



**Universidad
de Holguín**

**FACULTAD
CIENCIAS EMPRESARIALES
Y ADMINISTRACIÓN**

DPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN FÁBRICAS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial

AUTORA: Denise Anabel Rojas Batista

TUTORA: MSc. Márian Pérez Pérez

Holguín, 2018



DEDICATORIA

A mis padres, principalmente a mi mamá que es la protagonista de todos mis logros y me ha brindado su apoyo e inculcado valores espirituales para que sea una persona digna ante la sociedad, capaz de cumplir mis metas propuestas con firmeza y humildad.

AGRADECIMIENTOS

Realmente tengo tantas personas a quienes debo agradecer por haber arribado a esta etapa de mi vida, que creo necesitaré un libro para mencionarlos a todos, pues me refiero a cada una de las personas que han pasado por mi vida y han sido fundamentales en mi desarrollo como persona, estudiante y futura profesional.

Primeramente, quiero agradecerle a Dios por guiarme y ayudarme en todo momento. Agradezco a mis padres por educarme, formarme y apoyarme durante toda mi existencia; a toda mi familia, a mi abuela Dulce que me cuidó en mis primeros años de vida y de manera especial a mi tía Elizabeth por ser un ángel y ayudarme en los momentos difíciles.

A mi hermana Yasmín y a sus familiares; a Isabel Sosa, gran amiga de la familia.

A mi tutora Márian Pérez Pérez por su apoyo incondicional, paciencia y dedicación, así como a su familia.

A todo el personal de Holplast, especialmente a Jorge Enrique Labañino Fernández por su gran disposición en ayudar y compartir sus conocimientos de una manera agradable y espontánea.

De forma general, agradezco a toda mi familia, a todos mis compañeros de aula y de la Universidad, a las profe Laura, Ivis, Ileana y Mayra Moreno, a Glesler Ramos, a Gretel Rosalina y muy en especial a Lays y a su familia, a Elizabeth Hernández Pérez, a Yorlan, Liliana, Alina, Mayrelis, Luis Enrique, a Dayana ,Daylenis, a Roger Riverón, a María Elena (Chaly) y a todas las personas que se han preocupado y han estado pendientes de mí, brindando su ayuda y apoyo.

¡GRACIAS A TODOS!.

RESUMEN

El mantenimiento ha pasado de ser una actividad reactiva, a una actividad con enfoque proactivo. Si se analiza el mantenimiento como un proceso gerencial, se observa que la planificación y organización constituye el punto de partida pues tiene como objetivo disminuir los tiempos muertos y los costos asociados a los trabajos e inventarios de repuestos, optimizándose la entrega oportuna y con calidad a los clientes. En este trabajo se analiza la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico en Cuba, centrandó la atención en la planificación y organización del mismo. Se partió de los antecedentes y el estado actual de la temática, donde se resumen los elementos fundamentales de la investigación que permitieron abordar el problema de la carencia de un procedimiento para planificar y organizar el mantenimiento en este tipo de industrias. Como objetivo se estableció elaborar un procedimiento para la planificación y organización del mantenimiento en las fábricas de transformación del plástico fundamentado en estudios realizados en la Fábrica de Tubos Holplast. El procedimiento elaborado se complementa con herramientas de apoyo para el desarrollo e implementación de las etapas lo que contribuye, significativamente, a la gestión del mantenimiento en estas fábricas. Como resultados cabe destacar que se diseñó un procedimiento compuesto por cuatro etapas que deben desarrollarse progresivamente según el escenario actual de la organización, haciendo énfasis en garantizar el plan de mantenimiento más adecuado a las características de los equipos de la entidad y a la optimización de la gestión de materiales y repuestos.

ABSTRACT

Maintenance has gone from being a reactive activity, to an activity with a proactive approach. If maintenance is analyzed as a management process, it is observed that the planning and organization is the starting point because it aims to reduce downtime and costs associated with the work and inventories of spare parts, optimizing the delivery timely and with quality the clients. This paper analyzes the management of maintenance in factories of transformation of plastic in Cuba, focusing on the planning and organization of the same. It started from the background and the current state of the subject, which summarizes the fundamental elements of the research that allowed to address the problem of the lack of a procedure to plan and organize maintenance in these types of industries. The objective was to develop a procedure for the planning and organization of maintenance in plastic processing factories based on studies carried out in the Holplast Tubing Factory. The elaborated procedure is complemented with support tools for the development and implementation of the stages, which contributes, significantly, to the maintenance management in these factories. As results, it is worth noting that a procedure was designed consisting of four stages that must be progressively developed according to the current scenario of the organization, with an emphasis on guaranteeing the maintenance plan best suited to the characteristics of the entity's teams and the optimization of management of materials and spare parts.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA PLANIFICACIÓN Y LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	6
1.1 Gestión del mantenimiento	6
1.2 Planificación y organización del mantenimiento	15
1.2.1 Objetivos del mantenimiento y responsabilidades de la gestión del mantenimiento	16
1.2.2 Herramientas para planificar y organizar el mantenimiento.....	18
1.3 Análisis de los enfoques metodológicos para la planificación y organización del mantenimiento	21
1.4 Caracterización del mantenimiento en Holplast.....	27
1.4.1 Situación actual del mantenimiento en Holplast	27
1.4.2 Diagnóstico de la gestión del mantenimiento en Holplast.....	28
1.5 Conclusiones parciales del capítulo	30
CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN FÁBRICAS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO	32
2.1 Procedimiento para la planificación y organización de la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación de plástico	32
Etapa I: Involucramiento y compromiso.....	33
Etapa II: Planificación del mantenimiento	38
Etapa III: Diseño y programación de los planes de mantenimiento	43
Etapa IV: Mejora	47
2.2 Valoración del procedimiento propuesto empleando el método de Delphi	48
2.3 Conclusiones parciales del capítulo	50
VALORACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL	51
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, la actividad de mantenimiento ha sufrido transformaciones en su concepción de trabajo, pasando de ser una actividad reactiva a una actividad con enfoque proactivo. Esto se debe a que los fallos imprevistos son cada vez más costosos, con una considerable pérdida de credibilidad que se refleja en una pérdida de mercado; esto le proporciona a la actividad de mantenimiento una visión de negocio que lo convierte en un factor clave y de vital importancia dentro de la estructura competitiva de la entidad. El mantenimiento es una disciplina integradora que ha tenido un desarrollo progresivo en la industria y es el encargado de garantizar la disponibilidad del equipamiento en la empresa a un costo mínimo. No se concibe una industria moderna sin una correcta política de mantenimiento, sencillamente porque del mantenimiento depende la funcionalidad, la disponibilidad y la conservación de su estructura productiva, significando un incremento importante de la vida útil de los equipos y prestaciones (Acosta Palmer, 2013).

En el mantenimiento se desarrollan técnicas y métodos para la detección, control y ejecución de actividades que garanticen el buen desempeño de la maquinaria. El empleo de técnicas de planificación y organización del mantenimiento tiene un gran auge a nivel mundial, debido a los beneficios que estas aportan. Sistemas más avanzados de mantenimiento permiten una mayor disponibilidad de equipamiento con una buena reducción de los costos y un desarrollo ascendente en cuanto a confiabilidad operacional se refiere, contribuyendo a la planificación y a la organización y, por otro lado, representa pasos firmes para la introducción de un programa de mejora continua.

En lo que respecta a Cuba, se aprecian avances en las últimas décadas en el desarrollo de la gestión del mantenimiento. Se debe destacar que el mantenimiento ocupa un lugar fundamental en los objetivos y procesos de la actualización del modelo económico y social cubano. En los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y de la Revolución, aprobados en el VII Congreso del Partido Comunista de Cuba, se coloca al mantenimiento dentro de las primeras prioridades en todas las esferas (Lineamientos 18; 115 y 227).

Entre las actividades desarrolladas para mejorar la actividad del mantenimiento en Cuba y a partir del mes de febrero del 2013, se encuentra la elaboración de un cronog

rama que comprendía el desarrollo de un proceso de diagnóstico del estado técnico de las instalaciones y de la gestión del mantenimiento, para dar respuesta a los lineamientos del VI Congreso del PCC (PCC, 2011) y proponer lo que sería la “Política de Mantenimiento en Cuba” (Acosta Palmer, 2013). Con este objetivo se realizó el diagnóstico en 82 organizaciones de 8 provincias, donde se identificaron 933 problemas vinculados con el mantenimiento; al repetirse en su mayoría en las diferentes empresas evaluadas, fueron integrados en 71 problemas, representando la problemática que, de manera general, afecta a esta importante actividad. La evaluación de la gestión del mantenimiento fue de 68,75 puntos que califica de mal el estado de las empresas seleccionadas. Los principales problemas identificados estaban relacionados con la gestión representando el 64,78%; se destaca que uno de los principales problemas presentes en las empresas, era la inexistencia de un procedimiento para la gestión del mantenimiento.

Por la necesidad de continuar la generalización de este diagnóstico a otras entidades, en el 2017 se evalúa la gestión de la calidad del mantenimiento en la Fábrica de Tubos Holplast de Holguín; es la única de su tipo en las provincias orientales con tecnología de avanzada y en el país solo existen tres, las otras dos están ubicadas en Ciego de Ávila y en La Habana. Su actividad fundamental está encaminada a producir y comercializar tubos y conexiones de polietileno de alta densidad (PEAD) para la conducción de agua. Los principales problemas (representados por las siglas que aparecen entre paréntesis al final de cada problema) que se han identificado y que coinciden con los detectados en el diagnóstico que llevó a cabo Acosta Palmer (2013), son:

- El proceso de importación de medios y piezas de repuesto, es lento y engorroso (DMP)
- Carencia de un procedimiento específico para planificar la gestión del mantenimiento (NPP).
- Insuficiente análisis científico en cuanto a la gestión del mantenimiento se refiere (IAC).
- Inestabilidad de suministros (IS).

- Envejecimiento de la fuerza laboral calificada (EFL).
- Inexistencia de un procedimiento específico para el control de la gestión del mantenimiento (NPECM).
- Exposición de los trabajadores a altos niveles de ruido (ETEA).
- La programación del mantenimiento se planifica, pero no se realiza hasta que la producción se detiene por otras causas (PMNEOC).

En base a lo anterior y para definir el problema principal en este trabajo, se aplicó el método MIC-MAC (Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicación Aplicada a una Clasificación) fundamentado en un programa que tiene por objeto ayudar en un estudio de análisis estructural que permite, a partir de una lista de variables y una matriz que representa las influencias directas entre éstas. A continuación, se identificaron los problemas más influyentes y menos dependientes, partiendo de la construcción de la matriz de influencias directas mediante el trabajo con expertos; luego se calculó la matriz de influencia indirecta así como su respectivo plano factorial representado en la figura del anexo 1.

Como dificultad más influyente y menos dependiente, se determinó que no existe un procedimiento específico para planificar, organizar y optimizar la gestión del mantenimiento (NPPO) y de los materiales y repuestos necesarios para esta actividad, lo que permite definir como **problema profesional** el siguiente: Carencia de un procedimiento específico para la planificación y organización de la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación de plásticos. Constituye el **objeto de estudio**, la gestión del mantenimiento.

Objetivo general: Diseñar un procedimiento para la planificación y organización de la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación de plásticos

Campo de acción:

La planificación y organización de la gestión del mantenimiento en la Fábrica de Tubos de Holguín Holplast.

Objetivos específicos:

1. Realizar el marco teórico referencial acerca de la gestión del mantenimiento, específicamente en la organización y planificación del mismo en fábricas de transformación del plástico.
2. Diseñar un procedimiento específico para la planificación y organización del mantenimiento y la optimización de la gestión de materiales y repuestos fundamentado en estudios realizados en la Fábrica de Tubos Holplast.
3. Valorar el procedimiento a través del método de Delphi.

Idea a defender: el desarrollo del procedimiento para planificar y organizar el mantenimiento en fábricas de transformación de plástico, contribuye a la optimización de la gestión de materiales y repuestos en Holplast.

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizaron los siguientes métodos científicos:

Métodos Teóricos:

El análisis y síntesis de la información obtenida a partir de la revisión de la literatura, tanto internacional como nacional, de la documentación especializada así como de la experiencia de especialistas y trabajadores consultados para desarrollar el diagnóstico de los riesgos, llegando a establecer las pautas necesarias para el desarrollo del procedimiento a emplear. El método histórico – lógico para analizar la evolución a través de los años y el estado actual de la gestión del mantenimiento y del objeto de la investigación.

Métodos Empíricos:

Encuestas, entrevistas, observación directa, revisión de documentos, la consulta o criterio de expertos para alcanzar consenso, trabajo en grupo (tormenta de ideas y dinámica de grupo), así como la utilización de técnicas para el procesamiento de la información y las herramientas del paquete de Microsoft Office.

Este trabajo queda estructurado de la siguiente forma:

Para su presentación, la investigación está estructurada de la siguiente manera: un primer capítulo que contiene el marco teórico referencial que sustentó el estudio realizado y un segundo capítulo donde se diseña un procedimiento específico para la planificación y organización del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico con énfasis en la optimización de la gestión de recursos y materiales para el desarrollo exitoso de esta actividad. Se presentan, además, las conclusiones y

recomendaciones derivadas de la investigación, la bibliografía y un conjunto de anexos como complemento de los resultados expuestos lo que favorece la comprensión y el desarrollo del tema propuesto.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA PLANIFICACIÓN Y LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

En este capítulo se realiza un análisis de los aspectos fundamentales que sirven de soporte para el desarrollo de la investigación, fundamentados en la revisión de diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con el tema objeto de estudio. El hilo conductor seguido para la elaboración de los antecedentes y el estado actual de la temática, se muestra en la figura 1.1.

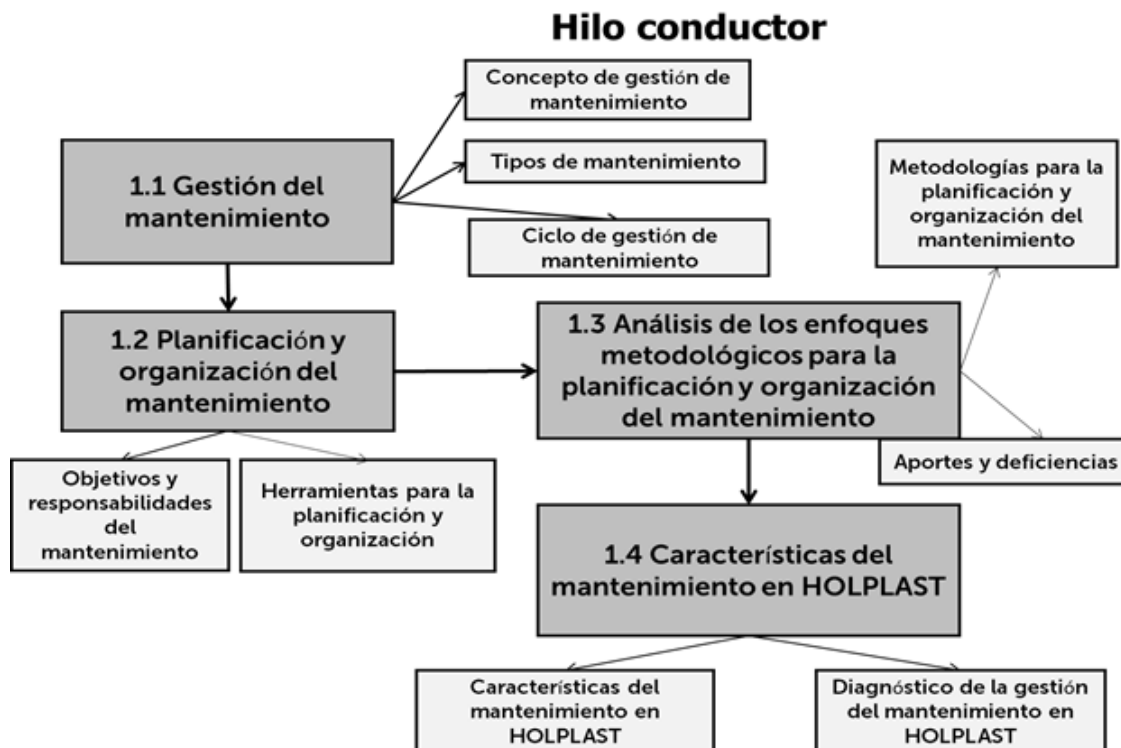


Figura 1.1 Estrategia seguida para la elaboración de los antecedentes y el estado actual de la temática.

1.1 Gestión del mantenimiento

La gestión¹ del mantenimiento tiene como fin planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades necesarias para obtener y conservar un apropiado costo del ciclo de vida de los activos para así obtener unas ventajas competitivas adecuadas, tratando de asegurar la competitividad de la empresa para que logre sus objetivos; por esto se afirma que “...una adecuada gestión del mantenimiento en el marco de un desarrollo

¹ Para fines de este estudio el vocablo gestión tiene el mismo significado que el vocablo administración.

tecnológico creciente y de una política de personal orientada hacia la calidad, ayuda a mejorar la productividad bajo la forma de un incremento en la rentabilidad” (Torres García, 2005 & Velázquez Pérez, 2014; Pérez Pérez, 2016). Al respecto, Fuentes del Olmo & Hernández (1999) citado por Borroto Pentón (2005) y Pérez Pérez, 2016, plantean que “...algunos análisis sobre la efectividad de la gestión del mantenimiento indican que un tercio de todos los costos de mantenimiento se deben a una mala gestión”.

La importancia de la gestión del mantenimiento se basa principalmente en el deterioro de los equipos industriales y de las consecuencias que de este se derivan. Debido al alto coste que supone este deterioro para las empresas, es necesario aumentar la fiabilidad de los equipos, la seguridad de los equipos y de las personas (Gómez Real, 2006).

De la Paz Martínez (2011), define el mantenimiento como la integración de acciones técnicas, organizativas y económicas, encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos físicos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste con el fin de alargar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el medio ambiente y la seguridad del personal. A partir de los conceptos propuestos respecto al tema, la autora de esta investigación coincide con De la Paz Martínez (2011) quien en su definición del mantenimiento tiene en cuenta la seguridad y la salud en el trabajo del personal de mantenimiento así como la protección ambiental. Por otra parte y para profundizar en el tema de la gestión del mantenimiento, se realizó un estudio bibliométrico de la producción científica regional de los registros bibliográficos de artículos científicos relativos a la temática, indizados en la base de datos SciELO como se muestra a continuación.

Estudio bibliométrico de la gestión del mantenimiento en SciELO

Se hace un estudio bibliométrico de la producción científica regional de los registros bibliográficos de artículos científicos relativos a la temática, indizados en la base de datos SciELO. El estudio bibliométrico parte, en primer lugar, de un análisis de la gestión del mantenimiento en materia de Ingeniería en la red SciELO. En segundo lugar, se analiza la gestión del mantenimiento en la industria a través de la red de

revistas científicas de América Latina y del Caribe. Se utilizó para la estrategia de búsqueda, el término “gestión de mantenimiento” en los títulos y textos de los artículos publicados pero no se encontraron coincidencias, decidiendo tratar el término de mantenimiento y contar solo los referidos a los relacionados con el mantenimiento empresarial. Se definieron operacionalmente los indicadores que se utilizan en el estudio entre ellos: productividad por años, productividad por revistas, indicadores personales y productividad por países. El estudio no se enmarcó en un período de tiempo de terminado, analizándose todos los artículos que se encontraron en la base de datos hasta este momento.

Estudio bibliométrico de la gestión del mantenimiento en la red SciELO en materia de Ingeniería

Para el estudio bibliométrico se analizaron las revistas, 41 en total, pertenecientes a Ingeniería. El país con mayor representación de revistas es México con 10 para un 24,39% y le sigue Colombia con 6, para un 14,63% (figura 1.2). Se encontraron un total de 134 coincidencias sobre mantenimiento, de ellas solo 8 dedicadas al mantenimiento empresarial, siendo los más tratados: mantenimiento centrado en la confiabilidad y mantenimiento productivo total. Se evidencia, por tanto, un escaso tratamiento de la gestión del mantenimiento en la red SciELO en materia de ingeniería.

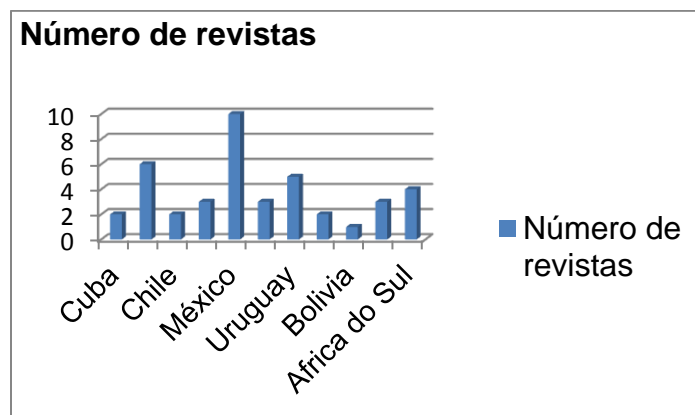


Figura 1.2 Revistas analizadas en la Red SciELO en materia de Ingeniería.

Productividad por años: la distribución por quinquenios de los artículos relacionados con la gestión del mantenimiento empresarial, permitió evaluar las tendencias de las investigaciones (figura 1.3); se observó un incremento muy lento de las publicaciones,

en las que se obtuvo la mayor productividad en el período 2001-2018. El coeficiente de determinación (R^2) de la línea de tendencia polinomial de tercer orden, refleja que puede utilizarse la curva como referencia al presentar un buen ajuste.

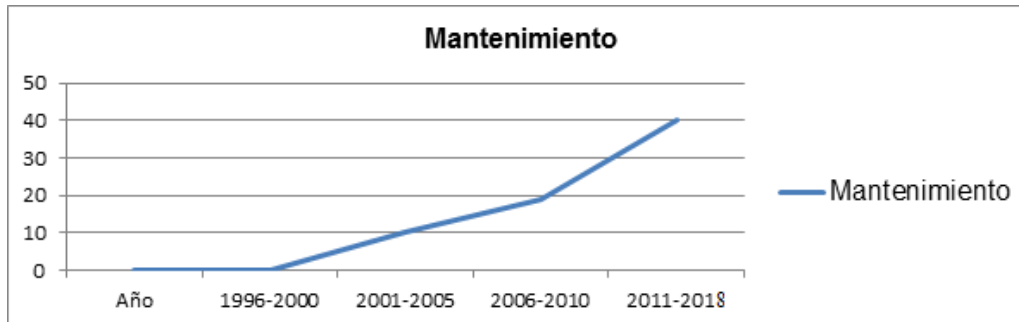


Figura 1.3 Tendencia de las publicaciones de la gestión del mantenimiento empresarial en la red SciELO, Ingeniería

Indicadores personales: para seguir estudiando las características del grupo científico se hace alusión al indicador relacionado con el género del investigador, variable que es muy estudiada en la comunidad científica. En la figura 1.4 se observa una participación en la gestión del conocimiento tanto de hombres como de mujeres, aunque el sexo masculino tiene mayor representación.

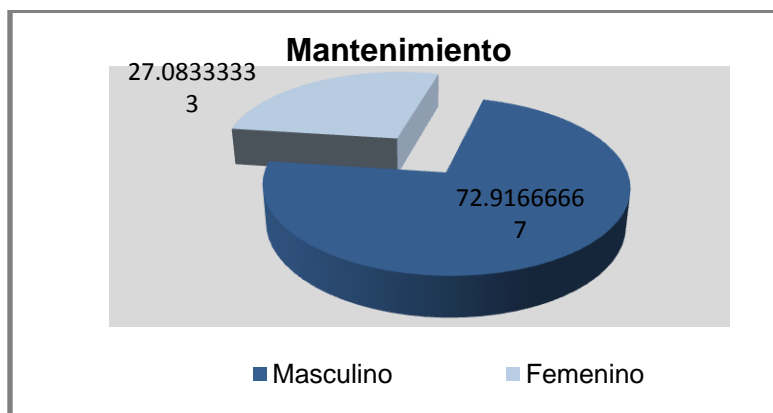


Figura 1.4 Distribución del sexo de los autores

Productividad por revistas: las revistas en las cuales se publicaron resultados de las investigaciones sobre la gestión del mantenimiento empresarial, se muestran en la figura 1.5. Se observa que las revistas que más se destacaron fueron: Journal of Technology Management & Innovation y Journal of Aerospace Technology and Management pertenecientes a Chile y Brasil, respectivamente, con 3 artículos cada una.

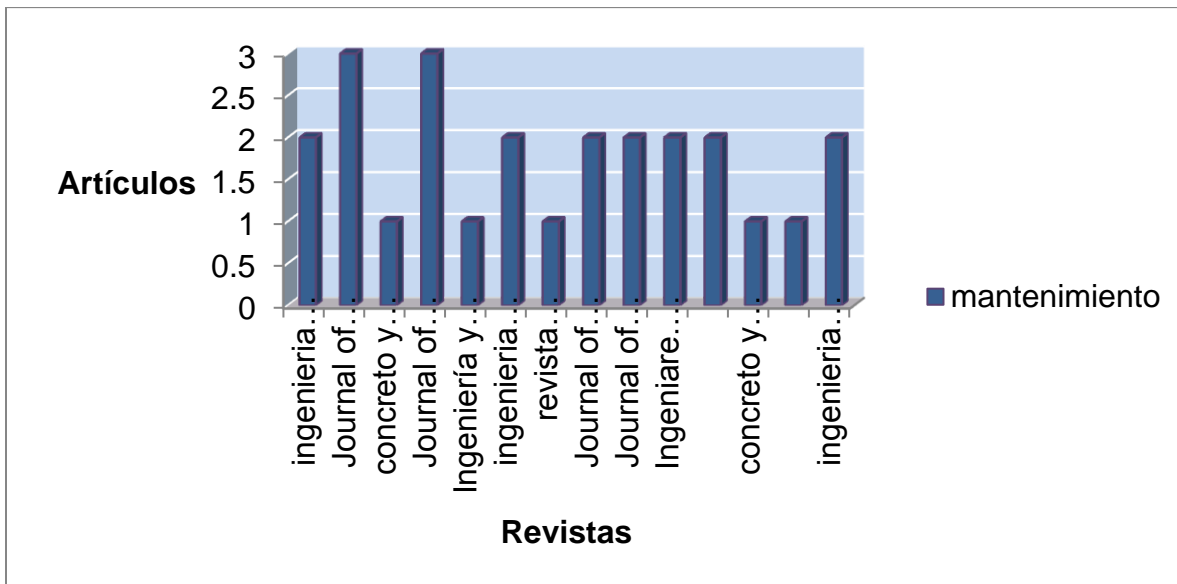


Figura 1.5 Revistas que publicaron artículos acerca de la gestión del mantenimiento empresarial.

Productividad por países: entre los países más destacados dentro de la producción científica sobre la temática estudiada, se encontraron Cuba y Chile concentrándose en éstos un 71,01% de las publicaciones analizadas (figura 1.6 y tabla 1.1).

Tabla 1.1 Productividad por países

País	Mantenimiento
Cuba	24
Portugal	1
Colombia	1
Chile	25
Costa Rica	4
Perú	1
México	1
Bolivia	0
South African	3
Brasil	5
Uruguay	4
Total	69

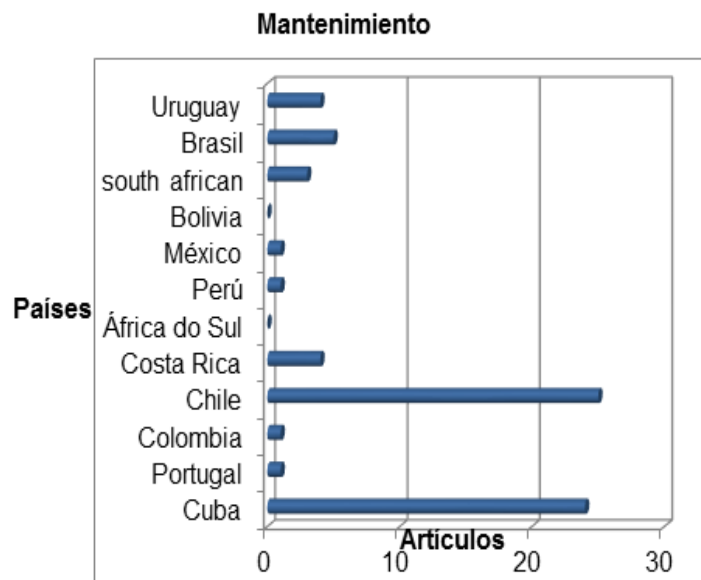


Fig 1.6 Distribución de artículos por países.

El estudio bibliométrico sobre la gestión del mantenimiento en la base de datos SciELO, demostró que la evaluación del comportamiento de la temática relacionada con el mantenimiento empresarial y su gestión a través de la producción científica, ha tenido una insuficiente evolución.

Tipos de mantenimiento:

Mantenimiento reactivo o correctivo

El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo. Este tipo de mantenimiento es importante porque no se puede tener un sistema de gestión de mantenimiento si no contamos con un régimen de mantenimiento correctivo eficiente. Aunque con un buen sistema de mantenimiento las averías son mínimas, éstas siempre van a existir. Un modelo que esté 100% orientado a evitar los desperfectos tendrá muchos problemas cuando las fallas aparezcan y no puedan ser solucionadas rápidamente (Chang Nieto, 2008; Hernández Paneque, 2016).

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo tiene como propósito general prever las fallas, manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. Se realiza antes de que ocurran las fallas o averías, bajo condiciones controladas y sin la existencia de errores en el sistema. El mantenimiento preventivo planificado (MPP) mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos. También es conocido como mantenimiento planificado, mantenimiento proactivo o mantenimiento basado en el tiempo, pues se trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos; aquí el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo lo que genera un conjunto de planes que deben realizarse en fechas preprogramadas, siendo éstos muy completos debido a que se detallan todos los materiales, las herramientas y los repuestos a emplearse en dicho mantenimiento. En los planes también aparecen las referencias del personal técnico y del que está a cargo de la reparación. Hay que destacar que el mantenimiento preventivo evita las paradas no programadas, generadas por razones subjetivas debido a que el personal está acostumbrado a hacer trabajar las máquinas

por largos períodos de tiempo sin efectuar el mantenimiento, gracias a la velocidad que poseen al reparar las fallas bajo presión (Chang Nieto, 2008; Hernández Paneque, 2016).

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo consiste en determinar, en cada instante, las condiciones técnicas reales de los equipos mientras estén en pleno funcionamiento, a través del monitoreo sistemático de sus parámetros más importantes con el objetivo de disminuir las paradas por mantenimientos preventivos lo que conlleva a minimizar los costos de esta actividad. Se realiza luego de hacer un seguimiento a algunas de las más importantes variables en los equipos. Estas variables son medidas con dispositivos especiales en intervalos de tiempo definidos, para poder pronosticar la falla del equipo y realizar el mantenimiento antes de que ocurra la parada no programada. Las variables más comunes a analizar son la temperatura, la presión, la cantidad de partículas presentes en el aceite usado, el ruido, la vibración, etc. (Chang Nieto, 2008; Hernández Paneque, 2016).

El Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM)

Es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial que se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los sistemas de mantenimiento conocidos, en calidad de subsistemas del mismo. Estos sistemas serán aplicados a los diferentes equipos individuales o grupos homogéneos de equipos en función de sus características tecnológicas y otros elementos (Velásquez, O. J., 2017: Evaluación de la Gestión de la Calidad en el mantenimiento en la Fábrica de Tubos de Holguín).

En particular el SAM propuesto para la industria cubana, incluye:

- Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).
- Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico.
- Mantenimiento Correctivo.

El Sistema Alternativo de Mantenimiento presenta las siguientes características:

1. Flexibilidad: o capacidad de asimilar de manera rápida los cambios provenientes de la producción principal y de otros clientes (entorno) adaptándose a éstos, por lo

que permite, por ejemplo, cambiar un medio básico de un subsistema de mantenimiento a otro que se adapte mejor a sus cualidades o a las circunstancias presentes.

2. Racionalidad: o capacidad de desarrollar sus funciones y cumplir sus objetivos con los recursos necesarios y a un costo razonable, con lo cual disminuye considerablemente el trabajo burocrático en relación con el sistema de MPP.
3. Apertura: o capacidad de relacionarse con el resto de los sistemas de la empresa tales como: producción, calidad, contabilidad, recursos humanos y aprovisionamiento, lo cual le permite asimilar de manera rápida los cambios del entorno adaptándose a estos.
4. Sinergia: o capacidad para involucrar a todos en el cumplimiento de sus objetivos y en el alcance de su meta. El sistema debe permitir la creatividad disciplinada y la innovación así como apoyar y estimular las ideas y sugerencias de los involucrados.
5. Simplicidad: o diseño sencillo y estructurado que, con la participación de todos, permita la comprensión de su funcionamiento, aun cuando el mantenimiento maneja generalmente muchas variables simultáneamente.
6. Fiabilidad: o capacidad de funcionar continuamente sin obstaculizar el proceso de toma de decisiones, aunque no se encuentre automatizado.
7. Posibilidad de ser automatizado: todo el tratamiento informacional del sistema es susceptible de ser automatizado y, de hecho, ya existen algunas experiencias en este sentido.

El sistema no debe considerarse como un producto acabado. Su flexibilidad y sinergia permiten que pueda ser modificado y mejorado continuamente, sin perder sus cualidades. La propiedad de mejora continua del SAM está dada por su capacidad de ser mejorado como proceso a partir de la retroalimentación de la información que se obtiene de cada análisis de sus resultados en la rutina (Velásquez, O. J., 2017).

Ciclo de gestión del mantenimiento:

La planificación del mantenimiento

Se denomina planificación del mantenimiento al conjunto de actividades que, a partir de las necesidades de mantenimiento, definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los

medios para asegurar su oportuna disponibilidad. En la planificación del mantenimiento se le debe dar respuesta a la pregunta ¿qué hacer? (Araujo Angarita, 2006; Pérez Pérez, 2016). La planificación debe cubrir los siguientes aspectos: planes de mantenimiento, el manejo de repuestos y partes componentes, contratistas, los recursos humanos y los recursos físicos y financieros.

La organización del mantenimiento

La organización del mantenimiento debe contar con el recurso humano necesario para satisfacer eficientemente los requerimientos del departamento que realiza esta actividad, con líneas de mando y áreas de responsabilidad bien definidos. La estructura del departamento varía de acuerdo a muchos factores, entre los cuales podemos mencionar: el tamaño de la empresa (pequeña, mediana y grande), el tipo de producción (bienes y/o servicios), el tipo de proceso productivo, etc. Vale aclarar que existen algunos procesos que ocupan muchas máquinas pequeñas y otras con pocas máquinas generalmente grandes, constituyendo un factor importante que se debe tener en cuenta para la organización del mantenimiento (Pérez Pérez, 2016).

El empleo de técnicas de planificación y organización en la gestión del mantenimiento, poseen un gran auge a nivel mundial debido a sus beneficios pues permiten establecer los objetivos al definir las estrategias, políticas y planes para lograrlos; es lo que establece una organización para poner en práctica las decisiones e incluye una revisión del desempeño y retroalimentación para introducir la mejora continua del proceso. Dada la importancia de estas etapas del ciclo de gestión del mantenimiento, se profundizará en sus contenidos en el siguiente epígrafe.

La ejecución del mantenimiento

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

Son varios los autores que han tratado el tema de la contratación del mantenimiento, analizando los pros y los contras de la tercerización (Corretger Rauet, 2001), teniendo en cuenta que la contratación, o no, del mantenimiento se desarrolla a través de un proceso de toma de decisiones estratégicas (Dunn García, 2000; Borroto Pentón, 2005; Pérez Pérez, 2016).

Control

El control del mantenimiento se puede definir como los criterios de control de actividades programadas y no programadas, las solicitudes, órdenes de trabajo y encerramiento de los servicios, criterios de control de equipos de inspección, medición y ensayos.

Cuando el objeto de control es la organización del mantenimiento, deben controlarse la planificación y la ejecución del mismo, de manera que él comienza desde el momento en que es recibido el programa o un requerimiento de mantenimiento, incluyendo la preparación del trabajo, hasta la verificación del correcto funcionamiento del equipo luego de la ejecución de las tareas concretas. Las órdenes de trabajo son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad de mano de obra y equipos que posean dichas entidades. Debido a la importancia de este tema, son numerosos los autores que lo han tratado (Nogueira Rivera, 2004; Borroto Pentón, 2005; Acosta Palmer, 2012), existiendo concordancia entre lo abordado por ellos.

1.2 Planificación y organización del mantenimiento

Planificación

La planificación estratégica del mantenimiento, es un factor clave dentro del proceso que parte del análisis del pasado, del conocimiento del presente y de la visualización del futuro, con un control integral de esta planificación bajo las perspectivas del talento humano, de los procesos, de la parte financiera y de los clientes. Además, es catalogada como una función primaria de la administración y es el componente más crítico de todo sistema. Constituye la base y el vínculo para los demás elementos, pues es a través del proceso de planificación que se determina lo que se va a hacer para conservar las funciones de un activo y quién será el responsable de hacerlo. La planificación funciona como el centro del cerebro, en este caso del mantenimiento (Hilton y Rivera, 2005; Viscaíno Cuzco, 2016).

Organización

La organización es tal vez el área más ampliamente desarrollada de la teoría administrativa y tiene dos vertientes fundamentales: una estática que es sinónimo de entidad u organización creada para alcanzar determinados objetivos y otra de 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 cumplimentar un objetivo dado con la máxima eficiencia (Sánchez Sánchez, 1999; Borroto Pentón, 2005). También pretende integrar a los equipos, personas, recursos y medio ambiente que interactúan para el cumplimiento de los objetivos. Dentro de este aspecto es importante la definición exacta del rol que desempeña cada integrante de la organización de mantenimiento, en especial el jefe de mantenimiento con una visión amplia y estratégica que permita alcanzar las metas de la organización a través de una cultura de mantenimiento implantada, que dirija las acciones de cada integrante de la entidad.

1.2.1 Objetivos del mantenimiento y responsabilidades de la gestión del mantenimiento

Objetivos

El objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad planeada al menor costo posible dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones y las normas de seguridad. Para ello actúa sobre la continuidad de las operaciones de producción, es decir, la confiabilidad que se mide por el tiempo entre fallas consecutivas y el tiempo de paradas cuando éstas se producen. El tiempo de paradas incluye el tiempo efectivo de reparación, que está en función del diseño, de las herramientas disponibles, de la destreza y capacitación del personal, y del tiempo de espera que es en función de la organización.

Responsabilidades

La gestión de mantenimiento 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 lo que es de vital importancia el estudio de los aspectos que pueden afectarla.

La dirección de la entidad deberá definir por escrito las funciones del personal de dirección y supervisión del grupo de mantenimiento. Deberá velar porque el grupo de mantenimiento trabaje en estrecha colaboración con los grupos de operación, seguridad, gestión de la calidad, planificación, extinción de incendios, y seguridad física. El jefe de mantenimiento deberá asegurar la estrecha cooperación entre las diferentes

secciones de mantenimiento y cualquier organización del exterior del emplazamiento que participe en las operaciones con el fin de maximizar la coherencia y eficacia en la planificación y ejecución de las actividades.

Cualquiera que sea la estructura del mantenimiento y de los diversos cargos, las responsabilidades normalmente comprenden:

- a) Jefe de mantenimiento: ejecución de las operaciones de mantenimiento de acuerdo con la reglamentación pertinente, con la política de la entidad explotadora, con el programa de garantía de la calidad y las directrices estipuladas por la dirección de la instalación; revisión y optimización del programa de mantenimiento preventivo; dirección de las actividades de mantenimiento correctivo, procediendo incluso a las modificaciones de la entidad explotadora, en caso necesario; procurar la disponibilidad de los procedimientos de mantenimiento adecuados, administración del personal de mantenimiento, incluida su capacitación y cualificación, obtención de herramientas y equipo, revisión y aprobación de los registros, información a la dirección de la instalación
- b) Jefe de taller (en la esfera de su responsabilidad): ejecución de las operaciones de mantenimiento de acuerdo con el programa de garantía de la calidad y con las instrucciones del jefe de mantenimiento, especificación y control del inventario de piezas de repuesto, establecimiento de los procedimientos de mantenimiento y actualización de los mismos de acuerdo con la experiencia adquirida, por ejemplo métodos de trabajo, instalaciones, equipo y herramientas disponibles, control adecuado de los trabajos; ayuda en la administración del personal de mantenimiento, establecimiento de planes y asignación de recursos de acuerdo con los requisitos del plan general, transmisión al jefe de mantenimiento de información sobre el desarrollo y los resultados de los trabajos, revisión y aprobación de informes y registros.
- c) Supervisores (en la esfera a ellos asignada): Asignación de recursos para las diversas labores del plan diario de trabajo, vigilancia del desarrollo y de la calidad de los trabajos, comprobación de que se respetan los procedimientos, elaboración, compilación de registros, preparación de informes sobre situación y evolución de los trabajos y proceso de registros

d) Especialista en Mantenimiento Eléctrico: controlar e intervenir en el proceso de producción teniendo en cuenta los problemas eléctricos o automatizados que se puedan presentar.

e) Técnico para el mantenimiento mecánico: ejecutan las diferentes acciones de mantenimiento de los equipos tecnológicos que se realicen en la empresa.

1.2.2 Herramientas para planificar y organizar el mantenimiento

Criticidad de los equipos

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. Lamentablemente, no se dispone de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos para poder mejorar, al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa.

¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio? El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta, mediana y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, estadística de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer

prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad (Huerta Mendoza, 2012).

Renovación de los equipos

La renovación de los equipos es el fenómeno de renovar una estructura. Este proceso erradica las irregularidades que tienen los mismos, ello puede incluir la reparación o la sustitución del equipo. Cuando se habla de renovación también se evidencia la maximización de la vida útil del mismo y también se minimizan los residuos en el proceso analizado. La renovación amplía la vida útil de la maquinaria a la vez que mejora su fiabilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad (Solar Turbines, 2007).

Diseño de los planes de mantenimiento

El plan de mantenimiento es el conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para la ejecución del mantenimiento (EN 13306:2001).

Según las indicaciones metodológicas que contienen los requisitos técnico-organizativos mínimos del sistema de mantenimiento industrial aprobados en la Gaceta Oficial del 3 de octubre de 2017, la elaboración de los planes de mantenimiento debe contar con el personal idóneo contando, además, con las condiciones siguientes:

- a) Los inventarios, materias primas y materiales que puedan usarse en la actividad, partes y piezas nuevas y de reúso con destino al mantenimiento;
- b) control de los medios básicos y auxiliares;
- c) disponibilidad de la información técnica, como catálogos, planos, diseños, información sobre inspecciones, registros, reparaciones anteriores y defectos notables, y los cambios introducidos si los hubiera;
- d) presupuestos destinados para la actividad.

En esta misma resolución pero en el artículo 8, los planes que se elaboran son:

- a) Anuales de mantenimiento por especialidades, mecánica, eléctrica, automática y constructivo, en correspondencia con los ciclos de mantenimiento establecidos y de acuerdo a horas de corrida, horas reales de trabajo de los equipos y especificaciones de los fabricantes;
- b) de reparaciones generales o capitalizables;
- c) de reparaciones por parada de planta o escalonadas;

- d) de Inspección técnica diaria y periódica, de acuerdo con los requerimientos de las instalaciones industriales de cada rama;
- e) de importación, fabricación y recuperación de piezas de repuesto con medios propios y con terceros, y los planes de desarrollo de piezas;
- f) de inversiones no nominales orientadas al mantenimiento;
- g) de verificación estatal y no estatal, de calibración y reparación de medios de medición e instrumentos;
- h) de mantenimiento constructivo;
- i) de presupuestos de gastos;
- j) de mejoras de mantenimiento y mantenimiento correctivo;
- k) de lubricación y sus respectivos estudios;
- l) de conservación;
- m) mensuales operativos de mantenimiento que, además de los trabajos planificados, incluye las solicitudes de trabajos de diferentes áreas de la entidad y de terceros;
- n) de reducción de riesgos (GOC-2017-574-EX42).

Optimización de los planes de mantenimiento y optimización de los recursos

La optimización del plan de mantenimiento no es más que definir las estrategias precisas y en correspondencia al tipo de mantenimiento que se lleve a cabo en la empresa objeto de estudio. Este plan óptimo debe asegurar los requerimientos materiales necesarios y la fuerza de trabajo idónea para la ejecución de una excelente gestión del mantenimiento para de esta forma garantizar la efectividad en el proceso productivo de la entidad.

Determinación de los niveles de Inventario de Repuestos basado en la Fiabilidad

RCS (Reliability-centred Spares por sus siglas en inglés). Dentro de las muchas aplicaciones que se le puede dar a la metodología RCS, está la de determinar dónde deberíamos tener el inventario para maximizar el rendimiento de nuestra inversión en el mantenimiento. Para poder trabajar los análisis de forma operativa, se han desarrollado algunos algoritmos y modelos matemáticos que recogen todos los datos asociados a cada artículo, todas estas y otras herramientas de cálculo se han desarrollado dentro de la aplicación conocida como el RCS Toolkit.

Con el RCS Toolkit podemos, entre otras cosas, saber la cantidad que debemos mantener de un artículo en inventario y, por otro lado, si introducimos la estructura de almacenes, saber en cuál de ellos deberíamos tener “que” y “cuanto”. Por otro lado, si se desea hacer una concentración de almacenes, se puede hacer un estudio detallado y diferenciado de las necesidades individuales de distintos centros productivos, las cuales se introducirán en la opción de Análisis Multi-instalación del RCS Toolkit. De esta manera, obtendremos una cantidad a mantener en un almacén principal que responde a las demandas de todos los centros a los cuales tiene que servir (Andia Chávez, 2013).

1.3 Análisis de los enfoques metodológicos para la planificación y organización del mantenimiento

En el presente epígrafe se muestra un acercamiento a las metodologías para planificar y organizar del mantenimiento en fábricas de transformación de plásticos. A través de la revisión de la literatura, tanto nacional como internacional, se evidencia que con respecto al tema aparecen varias propuestas metodológicas, pero solo una vinculada al proceso de inyección; en nuestro caso se trata de una fábrica que produce tuberías de PEAD mediante el proceso de extrusión. Las propuestas son las siguientes:

1. Methodology used for improving overall equipment effectiveness by Implementing Total Productive Maintenance in plastic pipe manufacturing industries (Kumar D, Kumar E & Rawat E ,2014).
2. Metodología de mantenimiento de moldes de inyección apoyada en herramientas de gestión de ciclo de vida del producto (PLM) (Echeverri Cartagena, 2013).
3. Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la gestión por procesos para la mejora de la productividad y la competitividad en una asociatividad de Pymes² del sector textil (Cruzado Sánchez, 2014).
4. Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento (Herrera Galán, 2016)
5. Modelo de mantenimiento industrial basado en la gestión del conocimiento (Cárcel Carrasco, 2014).

² Pequeñas y medianas empresas

6. Metodología Para Seleccionar Sistemas de Mantenimiento (González Danger & Hecheverría Pierre).
7. Modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo (Viveros, P., R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera and A. Crespo ,2013).
8. Strategies for excellence in Maintenance Management (Campbell, J. D, 2014).
9. Procedimiento para la planeación integrada producción – mantenimiento a nivel táctico (Díaz Cazañas & De la Paz Martínez, 2016).
10. Modelo de referencia operacional aplicado a una empresa de servicios de mantenimiento (Herrera Vidal& Herrera Vega, 2016).

A continuación, se exponen los principales aportes y deficiencias de las metodologías antes mencionadas.

Tabla 1.2 Aportes y deficiencias de las metodologías para la planificación y organización del mantenimiento

Metodología	Aporte	Deficiencia
Methodology used for improving overall equipment effectiveness by Implementing Total Productive Maintenance in plastic pipe manufacturing industries	<ul style="list-style-type: none"> •Es usado para mejorar el Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés). •Su propósito es eliminar las mayores pérdidas en la producción por introducción de programas de continuidad y sistemas de mejora a los equipos de producción. 	No se adecua a las características de las empresas cubanas porque el TPM dictamina que cada trabajador ejecute el mantenimiento a su equipo de trabajo y en las empresas de transformación de plásticos los equipos son especializados y automatizados, complejizando la ejecución del TPM.
Metodología de mantenimiento de moldes de inyección apoyada	•Propone un modelo estandarizado, documentado y automatizado, el cual se desarrolló y validó a través	La metodología es aplicada a la industria de inyección del plástico y la empresa objeto de estudio en esta investigación, realiza la

<p>en herramientas de gestión de ciclo de vida del producto (PLM)</p>	<p>de cuatro casos de estudio en una empresa local.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Logra evidenciar como resultado una reducción en el tiempo de mantenimiento, una mejora en la calidad y el costo del mantenimiento. 	<p>producción de tubos por extrusión.</p>
<p>Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la gestión por procesos para la mejora de la productividad y la competitividad en una asociatividad de Pymes del sector textil</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El modelo está basado en un programa de mantenimiento preventivo programado, sostenido por la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). • Tiene como objetivos principales, maximizar la disponibilidad de las máquinas, reducir la existencia de repuestos, maximizar los trabajos programados, garantizar la seguridad y maximizar la productividad de los trabajadores. 	<p>El modelo no cuenta con etapas ni con una secuencia de pasos incluidos en estas.</p>

<p>Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se refiere a la implementación de una metodología para la gestión de mantenimiento asistido por computadora a través del desarrollo de un programa de mantenimiento y su puesta en práctica. • Puede resultar aplicable a un gran número de empresas de nuestra geografía. • Pretende dar solución a la deficiencia en la planificación, control y evaluación de la Gestión de Mantenimiento; así como demostrar que con la utilización de un sistema automatizado se logra mejorar la calidad de los servicios de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Está dirigida solo a aquellas industrias que pertenezcan fundamentalmente a la rama biotecnológica.
<p>Modelo de mantenimiento industrial basado en la gestión del conocimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se resumen los principales factores que marcan la relevancia de la gestión del conocimiento que influyen en las acciones tácticas de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • La principal limitación de este estudio radica en que la empresa donde se ha investigado y modelado la implantación del modelo planteado, pertenece al sector industrial alimentario.

<p>Metodología Para Seleccionar Sistemas de Mantenimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Efectúa la selección de un sistema de mantenimiento a nivel de empresa, el cual permite de una manera flexible adecuar tanto a nivel de máquina como de los sistemas de ésta las intervenciones que racionalmente deben ser instrumentadas. 	<ul style="list-style-type: none"> •Establecer una diferencia racional entre los equipos independientemente de la política global de mantenimiento que se obtuvo al definir el sistema generalizado en el centro.
<p>Modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Propone algunas herramientas de apoyo en las principales etapas del modelo, dando a conocer las principales bondades y funcionalidad dentro del ciclo propuesto. • Tiene en cuenta el contexto operacional y contemplando todas las restricciones que pueden afectar a la eficiencia y eficacia de la gestión del mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> •El modelo considera la aplicación de las nuevas tecnologías TIC en todas las etapas dentro de un ciclo de mejora continua, el cual promueve el beneficio de las nuevas tecnologías de la información y comunicación. Pero para Cuba constituye una gran limitación tener el acceso a este tipo de tecnologías, y a la actualización de las mismas.
<p>Strategies for excellence in Maintenance Management</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Es una guía para llevar a cabo una excelente gestión de mantenimiento que cuenta con seis pasos 	<ul style="list-style-type: none"> •Es una guía demasiado general sin especificaciones propias de cada empresa. • No contiene elementos específicos que

	(identificar, planear, programar, asignar, ejecutar y analizar). • Es aplicable a todo tipo de industria.	permitan definir qué puesto de trabajo ejecute cada acción, ni quienes son os responsables.
Procedimiento para la planeación integrada producción – mantenimiento a nivel táctico.	<ul style="list-style-type: none"> • Está diseñado para contribuir a la integración planificación de la Producción–planificación del mantenimiento. • A mediano plazo conjuga metodologías existentes para la gestión del mantenimiento para el mejoramiento de la gestión empresarial como el Análisis del Valor y la Teoría del Control Borroso. 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene en cuenta el proceso de retroalimentación
Modelo de referencia operacional aplicado a una empresa de servicios de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la identificación y definición del alcance de la cadena de suministro de la empresa. • Facilita controlar de forma más eficiente los procesos de la cadena de suministro. 	Se evidencia la poca aplicabilidad a todo tipo de sector, principalmente el sector eléctrico industrial.

Luego de analizadas las metodologías, se puede concluir que la mayoría abordan sectores y actividades determinadas y sólo una aborda el tema de la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación de materiales plásticos. Además, ninguna

metodología abarca el tema de la planificación y organización de la actividad de mantenimiento en la fábrica de transformación de plásticos Holplast, lo que evidencia la importancia y novedad de esta investigación.

1.4 Caracterización del mantenimiento en Holplast

La Fábrica de tubos de Holguín Holplast se encuentra ubicada en la carretera central vía Bayamo km 777, Holguín y pertenece al Grupo Empresarial de Ingeniería y Logística Hidráulica (GEILH) del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Surge mediante la Resolución 18/2006 del Ministerio de Economía y Planificación, decisión que se materializa mediante la Resolución 44/2007 del presidente del INRH con el objetivo de encaminar su producción hacia los sistemas de acueductos y alcantarillados del país. Su actividad fundamental está encaminada a producir y comercializar tubos y conexiones de polietileno de alta densidad para la conducción de agua de manera segura, confiable, eficaz y eficiente mediante el mejoramiento continuo de su desempeño para que sean satisfechas las necesidades y expectativas de los clientes internos y externos. Para ello cuenta con tres líneas de producción para la fabricación de tuberías de diámetros desde 16 hasta 110 mm; de 90 hasta 350 mm y otra de 400 hasta 1000 mm con capacidad para procesar 950, 450 y 100kg/h con la utilización de PEAD como materia prima, así como un taller de conexiones de PEAD (Rodríguez Almaguer, 2016; Batista, D. A., & Leyva, Y. C., 2017). La descripción del proceso tecnológico en la producción de tubos de polietileno de alta densidad se encuentra en el anexo 2.

1.4.1 Situación actual del mantenimiento en HOLPALST

El sistema de mantenimiento aplicado en la Fábrica de Tubos de Holguín Holplast, es una combinación de varios tipos de mantenimiento: el MPP, el predictivo y el correctivo. Siendo el sistema de arranque de los equipos un gran demandante de energía, el régimen de trabajo es de 24 horas; y esto constituye una debilidad para la gestión del mantenimiento porque a pesar de que se pueda programar dicha actividad, solo se puede ejecutar cuando se modifica el diámetro para la producción de tubos (Hernández Paneque, 2016). Los equipos, modelos, fabricante, país y año de puesta en marcha de los equipos con los que cuenta la fábrica, se muestran en la tabla 1.3:

Tabla 1.3 Características Técnicas de la Fábrica de Tubos Holplast:

Equipo	Modelo	Fabricante	País	Año
Extrusora	NE 5.3oD	Hans Weber Maschinenfabrik GmbH	Alemania	2013
Tanque de calibración	PRIMAC-CV-2C/125-6	Barruffaldi Plastic Technology	Italia	2013
Tanque de enfriamiento	PRIMAC-VR-T/125-6	Barruffaldi Plastic Technology	Italia	2013
Máquina de marcado	PRIMAC-TAN-T1/10-200	Barruffaldi Plastic Technology	Italia	2013
Carro de arrastre	TR125/3	IPM S.r.l	Italia	2013
Cortadora	TS 125	IPM S.r.l	Italia	2013
Volcador	RIB 125	IPM S.r.l	Italia	2013

La tecnología de la empresa es alemana, siendo el suministrador de la misma BATTENFELD. Los equipos con los que se cuenta para el trabajo son modernos y relativamente nuevos, lo que favorece el desarrollo normal de las labores desempeñadas por los operarios que hacen un gran esfuerzo para mantener las máquinas en funcionamiento y no detener el trabajo.

Específicamente la brigada de mantenimiento cuenta con 5 operarios (Especialista Principal de Mantenimiento, Especialista en Mantenimiento Mecánico, Especialista en Mantenimiento Eléctrico y 2 Técnicos en Mantenimiento). Estos últimos poseen un técnico medio en mantenimiento y los especialistas son de nivel superior.

1.4.2 Diagnóstico de la gestión del mantenimiento en Holplast

En Holplast se han realizado algunos estudios relacionados con la actividad del mantenimiento. Uno de ellos fue ejecutado por Yurima Hernández Paneque en el año 2016, el cual analiza el sistema de mantenimiento aplicado allí en ese momento, el preventivo planificado (recomendado por el fabricante del equipo) con un ciclo de mantenimiento compuesto por intervenciones diarias, por horas, semanales y mensuales que durante el tiempo de trabajo de la línea ha quedado demostrado que no es el idóneo para este proceso productivo debido a las desventajas propias del mismo. El nuevo sistema de mantenimiento definido por esta autora, es el sistema alternativo de mantenimiento compuesto por el correctivo, preventivo y predictivo.

En el año 2017, específicamente en el segundo trimestre, fue realizado un diagnóstico

de la calidad a la gestión del mantenimiento en Holplast con la aplicación de la metodología de Acosta Palmer (2013) Auditoría y Evaluación, ejecutado por Omar Pérez Leyva, Yorlan Catillo Leyva y Denise Anabel Rojas Batista, estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Holguín para evaluar la situación del mantenimiento. En la tabla 1.4 y en el gráfico de radar 1.7, se muestran los resultados generales de dicho diagnóstico.

Tabla 1.4 Evaluación cuantitativa de las áreas de actuación

No.	Categoría de la gestión de Mantenimiento	META	Calificación del Mantenimiento	%
1.	Organización General del Mantenimiento	15	14.13	94.20
2.	Recursos Humanos	10	8.52	85.20
3.	Control Económico	15	15.00	100.00
4.	Planificación, programación y control	15	13.13	87.53
5.	Ingeniería de Mantenimiento	20	15.68	78.38
6.	Tercerización	10	8.40	84.00
7.	Gestión de seguridad	15	8.25	55.00
	Total	100	83.11	Bien

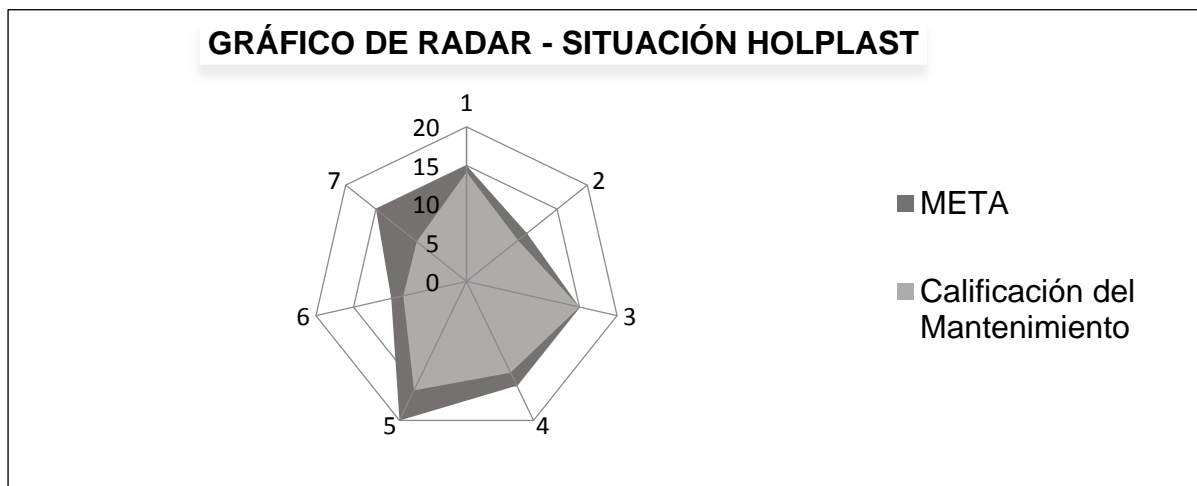


Figura 1.7 Gráfico para comparar la situación general de la empresa en cuanto a la gestión de la calidad del mantenimiento

El resultado de la evaluación cuantitativa fue de un 83,11% obteniendo la empresa una calificación de bien en la calidad de la gestión del mantenimiento. Sin embargo, no todas las áreas de actuación obtuvieron una evaluación de bien, presentándose las mayores dificultades en el área de Ingeniería del mantenimiento. Esto se debe, principalmente, a que el régimen de trabajo es continuo pues encender y apagar los equipos genera grandes gastos de energía. Holplast, de manera general, alcanzó durante este diagnóstico un nivel 4 de competencia lo que significa que la organización ha implementado sistemas y mejoras y mantiene bajo el control a la gestión de la calidad en el mantenimiento.

Los principales problemas que se identificaron y que coinciden con los detectados en el diagnóstico que llevó a cabo Acosta Palmer (2013), son:

- El proceso de importación de medios y piezas de repuesto, es lento y engorroso.
- Carencia de un procedimiento específico para planificar la gestión del mantenimiento.
- Insuficiente análisis científico en cuanto a la gestión del mantenimiento.
- Inestabilidad de suministros.
- Envejecimiento de la fuerza laboral calificada.
- Inexistencia de un procedimiento específico para el control de la gestión del mantenimiento.
- Exposición de los trabajadores a altos niveles de ruido.
- La programación del mantenimiento se planifica, pero no se realiza hasta que la producción se detiene por otras causas.

1.5 Conclusiones parciales del capítulo

1. Se realizó el análisis de varios conceptos acerca de la gestión del mantenimiento coincidiendo con la definición brindada por De la Paz Martínez (2011) que asume elementos importantes como la seguridad y la salud en el trabajo del personal de mantenimiento y la protección ambiental
2. Se identificaron las funciones básicas en el mantenimiento: planificar, organizar y controlar como requisitos indispensables para lograr el óptimo en este proceso, llegándose a la conclusión de que la planificación y organización del mismo

constituye el punto de partida del proceso, pues tiene como objetivo disminuir los tiempos muertos en el área de producción y los costos asociados a los trabajos e inventarios de repuestos y optimiza la entrega oportuna y con calidad a los clientes.

3. El desarrollo del mantenimiento en Cuba, cobró auge a partir del siglo XXI con la implementación de una serie de procedimientos para llevar a cabo la gestión del mantenimiento, sin embargo, no existen estudios afines que lleven a cabo la planificación y organización de dicha gestión, ni la aplicación del SAM a la industria del plástico, lo que corrobora la novedad de este trabajo.

CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN FÁBRICAS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO

A través de lo analizado en los antecedentes y el estado actual de la temática, se evidencia la necesidad de planificar y organizar la gestión del mantenimiento en las fábricas de transformación del plástico, razones por la cual se ha propuesto un procedimiento que consta de 4 etapas (figura 2.1) que se describen a continuación:

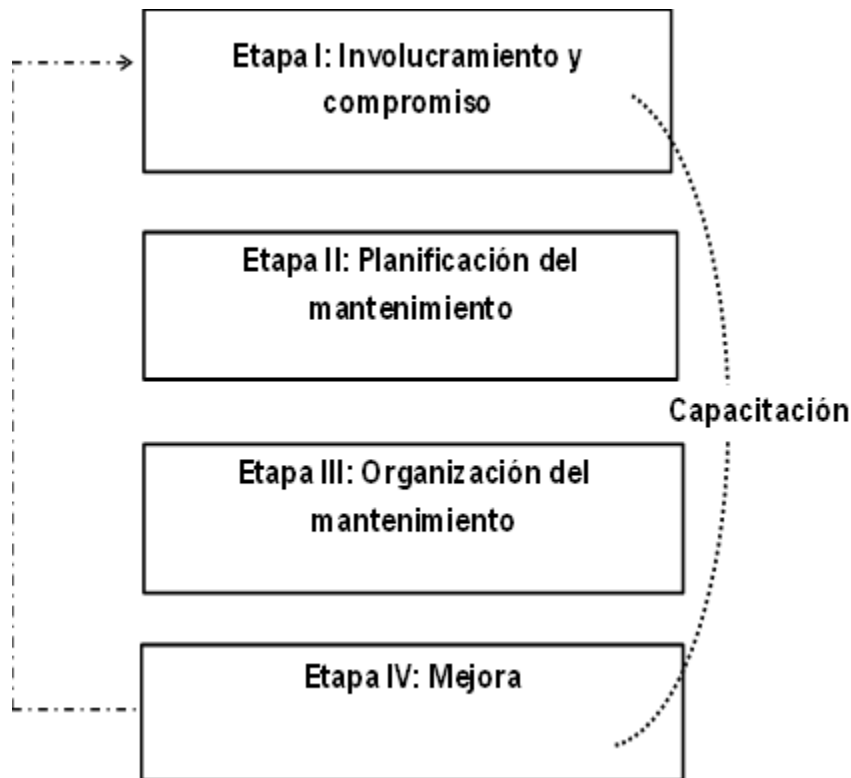


Figura 2.1 Procedimiento para la planificación y organización de la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico

2.1 Procedimiento para la planificación y organización de la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación de plástico

El diseño del procedimiento acoge el enfoque basado en procesos, pues implica la definición y gestión sistemática de los procesos y sus interacciones, con el fin de alcanzar los resultados previstos. El proceso de integración que propone el procedimiento está basado en el ciclo planificar, hacer, verificar y actuar (PHVA), por considerarse un método de probada eficacia y rentabilidad, que facilita el proyecto

(norma UNE 66177:2005). Se concibe para ser aplicada a cualquier empresa de transformación de materiales plásticos, sin tener en cuenta el tipo o tamaño de la misma, independientemente del grado de madurez que pueda presentar en los sistemas de gestión que poseen.

Etapas transversales de formación

Para la formación del personal se propone la planificación de actividades en correspondencia con las diferentes fases del procedimiento, la cual se incluye al principio de cada etapa como requisito indispensable para garantizar la fluidez del mismo. El objetivo de esta etapa transversal es asegurar que el personal asimile los conocimientos fundamentales y adquiera conciencia sobre la importancia de sus actividades en la aplicación progresiva del procedimiento para la integración y el logro de los objetivos propuestos, en correspondencia con su nivel de participación. Se considera una etapa transversal pues se realizan intervenciones prácticamente en todas las etapas del procedimiento, mediante las modalidades de cursos, talleres, conferencias y charlas.

Técnicas y herramientas: cursos, talleres, conferencias, charlas, trabajo en grupo.

Resultados esperados (salidas): desarrollo de las competencias requeridas en cada etapa para la aplicación del proyecto.

A continuación, se explican cada una de las etapas del procedimiento, cuya estructura incluye el objetivo de la etapa, técnicas y (o) herramientas aplicables (según proceda), tareas a realizar, resultados esperados (salidas).

Etapas I: Involucramiento y compromiso

El **objetivo** de esta etapa es asegurar el compromiso de la alta dirección para asumir el liderazgo en la gestión del mantenimiento, con la participación consciente de los trabajadores, así como definir el personal responsable que guiará el proceso.

A continuación, se muestra el programa de capacitación (tabla 2.1) que permitirá la comprensión por parte de los trabajadores de la entidad objeto de estudio, de la importancia del procedimiento a través de las ventajas del mismo; además de lograr el compromiso de los trabajadores y la alta dirección, minimizando los impactos negativos de la resistencia al cambio que todo proceso trae aparejado

Tabla 2.1 Programa de capacitación en la etapa I

Fecha de cumplimiento	Contenido de la actividad	Modalidad	Responsable
Fase I	Necesidad de aplicar el procedimiento para planificar y organizar el mantenimiento.	Conf. Introdutoria	Empresa(objeto de estudio) y grupo de trabajo

Paso 1.1 Creación del grupo de trabajo

El equipo de trabajo debe estar integrado por el personal calificado para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento en la organización y por profesores y estudiantes de la Universidad de Holguín. Este grupo debe estar encabezado por el especialista principal de mantenimiento y debe ser capaz de:

1. Definir la responsabilidad específica de cada integrante del equipo de trabajo
2. Garantizar la información necesaria para desarrollar cada una de las etapas del procedimiento propuesto.
3. Permitir el cumplimiento de lo establecido en cada etapa.

Paso 1.2 Capacitación del personal y compromiso

En esta tarea debe establecerse un vínculo con el equipo de trabajo, darle a conocer las características del procedimiento y ofrecer las ventajas del mismo, haciéndoles saber el grado de mejora que alcanzará la entidad si este es llevado a cabo.

Esta acción es de vital importancia porque además de definir las aristas de la metodología, se persigue minimizar el impacto negativo que provoca la resistencia al cambio. Dicho fenómeno es muy frecuente en las organizaciones ante la presencia de alguna modificación o proceso que cambie las condiciones de trabajo o afecte la zona de confort.

Paso 1.3 Caracterización del área de mantenimiento

En esta descripción se debe detallar misión, objetivos, estructura organizativa, limitaciones del departamento, plantilla de personal, responsabilidades asignadas, políticas empleadas y la gestión de los repuestos, proveedores y competidores. El principal objetivo que se persigue es caracterizar, detalladamente, el equipamiento objeto de estudio.

Esta caracterización debe contener los elementos siguientes:

- Nombre y modelo del equipo
- Año de fabricación
- Lugar de procedencia
- Función
- Estado técnico
- Período de vida útil
- Años de explotación
- Averías más frecuentes
- Frecuencia con que ocurren dichas averías

Tarea 1 Realizar un levantamiento de los activos de la entidad

En esta tarea se debe realizar un inventario de todos los equipos existentes en la empresa objeto de estudio a partir de los elementos expuestos anteriormente

Tarea 2. Análisis de criticidad de los equipos

Vizcaíno Cuzco (2016), define algunos criterios de criticidad utilizando el análisis de criticidad de puntos, lo cual permite analizarla en los equipos de una manera cuantitativa. En la tabla 2.2 se muestran varios criterios que permiten obtener un valor de la frecuencia de ocurrencia de fallas y el impacto que traen consigo las mismas.

Tabla 2.2 Criterios para la evaluación de la criticidad de los equipos

Frecuencia de fallas(todo tipo de fallas)	Puntaje
Mayor a 4 fallas/año	4
Entre 2-4 fallas/año	3
Entre 1-2 fallas/año	2
Mínimo 1 falla/año	1
Impacto sobre las funciones de la organización	Puntaje
Afecta la imagen de la empresa y sus servicios	10
Confort: mala calidad del aire interior	8
Confort: deficiencias en la iluminación	6
Confort: inadecuada temperatura ambiental	3
Restringe la movilidad interna	1
Flexibilidad operacional	Puntaje
No existe otra opción de brindar el servicio suspendido	5
Existe la opción de dar el servicio, pero con molestia a los usuarios	4

Existe facilidad para la adquisición de repuestos en el mercado local	3
Existen los repuestos disponibles en la bodega(o almacén)	1
Costo de reparación	Puntaje
Mayor o igual que \$3000	2
Menor que \$3000	1
Impacto en la seguridad humana y ambiente	Puntaje
Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones o personas causando daños severos	4

Una vez que se definen los criterios y ponderaciones, se determina la criticidad mediante el producto de la frecuencia de los fallos y la consecuencia de los mismos, mediante las ecuaciones 2.1 y 2.2.

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencias} \quad (2.1)$$

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia} \times [(\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Impacto en la seguridad humana y ambiente}] \quad (2.2)$$

La obtención del valor del impacto en las diferentes áreas, tanto en operacional como en mantenimiento, seguridad humana y ambiente y conocida la frecuencia de falla, permite el empleo de la matriz de riesgo de la figura 2.2 propuesta por Agüero y Calixto, 2007.

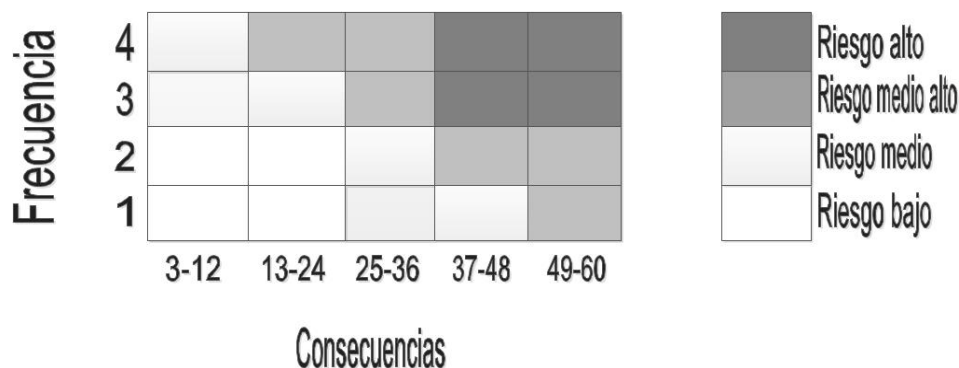


Figura 2.2 Matriz de riesgo para determinar la criticidad

Tarea 3 Clasificación de los equipos

Partiendo de la información recopilada en la primera etapa según las características del equipamiento tecnológico instalado, la clasificación de los equipo se realizará en los grupos I, II y III.

Grupo I: Muy importantes o fundamentales.

Grupo II: Normales o convencionales.

Grupo III: Auxiliares o poco principales.

Para la clasificación de los equipos se deben tener en cuenta los siguientes factores, de los cuales, algunos son propuestos por De la Paz Martínez, 1996, Velázquez Pérez, 2014 y Pérez Pérez, 2016:

- Importancia tecnológica en el proceso productivo.
- Precisión operacional.
- Grado de automatización.
- Complejidad.
- Grado de utilización de la capacidad.
- Costo del equipo.
- Seguridad de la fuerza laboral.
- Alto grado de criticidad.

Si el equipo es clasificado en el **grupo I**, quiere decir que es fundamental para la empresa y que su régimen de mantenimiento debe ser más riguroso que para los demás equipos.

Si el equipo es clasificado como perteneciente al **grupo II**, es porque no resulta imprescindible para la producción, puesto que de su mismo tipo pueden existir en mayor cantidad en el taller y la producción puede ser intercambiable de un equipo a otro; o sea que, si un equipo se detiene por cualquier imprevisto, otro puede asumir su carga de trabajo y no se producen afectaciones considerables a la producción.

Si el equipo es clasificado en el **grupo III** de importancia, quiere decir que es poco importante para la producción. Son equipos que no se utilizan todo el tiempo dentro del turno de trabajo, su carga es muy pequeña o son equipos que por la cantidad en existencia pueden detenerse sin afectar la producción, pues su carga también puede ser asumida por otros equipos.

Esta clasificación de los equipos permite identificar a aquellos que merecen la pena realizarle el análisis de criticidad y saber qué tipo de mantenimiento es aplicable para cada grupo. Si los equipos se incluyen en el grupo I el subsistema de mantenimiento recomendado es el Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico, teniendo en cuenta las

dos formas de diagnóstico: objetivo y subjetivo, puesto que los otros subsistemas citados (el MPP y el contra averías) no garantizarían la disponibilidad constante de la maquinaria ni el conocimiento en todo momento del estado de funcionamiento del equipo. Si el equipo es clasificado como perteneciente al grupo II de importancia, se pueden recomendar para este tipo de equipo las técnicas que se aplican en el subsistema de MPP.

Si el equipo es clasificado en el grupo III, conduce a recomendar la aplicación del subsistema de mantenimiento contra avería.

Técnicas y herramientas: conferencias y talleres, charlas e intervenciones ante los trabajadores en matutinos, revisión de documentos, criterios de expertos, análisis de criticidad.

Resultados esperados (salidas): caracterización del área de mantenimiento, criticidad de los equipos y clasificación en los grupos, integración del grupo de implantación, personal informado y preparado para implantar, resultados del diagnóstico.

Etapa II: Planificación del mantenimiento

Esta etapa tiene como objetivo evaluar el estado técnico de los equipos con los que cuenta la organización objeto de estudio, optimizar los recursos materiales y humanos para realizar una eficiente gestión del mantenimiento. En la tabla 2.3 se muestra el programa de capacitación a emplear en la presente etapa, la cual permitirá mayor entendimiento y cooperación por parte de los trabajadores de la entidad analizada.

Tabla 2.3 Programa de capacitación en la etapa II

Fecha de cumplimiento	Contenido de la actividad	Modalidad	Responsable
Fase II	Planificación del mantenimiento. Técnicas de optimización (RCS)	Conf.	Grupo de trabajo

Paso 2.1 Definir la política de mantenimiento

En este paso se debe definir la política de mantenimiento que se debe llevar a cabo en la empresa para ejecutar la gestión del mantenimiento, pudiendo ser las siguientes:

Política correctiva: es la acción concreta que tiene lugar al producirse la avería o en el momento que se detectan condiciones de funcionamiento que afectan de manera importante el servicio que presta la máquina. Ejemplo: mantenimiento correctivo.

Política preventiva: es el conjunto de medidas de carácter técnico - organizativas mediante las cuales se llevan a efecto varios servicios técnicos a la máquina de forma planificada, para evitar la aparición de averías imprevistas. Ejemplo: mantenimiento preventivo planificado (MPP).

Política predictiva: se basa en la detección de los defectos en etapas tempranas tomando las medidas necesarias antes de que surjan los fallos. La detección se fundamenta en un diagnóstico del estado técnico de la máquina sin necesidad de interrumpir el proceso productivo. Ejemplo: mantenimiento predictivo.

Política proactiva: busca mejorar el rendimiento, además de mantener la disponibilidad de los activos. Usa el monitoreo y los diagnósticos para determinar tanto la condición operativa como el rendimiento del equipo. Se realiza el mantenimiento en equipos que tienen buena condición si el mejoramiento del rendimiento puede ahorrar o producir dinero. Ejemplo: sistema alternativo de mantenimiento.

Paso 2.2 Soporte

En esta fase de soporte del mantenimiento se debe garantizar que las maquinarias, los recursos materiales y humanos idóneos se encuentren disponibles; por esta razón se deben tener en cuenta cuatro aspectos fundamentales (figura 2.2 procesos de soporte).

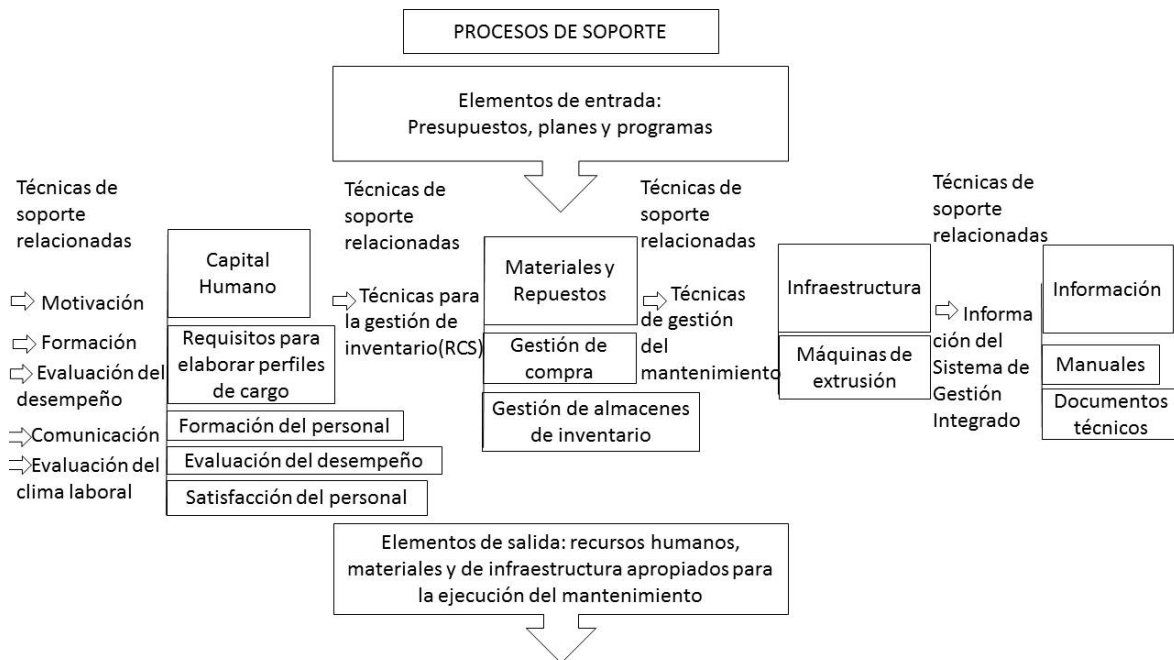


Figura 2.2 Procesos de soporte de la planificación del mantenimiento

Tarea 1. Capital Humano

Determinación de los perfiles de cargo

Para determinar los perfiles de cargo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Denominación del cargo o puesto
 - Departamento al que pertenece
 - Categoría ocupacional
 - Grupo escala y salario
 - Misión del cargo o puesto
 - Tareas específicas
2. Competencias del cargo y dimensiones
3. Exigencias del cargo o puesto
 - Formación mínima necesaria
 - Experiencia previa
 - Tiempo de adaptación
 - Conocimientos específicos
 - Requisitos físicos
 - Requisitos de personalidad
4. Responsabilidades
 - Sobre el trabajo de otras personas
 - Sobre los equipos y medios de trabajo
 - Sobre la relación con los clientes
 - Sobre la economía
5. Condiciones de trabajo
 - Esfuerzo físico y mental
 - Ambiente físico
 - Riesgos más comunes
 - Régimen de trabajo y descanso
 - Seguridad y salud ocupacional
6. Cultura organizacional
 - Expectativas del comportamiento

- Clima organizacional

Formación del personal

La capacitación del personal de mantenimiento es un factor fundamental porque busca desarrollar las habilidades necesarias para el desempeño de la competencia requerida. Se recomienda utilizar el diagnóstico de las necesidades de aprendizaje, para determinar los módulos de capacitación a impartir.

Evaluación del desempeño y satisfacción del personal

La evaluación del desempeño se realizará según las competencias definidas en el perfil del cargo, observando si los trabajadores las cumplen. También deben aplicarse encuestas de satisfacción para determinar la motivación del personal (anexo 3).

Tarea 2 .Materiales y repuestos

La gestión de materiales y repuestos no debe ser considerada solo como la gestión de materiales, ni la ubicación de los mismos. También se encarga de gestionar los movimientos de los operarios y de las máquinas responsables de la manutención de los artículos.

Una eficiente gestión de almacenes posee dos tipos básicos de mecanismos de optimización: uno dedicado a optimizar el espacio de almacenaje, mediante una adecuada gestión de ubicaciones y otro, destinado a optimizar los movimientos o flujos de material, bien sean realizados por máquinas o por personas.

En esta tarea se propone utilizar el RCS para gestionar los materiales y repuestos, pues analiza de forma operativa a través de algoritmos y modelos matemáticos que recogen todos los datos asociados a cada artículo, permitiendo determinar el nivel óptimo de inventario.

Tarea 3 .Infraestructura

La gestión de infraestructura debe garantizar el buen estado de las instalaciones y de las máquinas de extrusión. La gestión de estas últimas se lleva a cabo a través del mantenimiento sistemático y reparación de los desperfectos que presenten. Generalmente en las fábricas de transformación del plástico, la gestión de los edificios se hace mediante la tercerización.

Tarea 4 .Información

En este paso se deben tener actualizados los siguientes sistemas:

1. Sistema de órdenes de trabajo (gestión de actividades y recursos).
2. Sistema de supervisión o monitorización
3. Sistema de inventario (núcleo del conjunto de sistemas)

En la empresa debe existir un registro descriptivo permanente de los elementos del sistema productivo sobre el cual se basa la planeación, programación y la adquisición de partes y la ejecución de otras acciones operativas propias del departamento de mantenimiento. Se deben mantener las piezas de repuesto y materiales en los niveles deseados y de acuerdo con los elementos del sistema productivo existente.

4. Sistemas de gestión del conocimiento y documental

Se deben mantener actualizadas las órdenes de trabajo, fichas técnicas de los equipos, la hoja de control de fallos, manuales e informes técnicos.

El sistema de órdenes de trabajo es el vínculo para planear y controlar las acciones de mantenimiento; proporciona la información necesaria para una eficaz gestión de esta actividad. Además, instruye al operario en las especificaciones del trabajo que debe realizar incluyendo las refacciones (piezas disponibles en el almacén para la ejecución del mantenimiento) y los requerimientos del personal (Andrada F., Quiroga C., Demartini C., & Graffigna J. 2013). A continuación, se propone, mediante un diagrama de flujo, la secuencia de trabajo típico de una orden de trabajo (figura 2.3):

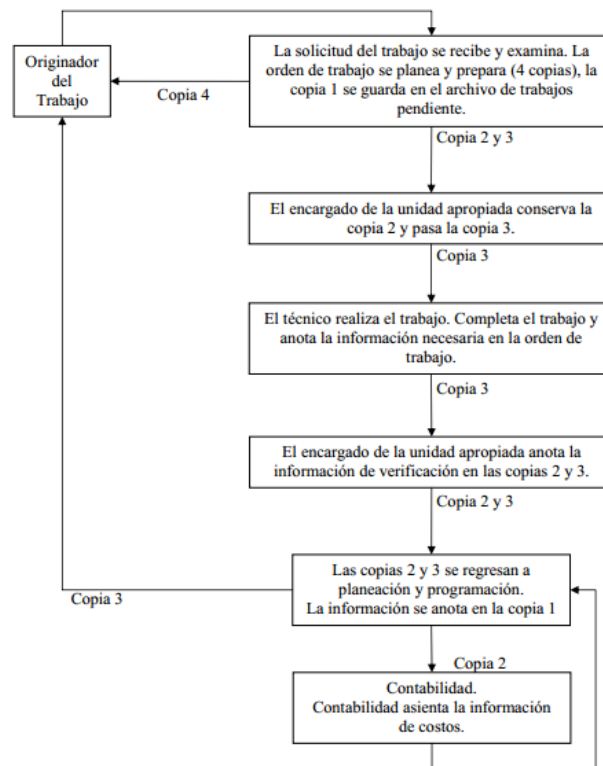


Figura 2.3 Flujo de una orden de trabajo

Técnicas y herramientas: revisión de documentos, criterios de expertos, análisis del presupuesto, trabajo en grupo, sesiones de trabajo, tormenta de ideas, diagrama de flujo, perfiles de cargos, encuesta de satisfacción del personal.

Resultados esperados (salidas): recursos humanos, materiales e infraestructura apropiados para la ejecución del mantenimiento.

Etapa III: Diseño y programación de los planes de mantenimiento

Esta etapa tiene como objetivo realizar la planificación del mantenimiento más adecuado para cada uno de los equipos con los que cuenta la empresa y acotar los mismos en un período de tiempo, de acuerdo a las características de cada uno de los equipos con los que cuenta la organización y de su régimen productivo. En la tabla 2.4 se muestra la programación de la capacitación que se debe llevar a cabo para una mayor comprensión acerca de los objetivos que se persigue en esta etapa.

Tabla 2.4 Programa de capacitación en la etapa III

Fecha de cumplimiento	Contenido de la actividad	Modalidad	Responsable
Fase III	Diseño y programación de los planes de mantenimiento	Conf.	Grupo de trabajo

Paso 1. Diseño de los planes de mantenimiento

En este paso se define la situación específica en la cual se debe aplicar cada plan de mantenimiento para poder implementar un SAM:

Mantenimiento correctivo

En este tipo de mantenimiento, también llamado mantenimiento “a rotura”, solo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido (los equipos que clasificaron en el grupo III). Se trata, por tanto, de una actitud pasiva frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera se la avería o fallo (Quintero Reyes, 2012).

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se realiza con la finalidad de reducir o evitar la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos deteriorados. Este mantenimiento se les realiza a los equipos que clasificaron en el grupo II (Quintero Reyes, 2012).

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo surge como respuesta a la necesidad de reducir los costos de los métodos tradicionales (correctivo, preventivo). Este mantenimiento se da mediante seguimiento del adecuado funcionamiento de los componentes de las máquinas y a los equipos que pertenecen al grupo I (Quintero Reyes, 2012).

Paso 2. Programación de los planes de mantenimiento

Una vez que la actividad de mantenimiento ha pasado por la etapa de diseño, es fundamental estimar el tiempo necesario para completar el trabajo. Los patrones de tiempo realistas representan un elemento muy ventajoso para controlar e incrementar la eficacia de los trabajadores y, de esta forma, reducir al mínimo el tiempo muerto de la organización.

La programación del mantenimiento debe efectuarse a corto (< 1 año), mediano (1-5 años) y largo plazo (> 5 años) a través de técnicas como el Gantt.

Diagrama de Gantt

Este gráfico consiste simplemente en un sistema de coordenadas en que se indica:

- En el eje horizontal: un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.
- En el eje vertical: las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra.
- Símbolos convencionales: en la elaboración del gráfico de Gantt se acostumbra utilizar determinados símbolos, aunque pueden diseñarse muchos otros para atender las necesidades específicas del usuario. Los símbolos básicos son los siguientes:
 - Iniciación de una actividad.
 - Término de una actividad
 - Línea fina que conecta las dos “L” invertidas. Indica la duración prevista de la actividad.
 - Línea gruesa. Indica la fracción ya realizada de la actividad, en términos de porcentaje. Debe trazarse debajo de la línea fina que representa el plazo previsto.
 - Plazo durante el cual no puede realizarse la actividad. Corresponde al tiempo improductivo y puede anotarse encima del símbolo utilizando una abreviatura.
 - Indica la fecha en que se procedió a la última actualización del gráfico, es decir, en que se hizo la comparación entre las actividades previstas y las efectivamente realizadas.

Método constructivo

Para el diagrama de Gantt se deben seguir los siguientes pasos:

- Dibujar los ejes horizontal y vertical.
- Escribir los nombres de las tareas sobre el eje vertical.
- En primer lugar, se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que no tienen predecesoras
- Se sitúan de manera que el lado izquierdo de los bloques coincida con el instante cero del proyecto (su inicio). A continuación, se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que sólo dependen de las tareas ya introducidas en el

diagrama. Se repite este punto hasta haber dibujado todas las tareas. En este proceso se han de tener en cuenta las consideraciones siguientes:

1. Las dependencias fin-inicio se representan alineando el final del bloque de la tarea predecesora con el inicio del bloque de la tarea dependiente (figura 2.4).

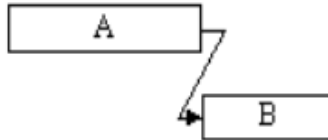


Figura 2.4 Dependencias fin-inicio.

2. Las dependencias final-final se representan alineando los finales de los bloques de las tareas predecesora y dependiente (figura 2.5).

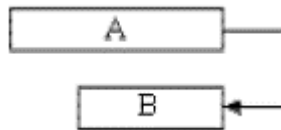


Figura 2.5 Dependencias final-final

3. Las dependencias inicio-inicio se representan alineando los inicios de los bloques de las tareas predecesoras y dependiente (figura 2.6).

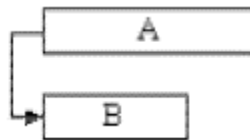


Figura 2.6 Dependencias inicio-inicio

4. Los retardos se representan desplazando la tarea dependiente hacia la derecha en el caso de retardos positivos y hacia la izquierda en el caso de retardos negativos (figura 2.7).

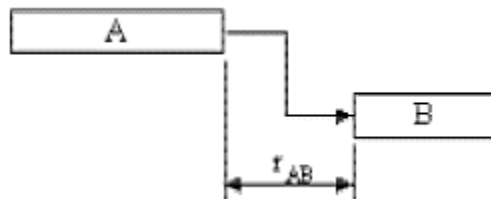


Figura 2.7 Retardos

Por la forma en que se construye, muestra directamente los inicios y finales mínimos de cada tarea.

Técnicas a utilizar: Criterios de expertos, diagrama de Gantt y revisión de documentos.

Resultados esperados (salidas): programación de los planes de mantenimiento a corto, mediano y largo plazo, representado en el diagrama de Gantt

Etapas IV: Mejora

En esta etapa se deben trazar acciones de mejora, las que deben ser reflejadas en un plan de acción definiendo la actividad, el responsable y período a ejecutar. También se debe definir período y responsable de controlar las medidas propuestas.

El objetivo de esta fase consiste en mejorar la calidad del proceso y lograr la retroalimentación de los resultados. Para ello, es necesario tener en cuenta el plan de capacitación que se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Programa de capacitación en la etapa IV

Fecha de cumplimiento	Contenido de la actividad	Modalidad	Responsable
Fase IV	Implementación	Capacitación	Todos los operarios

Paso 1. Diseño de acciones de mejora

En este paso se definen los elementos de entrada para la revisión: el estado de las acciones de las revisiones por el jefe de mantenimiento previas, los cambios en las cuestiones externas e internas que sean pertinentes, la información sobre el desempeño y la eficacia del procedimiento, incluidas las tendencias relativas a:

- retroalimentación de las partes interesadas pertinentes,
- el grado en que se han logrado los objetivos,
- el desempeño de los procesos y conformidad de los servicios,
- las no conformidades y acciones correctivas,
- los resultados de seguimiento y medición,
- los resultados de las auditorías,
- el desempeño de los proveedores externos,
- la adecuación de los recursos,
- la eficacia de las acciones tomadas para abordar los riesgos y las oportunidades.

Las salidas de la revisión por la dirección, deben incluir las decisiones y acciones relacionadas con:

- las oportunidades de mejora
- cualquier necesidad de cambio en el sistema

- las necesidades de recursos

En todos los casos, sus resultados serán analizados en reunión con el Consejo de Dirección de la entidad.

Paso 2.Elaborar un plan de acción

Una vez analizado los resultados se procede a la definición de las estrategias de mejora.

La confección de los planes de acción, contribuirá al cumplimiento para dar solución a las dificultades que limiten el desempeño de la organización. Para su elaboración (tabla 2.6), se deben tener en cuenta los aspectos siguientes:

1. El contenido de la acción que se ejecutará;
2. el personal encargado de ejecutar y dirigir;
3. las fechas y plazos de ejecución.

Tabla 2.6 Tabla de acciones preventivas y correctivas

No.	Acción	Responsable	Fechas
1			
2			
3			
.....			

Técnicas y herramientas: reunión del Consejo de Dirección; gráficos simples, tormenta de ideas.

Resultados esperados (salidas): información completa sobre la satisfacción de las partes interesadas; procesos en condiciones controladas; conformidad de los servicios, acciones para el mantenimiento y mejora continua.

2.2 Valoración del procedimiento propuesto empleando el método de Delphi

Mediante el método de Delphi³ se realizó la valoración del procedimiento. La fase inicial consistió en aplicar una encuesta para la selección del grupo de expertos⁴ y la

³El método de Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. Por lo tanto, la capacidad de predicción del Delphi se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos (Santana Tamayo, 2017).

determinación de sus coeficientes de competencias (anexo 4). La encuesta utilizada para estos fines se encuentra validada, debido a sus diversas aplicaciones en contextos similares. Una vez aplicada, se procesaron los datos obtenidos, como se muestra en las tablas 2.7 y 2.8.

Tabla 2.7. Determinación del coeficiente de conocimiento (Kc)

Posibles Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Moda	Media	Kc
A								2	3	5	10	10	9.3	0.93
B						1	1	2	4	2	10	9	8.5	0.85
C								1	4	5	10	10	9.4	0.94
D						1				9	10	10	9.6	0.96
E									8	2	10	9	9.2	0.92
F							2	1	3	4	10	10	8.9	0.89
G									1	8	9	10	8.9	0.89
H									2	7	9	10	8.8	0.88
I								4	2	4	10	8 y 10	9	0.90
J							1	2		6	9	10	8.3	0.83

Tabla 2.8. Determinación del coeficiente de argumentación (Ka) y competencia (K) de los posibles expertos y su selección

Posibles expertos	Kc	Ka	K	Investigador seleccionado como experto
A	0.93	1	0.965	X
B	0.85	1	0.925	X
C	0.94	0.5	0.72	
D	0.96	0.9	0.92	X
E	0.92	0.7	0.81	X
F	0.89	0.5	0.69	
G	0.89	0.8	0.845	X
H	0.88	0.9	0.89	X
I	0.90	0.89	0.89	X
J	0.83	0.35	0.59	

Estos resultados permitieron determinar el grupo de expertos seleccionando, siete de ellos, pues sus coeficientes de conocimiento fueron altos (mayor que 0,8); los mismos contribuyeron con la valoración del procedimiento.

⁴ Los grupos de expertos utilizan como fuente de información a un grupo de personas que se supone poseen conocimientos teóricos elevados de la materia que se va a tratar (Santana Tamayo, 2017).

En la segunda fase se procedió a aplicar el método de Delphi, realizando la primera ronda con la variante 1 del procedimiento propuesto con el objetivo de evaluar el grado de relevancia y calidad del mismo donde fueron tomados los criterios de los expertos (anexo 5).

Los resultados obtenidos aparecen en la tabla 2.9 que muestra la existencia de concordancia $\geq 75\%$ en todas las etapas del procedimiento, decidiéndose parar el proceso. El procesamiento de los resultados de la encuesta para medir la eficacia del procedimiento se encuentra en el anexo 6.

Tabla 2.9. Resultados obtenidos de la aplicación del método de Delphi

Expertos	A	B	C	D	E	F	G	Cc
Aspectos								
Utilidad práctica								100%
Importancia					N			85,71%
Vigencia		N						85,71%
Validez								100%
Valor metodológico								100%
Adaptabilidad		N				N		71,42%
Integralidad						N		85,71%
Actualización								100%

A partir de la aplicación el método de Delphi, se valoró el procedimiento propuesto para la planificación y organización del mantenimiento en fábricas de transformación del plástico para su utilización en Holplast, existiendo un nivel de concordancia total del 91,07% entre los expertos.

2.3 Conclusiones parciales del capítulo

1. Se propone un procedimiento para la planificación y organización del mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo, estructurado en 4 etapas, que permite orientar la ejecución de este proceso en las empresas de plásticos en general y en particular en la fábrica de tubos Holplast; tiene como finalidad alinear la gestión del mantenimiento con la estrategia definida a nivel estratégico o de dirección, táctico y operativo.

2. El procedimiento propuesto posee una alta disponibilidad de información para la toma de decisiones, así como la gestión de recursos, la planificación y el control del mantenimiento y el entrenamiento técnico e implicación del personal a todos los niveles dentro de la organización.
3. A partir de la aplicación del método de Delphi, se valoró el procedimiento propuesto existiendo un nivel de concordancia entre los expertos mayor del 75%.

VALORACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL

Al evaluar los resultados obtenidos en la investigación, se puede plantear que la misma puede reportar impactos económicos, sociales y medioambientales muy positivos.

Desde el punto de vista económico y medioambiental, el procedimiento permite optimizar los recursos y materiales teniendo un impacto directo en la disminución de los gastos. Además, tiene en cuenta la compra de productos amigables con el medio ambiente.

Desde el punto de vista social, se considera que el trabajo realizado puede originar los siguientes efectos:

- Incentivar el trabajo en grupo y permitir la participación de los trabajadores en la toma de decisiones en aras de cumplir los objetivos trazados.
- Ofrecer un adecuado soporte documental actualizado y de fácil utilización, con la finalidad de posibilitar una eficiente y eficaz ejecución de procesos, actividades y tareas de mantenimiento
- Propiciar la solución a los problemas detectados, logrando que los trabajadores se desempeñen adecuadamente y que esto implique un incremento de sus expectativas y competencias laborales.
- Contribuir con el cumplimiento de los lineamientos de la política económica y social, aprobados en el VII Congreso del PCC.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron las funciones básicas de la gestión del mantenimiento: planificar, organizar y controlar y su funcionamiento, como requisitos fundamentales para garantizar la eficiencia organizacional en las actividades de dicha gestión.
2. Se propone un procedimiento para la planificación y organización de la actividad del mantenimiento, estructurado en 4 etapas, el cual permite optimizar la ejecución de las actividades de la gestión del mantenimiento en empresas de transformación del plástico en general y de forma específica en Holplast.
3. El procedimiento propuesto tiene como finalidad planificar y organizar el mantenimiento de acuerdo con las características específicas y distintivas de cada entidad encaminada a la actividad del plástico y a las características del equipamiento para su transformación.
4. A partir de la aplicación del método de Delphi, se valoró el procedimiento propuesto existiendo un nivel de concordancia entre los expertos mayor del 75%

RECOMENDACIONES

1. Proponer la técnica de optimización de los niveles de inventarios y piezas de repuestos (RCS) para ser utilizada en posteriores investigaciones de optimización del mantenimiento
2. Continuar la divulgación de las experiencias y resultados obtenidos en el trabajo de investigación, a través de publicaciones en revistas de alto prestigio académico y participación en eventos científicos lo que contribuirá, de manera significativa, a la generalización de los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aladon (2017). "Reliability centered spares (RCS)."
2. Amendola, L. "Planificación y programación de Mantenimiento e Indicadores de gestión de activos."
3. Apsoluti (2015). "Entrenamiento en técnicas avanzadas para optimizar el remplazo de componentes e inspección de equipos."
4. Armstrong, J. (2008). "Maintenance engineering and management."
5. Asset Managment (2016). "Optimización de la gestión de activos."
6. Batista, D. A. R., Leyva, Y. C. (2017). "Evaluación de la Gestión de la Calidad en el mantenimiento en la Fábrica de Tubos de Holguín (HOLPLAST)."
7. Bhawan, N. (2000). "Maintenance Manual".
8. Bjorklund, S., Pribytkova, M., et al. (2010). "Development the maintenance plan: maintenance activities on operational level".
9. Campbell, J. D. "Strategies for Excellence in Maintenance Management."
10. Carrasco, F. J. C. (2014). "Planteamiento de un modelo de mantenimiento basado en técnicas de gestión del conocimiento."
11. Cartagena, C. M. E. (2013). "Metodología de mantenimiento de moldes de inyección apoyada en herramientas de gestión de ciclo de vida del producto (PLM)."
12. Cline, R. (2009). "Maintenance Scheduling for Mechanical Equipment."
13. Cristancho, P. J. U. (2014). "Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyectos en la empresa Petrosatander Colombia."
14. Cuzco, M. A. V. (2016). "Desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de Cuenca".
15. Díaz, F. B., García, M. B. (2009). "Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la Cantera Salitre Blanco de Aguilar Construcciones.SA."
16. Díaz-Cazañas, R., Martínez, E. M. (2016). "Procedimiento para la planeación integrada Producción– Mantenimiento a nivel táctico."

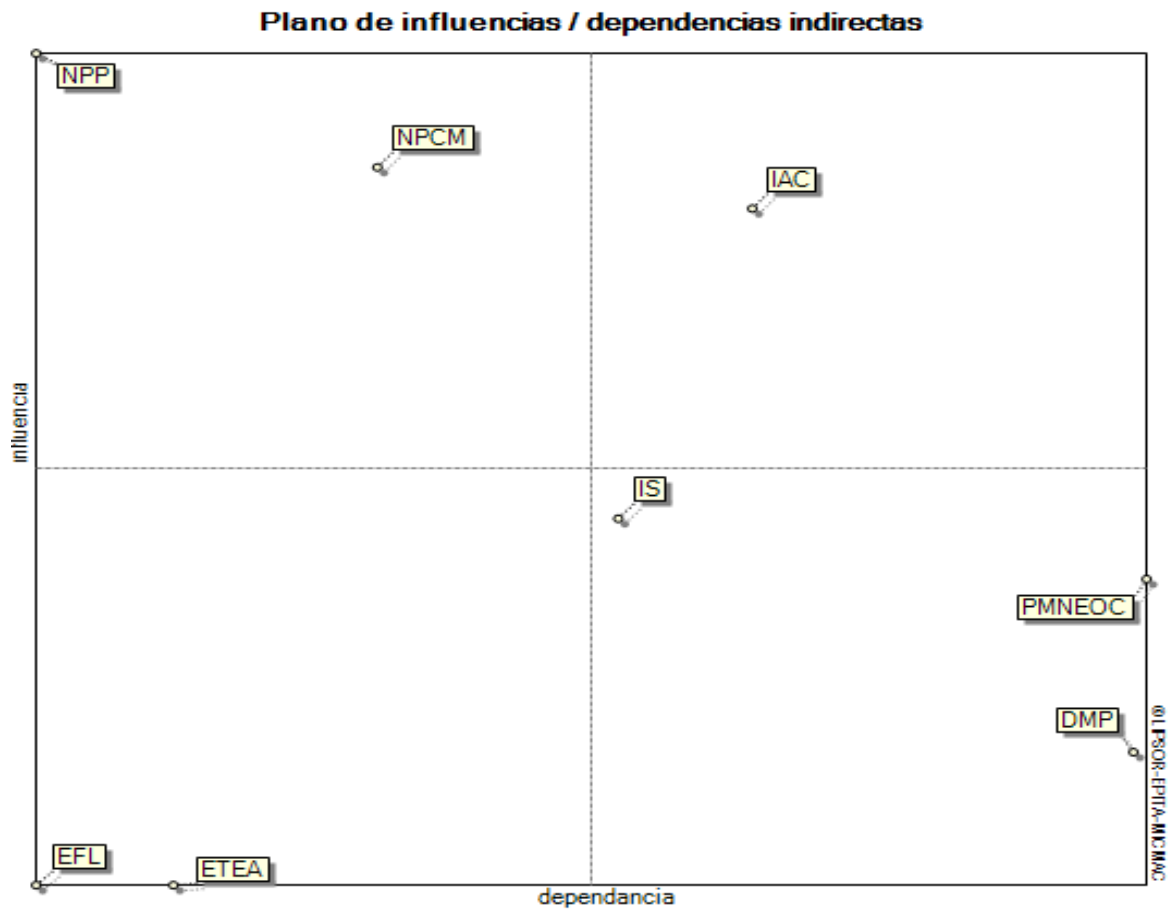
17. Figueroa, O. N. F. (2015). "Definición de plan de mantenimiento óptimo para equipos críticos de una planta de laminación".
18. Filip, G. (2017). "Procedure for organizing and conduct of the general meetings of shareholders of Aerostar.SA".
19. Fonseca, O. J. M. (2015). "Perfeccionamiento de la satisfacción laboral en la Policlínica Combatientes del Ministerio del MININT en Holguín."
20. García, R. L. (2012). "Políticas de mantenimiento."
21. Giraldo, L. A. M. (2014). "Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional."
22. Herrera-Galán, M. (2016). "Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento."
23. Hoang, H. (2016). "Centralization process in procurement of maintenance, repair and operations (MRO).
24. Jaarsveld, W. v. and R. Dekker (2010). "Integrating reliability centered maintenance and spare parts stock control."
25. Kondev, G. and S. Stefanov (2016). "Organizing maintenance management activities in the industrial company."
26. Laureano, I. A. H. G. D. and H. Pierre "Metodología Para Seleccionar Sistemas de Mantenimiento.
27. Management, E. P. (2003). "Estrategias de mantenimiento y prácticas de trabajo para reducir los costos."
28. Marchio, C. O. (2008). "Políticas de mantenimiento en la gestión de mantenimiento. El mantenimiento y el comportamiento humano."
29. Marechal, L. "Manual de mantenimiento de Inyectoras."
30. Martínez, E. M. D. I. P. (2015). "Perfeccionamiento del sistema en industria textil cubana: un proceso de mejora continua".
31. Méndez, L. N. M. (2012). "Diseño de un plan de mejora del mantenimiento correctivo y actualización del mantenimiento correctivo y actualización del mantenimiento preventivo en Multidimensionales S.A.

32. Mendoza, R. H. (2014). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional.
33. Ochoa, I. T. H. (2010). "Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento para la flota vehicular del Consejo Provincial de Loja".
34. Pérez Pérez, M. (2016). Propuesta de un modelo con sus herramientas de apoyo para la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación de plásticos. Tesis de maestría en Mantenimiento y reacondicionamiento de máquinas. Universidad de Holguín.
35. Pichardo, F. P. "Sistema Alternativo de Mantenimiento."
36. Program, M. "Preventive and Predictive Maintenance."
37. Real, M. G. (2007). "Gestión del mantenimiento."
38. Rivera, W. G. L. and L. G. V. Coronel (2017). "Optimización del sistema de gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada del gobierno autónomo descentralizado de la provincia del Cañar, a través de la gestión por procesos".
39. Rodríguez, A. S., C. C. M. Martínez, et al. (2005). "Cómo gestionar los Recursos Humanos sobre la base de competencias".
40. Sánchez, A. C. (2018). "Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la gestión por procesos para la mejora de la productividad y la competitividad en una asociatividad de mypes del sector textil".
41. Schools, C. C. P. (2012). "Maintenance department procedures manual".
42. Tavares, L. A. "Administración moderna del mantenimiento."
43. Turner, S. "El Análisis de Mantenimiento del Futuro."
44. Valle, N. L. M. d. (2011). Aplicación de la metodología del mantenimiento productivo total (TPM) para la estandarización de procesos y reducción de pérdidas en la fabricación de goma de mascar en una industria nacional.
45. Velazco, D. and E. Jair (2018). "Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima".
46. Velázquez, O. P. (2017). "Evaluación de la Gestión de la Calidad en el mantenimiento en la Fábrica de Tubos de Holguín (HOLPLAST)."
47. Vélez, M. E. T. (2014). "Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa de Mirasol.SA".

48. Vidal, G. H. and J. C. H. Vega (2016). "Modelo de referencia operacional aplicado a una empresa de servicios de mantenimiento."
49. Villegas, E. A. Z. (2009). "Diseño de una estrategia de operación y comercial para la internacionalización de una Fábrica de tuberías y Fitting de PVC".
50. Viveros, P., R. Stegmaier, et al. (2013). "Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo".
51. Corporation, C. (2018). "Maintenance planner."
52. Services, A. H., M. Entrepreneurship, et al. "Job Maintenance Guide."
53. Hospital, P. C. (2018). "Job posting: Maintenance Mechanic, Environmental Services."
54. Kendall, J. (2018). "Maintenance and reliability improvement."
55. Association, A. P. W. (2018). "Preventive Maintenance for Roadway Surfaces."

ANEXOS

Anexo 1: Plano de influencias y dependencias indirectas de las situaciones problemáticas.



Anexo 2. Descripción del proceso tecnológico en la producción de tubos de polietileno de alta densidad (PEAD).

La producción de tubos por extrusión es un proceso continuo que cuenta con tres líneas de producción, en el que intervienen los siguientes equipos según el orden que se describe a continuación:

Extrusora: procesa la materia prima sólida en forma de pellets, la fusiona y homogeniza. Su trabajo es continuo, calienta el material a la temperatura de fusión del polietileno, entre 190 °C y 220 °C. Cuenta con un motor eléctrico que tiene velocidad variable, en correspondencia con la necesidad de la producción de masa plástica. La velocidad de transformación de la masa plástica en la extrusora oscila entre 100 kg/h (para los diámetros de tuberías pequeñas) y para los diámetros mayores puede ser de hasta 1000 kg/h.

Cabezal herramental: transforma la masa plástica de cilindro compacto a la forma cilíndrica del tubo. Los herramentales o partes del cabezal vienen con los diámetros para cada tubo específico. Mantiene la temperatura del material fundido, mediante resistencias de calentamiento las cuales se regulan a través de un sistema de control. Las marcas coloreadas de los tubos se realizan en un orificio que tiene incorporado de acuerdo a la solicitud del cliente.

Tanque de calibración: equipo donde en realidad se forma el tubo con su diámetro y espesor, esto se logra con el vacío producido por él, mediante las bombas de vacío que tiene incorporadas y el calibrador.

Tanque de enfriamiento: tiene en su construcción los rodillos guías del tubo, los aspersores de enfriamiento distribuidos en su interior a todo lo largo, las bombas centrífugas para la recirculación del agua fría y todo el sistema de enfriamiento, los filtros y la caja de agua fría. En la cabeza de entrada y en la de salida tiene incorporado bridas y tapacetes de goma para evitar el vertimiento de agua al exterior. Las líneas de producción, en dependencia de su magnitud, pueden tener dos y hasta tres cajas de enfriamiento.

Máquina de marcado: Su función es la de marcar los tubos plásticos. Los troqueles montados en una rueda calentada por una resistencia, facilitando de esta manera el

Anexo 2. Descripción del proceso tecnológico en la producción de tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) (continuación).

marcado sobre el tubo. Entre los troqueles y el producto para marcar corre una cinta coloreada que da al marcado un color determinado.

Carro de arrastre: Su función principal es la de trasladar el tubo a lo largo de la línea de extrusión, la máquina no ejecuta ninguna transformación física sobre el producto, solamente suministra la energía necesaria para el movimiento. La velocidad necesaria en el equipo es de acuerdo con el diámetro exterior del tubo y el espesor que se requiere, en dependencia de la presión nominal. La velocidad es inversamente proporcional al espesor del tubo.

Cortadora: La máquina se utiliza para cortar tubos en piezas de diferentes longitudes. El corte se efectúa por medio de la penetración de la hoja que rueda alrededor del tubo. Estas cortadoras realizan generalmente el corte de forma orbital. Los cortes se programan según la longitud del tubo que se requiere, usualmente el corte se hace a 12 m por motivos de transportación.

Volcador: el tubo cortado anteriormente y elaborado en la línea de extrusión llega al volcador, que mediante la bajada del brazo móvil lo descarga en el recipiente de recolección de los tubos. El operador se encargará sucesivamente de su remoción con medios de transporte adecuados en cuanto a peso y dimensiones.

Control automático del proceso: El sistema del control y la dirección del proceso se realizan a través de microprocesadores y se reflejan en los paneles de mando y control incorporados a la extrusora y son operados a través de estos. Todo este sistema automático de dirección y de control viabiliza las operaciones desde el panel de mando a los operadores y diagnostica las alarmas en tiempos reales.

Sistema de enfriamiento del agua: La función fundamental del sistema de enfriamiento del agua es mantener la temperatura del agua en los aspersores de las cajas de enfriamiento, entre 12 °C y 17 °C, y regular la reposición del agua perdida en el sistema.

Secador de materia prima (deshumidificador): El secador de materia prima tiene la función de extraer la humedad que contiene la materia prima y suministrarla a la extrusora en condiciones óptimas para la producción.

Anexo 3. Encuesta para medir la satisfacción del personal

Estimado (a) trabajador (a): se está realizando un estudio con el objetivo de conocer el estado actual en que se encuentra su satisfacción laboral. Sería de mucha utilidad contar con su opinión que contribuirá a un mejor desarrollo del estudio. El éxito de esta tarea dependerá en mucho de la participación y colaboración de usted.

Instrucciones: a continuación, se relacionan una serie de preguntas para que marque con una X de acuerdo con su nivel de satisfacción, tomando como base la escala de valores siguientes: Nunca, en ocasiones, con frecuencia y siempre.

No	Preguntas	Siempre	Nunca	En ocasiones	Con frecuencia
1.	¿La realización de su trabajo requiere de la aplicación de conocimientos adquiridos con anterioridad?				
2.	¿En la actividad que desempeña en la organización se aprecia el resultado de su trabajo?				
3.	¿Su trabajo tiene influencias en otras personas dentro o fuera de la organización?				
4.	¿En la organización le permiten planificar sus tareas, sus métodos y utilizar su creatividad?				
5.	¿Se toman en cuenta las opiniones de los trabajadores para cambiar o mejorar los métodos de trabajo?				
6.	¿Su equipo de trabajo se mantiene unido para alcanzar las metas acordadas?				
7.	¿Existen buenas relaciones humanas entre los trabajadores de la organización?				
8.	¿Tiene participación activa en la definición y cumplimiento de los objetivos de su equipo de trabajo?				
9.	¿Existe buena comunicación entre la alta dirección y los operarios de la organización?				
10.	¿La alta dirección reconoce la labor que lleva a cabo en la organización?				
11.	¿Conoce el sistema y forma de pago de la organización a la que				

	pertenece? En caso afirmativa diga cuáles son.				
12.	¿Está satisfecho con el sistema y forma de pago de su organización? ¿Por qué?				
13.	¿Está satisfecho con la estimulación moral que recibe?				
14.	¿Está acorde el resultado de su trabajo con los estímulos que recibe?				
15.	¿Se lleva a cabo la estimulación monetaria en su organización?				
16.	¿Considera que el sistema de estimulación existente es justo?				
17.	¿En su ambiente laboral los riesgos a la salud se encuentran debidamente controlados?				
18.	¿Se les proporciona los medios de protección necesarios?				
19.	¿En su ambiente de trabajo las condiciones higiénicas le son favorables?				
20.	¿La organización le garantiza los medios necesarios para el desarrollo de su trabajo?				
21.	¿Los medios de trabajo le permiten realizar sus tareas cómodamente?				
22.	¿Se cumplen la organización el horario de trabajo y descanso establecido?				
23.	¿La atención al trabajador que se le brinda se ajusta a las características de su trabajo y a sus necesidades?				
24.	¿La organización se proyecta flexible para solucionar sus problemas personales?				
25.	¿Se le proporcionan las condiciones de superación profesional en la organización?				
26.	¿La organización le ofrece posibilidades de ser promovido en su ocupación o puesto de trabajo?				
27.	¿Se siente cómodo y seguro con sus condiciones laborales?				
28.	¿Se siente motivado llevando a cabo sus labores en su puesto de trabajo?				

29.	¿Se siente satisfecho de forma general en su organización?				
30.	¿Se encuentra comprometido con la organización a la que pertenece?				

Fuente: Martínez Fonseca, 2015.

Anexo 4. Encuesta para determinar el grupo de expertos, así como su coeficiente de competencias.

Estimado compañero (a):

Un grupo de investigadores se encuentra realizando un estudio para contribuir a la planificación y organización de la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación de plástico. Para ello, es preciso, contar con un grupo de expertos que contribuya con sus conocimientos a esta investigación.

Se ha seleccionado a un grupo de investigadores y trabajadores, entre los cuales usted se encuentra, que han trabajado en este campo del saber y poseen conocimientos al respecto, para de ellos seleccionar aquellos que sean expertos y puedan colaborar en la planificación y organización de la gestión del mantenimiento en fábricas de transformación de plástico.

Es de mucha utilidad contar con su opinión; la misma contribuirá a un mejor desarrollo de la investigación. El éxito de esta tarea dependerá en alto grado de su participación y colaboración.

1. Evalúe el grado de competencias que usted considera que posee cada investigador sobre el tema de análisis, considerando la escala ascendente desde 1 hasta 10 (mayor grado de competencias). Puede incluir a otros investigadores si lo considera necesario.

Posibles expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Anexo 4. Encuesta para determinar el grupo de expertos, así como su coeficiente de competencias (continuación).

2. Realice una autovaloración sobre el grado de incidencia que ha tenido en su conocimiento cada una de las fuentes de información que se relacionan seguidamente. Marque con una **X**, según corresponda, en A (alto), M (medio) o B (bajo) el grado de influencia.

Fuente del conocimiento	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
	A (alto) (0.6 – 1)	M (medio) (0.3 – 0.59)	B (bajo) (0 – 0.29)
Análisis teóricos realizados por usted			
Experiencia de trabajo en la actividad			
Trabajo de autores nacionales consultados			
Trabajo de autores extranjeros consultados			
Su propio conocimiento del estado del problema en el territorio y el país			
Su intuición			

Muchas gracias por su colaboración.

Anexo 5. Encuesta aplicada al grupo de expertos para la valoración del procedimiento propuesto.

A continuación, se muestra una propuesta de procedimiento para planificar y organizar el mantenimiento en fábricas de transformación del plástico.

Etapas 1: Involucramiento y Compromiso

Esta etapa tiene como objetivo: alcanzar un mayor compromiso, preparación y participación activa de todo el personal implicado, desde la alta dirección hasta el personal que participa en el proceso con la finalidad de llevar a cabo de forma eficaz la planificación y organización

Paso 1.1: Creación del grupo de trabajo.

Paso 1.2: Capacitación del personal y compromiso.

Paso 1.3: Caracterización del área de mantenimiento.

Tarea 1: Levantamiento de activos de la entidad

Tarea 2: Análisis de criticidad de los equipos

Tarea 3: Clasificación de los equipos

Etapas 2: Planificación del mantenimiento.

Esta etapa tiene como objetivo evaluar el estado técnico de los equipos con los que cuenta la organización objeto de estudio, optimizar los recursos materiales y humanos para realizar una eficiente gestión del mantenimiento.

Paso 2.1: Definir la política de mantenimiento.

Paso 2.2: Soporte.

Tarea 1: Recursos Humanos.

Tarea 2: Materiales y repuestos.

Tarea 3: Infraestructura.

Tarea 4: Información.

Etapas 3: Diseño y programación de los planes de mantenimiento.

El objetivo de esta etapa es poner en práctica todas las actividades diseñadas para la organización de la gestión del mantenimiento.

Paso 3.1: Definición de los requerimientos de los planes de mantenimiento

Paso 3.2: Programación de los planes de mantenimiento.

Etapas 4: Mejora

Anexo 5. Encuesta aplicada al grupo de expertos para la valoración del procedimiento propuesto (continuación).

El objetivo consiste en mejorar la calidad del proceso y lograr la retroalimentación de los resultados.

Paso 4.1: Diseño de acciones de mejora

Paso 4.2: Elaboración de un plan de acción

El procedimiento ha sido confeccionado sobre la base del estudio de metodologías y procedimientos existentes para planificar y organizar el mantenimiento en fábricas de transformación del plástico, buscando la posibilidad de contextualizarlos al objetivo de la investigación. Nos urge su valoración del mismo, por lo que le agradecemos que complete la información solicitada y responda con transparencia las cuestiones siguientes:

Marque con una X (en una escala del 1 al 5) si usted considera que la propuesta realizada posee las cualidades siguientes:

Cualidades	1	2	3	4	5
Utilidad práctica					
Importancia					
Vigencia					
Validez					
Valor metodológico					
Adaptabilidad					
Integralidad					
Actualización					

Sugerencias:

Muchas Gracias



Anexo 6. Resultados de la encuesta aplicada al grupo de expertos para la valoración del procedimiento propuesto

TABLA DE FRECUENCIA ABSOLUTA						
ASPECTOS A CONUSLTAR	MR	BR	R	PR	NR	TOTAL
Utilidad práctica	5	1	2	0	0	8
Importancia	4	2	1	0	1	8
Vigencia	4	2	1	0	1	8
Validez	5	3	0	0	0	8
Valor metodológico	6	1	1	0	0	8
Adaptabilidad	1	4	1	2	0	8
Integralidad	4	1	2	1	0	8
Actualización	6	1	1	0	0	8

TABLA DE FRECUENCIA ABSOLUTA ACUMULADA						
ASPECTOS A CONSULTAR	MR	BR	R	PR	NR	
Utilidad práctica	5	6	8	8	8	8
Importancia	4	6	7	7	8	8
Vigencia	4	6	7	7	8	8
Validez	5	8	8	8	8	8
Valor metodológico	6	7	8	8	8	8
Adaptabilidad	1	5	6	8	8	8
Integralidad	4	5	7	8	8	8
Actualización	6	7	8	8	8	8

TABLA DEL INVERSO DE LA FRECUENCIA ABSOLUTA ACUMULADA				
ASPECTOS A CONSULTAR	MR	BR	R	PR
Utilidad práctica	0,625	0,75	1	1
Importancia	0,5	0,75	0,875	0,875
Vigencia	0,5	0,75	0,875	0,875
Validez	0,625	1	1	1
Valor metodológico	0,75	0,875	1	1
Adaptabilidad	0,125	0,625	0,75	1
Integralidad	0,5	0,625	0,875	1
Actualización	0,75	0,875	1	1

Anexo 6. Resultados de la encuesta aplicada al grupo de expertos para la valoración del procedimiento propuesto (continuación).

TABLA DE DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE CORTES								
ASPECTOS CONSULTAR	A	MR	BR	R	PR	Suma	Promedio	N - Prom.
Utilidad práctica		0,32	0,67	3,49	3,49	7,97	1,99	-0,41
Importancia		0	0,67	1,15	1,15	2,97	0,74	0,84
Vigencia		0	0,67	1,15	1,15	2,97	0,74	0,84
Validez		0,32	3,49	3,49	3,49	10,79	2,7	-1,12
Valor metodológico		0,67	1,15	3,49	3,49	8,8	2,2	-0,62
Adaptabilidad		-1,15	0,32	0,67	3,49	3,33	0,83	0,75
Integralidad		0	0,32	1,15	3,49	4,96	1,24	0,34
Actualización		0,67	1,15	3,49	3,49	8,8	2,2	-0,62
Suma		0,83	8,44	18,08	23,24	50,59		
Punto de corte		0,1	1,06	2,26	2,91	6,32	1,58	=N (Pro. Ge)

