rayos solares. Otro factor es que, al estar construidas sobre las dunas de las playas, están sometidas a dos tipos fundamentales de desgaste; el erosivo, producto de las partículas de arena que arrastra el aire y el desgaste abrasivo. Este último es el que predomina.

2.5. Estado de conservación de las pasarelas de madera

El estado de conservación que presentan las pasarelas del hotel es deficiente, se pueden observar en casi su totalidad falta de pintura, rotura de sus partes, desgaste en las tablas que conforman el piso, partes degradadas por agentes del medio ambiente y corrosión de su tornillería.

En las Figuras (5, 6, 7, 8 y 9) se muestra el deterioro que presentan las pasarelas.

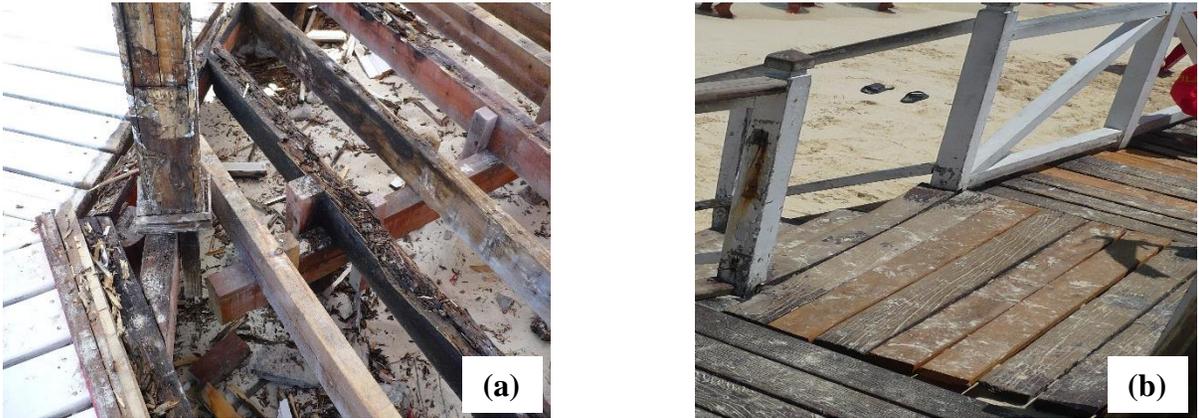


Figura 5. Rotura y desgaste del entablado, (a) zona de la capilla, (b) acceso al Ranchón-Playa.



Figura 6. Fotos de la pasarela, (a) degradación por termitas, (b) detalle de la corrosión de los tornillos de fijación.

Es una realidad que el este ambiente es muy propicio para la proliferación de los insectos que degradan la madera, ya que en las figuras anteriores se puede comprobar que existen partes de la pasarela que evidencian la presencia de estos, además se puede destacar la degradación que existe en partes del entablado por donde se camina, afectando negativamente la imagen de la pasarela y la del hotel.



Figura 7. Desgaste en el entablado producto de la acción del paso de las personas.

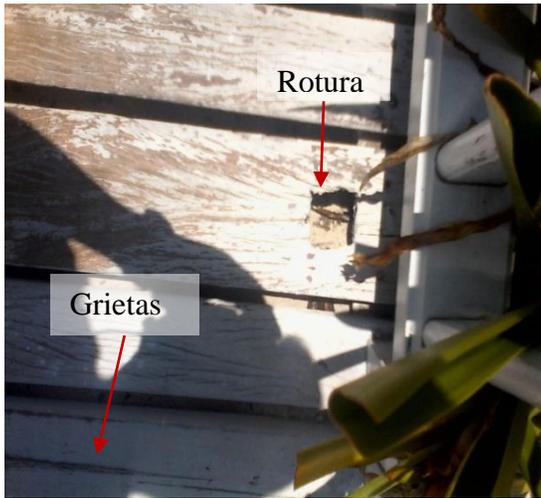


Figura 8. Desgaste, madera agrietada y rotura de partes del entablado.



Figura 9. Desgaste generalizado, elementos oxidados en sus barandales y grietas.

En las figuras mostradas anteriormente se evidencia el estado de deterioro que presentan estas pasarelas, afectadas estructuralmente por la acción de insectos y hongos. Es de resaltar el uso de tornillería de acero al carbono sin protección anticorrosiva en la unión de las piezas de madera, con corrosión generalizada por estar expuesto al ambiente sin una debida protección. Además, esta pasarela presenta un pronunciado y generalizado desgaste en la totalidad del entablado que está en contacto directo con los pies de los clientes.

Capítulo III

Capítulo III. Uso del material compuesto WPC para las pasarelas

Un promedio aproximado de 1200 personas transita por las pasarelas diariamente en temporada alta y de 500 personas en temporada baja con los pies o calzado cubiertos de arena. La arena actúa como abrasivo y desgasta la superficie de la pasarela que está sometida al paso de los clientes.

Es evidente que existe un alto grado de deterioro de estos elementos provocados por los fenómenos de degradación natural y por el desgaste abrasivo. Esto ha incrementado los costos de mantenimiento, no todos contabilizados y afectaciones a la operación del hotel.

En este sentido el material compuesto madera polímero WPC¹³ es considerado una alternativa para sustituir a la madera de las pasarelas.

3.1. Propiedades del material compuesto WPC

En la literatura se evidencia desde hace varias décadas una creciente búsqueda de nuevos materiales que puedan reemplazar a los tradicionales utilizados en la construcción (madera, plástico, aluminio, etc.), que sean de menor costo y presenten propiedades y características mejores o más eficientes (Garrido, 2003, Malaguera, 2003, Silva, 2013, Haro, 2014, Euskalit, 2011).

Los compuestos fabricados con serrín o fibras de madera y polímero WPC se han destacado entre los productos considerados de post-consumo para la fabricación de compuestos madera-plástico. Los materiales compuestos con fibra de madera y polímeros presentan una mejora de la rigidez y disminución de costos, siendo actualmente muy usados en la industria de la construcción para revestimientos, marcos para puertas y ventanas, así como cubiertas para reemplazar la madera tradicional tratada a presión. Estos productos son relativamente resistentes a la humedad e insectos y no presentan pudrición, deformación ni astilladuras.

Es por ello que estos nuevos materiales compuestos han tenido una rápida difusión en el sector turístico, ya que puede sustituir estructuras en los hoteles sin afectar su imagen y estilo. Ejemplo de ello son partes de ranchones, puentes, muelles y pasarelas, entre otras. Los mismos sustituyen

¹³ Wood Plastic Composite

en muchos casos las estructuras de madera que puede debilitarse y que además presentan un mayor y complejo mantenimientos de sus partes debido a que la madera es susceptible a muchos agentes de degradación bióticos y abióticos.

3.1.1. Propiedades generales del WPC

El WPC presenta buenas propiedades en comparación con la madera maciza, ya que en cuanto a su estabilidad dimensional no se producen alabeos y la absorción de humedad es inferior a la de la madera maciza, en cualquier caso, es necesario dejar juntas para absorber los cambios dimensionales originados por sus mayores coeficientes de dilatación (parecidos a los del aluminio).

En cuanto a su durabilidad y envejecimiento la acción del sol tiende a oscurecerlo, motivo por el cual suele ser de color gris claro. Tiene elevadas resistencias frente al ataque de hongos, insectos xilófagos de ciclo larvario, termitas y xilófagos marinos. Algunos productos incorporan protectores para prevenir la aparición de mohos y el crecimiento de hongos.

El material empleado para sustituir la madera de las pasarelas es el WPC producido por la Empresa Militar Industrial (EMI) Emilio Bárcenas Pier. La Tabla 4 muestra su composición.

Tabla 4. Composición del WPC

Madera	Polímero	Aditivos químicos
45 %	50 %	5 %
Fibra de madera	HDPE ¹⁴	Agente Anti-UV ¹⁵ , agente de la antioxidación, estabilizadores, colorantes, agente fungoso anti, agente de acoplamiento, reforzando el agente, los lubricantes... etc.

El fabricante refiere que este material tiene una elevada estabilidad dimensional, longevidad, sensación natural, no se degrada en una gama de temperaturas ancha, impermeable, alta resistencia a los choques, respetuoso del medio ambiente, resistente a la descomposición y a agrietarse, es reciclable y no contiene preservantes tóxicos. No da en su ficha técnica la composición exacta de los aditivos químicos.

¹⁴ *High Density Polyethylene* o PEAD (polietileno de alta densidad)

¹⁵ Ultra Violeta

3.1.2. Consideraciones sobre el uso del WPC

Según (Fabro, 2003) los materiales de WPC no se corroen y son muy resistentes a la putrefacción, decaimiento, y el ataque del agua salada de mar, a pesar de que absorben el agua en las fibras de madera incrustadas en el material. Presentan facilidad en el mecanizado y la construcción de estructuras, utilizando herramientas convencionales de carpintería.

Los WPC se consideran a menudo un material sostenible, ya que se pueden hacer usando plásticos reciclados y los productos de desecho de la industria de la madera. Una ventaja más sobre la madera es la capacidad del material para ser moldeado, satisfaciendo casi cualquier forma deseada. Otro punto de ventaja importante de estos materiales es su falta de necesidad de pintura.

A pesar de tener hasta 70 % de contenido de celulosa (aunque 50/50 es más común), el comportamiento mecánico del WPC es más similar a polímeros puros. Esto significa que tienen una menor resistencia y rigidez que la madera, y que experimentan un comportamiento dependiente del tiempo y de la temperatura. Las partículas de madera son susceptibles al ataque de hongos, aunque no tanto como la madera maciza, y el componente de polímero es vulnerable a la degradación por los rayos UV. Es posible que la resistencia y la rigidez se puedan reducir por la absorción de humedad y ciclos de congelación-descongelación, aunque los estudios se siguen llevando a cabo en este aspecto. Algunas formulaciones de WPC son también sensibles a las manchas de una variedad de agentes.

Un factor a tener en cuenta sobre el compuesto WPC es que, en estructuras que se encuentra a la intemperie, la degradación es más visible, producto de la humedad que provoca al estar construidas cerca del mar (pasarela o tarima). Según explica (Bustamante, 2005) la humedad puede provocar la degradación en los polímeros, ya que puede quedar atrapada durante los procesos de polimerización o absorberse durante el almacenamiento y el servicio, provocando inestabilidad dimensional y alteración de las propiedades mecánicas.

Otro factor que repercute sobre el WPC es la fotodegradación producida por los rayos UV emitidos por la luz del Sol. Según (Bustamante, 2005) la inmensa mayoría de polímeros comerciales reaccionan químicamente cuando se irradian con luz UV porque poseen constituyentes o impurezas capaces de absorberlas. Este hecho es fundamental puesto que la luz solar que llega a la tierra tiene en su espectro una porción que incluye a los rayos UV, estos son

capaces de penetrar en los materiales poliméricos e interactuar con los átomos o los electrones, originando la rotura de las cadenas poliméricas (rotura del enlace CC), o la creación de puntos de enlace entre cadenas poliméricas contiguas, provocando fragilidad del compuesto.

Existe una amplia discusión en la literatura (Kreslavski et al., 2016, Gewert et al., 2015, Mateker et al., 2015, Barbeş et al., 2014, Cuenca and Luis, 2016) sobre la degradación que sufren estos materiales por los rayos solares, pues aunque puede protegerse el polímero del efecto de la radiación UV utilizando compuestos fotoestabilizantes; con el paso del tiempo estos se van perdiendo, ya que los agentes estabilizadores comienzan a migrar hacia la superficie del material, produciéndose exudaciones del mismo, volatilización y arrastre por el agua durante la limpieza o servicio.

3.1.3. Ejemplos de aplicación en las instalaciones hoteleras cubanas del WPC

En algunas instalaciones hoteleras cubanas hace alrededor de 3 años ya se está implementando el uso del WPC importado y de producción nacional. En la construcción de las cabañas en Playa Baracoa, en pasarelas de varios hoteles de la Cayería Jardines del Rey (Meliá Buena Vista, Sol Cayo Santa María, Ensenachos Cayo Santa María).

Durante el desarrollo de esta tesis se comenzó a utilizar en el Hotel Playa Cayo Santa María el compuesto WPC para sustituir la madera de su pasarela (Ver Figura 10).

El costo total de la pasarela inicial de madera fue de \$ 60 912 y el costo total de la nueva pasarela de WPC es de \$ 93 724. A pesar de que el costo de la pasarela de WPC es mayor en comparación con la pasarela de madera, se esperan menores costos en cuanto a las acciones de mantenimiento.



Figura 10. Pasarela de WPC para el acceso a la playa.

La Figura 11 muestra en mayor detalle los perfiles usados en la construcción de la pasarela.

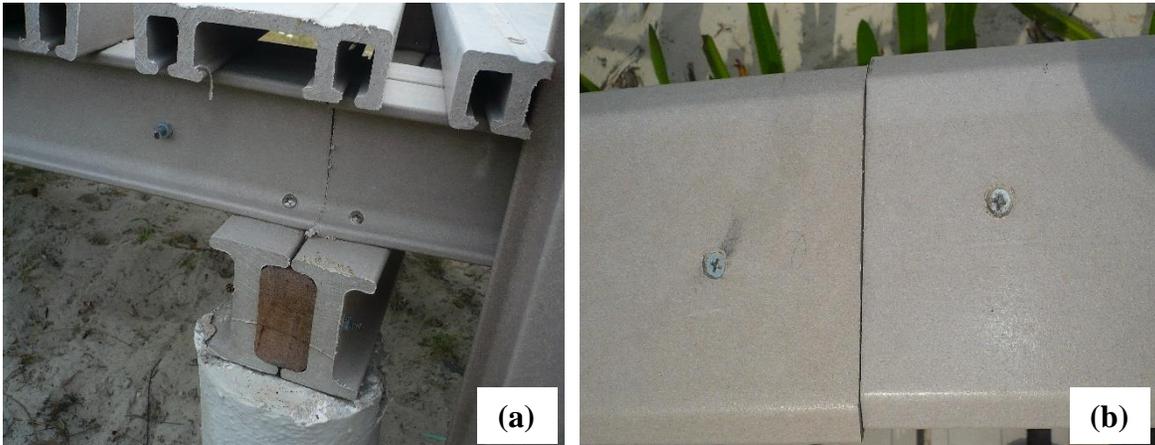


Figura 11. Perfiles utilizados en la pasarela de WPC, (a) zona de la base, (b) zona del pasamano.

Esta pasarela de WPC ya tiene 6 meses de explotación y en ella se aprecian problemas por falta de mantenimiento. Las fotos mostradas en la Figura 12 evidencia la corrosión que ya está presente en los tornillos de fijación que arman la estructura de dicha pasarela. Esta corrosión ocurre por el intenso spray salino a que están sometidos estos elementos y por el agua de mar

que gotean los clientes cuando salen de la playa. Aunque se desconoce el material de los elementos de fijación es evidente que se utilizó acero al carbono con una mínima protección superficial, no apta para este ambiente tan agresivo.

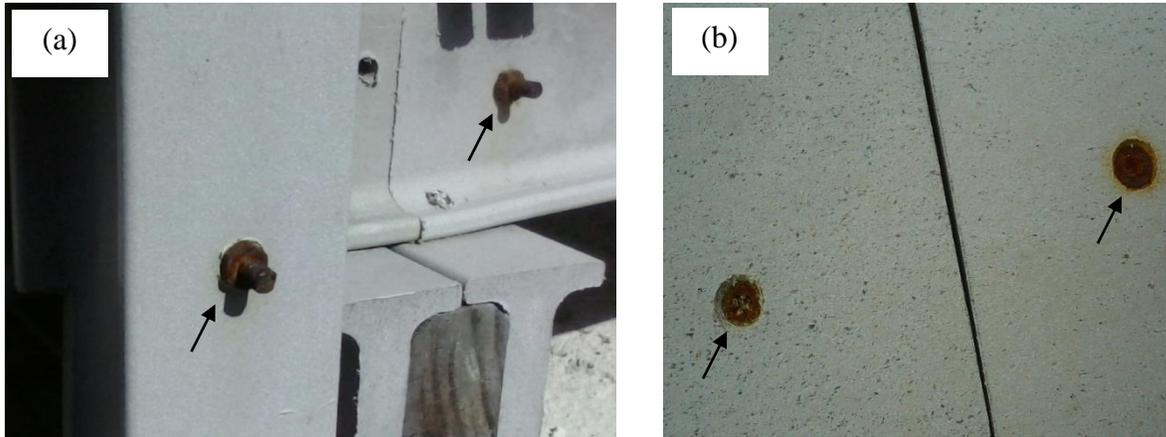


Figura 12. Foto de los tornillos, (a) tornillos de soporte de la estructura, (b) tornillos de sujeción del pasamanos.

Se observa que para la estructura de soporte (Figura 12 (a)) se emplea un perfil tipo viga “I”, que se unen por tornillos largos y para el caso de los pasillos se utiliza perfil reforzado que se unen con tornillos estriado. Para los pasamanos (Figura 12 (b)) un perfil más plano que se une también con tornillos.

3.2. Ensayo de desgaste según la norma ASTM G 65

Mediante el ensayo de desgaste abrasivo según la norma ASTM¹⁶ G 65 se pueden obtener datos confiables de la resistencia a la abrasión de un determinado material mediante la prueba arena seca / goma bajo un conjunto específico de condiciones. Los resultados de esta prueba se indican como variación del volumen en mm³ o de la masa en gramos (g). Según (Pichardo, 1989), este método de ensayo tiene cinco procedimientos recomendados, que son apropiados para grados específicos de resistencia al desgaste o espesores del material de ensayo.

¹⁶ American Society for Testing Materials

3.2.1. Parámetros del ensayo

Se utiliza el procedimiento D (Pichardo, 1989), utilizado para clasificar los materiales de baja resistencia a la abrasión. Mediante varias probetas testigo, se determinan los tiempos de duración del ensayo, debido a que los materiales que se van a comparar son relativamente suaves (WPC, madera usada en la pasarela, madera importada de Pino y madera Caoba).

En la Tabla 5 se muestran los parámetros del ensayo utilizados para realizar los ensayos.

Tabla 5. Parámetros del ensayo de desgaste abrasivo según la norma ASTM G 65

Presión sobre la Probeta (N)	Tiempo (s)	Incremento de tiempo (s)	Tiempo final (s)
45	60	60	240

Se observa que se modifica el procedimiento D realizándole una disminución del tiempo de 30 min a 1 min (60 s) para cada probeta con la fuerza recomendada de 45 N, con el flujo de arena en el rango establecido de 300 a 400 g/min. Por último, se debe destacar que en todos los casos el tiempo y no el número de revoluciones de la rueda será el parámetro controlado.

La Figura 13 muestra la máquina utilizada para realizar el ensayo de desgaste abrasivo según la norma ASTM G 65.

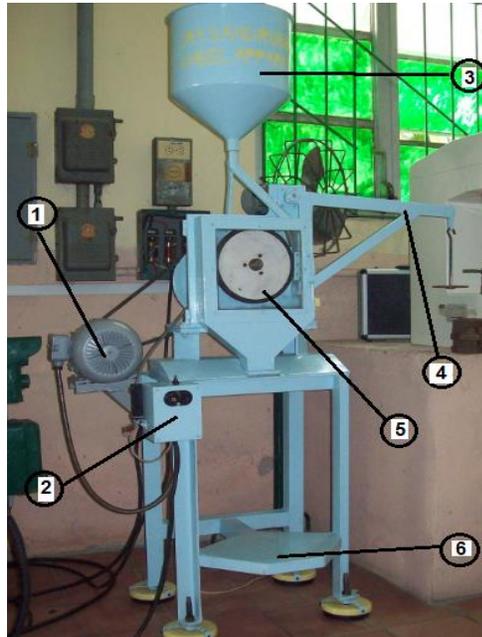


Figura 13. Máquina de ensayo de desgaste tipo arena seca – rueda de caucho.

En la Figura 14 se observan las principales partes de la máquina donde se realizan los ensayos de desgaste abrasivo: 1. Motor eléctrico, 2. Interruptor y protección eléctrica, 3. Tolva, 4. Brazo para aplicar la carga, 5. Rueda recubierta de caucho y 6. Bancada de la máquina.

Un detalle del flujo de arena saliendo de la boquilla se puede observar en la Figura 14.

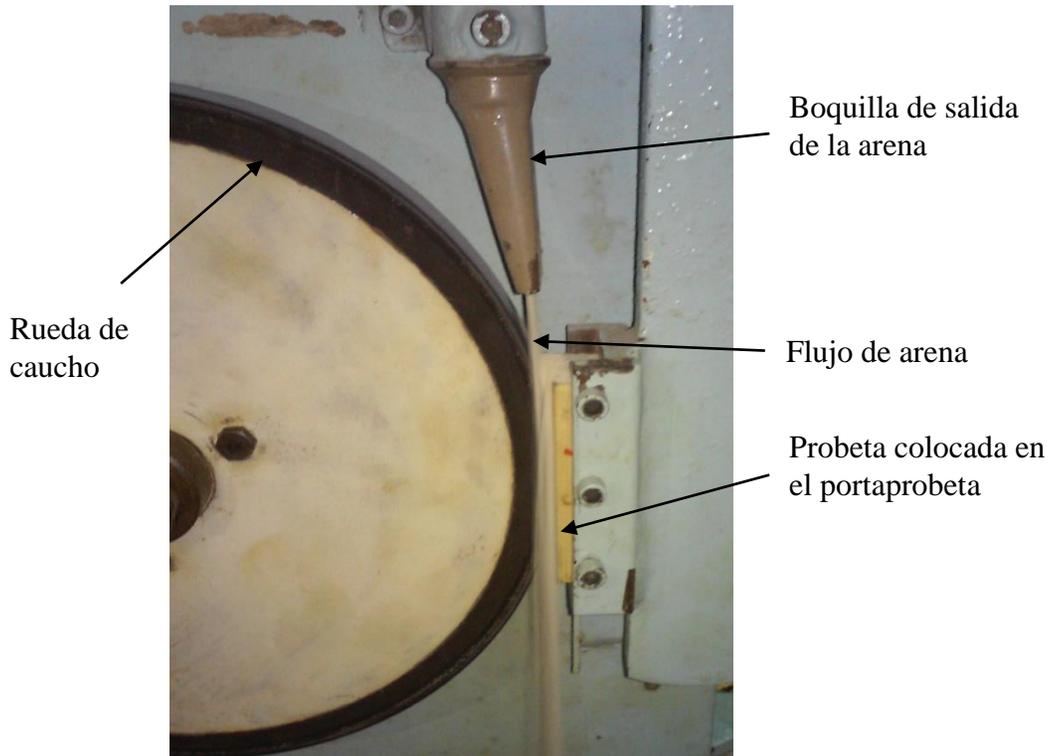


Figura 14. Detalles del flujo de arena saliendo de la boquilla.

3.2.2. Descripción del ensayo

Las probetas para la realización del ensayo se extraen de madera de Pino importada, Caoba y la madera tomada de la pasarela, y el WPC. El corte se realiza con una sierra de marquetería evitando el sobrecalentamiento del material. Se extraen 3 probetas de WPC, 2 de madera de Pino importado, 1 de madera usada en la pasarela y 2 de Caoba.

Las probetas son de forma rectangular con dimensiones según la norma (Pichardo, 1989) de 25 x 76 mm con un espesor entre 5 y 14 mm en función del tipo de material como se muestra en la Figura 15.

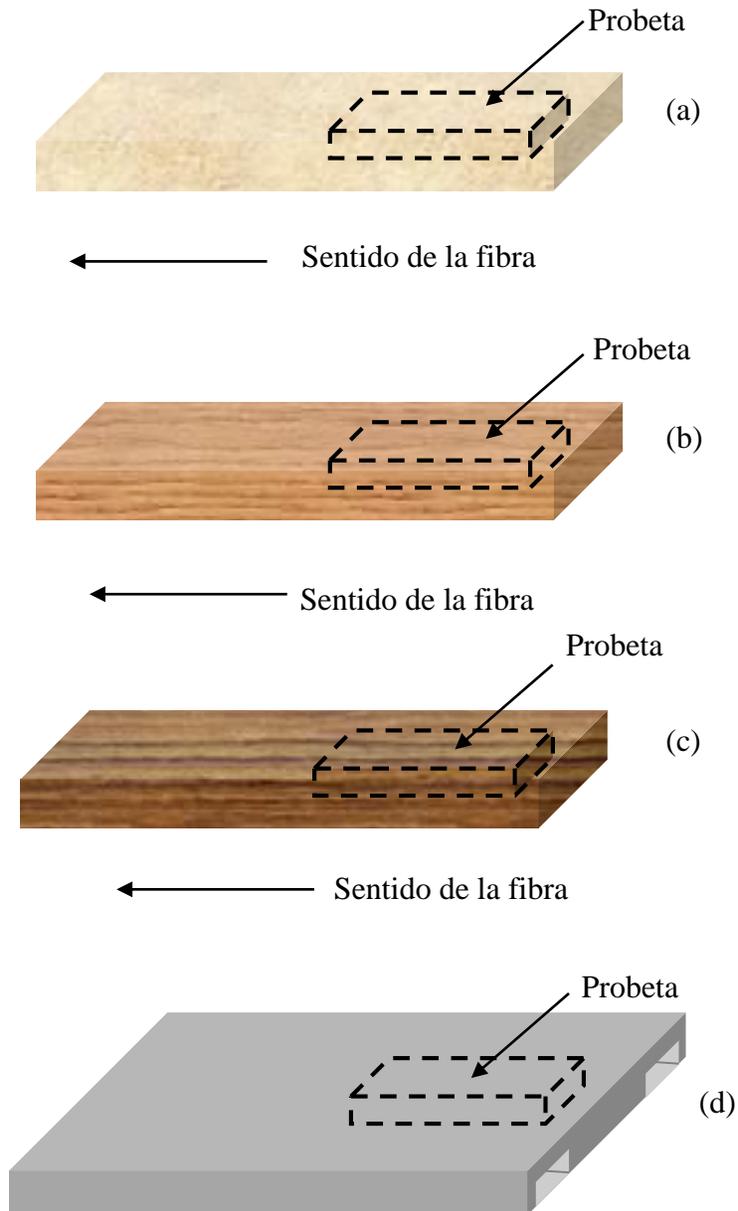


Figura 15. Probetas obtenidas de diferentes materiales utilizadas en el ensayo de desgaste: (a) Pino importado, (b) madera tomada de la pasarela, (c) Caoba y (d) WPC.

Las dimensiones de las probetas se verifican con un pie de rey. Se empareja la superficie de las probetas de madera con lija grano 200, la de WPC solo se lijan los filos vivos. Se identifican las probetas con marcador permanente y se señala el sentido de colocación en la máquina de ensayo abrasivo como se muestra en la Figura 16.



Figura 16. Probetas de los diferentes materiales enumeradas y señalado su sentido de ubicación en el portaprobetas.

Las probetas se le realizan las mediciones de su masa utilizando una balanza digital marca Sartorius de 120 g, $d = 0,1$ mg (Figura 17 (a) y (b)), que permita medir la variación de masa durante el ensayo.



Figura 17. Balanza utilizada, (a) vista general, (b) detalle de la escala

El ensayo se realiza utilizando los pasos propuestos por (Christensen, 2005), (Ver Anexo 4).

Es importante mencionar que se utiliza arena de playa procedente de las dunas del Hotel Playa Cayo Santa María ya que esta arena es la que está en contacto con la pasarela y actúa como abrasivo, por lo que su utilización para el ensayo se hace imprescindible. Esta arena es tamizada

por tamiz 425 μm para evitar la contaminación con partículas de otros materiales que afectarían los resultados del ensayo.

3.2.3. Cálculo y reporte de los resultados

Aunque es común que los resultados del ensayo de abrasión se reporten como la pérdida de volumen en milímetros cúbicos, se pueden usar los resultados de pérdida de masa en gramos (g) internamente en los laboratorios para comparar materiales.

3.2.4. Determinación de la fuerza aplicada entre la probeta y la rueda de caucho

Se comprueba la fuerza que se aplica entre la probeta y la rueda de caucho. Para ello se utiliza un dinamómetro alemán fabricado por la empresa KRAFTMESSGERATE HALLE (Ver Figura 18), que permite verificar que la fuerza aplicada sea de 45 N, según establece la norma ASTM G 65 para el procedimiento D.

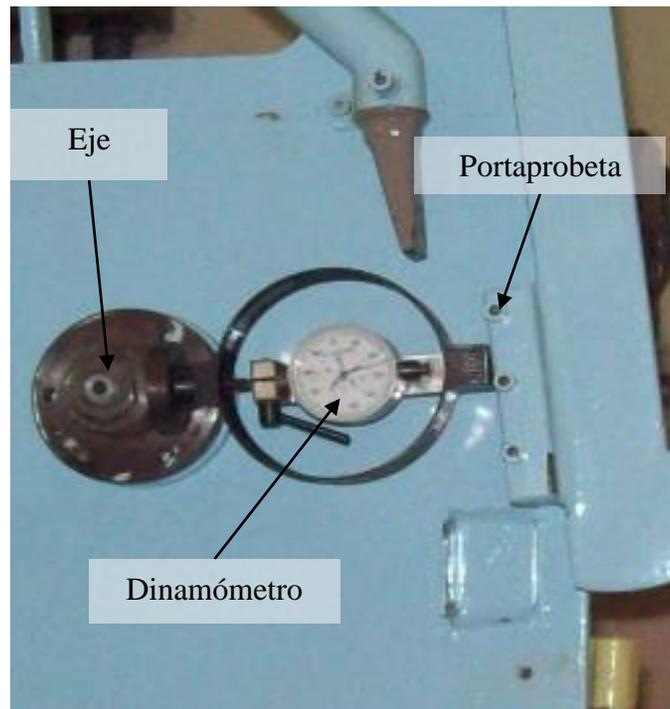


Figura 18. Medición de la fuerza utilizando el dinamómetro entre el portarobetas y el eje donde gira la rueda de caucho.

Esta fuerza se comprueba con el objetivo de encontrar irregularidades en cuanto a la fuerza aplicada que puede aparecer por algún desajuste del brazo donde se colocan las probetas.

3.1.5. Realización del ensayo

Después de verificados los parámetros de la máquina se establecen los tiempos de duración del ensayo. Se realizan ensayos a cada probeta hasta 4 minutos de duración, con intervalos de 1 minuto.

En la Figura 19 se muestra la huella de desgaste de las probetas después de terminado el ensayo. Se aprecia una huella de forma simétrica en todos los casos, indicador de que la posición de la probeta respecto a la rueda de goma es correcta.

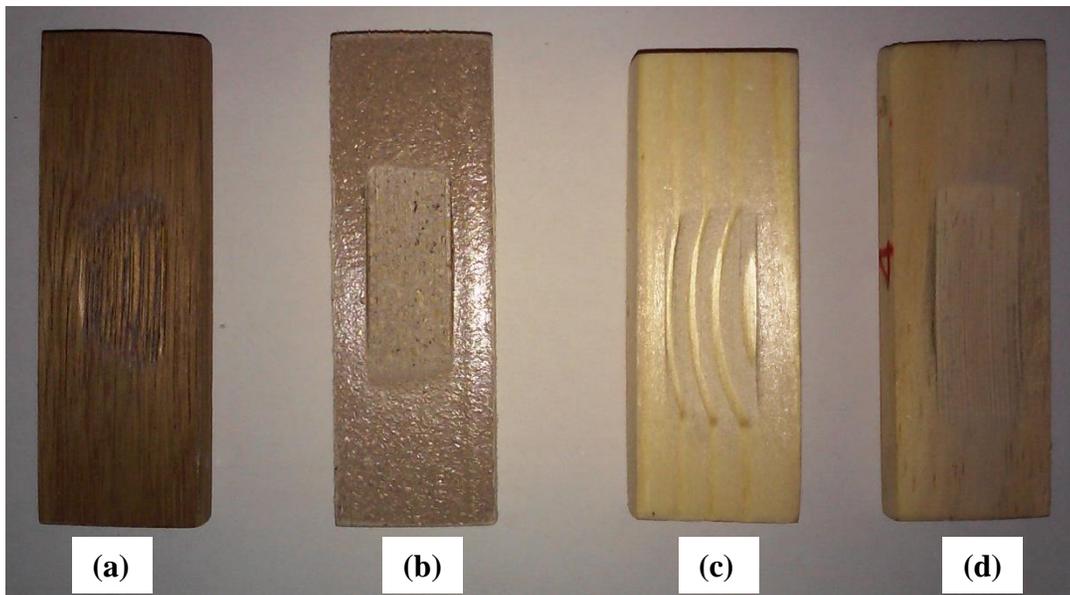


Figura 19. Fotografía que muestra la huella de desgaste de las probetas ensayadas. (a) Caoba, (b) WPC, (c) Pino y (d) madera usada.

A priori se observa que las huellas más acentuadas son en las probetas (b), (c), y (d) y menos acentuada en la probeta (a), debido a que esta últimas presenta una mayor resistencia al desgaste abrasivo.

3.3. Análisis y discusión de los resultados del ensayo de desgaste abrasivo

La Tabla 6 muestra los resultados estadísticos descriptivos de las mediciones de las probetas donde se realizaron tres mediciones de masa de cada probeta, para obtener el menor error posible durante la medición. Los cálculos de los valores de la media, máximo, mínimo desviación estándar (S) y coeficiente de variación (CV) se realizaron con la ayuda de la herramienta de cálculo Microsoft Excel.

Tabla 6. Valores de la masa inicial (P_i) de las probetas

Medición	Probetas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
m_1 (g)	18,7454	18,4063	18,2769	5,6444	11,1511	10,7732	12,4359	11,7898
m_2 (g)	18,7451	18,4061	18,2767	5,6432	11,1498	10,7725	12,4353	11,7884
m_3 (g)	18,7449	18,4059	18,2766	5,6421	11,149	10,7717	12,4344	11,7871
Media (g)	18,7451	18,4061	18,2767	5,6432	11,1500	10,7725	12,4352	11,7884
Máximo (g)	18,7454	18,4063	18,2769	5,6444	11,1511	10,7732	12,4359	11,7898
Mínimo (g)	18,7449	18,4059	18,2766	5,6421	11,1490	10,7717	12,4344	11,7871
S (g)	0,00025	0,00020	0,00015	0,00115	0,00106	0,00075	0,00075	0,00135
CV (%)	0,00134	0,00109	0,00084	0,02038	0,00951	0,00697	0,00607	0,01145

Leyenda

Probeta de WPC: 1,2 y 3

Probeta tomada de la pasarela: 4

Probeta de Pino de importación: 5 y 6

Probeta de Caoba: 7 y 8

Una vez pesadas las probetas se someten al ensayo de desgaste abrasivo procedimiento D. La

Tabla 7 muestra los valores de la masa luego de concluido el ensayo.

Tabla 7. Valores de la masa final de las probetas (P_f)

Medición	Probetas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
m_1	18,4496	18,1135	17,9845	5,4597	10,9908	10,6115	12,3062	11,6647
m_2	18,4496	18,113	17,9848	5,4591	10,9907	10,6113	12,3062	11,6643
m_3	18,4493	18,1131	17,9848	5,4584	10,9907	10,6115	12,3056	11,6646
Media	18,4495	18,1132	17,9847	5,4591	10,9905	10,6114	12,3060	11,6645
Máximo	18,4496	18,1135	17,9848	5,4597	10,9908	10,6115	12,3062	11,6647
Mínimo	18,4493	18,1130	17,9845	5,4584	10,9900	10,6113	12,3056	11,6643
S	0,00017	0,00026	0,00017	0,00065	0,00044	0,00012	0,00035	0,00021
CV	0,00094	0,00146	0,00096	0,01192	0,00397	0,00109	0,00281	0,00178

Leyenda

Probeta de WPC: 1, 2 y 3

Probeta tomada de la pasarela: 4

Probeta de pino de importación: 5 y 6

Probeta de Caoba: 7 y 8

Los resultados finales de la masa de cada probeta durante cada intervalo de tiempo, la pérdida de masa (P_p) y coeficiente de variación de la masa (CVP) del ensayo de desgaste abrasivo se muestran en (Ver Tabla 8, 9, 10 y 11).

Tabla 8. Valores de la probeta de WPC.

Probeta 1	P_i	Masa (g)			P_f	P_p	CVP
		P 1 min	P 2 min	P 3 min			
m1	18,7454	18,6362	18,5663	18,5068	18,4496	0,2958	1,5780
m2	18,7451	18,6356	18,5660	18,5066	18,4496	0,2955	1,5764
m3	18,7449	18,6355	18,5663	18,5069	18,4493	0,2956	1,5770
<i>Media</i>	18,7451	18,6358	18,5662	18,5068	18,4495	0,2956	1,5771
<i>Máximo</i>	18,7454	18,6362	18,5663	18,5069	18,4496	0,2958	1,5780
<i>Mínimo</i>	18,7449	18,6355	18,5660	18,5066	18,4493	0,2955	1,5764
<i>S</i>	0,0003	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0008
<i>CV</i>	0,0013	0,0020	0,0009	0,0008	0,0009	0,0517	0,0507
Probeta 2							
m1	18,4063	18,2937	18,2256	18,1668	18,1135	0,2928	1,5908
m2	18,4061	18,2936	18,2255	18,1668	18,1130	0,2931	1,5924
m3	18,4059	18,2938	18,2258	18,1669	18,1131	0,2928	1,5908
<i>Media</i>	18,4061	18,2937	18,2256	18,1668	18,1132	0,2929	1,5913
<i>Máximo</i>	18,4063	18,2938	18,2258	18,1669	18,1135	0,2931	1,5924
<i>Mínimo</i>	18,4059	18,2936	18,2255	18,1668	18,1130	0,2928	1,5908
<i>S</i>	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003	0,0002	0,0009
<i>CV</i>	0,0011	0,0005	0,0008	0,0003	0,0015	0,0591	0,0591
Probeta 3							
m1	18,2769	18,1636	18,0987	18,0412	17,9845	0,2924	1,5998
m2	18,2767	18,1635	18,0985	18,0413	17,9848	0,2919	1,5971
m3	18,2766	18,1634	18,0986	18,0411	17,9848	0,2918	1,5966
<i>Media</i>	18,2767	18,1635	18,0986	18,0412	17,9847	0,2920	1,5978
<i>Máximo</i>	18,2769	18,1636	18,0987	18,0413	17,9848	0,2924	1,5998
<i>Mínimo</i>	18,2766	18,1634	18,0985	18,0411	17,9845	0,2918	1,5966
<i>S</i>	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0017
<i>CV</i>	0,0008	0,0006	0,0006	0,0006	0,0010	0,1101	0,1093

Leyenda

P(1 min, 2 min, 3 min) masa de la probeta pasado 1 minuto

$P_p = P_i - P_f$

Tabla 9. Valores de la probeta de madera usada.

Probeta 4	Masa (g)				Pf	Pp	CVP
	Pi	P 1 min	P 2 min	P 3 min			
m1	5,6444	5,5553	5,5235	5,4889	5,4597	0,1847	3,2723
m2	5,6432	5,5551	5,5234	5,4884	5,4591	0,1841	3,2623
m3	5,6421	5,5547	5,5235	5,4879	5,4584	0,1837	3,2559
<i>Media</i>	5,6432	5,5550	5,5235	5,4884	5,4591	0,1842	3,2635
<i>Máximo</i>	5,6444	5,5553	5,5235	5,4889	5,4597	0,1847	3,2723
<i>Mínimo</i>	5,6421	5,5547	5,5234	5,4879	5,4584	0,1837	3,2559
<i>S</i>	0,0012	0,0003	0,0001	0,0005	0,0007	0,0005	0,0083
<i>CV</i>	0,0204	0,0055	0,0010	0,0091	0,0119	0,2733	0,2530

Leyenda

P(1 min, 2 min, 3 min) masa de la probeta pasado 1 minuto

 $P_p = P_i - P_f$

Tabla 10. Valores de la probeta de Pino importado.

Probeta 5	Masa (g)				Pf	Pp	CVP
	Pi	P 1 min	P 2 min	P 3 min			
m1	11,1511	11,0888	11,0543	11,0214	10,9908	0,1603	1,4375
m2	11,1498	11,0884	11,0544	11,0210	10,9907	0,1591	1,4269
m3	11,1490	11,0881	11,0543	11,0270	10,9900	0,1590	1,4261
<i>Media</i>	11,1500	11,0884	11,0543	11,0231	10,9905	0,1595	1,4302
<i>Máximo</i>	11,1511	11,0888	11,0544	11,0270	10,9908	0,1603	1,4375
<i>Mínimo</i>	11,1490	11,0881	11,0543	11,0210	10,9900	0,1590	1,4261
<i>S</i>	0,0011	0,0004	0,0001	0,0034	0,0004	0,0007	0,0064
<i>CV</i>	0,0095	0,0032	0,0005	0,0304	0,0040	0,4536	0,4446
Probeta 6							
m1	10,7732	10,7130	10,6814	10,6485	10,6115	0,1617	1,5009
m2	10,7725	10,7126	10,6814	10,6484	10,6113	0,1612	1,4964
m3	10,7717	10,7126	10,6812	10,6486	10,6115	0,1602	1,4872
<i>Media</i>	10,7725	10,7127	10,6813	10,6485	10,6114	0,1610	1,4949
<i>Máximo</i>	10,7732	10,7130	10,6814	10,6486	10,6115	0,1617	1,5009
<i>Mínimo</i>	10,7717	10,7126	10,6812	10,6484	10,6113	0,1602	1,4872
<i>S</i>	0,0008	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0008	0,0070
<i>CV</i>	0,0070	0,0022	0,0011	0,0009	0,0011	0,4743	0,4674

Leyenda

P(1 min, 2 min, 3 min) masa de la probeta pasado 1 minuto

 $P_p = P_i - P_f$

Tabla 11. Valores de la probeta de Caoba

Masa (g)							
Probeta 7	Pi	P 1 min	P 2 min	P 3 min	Pf	Pp	CVP
m1	12,4359	12,3496	12,3349	12,3208	12,3062	0,1297	1,0429
m2	12,4353	12,3496	12,3350	12,3204	12,3062	0,1291	1,0382
m3	12,4344	12,3494	12,3349	12,3201	12,3056	0,1288	1,0358
<i>Media</i>	12,4352	12,3495	12,3349	12,3204	12,3060	0,1292	1,0390
<i>Máximo</i>	12,4359	12,3496	12,3350	12,3208	12,3062	0,1297	1,0429
<i>Mínimo</i>	12,4344	12,3494	12,3349	12,3201	12,3056	0,1288	1,0358
<i>S</i>	0,0008	0,0001	0,0001	0,0004	0,0003	0,0005	0,0036
<i>CV</i>	0,0061	0,0009	0,0005	0,0029	0,0028	0,3547	0,3489
Probeta 8							
m1	11,7898	11,7118	11,6966	11,6791	11,6647	0,1251	1,0611
m2	11,7884	11,7117	11,6966	11,6787	11,6643	0,1241	1,0527
m3	11,7871	11,7116	11,6964	11,6784	11,6646	0,1225	1,0393
<i>Media</i>	11,7884	11,7117	11,6965	11,6787	11,6645	0,1239	1,0510
<i>Máximo</i>	11,7898	11,7118	11,6966	11,6791	11,6647	0,1251	1,0611
<i>Mínimo</i>	11,7871	11,7116	11,6964	11,6784	11,6643	0,1225	1,0393
<i>S</i>	0,0014	0,0001	0,0001	0,0004	0,0002	0,0013	0,0110
<i>CV</i>	0,0115	0,0009	0,0010	0,0030	0,0018	1,0585	1,0472

Leyenda
P(1 min, 2 min, 3 min) masa de la probeta pasado 1 minuto
 $Pp = P_i - P_f$

Se determinan los valores medios de la pérdida de masa (Pp) en el último minuto de cada ensayo para cada probeta (Ver Tabla 12).

Tabla 12. Valores medios de pérdida de masa (Pp) de cada material.

	WPC	Madera usada	Pino	Caoba
<i>Media</i>	0,0558	0,0320	0,0349	0,0143
<i>Máximo</i>	0,0573	0,0351	0,0371	0,0144
<i>Mínimo</i>	0,0536	0,0293	0,0312	0,0142
<i>Rango</i>	0,0036	0,0057	0,0059	0,0002
<i>S</i>	0,0019	0,0029	0,0019	0,0002
<i>CV</i>	3,43	9,03	5,48	1,15

Se aprecia que el WPC es el material que sufre una mayor pérdida de masa durante la realización del ensayo de desgaste abrasivo. La Figura 20 muestra un análisis comparativo entre estos valores.

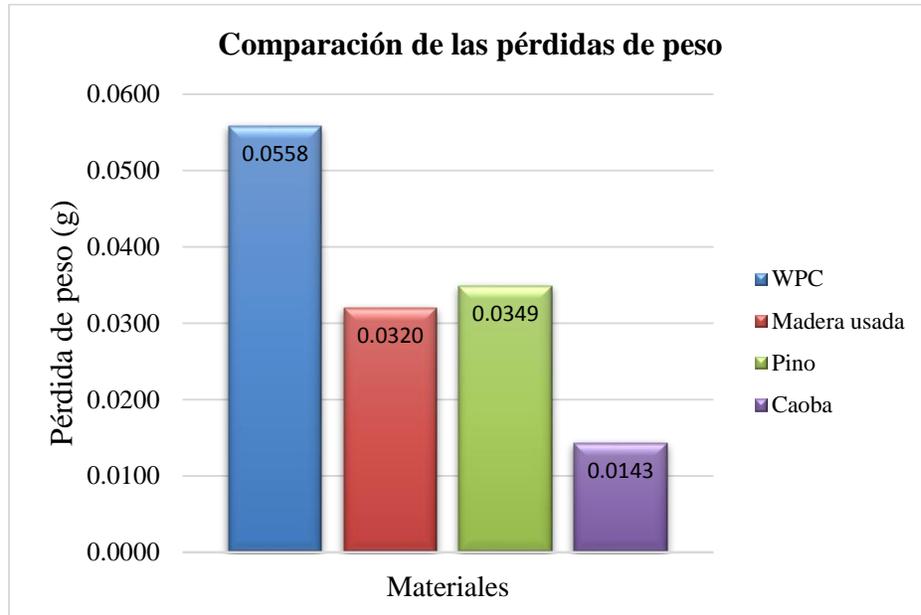


Figura 20. Gráfico comparativo de la pérdida de masa

Indudablemente la pérdida de masa para estas condiciones de ensayo es más significativa en las probetas de WPC ($P_p = 0,0558$ g).

Por último, se determina los valores de pérdida de masa acumulada (P_{pa}) durante el intervalo de cada ensayo (Ver Tabla 13).

Tabla 13. Valores de la pérdida de masa acumulada (P_{pa})

Ensayo	Probetas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 min	0,1094	0,1124	0,1132	0,0882	0,0615	0,0597	0,0857	0,0767
2 min	0,1789	0,1805	0,1782	0,1198	0,0956	0,0911	0,1003	0,0919
3 min	0,2384	0,2393	0,2355	0,1548	0,1268	0,1240	0,1148	0,1097
4 min	0,2956	0,2929	0,2920	0,1842	0,1595	0,1610	0,1294	0,1239

Leyenda

$$P_{pa} = P_i - P \text{ (1, 2, 3, 4) minuto}$$

En la Tabla 14 se muestran los resultados de la media de la pérdida de masa acumulada en el tiempo.

Tabla 14. Valores medios de pérdida de masa acumulada (P_{pa}) en el tiempo.

Ensayo	Media de P _{pa}			
	WPC	Madera usada	Pino	Caoba
1 min	0,1117	0,0882	0,0606	0,0812
2 min	0,1792	0,1198	0,0934	0,0961
3 min	0,2377	0,1548	0,1254	0,1122
4 min	0,2935	0,1842	0,1603	0,1266

Leyenda

Media de P_{pa} = Promedio de cada grupo de probetas probeta del mismo material durante cada ensayo.

Se observa que hay un aumento de la pérdida de masa acumulada a medida que pasa el tiempo, nuevamente el material de mayor pérdida de masa es el WPC.

La Figura 21 muestra el gráfico de los valores medios de pérdida de masa acumulada (P_{pa}) respecto al tiempo y las ecuaciones de regresión asociadas con cada recta.

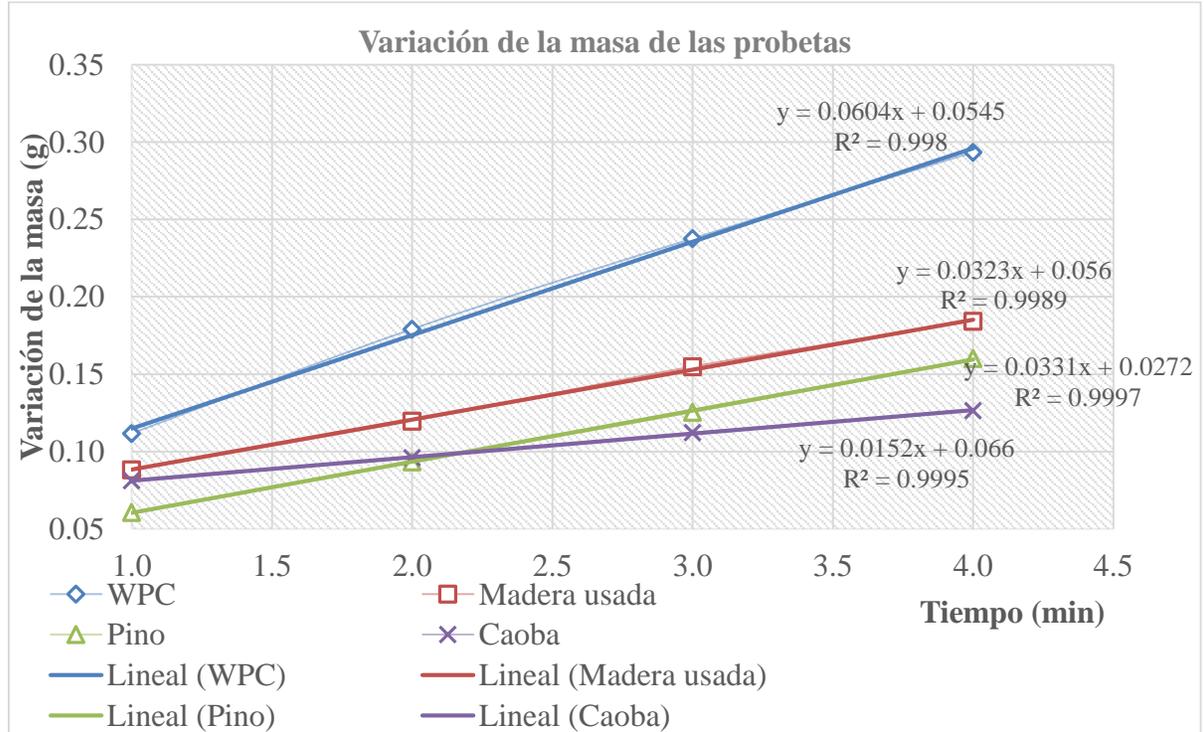


Figura 21. Gráfica de la variación de la masa de las probetas respecto al tiempo del ensayo de desgaste abrasivo.

En esta gráfica también se evidencia que el WPC se desgasta mucho más rápido en el tiempo respecto a los demás materiales con una ecuación de regresión variación de masa (g) = 0,06 * tiempo (s) + 0,0545. El estadístico R^2 indica que el modelo, así ajustado, explica 99,8 % de la variabilidad en masa con respecto al tiempo. Se indican las ecuaciones de regresión para todos los materiales con una $R^2 > 95\%$.

Es indudable que los resultados del ensayo de desgaste abrasivo muestran que las probetas de WPC presentan la mayor pérdida de masa y por ende una menor resistencia al desgaste. La Figura 22 muestra la comparación de la resistencia al desgaste del WPC con respecto a los otros materiales con la ayuda.

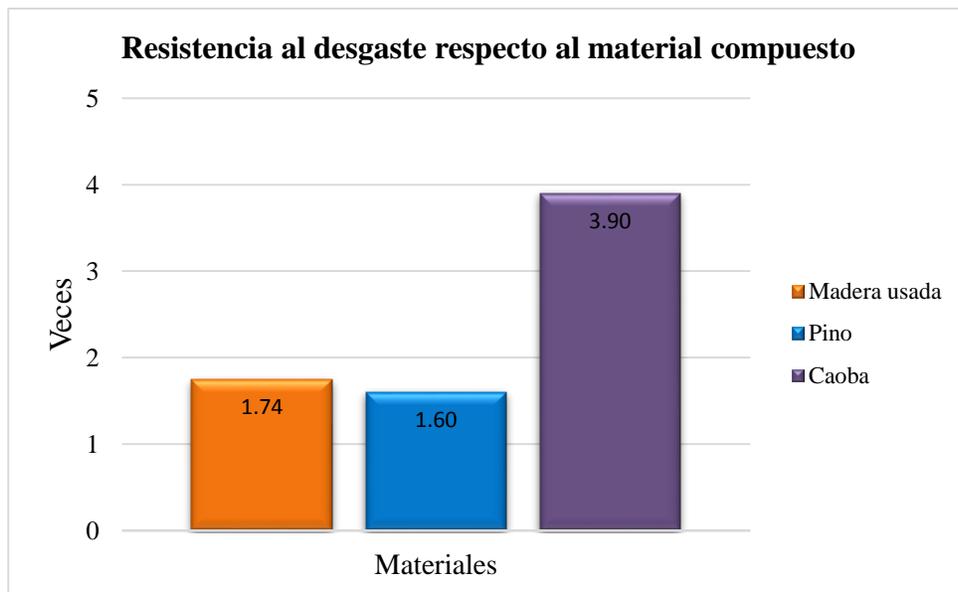


Figura 22. Resistencia al desgaste de los materiales de madera con respecto al WPC.

Se aprecia que la madera Caoba tiene una resistencia 3,9 veces mayor, en tanto la madera de Pino 1,74 veces con respecto al WPC. Se corrobora que la madera usada en la pasarela y el Pino presentan valores de resistencia al desgaste abrasivo similares. Por lo que, la madera utilizada en las últimas acciones correctivas que se realizaron a la pasarela de madera fue con madera blanda.

3.4. Propuesta de sistema de mantenimiento a las pasarelas construidas con WPC

Debido a las propiedades de este material -buenas propiedades frente a la mayoría de los factores de degradación- no es necesario un sistema complejo de mantenimiento por lo que el costo de mantenimiento es mínimo. Tampoco resulta necesario un tratamiento específico con productos especiales para evitar la aparición de hongos. Sin embargo, para hacer que este material tenga una mayor durabilidad se propone las siguientes acciones de mantenimiento:

Acciones diarias

- ✓ Limpiar mediante escobas, escobillones u otros utensilios similares la superficie por donde se camina, principalmente en las ranuras, para eliminar acumulación de residuos (arena, restos de comida, colillas de cigarro, etc.), evitando así la aparición de mohos.
- ✓ Comprobar el estado de la infraestructura para evitar accidentes de los clientes.

Acciones trimestrales

- ✓ Aplicar silicona o pinturas protectoras a la tornillería de sujeción para evitar la corrosión de los mismos en aquellos lugares donde se ha dañado.
- ✓ Utilizar sustancias blanqueadoras para la eliminación de suciedad resistente a la limpieza por agua. Se debe realizar primero una prueba en un lugar no visible, para comprobar si se produce decoloración.

Acciones anuales

- ✓ Realizar inspecciones visuales a las partes de la pasarela, fundamentalmente en la zona por donde se camina buscando partes débiles y dañadas por el sol, para cambiar estos elementos.
- ✓ Cambiar la tornillería con corrosión que soporte la estructura y no garantice su rigidez.

Conclusiones

Conclusiones

1. El contexto operacional de las pasarelas provoca una degradación estructural acelerada de los materiales usados. La madera se degrada por los factores abióticos (agua, radiación solar y esfuerzos mecánicos) y los bióticos (hongos, mohos, insectos). El WPC se degrada por la acción de hongos sobre las fibras de madera y por la incidencia de los rayos UV. Con respecto a los costos de mantenimiento en pasarelas de WPC son menores, ya que no necesitan de pinturas, ni de productos químicos contra insectos y garantiza durabilidad.
2. Los resultados del ensayo de desgaste abrasivo comparativo muestran que el Pino es 1,74, la madera usada 1,60 y la Caoba 3,9 veces más resistente respecto al WPC. Se evidencia que el WPC se desgasta mucho más rápido en el tiempo respecto a los demás materiales con una ecuación de regresión variación de masa (g) = 0,06 * tiempo (s) + 0,0545 con $R^2 = 99,8 \%$. Se logran determinar las ecuaciones de regresión para todos los materiales con una $R^2 > 95 \%$.
3. Es necesario prestar atención que, aunque el WPC se protege del efecto de la radiación UV utilizando compuestos fotoestabilizantes, estos con el transcurso del tiempo comienzan a migrar hacia la superficie, sumado con la baja resistencia al desgaste abrasivo, lo que propicia que estos aditivos químicos se pierdan mucho más rápido acelerándose la degradación y elevando los costos del mantenimiento por reposición.

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Proponer a los directivos del Grupo Hotelero Gaviota S.A. la aplicación de los resultados de esta investigación.
2. Estudiar las propiedades mecánicas del WPC, así como un análisis de la degradación que sufre en el tiempo después de su implementación en la construcción de pasarelas.

Bibliografía

Bibliografía

- ADUVIRE, E. A. 1994. Relación entre mantenimiento y vida útil de maquinaria en minería. *Revista Mantenimiento*.
- BARBEŞ, L., RĂDULESCU, C. & STIHI, C. 2014. ATR-FTIR spectrometry characterisation of polymeric materials. *Romanian Reports in Physics*, 66, 765-777.
- BATISTA, C. 2000. *Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad de Holguín.
- BORROTO, Y. 2005. *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en la provincia Villa Clara* Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- BUSTAMANTE, B. P. 2005. La degradación de los plásticos.
- CUENCA, M. & LUIS, J. 2016. Reacciones y sus mecanismos en la degradación de polímeros.
- CHRISTEN, C. 2006. *Criticidad de equipos* [Online]. www.clubdemantenimiento.com.ar. [Accessed 16 de enero 2016].
- CHRISTENSEN 2005. Tipos de Mantenimiento y Tendencias. *Revista de Mantenimiento.Chile*, 22.
- EUSKALIT. 2011. *Mayor productividad, Mejor lugar de trabajo* [Online]. Vizcaya (País Vasco):. Available: <http://www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf>. [Accessed 10 de mayo 2017].
- FABRO. 2003. *Modelo para planeamiento de manutén Cao baseado em indicadores de criticidade de processo*. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción, Universidad Federal de Santa Catarina. .
- FABRO, E. F. 2006. Metodología para inovação da gestão de manutenção industrial. . Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería Mecánica., Universidad Federal de Santa Catarina. .
- FERNANDEZ, A. R. 2012. *Propuesta de mejoras para la gestión de los Servicios técnicos en los Hoteles del grupo Cubanacán- Playa Santa Lucía*. Universidad de Camaguey.
- GARCÍA-JACOMINO, J. L. 2015. Recopilación Bibliográfica Realizada para la Asignatura Fundamentos y Gestión del Mantenimiento. UCLV.
- GARCÍA, S. 2003. *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*, Madrid.
- GARRIDO, G. 2003. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. *Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*.
- GAVIOTA 2011. Manual de Servicios Técnicos del Turismo. La Habana: Gaviota S. A.
- GEWERT, B., PLASSMANN, M. M. & MACLEOD, M. 2015. Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17, 1513-1521.
- GONZÁLEZ, J. G. 2016. *Propuesta de Mejoras al Mantenimiento de las Piscinas y Espejos de Agua del Hotel Playa, Cayo Sta. María*. Ingeniero Mecánico, Universidad Central de Las Villas.

- HARO, E. M. 2014. *RE: Metodología de las cinco "S" Aplicadas a los Talleres de Servicio deCcompañía Azucarera Valdez S.A.* .
- HERNÁNDEZ. 2013. *Realización de una auditoría de mantenimiento en la UEB Fábrica de Fusibles y Desconectivos perteneciente a la Empresa de Producciones Electromecánicas.* Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- HERNÁNDEZ, F. J. R. 2011. *Diseño de Rutinas de Mantenimiento Autónomo Para Una Línea de Inyección de Plástico* Ingeniero en Mantenimiento Industrial Universidad Tecnológica de Querétaro.
- KRESLAVSKI, V., SCHMITT, F.-J., KEUER, C., FRIEDRICH, T., SHIRSHIKOVA, G., ZHARMUKHAMEDOV, S., KOSOBRYUKHOV, A. & ALLAKHVERDIEV, S. 2016. Response of the photosynthetic apparatus to UV-A and red light in the phytochrome B-deficient Arabidopsis thaliana L. hy3 mutant. *Photosynthetica*, 54, 321-330.
- LAGARES, C. 1998. *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento de la planta de tejeduría.* Tesis presentada en opción al título académico de Master en Ingeniería Industrial, UCLV.
- MACHADO, R. 2012. *Manual de Gestión de Mantenimiento.* Universidad Central de Las Villas.
- MALAGUERA 2003. Tipos de mantenimientos. <http://www.cienciafísica.com>.
- MARTÍNEZ, E. M. D. L. P. 1996. *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la industria textil cubana. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma".* Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central de Las Villas.
- MATEKER, W. R., SACHS-QUINTANA, I., BURKHARD, G. F., CHEACHAROEN, R. & MCGEHEE, M. D. 2015. Minimal long-term intrinsic degradation observed in a polymer solar cell illuminated in an oxygen-free environment. *Chemistry of Materials*, 27, 404-407.
- MORERA, D. L. 2016. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a equipos más consumidores de energía eléctrica del Hotel Cayo Santa María.* Ingeniería Industrial, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- NAKAJIMA, S. 1988. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.(Translation). *Productivity Press, Inc., 1988, 129.*
- NAVARRETE, M. H., ANREUS J. C. , LORENZO D. , RODRÍGUEZ J. A. , TRETO O. 1998. *Gestión y Calidad del Mantenimiento.*
- OJEDA, C. I., MANTERO, C., RABINOVICH, M. & CECCHETTO, G. 2012. Deterioro y preservación de madera. *Revista Digital Universitaria unam.mx*, 13, 2.
- PCC 2011. Resolución sobre los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. *VI Congreso del Partido Comunista de Cuba*, 41.
- PICHARDO, P. 1989. Sistema alterno de mantenimiento". *Revista Ingeniería Industria.*
- PLATH 1996. El mantenimiento Proactivo y los secadores de aire.
- SCHULTZ, P., T., N., GOODELL, B. & D., D. 2003. Wood Deterioration and Preservation. 463.
- SILVA, L. L. 2013. *Implementación de la metodología 5S en el area de almacenamiento de materia prima y producto terminado de una empresa de fundicion.* Departamento Operaciones y Sistemas Ingeniería Industrial Santiago de Cali Pasantía institucional para optar por el título de Ingeniero Industrial Universidad Autonoma de Occidente.
- SILVERIO, M. 1993. *Tendencias para el perfeccionamiento de la actividad de mantenimiento.* Ingeniería Industrial, Universidad Central de Las Villas.

- TABOADA, C. 1990. *Organización y planificación de la producción*, Ciudad de la Habana.
- TAVARES, L. A. 2000. *Administración Moderna de Mantenimiento* Brasil.
- TORRES, L. D. 2003. *Mantenimiento. Su implementación y gestión*, Argentina.
- TORRES, L. D. D. T. 2005. *Mantenimiento: Su implementación y gestión*.

Anexos

Anexos**Anexo 1. Esquema que muestra los distintos tipos de mantenimiento**

Anexo 2. Organización tipo del departamento de servicios técnicos



Anexo 3. Presentación del software para la GMAO @mantener

The screenshot displays the '@MANTENER Sistema de Gestión de SSTT' software interface. The main window shows a list of maintenance requests with columns for 'Fecha Solicitud', 'Descripción Solicitud', 'Localización', 'Usuario', 'Fecha Solución', and 'Solicitud'. A central logo for '@MANTENER' is overlaid on the list, featuring the text 'Sistema de Gestión de SSTT' and contact information for the programmer, Julio Cesar Barberán Góngora, at Hotel Paradisus Rio de Oro. Below the list, there are filters for 'Las Pendientes' and 'Todas de Periodo', and a summary section showing 'Solicitud #(Alt+L): 77193' and 'Cantidad Total: 58'. The duration is listed as '23 Horas y 4 Minutos'.

Fecha Solicitud	Descripción Solicitud	Localización	Usuario	Fecha Solución	Solicitud
17/12/2015 09:50:49	lavín con problema	Habitación: 837	Coord. Pisos		77224
17/12/2015 09:50:14	aire roto				77223
16/12/2015 15:28:12	tapa de inodoro rota				77215
16/12/2015 14:33:51	filtración por el baño				77208
16/12/2015 12:00:21	interruptor de la entr				77202
16/12/2015 12:00:00	interruptor del cuarc				77201
16/12/2015 11:47:15	INTERRUPTOR DEL E				77199
16/12/2015 11:08:23	interruptor de al lado				77193
16/12/2015 10:40:56	interruptor de la entr				77190
15/12/2015 14:34:08	interruptor del otro				77135
15/12/2015 14:30:51	filtración por el tech				77132
13/12/2015 06:47:05	Colocar las lozas que				77020
13/12/2015 06:41:46	Colocar dos esquin				77019
13/12/2015 06:39:55	Ducha del baño de c				77018
11/12/2015 12:34:58	Marco de la puerta d				76955
04/12/2015 15:17:27	hueco en techo del pas	Habitación: 1332	Coord. Pisos		76864
30/11/2015 15:05:57	Los Toldos Con las Presillas Rotas	Salón	Coord. A y B		73242
30/11/2015 15:05:38	Los Toldos Con presillas rotas	Barra	Coord. A y B		73241
30/11/2015 15:04:33	Vertical Roto.	Arroyo al bar	Coord. A y B		73240

@MANTENER
Sistema de Gestión de SSTT
Programador: Julio Cesar Barberán Góngora
Hotel Paradisus Rio de Oro Tel: 430090
informatico.pro@solmelia.cuba.com

Colaboración Especial:
José Antonio Sansó Pérez
Gustavo Rumbaut Sarmiento
Guillermo Aguilera González
Gustavo Zorrilla Cuadrado

Desde: 01/12/2015 Hasta: 31/12/2015
Zona: Área habitacional
Area:
Local:
Duración: 23 Horas y 4 Minutos
Solicitud #(Alt+L): 77193
Cantidad Total: 58

@Mantener: Sistema de Gestión de Mantenimiento (© 2011) Coord. SSTT(Gestiona Rptes) 17/12/2015 svrsqj

Anexo 4. Pasos propuestos por (Christensen, 2005)

- Limpieza Inmediatamente antes de pesar, limpie la probeta con un disolvente o limpiador y séquela. Tenga cuidado en quitar toda suciedad o materia extraña de la probeta.
- Pesar la probeta con precisión de 0,001 g (0,0001 g para el procedimiento C).
- Coloque la probeta firmemente en su lugar y adicione las pesas necesarias para garantizar la fuerza que debe aplicarse en la zona de contacto con la rueda. Puede verificarse colocando un dinamómetro en este punto del contacto. Debe colocarse algún dispositivo que garantice que no se aplique fuerza sobre la probeta antes de iniciar el ensayo.
- Verifique que el número de revoluciones de la máquina coincida con el establecido.
- Cortina y flujo de arena. La magnitud del flujo de arena a través de la boquilla debe estar entre 300 g (0.66 lb)/min y 400 g (0.88 lb)/min. No comenzar la rotación de la rueda hasta que el flujo de arena sea el requerido y esté estabilizado.
- El tiempo entre un ensayo y otro será el requerido para que la temperatura de la rueda de goma regrese a la temperatura ambiente.
- Inicie la rotación de la rueda e inmediatamente baje el brazo cuidadosamente para permitir que la probeta entre en contacto con la rueda.
- Cuando se ha alcanzado el tiempo del ensayo, separe la probeta de la rueda, corte el flujo de arena y detenga la máquina. La magnitud del flujo de arena debe medirse antes y después de un ensayo, a menos que se garantice con certeza que este sea constante.
- Retire la probeta y vuelva a pesar con 0.001 g de exactitud (0.0001 g para el procedimiento C).
- Huella de desgaste. Observe la huella de desgaste producida y compárela con las fotografías de la Figura A1. Un modelo de desgaste no uniforme indica un incorrecto alineamiento del anillo de goma con respecto a la probeta o que se encuentra dañada la superficie de goma. Esta condición puede reducir la exactitud de la prueba.

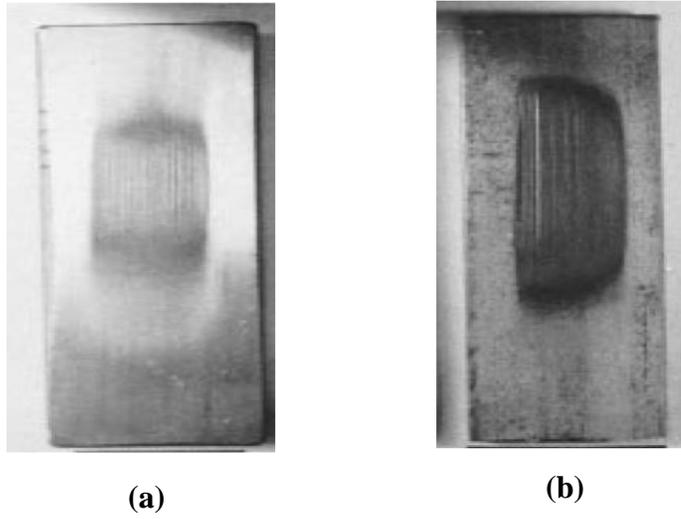


Figura A1. Huellas típicas de desgaste uniforme (a) y no uniforme (b)