

Universidad de Sancti Spíritus
“José Martí Pérez”
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial



**Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero
en Procesos Agroindustriales**

**Determinación de la política de mantenimiento de
la Empresa Conservas de Vegetales de
Sancti Spíritus**

Autor: LivanUvaldo Lozano Ruiz

Tutor: Ing. Ener Raúl Rivera Martín

Curso 2013-2014

Sansancierro
Sansancierro

Pensamiento.

Todos y cada uno de nosotros paga puntualmente su cuota de sacrificio consciente de recibir el premio en la satisfacción del deber cumplido, conscientes de avanzar con todos hacia el Hombre Nuevo que se vislumbra en el horizonte.

Ernesto Che Guevara

Dedicataria
Dedicataria

Dedicatoria.

A mis padres, que con su amor y dedicación, han sabido despertar en mí el deseo y la fuerza para formarme como profesional, como hombre de bien, dándome a cada instante amor, confianza y esperanza.

A mi esposa y a mis hijos, que son imprescindibles en mi vida por hacer, con su alegría, ternura y amor, renacer mi espíritu.

A mis familiares y amigos más sinceros, que llenan mi vida dándole un sentido especial consus más profundos sentimientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos.

Cuando se llega a momentos como este, únicos en la vida, siempre se reserva un instante para meditar y recordar lo largo y difícil que ha sido el camino, pero lo corto y relativamente fácil que ha parecido porque se ha contado con el apoyo incondicional y la compañía de personas que en una sola hoja de este trabajo de diploma no se podrían mencionar, por tanto y para no excluir a ninguna de esas personas solo quiero agradecer de forma muy especial:

- ✓ A mis padres por ser mi ejemplo y fuente de inspiración para seguir siempre adelante y para no dejar de luchar jamás por lo que aspire alcanzar.
- ✓ A mi esposa por darme toda la confianza, el cariño y el amor de esa manera única que tiene de hacerlo.
- ✓ A todos mis familiares, sobre todo a mis hijos, a mi hermano, mis tías y mis primos, por hacerme sentir que soy motivo de orgullo para ellos.
- ✓ A los profesores que directa o indirectamente influyeron en mi formación para llegar a ser un buen profesional.
- ✓ A Ener por aceptar ser mi tutor, por explicarme y atenderme siempre que lo necesite y por darme la seguridad para hacer este trabajo.
- ✓ A los trabajadores de la empresa que sin su ayuda no hubiese sido posible la realización de este trabajo, en especial a José Luís.
- ✓ A todos mis amigos, principalmente con los que he compartido estos años de estudio.
- ✓ A todos a aquellos que incondicionalmente de una forma u otra han hecho posible la realización de este sueño.

A todos muchas gracias.

Resumen

Resumen

El presente Trabajo de Diploma centra su objetivo general en aplicar un procedimiento relacionado con que facilite la toma de decisiones acerca de la política de mantenimiento a aplicar en la “Línea de pasta de cebolla y de ajo” de la Empresa de Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus. Por tanto, dicha investigación permite determinar la política de mantenimiento para los equipos productivos en función del contexto operacional en que se desempeñen, todo ello a partir de la selección de las principales variables que caracterizan este contexto (Seguridad, Calidad, Régimen de trabajo, Afectaciones, Frecuencia, Tiempo de reparación y Costo de reparación) y la clasificación de los fallos predominantes en el equipamiento. La propuesta destaca la inclusión de elementos novedosos en varias variables en función de las características del proceso productivo bajo análisis. De este modo, la actual investigación se encuentra estructurada por una introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía empleada y anexos. En el primer capítulo se abordan las principales cuestiones teóricas acerca del tema; en el segundo capítulo se describe la entidad objeto de estudio y el procedimiento a seguir; y en el tercer capítulo se aplica este procedimiento para definir la política de mantenimiento adecuada para la línea de producción.

Abstract

The Diploma Paper focuses its main objective on applying a procedure related to the taking of decisions according to the maintenance politics to be applied on the “Línea de pasta de ajo y de cebolla” in the “Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spiritus”. This research allows determining the best option of maintenance for the production equipment in function of the operational context in which they discharge. All based on the selection of the main branches that characterize this context (safety, quality, work regime, affectations, frequency, time of repairing and the cost of it) and the classification of the faults of the equipment. The proposal emphasizes on the addition of new elements in several branches, in function of the features of the analyzed production process. On this way, the current research is structured by an introduction, three chapters, the summing up, some recommendations, the bibliography consulted and the annexes. The first chapter approaches the main theoretical questions about the subject; the second chapter describes the entity which is being studying and the procedure to be followed; in the third chapter, this procedure is applied to define the suitable maintenance politics for the production line.

Indice

Índice	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1: Marco teórico -referencial	6
1.1 Aspectos generales sobre Gestión de Mantenimiento.....	7
1.1.1 Teorías y conceptos sobre el mantenimiento en las organizaciones....	7
1.1.2 El proceso de administración del mantenimiento.....	9
1.1.3 Generalidades sobre los sistemas y tipos de mantenimientos.....	12
1.1.4 Sistemas de mantenimiento, ventajas y desventajas.....	12
1.1.5 Tipos de mantenimiento.....	18
1.1.6 Selección de sistemas de mantenimiento.....	21
1.2 Metodologías para la selección, basadas en la clasificación del equipamiento (análisis de criticidad).....	23
1.3 Conclusiones parciales.....	25
Capítulo 2: Caracterización de la Empresa Objeto de estudio, del Área de Mantenimiento, de la Línea de Pasta de cebolla y de ajo así como del procedimiento a aplicar	26
2.1 Caracterización de la empresa objeto de estudio, del Área de Mantenimiento y de la Línea de Pasta de cebolla y de ajo.....	26
2.1.1 Caracterización del área de mantenimiento.....	30
2.1.2 Caracterización de la línea de pasta de cebolla y de ajo.....	33
2.2 Características del procedimiento general para la toma de decisiones vinculada a la selección del tipo de mantenimiento.....	35
2.3 Conclusiones parciales.....	43
Capítulo 3: Aplicación práctica del procedimiento propuesto en la entidad objeto de estudio	44
3.1 Aplicación de la metodología para la selección del tipo de mantenimiento.....	44

3.2 Clasificación del equipamiento.....	45
3.2.1 Clasificación de la mesa de selección.....	46
3.2.2 Clasificación de la peladora abrasiva.....	47
3.2.3 clasificación del transportador de producto (sin fin).....	49
3.2.4 Clasificación del molino triturador de cebolla.....	50
3.2.5 Clasificación del molino triturador repasador.....	52
3.2.6 Clasificación del molino triturador refinador.....	53
3.2.7 Clasificación de la bomba de diafragma del tanque receptor.....	55
3.2.8 Clasificación del tacho abierto.....	56
3.3 Conclusiones parciales.....	58
Conclusiones generales	59
Recomendaciones	60
Bibliografía	
Anexos	

Introducción

Introducción

El éxito de cualquier empresa se ha convertido, ahora más que nunca, en un desafío permanente. En estos momentos, las organizaciones precisan racionalizar sus recursos, redefinir sus operaciones y funcionar con estructuras más flexibles, a fin de que puedan adaptarse rápidamente a las nuevas herramientas de gestión; todo ello, orientado a mantener sus productos y servicios con las especificaciones que exija el cliente y la competencia.

Las empresas cubanas no están ajenas a esta situación y es por ello que a través del Perfeccionamiento Empresarial se ha buscado introducir procesos de cambio en todas las esferas de actuación de las organizaciones. Bajo estas condiciones, emerge el mantenimiento industrial como un proceso con potencialidades para influir positivamente en la competitividad de las empresas.

Las operaciones de mantenimiento, originalmente poco explotadas en cuanto a su potencial para incrementar desempeño, han dejado de ser meras actividades reactivas (Dos Santos Mendes, 2002; Tavares et al., 2005; Torres, 2005; Tomlinsong, 2007). Las razones que han llevado a las organizaciones a gestionar efectivamente el mantenimiento son:

- La competencia creciente que exige un control irrestricto del costo, con una participación en ascenso del mantenimiento en los costos operacionales.
- La existencia de instalaciones más automatizadas que exigen un aumento de la confiabilidad y la disponibilidad del equipamiento.
- La presencia de disturbios ambientales y de seguridad relacionados con los fallos del equipamiento.
- La pérdida de calidad ligada al mal funcionamiento del equipamiento e instalaciones.
- La redefinición de las actividades de mantenimiento fomentada por una comprensión mayor de los fallos.

Es un hecho que las operaciones de mantenimiento tienen una correlación muy fuerte con el rendimiento de los sistemas productivos y de servicios, y que interfieren sobre un grupo de elementos disponibilidad de los equipos, la calidad,

la seguridad y la economía, los cuales influyen en la elevación del nivel de desempeño de la organización (Dos Santos Mendes, 2002; Cardoso de Morais, 2004). Actualmente es admitido por varios autores como Tavares, 1999; Mora Gutiérrez & Pérez Peral, 2002; Rodríguez, 2003; Alkaim, 2003; Alsyouf, 2004 y Stefano, 2006, que el mantenimiento es uno de los mayores contribuyentes al desempeño lucrativo de los sistemas de producción y servicios. Todo esto viene evidenciado por la participación del costo de mantenimiento en las pérdidas que se puedan ocasionar en las producciones o prestación de servicios de las organizaciones.

La experiencia indica que muchos servicios de mantenimiento funcionan con resultados inciertos y a un costo resultante elevado, incluyendo no solo el dinero invertido, sino también el esfuerzo del personal, las horas extras realizadas en forma habitual, la mayor cantidad de materiales y repuestos, en definitiva, la falta de objetivos estables, claros y conocidos, encarece la gestión del área (García Garrido, 2003).

La gestión del mantenimiento consta de cuatro etapas: la primera, la etapa de planificación que es el alma de todos los esfuerzos desarrollados en esta función (Tavares, 1999; Tomlingson, 2007); la segunda, la etapa de la organización del mantenimiento, donde se debe dar respuesta a las preguntas: ¿Qué hacer? y ¿Cómo hacerlo? (Yañez Medina, 2005; Torres, 2005); la tercera, la etapa de la ejecución donde se realizan las actividades de mantenimiento de forma efectiva y eficiente para aumentar la productividad en la gestión y cumplir exitosamente con los programas establecidos (Yañez Medina, 2005); y la cuarta, la etapa de evaluación y control, expresada, por lo general, en función de tasas, cuotas y razones o índices, para determinar cómo marchan las cosas y por qué marchan, a fin de que permita tomar decisiones (Gusmão, 2001; Stefano, 2006).

La primera de estas etapas es de suma importancia para el correcto desempeño de toda la función de mantenimiento, debido a que es en este punto donde se trazan las estrategias y metas a cumplir en dicho proceso. Dentro de esta etapa, es donde se deciden las políticas y tipos de mantenimientos a seguir en cada área

(Alfonso Llanes, 2009; Blanco Marín, 2010; Rivera Martín, 2011). Para la toma de estas decisiones, en la literatura se han planteado un gran número de procedimientos, atendiendo a diferentes aspectos neurálgicos dentro de esta función: costos, riesgos, medio ambiente, criticidad del equipamiento, entre otros (Borroto Pentón, 2005; Alfonso Llanes, 2009; Muchiriet al., 2009; Haritha Saranga & Moser; 2010).

Ante las nuevas reglas de producción y la importancia que se le concede a la actividad integral de mantenimiento, varios autores como De la Paz Martínez, 1996; Torres, 1997; Batista Rodríguez, 2000; Bevilacqua & Braglia, 2000; Huerta Mendoza, 2001; González Danger & Hechavarría Pierre, 2002; Dos Santos Mendes, 2002; Borroto Pentón, 2005; Christensen, 2006; y Alfonso Llanes, 2009, exponen que un sistema de mantenimiento bien diseñado debe adecuarse a las características de cada máquina, lográndose un sistema de mantenimiento alterno, tanto a nivel de fábrica como de máquina. De modo que, no todos los equipos deben tener el mismo sistema de mantenimiento, lo que permite centrar las fuerzas en aquellas partidas de mayor incidencia en el mismo y, a su vez, en las más susceptibles de mejoramiento, el eficiente uso de los recursos del área en general. Todo ello va a repercutir favorablemente en el logro eficaz y eficiente de la meta de la organización.

En la literatura consultada se plantea que se debe escoger el procedimiento a utilizar en dependencia de las características de la organización y el criterio(s) que se desean potenciar en esta (Borroto Pentón, 2005; Alfonso Llanes, A. et al., 2008b; Muchiriet al., 2009; Haritha Saranga & Moser; 2010), posibilitando así que la misma se encamine hacia la búsqueda de lo óptimo en su desempeño.

El incremento de estadía del equipamiento productivo de la “Línea de pasta de cebolla y de ajo” perteneciente a la Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus, la baja capacitación del personal técnico, la incorrecta utilización de los recursos y medios disponibles, provocan el aumento de los costos de mantenimiento y, por ende, los costos totales de la entidad, reducen la capacidad productiva de la entidad, así como también limitan el nivel de adaptación de la

organización a las condiciones que le impone el entorno. Es por ello que se puede afirmar que la selección de la política de mantenimiento para dicha línea de producción no es la más adecuada, resultando esto como la **situación problemática** de esta investigación.

Dicha situación problemática refleja que en el proceso de mejoramiento del desempeño de la actividad de mantenimiento se hace necesario aplicar un procedimiento que combine las variables que caracterizan el contexto operacional del equipamiento y la clasificación de los fallos permitiendo definir la política de mantenimiento a aplicar en la “Línea de pasta de cebolla y de ajo” de la Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus; lo cual constituye el **problema científico** a resolver.

En consecuencia con la situación antes descrita y basada en la construcción del marco teórico-referencial de la investigación, expuesta en el capítulo 1, se formuló la siguiente **hipótesis**: si se aplica adecuadamente un procedimiento general, que combine las variables que caracterizan el contexto operacional del equipamiento de dicha línea productiva y la clasificación de los fallos que se presentan en los mismos, se puede definir la política de mantenimiento a aplicar en la línea productiva a estudiar.

Por consiguiente, para darle solución a dicho problema se plantea como **objetivo general**: aplicar un procedimiento que combine las variables que caracterizan el contexto operacional del equipamiento y la clasificación de los fallos de este, permitiendo definir la política de mantenimiento a aplicar en la “Línea de pasta de cebolla y de ajo” de la Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus.

A partir del cual se desglosan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Elaborar un marco teórico-referencial, derivado de la literatura internacional y nacional en lo relacionado con la gestión del mantenimiento, que sirva de soporte teórico y guía para la investigación.
2. Seleccionar un procedimiento general que permita definir correctamente la política de mantenimiento a seguir en línea productiva objeto de estudio.

3. Aplicar en procedimiento seleccionado para determinar la política de mantenimiento más adecuada para el equipamiento objeto de estudio, teniendo en cuenta las variables de su contexto operacional.

Por tanto, la investigación se hace necesaria para mejorar el proceso de planeación en la gestión de mantenimiento, así como para lograr la coordinación entre la meta de esta función y la estrategia general de la empresa. Con el desarrollo de la investigación deben quedar definidas: las variables que caracterizan el contexto operacional del equipamiento, la clasificación de los fallos que se presentan en los mismos y el tipo de mantenimiento a aplicar a cada equipo productivo de la línea.

Esta investigación se encuentra estructurada por una introducción, por tres capítulos, las conclusiones, las recomendaciones, la bibliografía y los anexos. En el primer capítulo se resumen los principales hallazgos teórico-referenciales; en el segundo, se presenta la propuesta de solución al problema científico planteado a través de la explicación del procedimiento general propuesto; y en el tercero, se muestra la validación empírica de la hipótesis general de la investigación. En las conclusiones se resaltan los principales resultados obtenidos en la investigación y en las recomendaciones se muestran los aspectos que deben ser extendidos como parte de la continuidad científica de dicha investigación. Finalmente, en la bibliografía se referencia todos los autores de los que se valió la investigación para su construcción; y los anexos se exponen como necesaria inclusión para fundamentar, destacar y facilitar la comprensión de los aspectos de mayor complejidad tratados en el cuerpo del documento.

Desarrollo

Capítulo 1: Marco teórico-referencial

En este capítulo se abordarán varios aspectos necesarios para la comprensión y evolución del trabajo objeto de estudio, que constituyó la base que posteriormente ayudó a la realización del mismo.

Los principios y conceptos de la gestión del mantenimiento, los diferentes tipos y sistemas de mantenimientos que existen, cuales son los requisitos o condiciones que debe tener una organización para implantarlos, así como, sus ventajas y desventajas, se abordan además, el proceso de toma de decisiones en una empresa a la hora de abogar por un sistema de mantenimiento determinado, los sistemas de producción continua con sus características y particularidades, la conjugación de estos elementos conforman el marco teórico-referencial, el cual se confeccionó siguiendo lógica que se muestra en la figura 1.1.

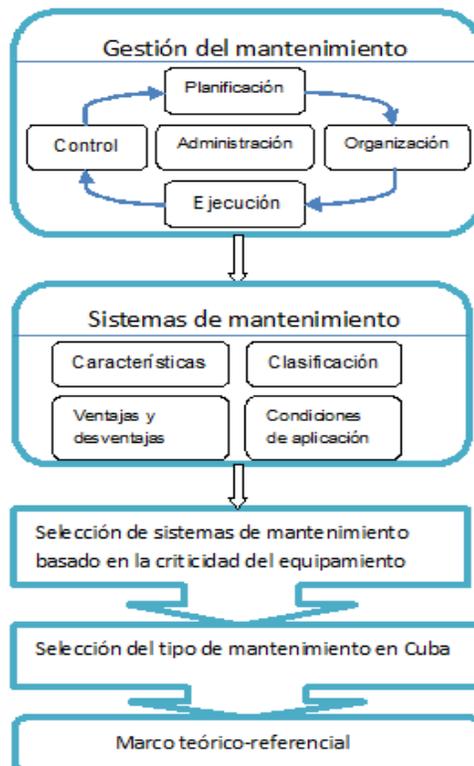


Figura 1.1. Estrategia seguida, en el análisis de la bibliografía, para la construcción del marco teórico-referencial.

1.1 Aspectos generales sobre Gestión de Mantenimiento

En las dos últimas décadas, la gestión del mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben principalmente al enorme aumento en número y variedad de los activos físicos que deben ser mantenidos en todo el mundo, a la elaboración de diseños más complejos, al uso de nuevos métodos de mantenimiento, y a la existencia de una óptica cambiante en la organización de esta actividad y sus responsabilidades (Moubray, 1997; Jeira y Gibson, 2004; Rivera Martín, 2011).

1.1.1 Teorías y conceptos sobre el mantenimiento en las organizaciones

Varios autores (Moubray, 1997; Alkaim, 2003; Rodrigues, 2003; Cardoso de Morais, 2004; Pérez Jaramillo, 2004; Amaris Arias, 2006) consideran tres generaciones por las cuales ha evolucionado el mantenimiento, estas representan cómo han venido creciendo las expectativas respecto al desempeño del mantenimiento, la visión de la naturaleza de los fallos del equipamiento y las mejores prácticas utilizadas en una época determinada; sin embargo, García González-Quijano (2004) y González Fernández (2007) plantean que a los desarrollos en la tercera generación del mantenimiento se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías (ver figura 1.2), de tal forma que actualmente se puede hablar de una cuarta generación del mantenimiento.

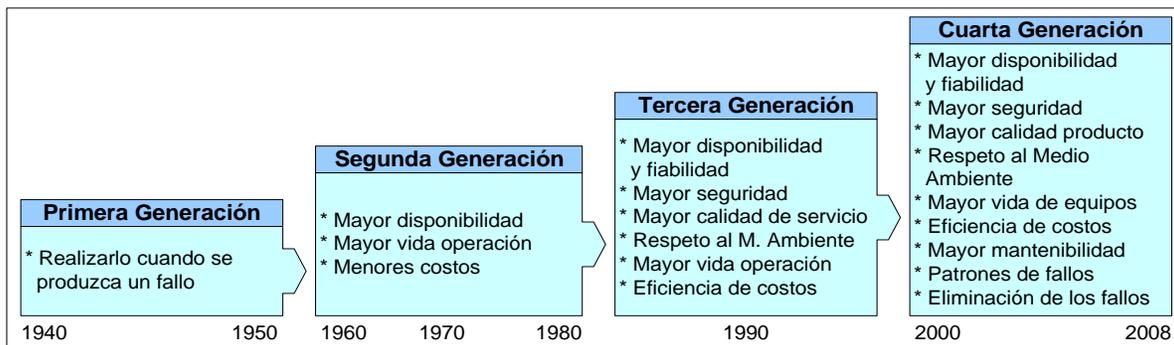
En este desarrollo se observa una creciente toma de conciencia para evaluar: hasta qué punto las fallas en los equipos afectan la seguridad y el medio ambiente, la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto y la presión por alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener acotado el costo. A modo de resumen, en la figura 1.3 se presenta cómo han ido evolucionando las expectativas y técnicas del mantenimiento durante estas cuatro generaciones.

La definición del término mantenimiento ha sido expresada en diferentes publicaciones impresas y electrónicas con puntos de vista similares y pequeñas diferencias o adaptaciones al caso de la empresa u organización de que se trate. Varios son los estudios realizados (De la Paz Martínez, 1996; Sánchez Sánchez, 1999; Aguilera Martínez, 2001; Alkaim, 2003; Fabro, 2003; García González-Quijano, 2004; Borroto Pentón, 2005) en los cuales se hace una caracterización

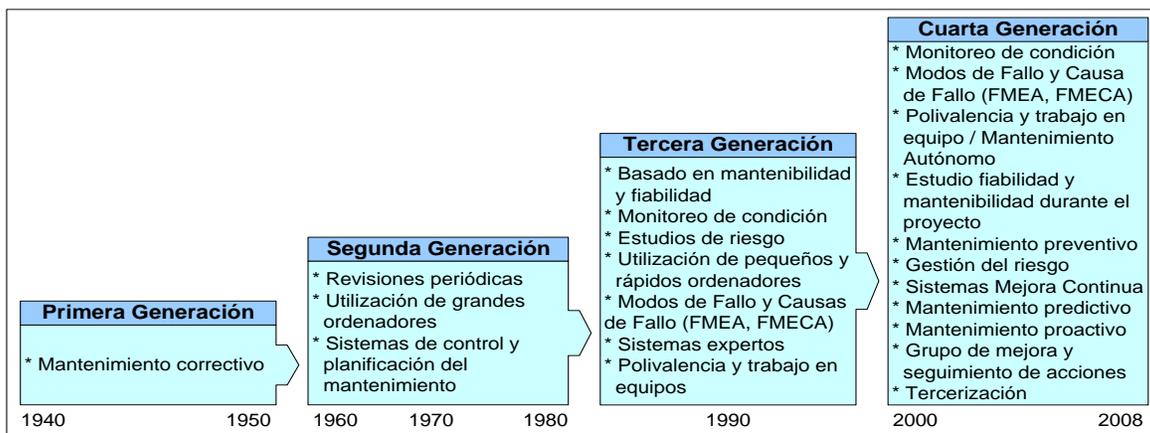
del largo camino recorrido en el desarrollo del concepto de mantenimiento, en los que se definen las particularidades y elementos comunes de cada propuesta, así como sus objetivos, tareas y funciones.



Figura 1.2 Cuarta generación del mantenimiento. Fuente: García González-Quijano (2004).



a) Evolución de las expectativas del mantenimiento



b) Evolución de las técnicas de mantenimiento

Figura 1.3 Evolución de las expectativas y técnicas del mantenimiento. Fuente: García González-Quijano (2004) y González Fernández (2007).

Independientemente de la definición que se utilice, se percibe que los conceptos citados utilizan las expresiones “mantener”, “restablecer”, “conservar”, “restaurar” o “preservar” la función pretendida del activo hasta el estándar de funcionamiento deseado por sus usuarios. El autor se identifica con el concepto presentado por De la Paz Martínez (1996) que proporciona una visión más integral de esta actividad, en consonancia con la dimensión que ha alcanzado esta función en la actualidad y con su impacto en el entorno empresarial.

Concerniente al objetivo principal del mantenimiento, además de los autores abordados en los estudios referenciados anteriormente, existe un grupo de planteamientos (Moubray, 1997;; Sotuyo Blanco, 2001;García-Ahumada, 2001; Da Silva Neto y Gonçalves de Lima, 2002; Fabro, 2003; García Garrido, 2003; Torres, 2005; Stefano, 2006; Lodola, 2006) que coinciden en definirlo, de manera general, como: conseguir el nivel máximo de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y/o de servicios con la menor contaminación del medioambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible. Todo lo anterior implica: conservar el sistema de producción y/o servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de los fallos, aplicar las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, adaptarse rápidamente a los cambios del entorno (flexibilidad), y controlar y reducir los costos a su mínima expresión.

1.1.2 El proceso de administración del mantenimiento

La administración puede ser considerada como un sistema de toma de decisiones cuyo propósito es dirigir los recursos disponibles hacia el logro del objetivo de la empresa (Ellis, 2000; Batista Rodríguez, 2000; Amaris Arias, 2006). Según la NC ISO 9000:2001, la gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. Según Espinosa Fuentes (2006) se puede definir la gestión del mantenimiento como “las actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada”. Por su parte Al-najjar (2007) plantea que “recientes análisis sobre la efectividad

de la gestión del mantenimiento indican que un tercio de todos los costos de mantenimiento se debe a una gestión deficiente”.

Dado que en la actualidad el mantenimiento está destinado a ser el pilar fundamental de toda empresa que considere ser competitiva, se hace necesario utilizar técnicas y métodos para la planificación, organización, ejecución y control de actividades que garanticen el buen desempeño del equipamiento e instalaciones. Lo anterior resulta imposible sin una eficiente estrategia y organización de esta disciplina en cada empresa, sobre todo por la estrecha relación que existe entre producción y mantenimiento.

Planificación

La planificación del mantenimiento es el alma de todos los esfuerzos desarrollados en esta función (Tavares, 1999; Tomlison, 2007). En ella se le debe dar respuesta a las preguntas: ¿Cuándo hacerlo?, ¿Con qué hacerlo? y ¿Con quién hacerlo? En esta fase se definen: la política de mantenimiento a seguir, las acciones de mantenimiento (preventivo, correctivo) a realizar en los equipos o instalaciones, los recursos necesarios (materiales y humanos), y se establece el balance de las cargas de trabajo con las capacidades de medios y hombres para llevarlas a cabo (Yañez Medina, 2005; Fabro, 2003).

Organización

La organización del mantenimiento debe dar respuesta a las preguntas: ¿Qué hacer? y ¿Cómo hacerlo? Para ello se vale de dos fases: la fase organizativa, donde se determina la estructura de trabajo, las funciones dentro de esta, las relaciones externas e internas, los procedimientos para el flujo y registro de información y documentación; y la fase preparatoria donde se define la preparación de los recursos (materiales y humanos), la documentación y las instalaciones (Yañez Medina, 2005; Torres, 2005).

Es de destacar que en muchas organizaciones, en el contexto empresarial cubano, aunque no dejan de considerarse muchos de los elementos mencionados anteriormente, la planificación y organización del mantenimiento han tendido a depender de la experiencia y la percepción de los operadores y a ser manejada

sensorialmente; se ha centrado en inspecciones cualitativas del estado de los equipos, debido a la dificultad para determinar cuantitativamente el nivel de deterioro de los mismos, además de no ser constante el considerable número de información que se ha de procesar (Alfonso Llanes *et al.*, 2008a). Esto trae un sinnúmero de problemas que se necesita enfrentar para el mejoramiento de la confiabilidad y eficiencia de los equipos.

Ejecución

La esencia de la ejecución es realizar las actividades de mantenimiento de forma efectiva y eficiente, para aumentar la productividad en la gestión y cumplir exitosamente con los programas establecidos (Yañez Medina, 2005).

La ejecución del mantenimiento puede realizarse por medios propios, por contratación de los trabajos a terceros o por la combinación de ambas. La tendencia general es hacia organizaciones de tipo mixto, descentralizadas por sectores (Tavares, 1999; Sotuyo Blanco, 2001). Para ejecutar el mantenimiento por medios propios la empresa debe disponer de los recursos (materiales y humanos) que se necesitan para desarrollar las labores y asegurar una adecuada utilización de los mismos (Borroto Pentón, 2005).

Evaluación y control

Cada sistema de mantenimiento incluye un método de control, por lo general expresado en función de tasas, cuotas y razones o índices, para determinar cómo marchan las cosas y por qué marchan, a fin de que permita tomar decisiones (Gusmão, 2001; Stefano, 2006). El autor de la presente investigación coincide con Larralde Ledo (1994), referenciado en Borroto Pentón (2005), al plantear que existen diversas formas para realizar la evaluación de la gestión del mantenimiento. Todas ellas pueden resumirse en dos grandes grupos:

- a) Medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores de mantenimiento.
- b) Valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorias.

1.1.3 Generalidades sobre los sistemas y tipos de mantenimientos

Existen multitud de sistemas de mantenimiento, cada una de estos presenta ventajas y desventajas, lo que los hace aceptablemente adecuado para satisfacer los requerimientos de cada caso concreto. La decisión de aplicar uno u otro debe ser el resultado de un análisis casuístico de cada equipo o línea de fabricación, procurando alcanzar la más alta confiabilidad operacional en combinación con el costo mínimo de mantenimiento (Portuondo Pichardo et al, 1989). A continuación se dará una panorámica de los aspectos más significativos de los sistemas de mantenimiento.

1.1.4 Sistemas de mantenimiento, ventajas y desventajas

En la literatura especializada han sido tratados indistintamente los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos (el término más comúnmente utilizado es el de sistemas) y tipos de mantenimiento (BorrotoPentón, 2005).

En Cuba algunos autores (Fernández, Matos y Prim, 1983; Navarrete Pérez y González Martín, 1986; Portuondo Pichardo, 1989; Taboada Rodríguez et al., 1990), referenciados en Borroto Pentón (2005), han identificado como sistemas de mantenimiento los siguientes: sistema controlado mediante la supervisión en la producción; sistema regulado; sistema por interrupción en la producción o contra avería; sistema inspectivo, predictivo o por diagnóstico y sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP). También es conocido en la industria cubana el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) como integrador de varios de los sistemas tradicionales (Portuondo Pichardo et al., 1989; De la Paz Martínez, 1996; Aguilera Martínez, 2001).

En la actualidad existen infinidad de herramientas, técnicas, metodologías y filosofías de mantenimiento. Algunas de las más utilizadas son (Nakajima, 1991; Moubray, 1997; Ellmann, 2001; Sotuyo Blanco, 2001; Amendola, 2003; Alkaim, 2003; Fabro, 2003; Alfonso Llanes et al., 2003; García González-Quijano, 2004; Yañez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio, 2004; Tavares et al., 2005):

Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)

Según Taboada Rodríguez(1990) el MPP es aquel que tiene como objetivo evitar el desgaste o deterioro prematuro de los medios básicos. Existe un personal encargado de la planificación y control del mantenimiento, entre sus funciones está la de programar las inspecciones y reparaciones de forma planificada antes de que ocurra una avería o desperfecto de las máquinas y equipos.

Este sistema es conviene aplicarlo en aquellas empresas donde la demanda es mayor que la capacidad de la fábrica cuando funciona constantemente, o donde existe dificultad en la adquisición inmediata de piezas de repuesto y materiales.

Boroto Pentón (2005) plantean que es el sistema más extendido en nuestro país, debido a que se ajusta muy bien a las características de nuestra economía e industrias, trayéndoles consigo ventajas muy apreciadas como:

- Un mayor aprovechamiento del personal y materiales de mantenimiento,
- Disponibilidad de datos que permitan comparar diversos programas de producción desde el punto de vista de mantenimiento,
- Una mayor flexibilidad debido a la disponibilidad de información anticipada y correcta en forma fácilmente interpretable, se prolonga la depreciación del medio básico.

Pero por otra parte acoge grandes desventajas como son:

- Los ciclos que se planifican no siempre son los más adecuados para cada equipo y se requiere su revisión periódicamente.
- Muchas veces se desarmen equipos sin necesidad real y entre el desarme y arme posterior se corren riesgos de roturas y errores que pueden ser de gran envergadura.
- El gasto de piezas, materiales y otros recursos en que se incurre es considerable y en ocasiones no responde a las necesidades reales.
- No obstante su carácter planificado y preventivo, conduce a que los desperfectos en realidad no sean detectados con antelación suficiente para prevenir las paradas no planificadas.

Su aplicación ha resultado compleja llevarla a cabo en líneas de producción en cadenas, aunque en ocasiones se ha logrado su implantación con resultados satisfactorios, además se ha comprobado su imposibilidad de ofrecer buenos efectos en equipos complejos y modernos (Portuondo Pichardo et al, 1989, Muchiri et al., 2009).

Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

La filosofía MCC plantea, como criterio general, el mantenimiento exclusivo de los componentes considerados como críticos para el correcto funcionamiento de la instalación, dejando operar hasta su fallo a los componentes no críticos, instante en el que se aplicaría el correspondiente mantenimiento correctivo.

El objetivo principal de RCM está en reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias (Tomlison, P. D., 2007)

La metodología MCC propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional a partir del análisis de las siguientes siete preguntas (Amendola, 2003):

1. ¿Cuál es la función del activo?
2. ¿De qué manera pueden fallar?
3. ¿Qué origina la falla?
4. ¿Qué pasa cuando falla?
5. ¿Importa si falla?
6. ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
7. ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

El MCC ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años, y las experiencias brindadas por estas dan fe de las ventajas ofrecidas por este sistema tales como:

- Mayor seguridad y protección del entorno.
- Mejores rendimientos operativos.
- Mayor contención de los costos del mantenimiento.

- Mayor vida útil de los equipos.
- Una amplia base de datos de mantenimiento.
- Mayor motivación de las personas en particular.
- Mejor trabajo de grupo.

Todos estos factores evidencian la evolución en la gestión del mantenimiento y muchos ya son las metas de los programas de mejora más avanzados. Lo que hace importante al MCC es que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para realizarlos todos a la vez, y para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos (Al-najjar, H., 2007).

Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad 2 (RCM 2 por sus siglas en inglés)

El RCM 2 es un procedimiento estructurado para determinar la política de mantenimiento más adecuada para cada activo físico de una planta industrial, en su contexto de operación (González Fernández, F. J., 2007).

Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuáles son sus posibles fallas, luego preguntarse por los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no solo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables (Fabro, E., 2003), trayendo consigo efectos favorables como:

- Inmediato aumento de la disponibilidad y confiabilidad de máquinas y equipos.
- Mejor aprovechamiento de todos los recursos productivos con importantes beneficios económicos medibles, que superan altamente la reducción de costos de mantenimiento que también se logra.
- Mejor conocimiento de máquinas y equipos por todo el personal.
- Trabajo en equipo y motivación entre distintas áreas, hacia los objetivos comunes de la empresa.
- Mejor atención a problemas de seguridad y medio ambiente.
- Preservación mejor y más prolongada de activos físicos.

Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés)

TPM, según su precursor, el japonés Seiichi Nakajima (1991) es un mantenimiento productivo que implica una total participación de cada uno de los empleados que interactúa directamente con el equipo productivo.

EITPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estratégico, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas, la calidad de los productos y servicios finales (García-Ahumada, F., 2001; Lodola, E., 2006).

Varios autores (Ellis. H., 2000; Ellmann, E. P., 2001; Amaris Arias, J. B., 2006) coinciden al afirmar que el mantenimiento productivo total combina las prácticas habituales del mantenimiento preventivo y predictivo con el sistema participativo japonés de involucrar al máximo al personal de operaciones.

Para las organizaciones, este sistema puede resultar ventajoso dado que

- Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.
- El concepto de mantenimiento integrado o productivo (TPM) está íntimamente unido a la idea de calidad total y mejora continua, por lo tanto en una organización donde se desea crear una cultura de este tipo, el mantenimiento a implementar será este.

A pesar de los beneficios de este sistema, se pueden presentar problemas en ciertos aspectos (Ibídem) ya que:

- Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos. Lo cual por norma general es de una gran complejidad.

- La inversión en formación y cambios generales en la organización, es costosa. El proceso de implantación requiere de varios años.

Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM)

El SAM es utilizado 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 (De la Paz Martínez, 1996; Yañez Medina, M., 2005)

Según Portuondo Pichardo (1989) las ventajas y desventajas que el SAM representa para una organización se encuentran:

- Implica la aplicación del sistema de mantenimiento más adecuado a las cantidades y características de cada equipo o línea de producción.
- Se ajusta a las circunstancias específicas de cada equipo. Se debe lograr una alta disponibilidad de los mismos.
- Los costos de mantenimiento deben reducirse, al efectuarse los trabajos solo realmente necesarios en muchos casos.
- Para los equipos más imprescindibles se garantiza un trabajo sin fallos hasta el momento en que se haya previsto que se debe ejecutar un trabajo de reparación.
- Con respecto a los equipos auxiliares o poco principales implica un importante ahorro de recursos a aplicárseles el sistema contra avería (sin que este necesariamente conlleve a que se espere a que se rompa el equipo).
- Disminuyen las posibilidades de producirse desajustes y errores al evitar el desarme y arme de componentes con una regularidad no siempre necesaria.

Desventajas:

- Imprecisión por falta de consenso en cuanto a la clasificación de los equipos (reclasificación).
- Carencia de fondos para adquirir los equipos de medición necesarios para aplicar el diagnóstico objetivo.

- Necesidad de personal calificado (para la inscripción y elaboración de diagnósticos efectivos).

Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM)

El BCM o mantenimiento basado en riesgo (RBM) o mantenimiento estratégico se desarrolla sobre la base del comportamiento actual de las organizaciones y su entorno a nivel mundial, en cuanto al aumento de las exigencias de calidad y reducción de costos de los productos y servicios, por los consumidores, donde el mantenimiento ha pasado a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos en grado similar al de la operación, convirtiéndose en la única función operacional que influye y mejora los tres ejes determinantes de la realización industrial al mismo tiempo, o sea, costo, plazo de entrega y calidad de productos y servicios, definida como la "Función Pivotante" (Tavares L., 2002).

Según Al-najjar, H. (2007) las ventajas por las cuales se distingue este sistema están:

- La planificación del mantenimiento se realiza en función de la calidad, los costos y plazos de entrega de la organización.
- Reduce al máximo el trabajo burocrático de los ejecutantes de mantenimiento.
- Establece de forma completa los registros que serán recolectados en una intervención del mantenimiento e interrelaciona los registros de un área de mantenimiento con las demás áreas directa o indirectamente involucradas en la actividad final de la empresa.
- Evita el riesgo de estar haciendo un excelente mantenimiento preventivo en el equipo equivocado.

1.1.5 Tipos de mantenimiento

En la bibliografía consultada se ha comprobado la existencia de un número considerable de tipos de mantenimiento, los cuales se conjugan indistintamente, aunque de forma armoniosa, dentro de los diferentes sistemas de mantenimiento. Muchos autores (Bevilacqua y Braglia, 2000; Batista Rodríguez, 2000; Sotuyo Blanco, 2001; COPIMAN, 2001; Mora Gutiérrez y Pérez Peral, 2002; Oliveira, 2003; López Reyes, 2004; Stefano, 2006) coinciden que los tipos de

mantenimiento fundamentales son: el correctivo, el preventivo, el predictivo y el detectivo. En la tabla 1.1 se muestra una recopilación de otras denominaciones encontradas en la bibliografía.

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es una técnica de la ingeniería que consiste en realizar una serie de trabajos de restauración, que son necesarios cuando la maquinaria, aparatos o instalaciones se estropean, y es necesario recuperarlos. Comprende la compensación de los daños sufridos por fallas incipientes, a una maquinaria o un equipo, y todos los trabajos que resulten pertinentes para su reparación; su aplicación se da cuando el equipo ha dejado de funcionar y es necesario repararlo (Bevilacqua y Braglia, 2000; COPIMAN, 2001; Wireman, 2005; Stefano, 2006).

Este tipo de mantenimiento se clasifica según la disposición del equipo de mantenimiento de la empresa a enfrentar una avería en no planificado y planificado (Oliveira, 2003; Christensen, 2005; Amaris Arias, 2006).

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo son todas aquellas acciones realizadas en forma lógica y sistemática sobre un equipo o sistema con la finalidad de mantenerlo trabajando en condiciones específicas de funcionamiento y para reducir las posibilidades de ocurrencias de fallas; es decir, prolongar el tiempo de vida útil del equipo o sistema (Batista Rodríguez, 2000; Sotuyo Blanco, 2001). Este mantenimiento puede ser de naturaleza menor, como simples reparaciones, o mayor, como una revisión general. Se clasifica en tres procesos:

- Visitas sistemáticas.
- Reparaciones.
- Mantenimiento preventivo.

Mantenimiento predictivo

Para autores como Sotuyo Blanco (2001); Da Silva Neto y Gonçalves de Lima (2002), Alfonso Llanes (2009) y Rivera Martín (2012) el mantenimiento predictivo consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la

evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. Su objetivo es determinar, en todo instante, la condición técnica real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo; y disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción.

Tabla 1.1 Tipos de mantenimiento según varios autores

Tipos de mantenimiento	Referencias
Detectivo	Sotuyo Blanco, 2001; Malaguera, 2001; Yañez Medina, 2005
Mejorativo o modificativo	Malaguera, 2001; Sotuyo Blanco, 2001; Mora Gutiérrez, y Pérez Peral, 2002; Torres, 2005
Rutinario	ViniviusLucattelli y García Ojeda, 1995 ; Malaguera, 2001
Programado, periódico o sistemático	Pérez Jaramillo, 1992; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Malaguera, 2001; Torres, 2005; Yañez Medina, 2005.
Contra avería, reactivo, o correctivo	Díaz, 1993; Aduvire, López y Mazadiego, 1994; Benaimet al., 1994; Prando, 1996 ; Torres, 1997; Tavares, 1999; Saavedra, 2000 ; Batista Rodríguez, 2000; Malaguera, 2001; Sotuyo Blanco, 2001; Da Silva Neto y Gonçalves de Lima, 2002; Dos
Circunstancial o de oportunidad	Malaguera, 2001; Prando, 1996
Progresivo	Pérez Jaramillo, 1992
Preventivo ó basado en el tiempo	Pérez Jaramillo, 1992; Aduvire, Díaz, 1993; López & Mazadiego, 1994; Benaimet al., 1994; ViniciusLucately & García Ojeda, 1995; Prando, 1996 ; González García, 1997; Torres, 1997; Batista Rodríguez, 2000; Sotuyo Blanco, 2001; Da Silva Neto y Gonçalves de Lima, 2002; Dos Santos Méndez, 2002; Mora Gutiérrez, y Pérez Peral, 2002; Rodrigues, 2003; Kothari, 2004; Wireman, 2005; Yañez Medina, 2005; Torres, 2005;
Predictivo o basado en la condición	Araya Schulz, 1991; Roda Vázquez & Sal García, 1992; Araya Schulz, 1993; Díaz, 1993; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaimet al., 1994; Bollman, 1995; Torres, 1997; Ortiz Álvarez, 2000; Batista Rodríguez, 2000; Sotuyo Blanco, 2001; Da Silva Neto y Gonçalves de Lima, 2002; Dos Santos Méndez, 2002;
Protectivo	Desir & Castolín, 1994
Productivo	Nakajima, 1988; Pérez Jaramillo, 1992; Hartmann, 1993; Rey Sacristán, 1993; Tobalina, 1992; Martín de Santiago, 1994; Lezana, 1995; Ortiz Álvarez, 2000
Proactivo	Borda Elejabarrieta, 1993; Dos Santos Mendez, 2002

Fuente: adaptado de Borroto Pentón (2005).

Mantenimiento detectivo

Moubray (1997), Sotuyo Blanco(2001);Yañez Medina(2005 y González Sardi (2009), coinciden al plantear que el mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios; simplemente se está comprobando su funcionamiento.

En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Al intervalo cada el cual se realiza esta tarea se le llama intervalo de búsqueda de fallas (FFI, Failure-FindingInterval). El mantenimiento detectivo o funcional se aplica solamente a fallos ocultos o no evidentes, que a su vez solo afectan a dispositivos de protección.

1.1.6 Selección de sistemas de mantenimiento

El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación, depende en gran medida de la confiabilidad del mantenimiento, pero no basta con conocer los diferentes tipos y filosofías de mantenimiento que existen, también es necesario saber aplicarlos a la organización consecuente y racionalmente al sistema en su conjunto, con el objetivo de decidir sobre el tipo de mantenimiento más apropiado en cada caso (Borroto Pentón, 2005).

Las nuevas reglas de producción de conjunto con la importancia otorgada al proceso de mantenimiento para lograr las metas de las organizaciones, no es correcto pensar que toda una planta de debe regir por un único tipo de mantenimiento, cada uno de los equipos que la conforman están situados de forma heterogénea en esta, tomando así cada uno características que lo hacen diferenciarse del resto, incluso de otros análogos (De la Paz Martínez, 1996; Torres, 1997; Batista Rodríguez, 2000; Bevilacqua y Braglia, 2000; Huerta

Mendoza, 2001; González Danger y Hechavarría Pierre, 2002; Dos Santos Mendes, 2002; Borroto Pentón, 2005; Christensen, 2006).

Con el objetivo de decidir sobre el tipo de mantenimiento más apropiado en cada caso, se han presentado disímiles propuestas en la literatura. Estas pueden dividirse en dos tendencias fundamentales. La primera está relacionada con la presentación de metodologías que, al considerar varios factores, permiten decidir directamente la política de mantenimiento a seguir en cada situación. Dentro de estas metodologías se destacan: la filosofía RCM (Reliability Centered Maintenance) (Moubray, 1997; Ellmann, 2001), el Análisis Multicriterio (Alsyouf, 2004; De Freitas Cordeiro, 2005; Forslund, 2006; Alfonso Llanes et al., 2008b), el Análisis de Riesgo (Yañez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio, 2004; García González-Quijano, 2004), las estrategias de selección basadas en elementos económicos (Marín, 1994; Lofsten, 1999; Sondalini, 2002 y Alsyouf, 2004) y el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) (Portuondo Pichardo et al., 1989; De la Paz Martínez, 1996; Aguilera Martínez, 2001) utilizado en varias industrias cubanas.

Todos estos métodos tienen diferentes fortalezas y debilidades, por ejemplo, el procedimiento de RCM no considera los aspectos organizacionales y los métodos multicriteriales no consideran los análisis técnicos realizados antes de haber recolectado los datos, aunque se han constatados mejoras significativas en las empresas que apuestan por la utilización de alguno de estos (Alsyouf, 2004).

La segunda estrategia, de mucho auge en la actualidad, consiste en la determinación del nivel de criticidad de cada activo dentro del proceso productivo para luego, en función de este, asignar la política de mantenimiento que resulte pertinente. El nivel de criticidad es elemento fundamental, que en la presente investigación, se tendrá en cuenta para la selección del tipo de mantenimiento, por lo que a continuación se realiza un análisis de esta estrategia.

1.2 Metodologías para la selección, basadas en la clasificación del equipamiento (análisis de criticidad)

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, al crear una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, que dirige el esfuerzo y los recursos hacia las áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional (Huerta Mendoza, 2001; Christensen, 2006; Alfonso Llanes *et al.*, 2008c). La clasificación de un componente como “crítico” supondrá la exigencia de establecer alguna tarea eficiente de mantenimiento preventivo que permita atajar sus posibles causas de fallo. En la tabla 1.2 se muestran las diferentes clasificaciones del equipamiento propuestas en la literatura consultada.

El método clásico de evaluación de la criticidad de los componentes de un sistema se realiza normalmente mediante la técnica de Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (FMEA, Failure Mode and Effect Analysis) y, en otros casos, mediante la herramienta de Análisis de Modos de Fallo y Efectos Críticos (FMECA, Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) (Fernández Pérez *et al.*, 2003 y García González-Quijano, 2004).

La forma más generalmente utilizada para realizar la jerarquización de los elementos dentro de un sistema productivo o de servicios es el empleo de un grupo de factores, criterios o variables que caractericen su contexto operacional y valoren las consecuencias que sobre cada una de ellas genera el modo de fallo que se presente (González Fernández, F. J., 2007).

En el anexo 1 se muestra un resumen de las propuestas realizadas por diferentes autores e instituciones concernientes a la realización del análisis de criticidad (variables de priorización). Existe un grupo de criterios que son comunes a la mayoría de las propuestas, dígame: seguridad, impacto ambiental, costo de reparación, pérdida de producción y tiempo de reparación.

Estas propuestas no consideran la ocurrencia potencial de fallos o interrupciones simultáneas (fallos múltiples), los cuales pudieran ser, en conjunto, de mayor criticidad aunque, por lo general, se trate de equipos de baja criticidad individual

Tabla 1.2 Clasificación del equipamiento

FUENTE	CLASIFICACIÓN
MINBAS (1986)	Fundamentales para la producción No fundamentales en la producción
Ochoa Crespo (1994)	Máxima categoría Categoría media Categoría regular Categoría mínima
ViniciusLucatelli y García Ojeda (1995)	De soporte directo a la vida Con sustitución periódica y obligatoria de piezas Que ofrece altos niveles de energía Con intervalo de mantenimiento normalizado
De la Paz Martínez (1996)	Muy importantes o fundamentales Normales o convencionales Auxiliares
González Danger y Hechavarría Pierre (2002) Torres (2005)	Importancia A Importancia B Importancia C
Espinosa Fuentes (2006)	Crítico Semicrítico No crítico
Torres (1997) Huerta Mendoza (2001) García Garrido (2003) Yañez Medina (2004) Cardoso de Morais (2004) Borroto Pentón (2005) Christensen (2006)	Alta criticidad (clase A) Mediana criticidad o importantes (Clase B) Baja criticidad o prescindibles (Clase C)

Fuente: adaptada de Alfonso Llanes (2009).

1.2.2 La selección del tipo de mantenimiento en Cuba

Para la selección del tipo de mantenimiento, además del ya mencionado SAM, varios autores cubanos han diseñado metodologías con este fin, tal es el caso de González Dangery Hechavarría Pierre (2001), los cuales proponen un algoritmo que incluye el estudio del régimen de explotación y del sistema de mantenimiento existente en la empresa, la clasificación de la industria según sus características de producción, grado de mecanización y régimen de trabajo, la aplicación del proceso de diferenciación de máquinas y definición de la política de mantenimiento

hasta nivel de sistemas; de estos resultados se obtiene el tipo de acción de mantenimiento a acometer y luego de una valoración económica de ser positivo el análisis, se implanta el sistema, el cual puede irse perfeccionando hasta el logro de una gestión de mantenimiento automatizada.

Asimismo, Sexto Cabrera, Parra Suárez y Palacio Gallego (2003), realizan para la elección del tipo de mantenimiento una selección y análisis de las máquinas críticas a partir de un método de categorización basado en 12 parámetros: íter cambiabilidad, importancia productiva, régimen de operación, nivel de utilización, grado de precisión, mantenibilidad, conservabilidad, automatización, valor de la máquina, factibilidad de aprovisionamiento, seguridad operacional y disponibilidad, aplicando la técnica del criterio de expertos.

Por su parte Alfonso Llanes (2009) propone un algoritmo, a partir de las propuestas presentadas por Torres (1997), Borroto Pentón (2005) y Chistensen (2006), donde son medidas una serie de variables, las cuales van a caracterizar el entorno operacional en que se desempeña el equipamiento estudiado, y en dependencia del valor obtenido por cada una de ellas a lo largo del procedimiento se determina el tipo de mantenimiento a aplicar.

Todos estos procedimientos se han aplicado indistintamente en varios sectores industriales y han demostrado ser certeros en la búsqueda de sus metas, mejorando considerablemente la gestión de la función de mantenimiento en las entidades objetos de estudio.

1.3 Conclusiones parciales

- En la bibliografía consultada se expone un gran número de sistemas de mantenimiento pero la mayoría de los autores referidos consideran evidente que, a nivel empresarial, no se debe optar por uno solo de ellos, sino que deben aplicarse varios en función del contexto operacional en que se desempeñe cada equipo.
- Se hace necesario determinar las variables que caracterizan el contexto operacional del equipamiento en la empresa objeto de estudio para luego decidir qué metodología utilizar en la selección del tipo de mantenimiento.

Capítulo 2: Caracterización de la Empresa Objeto de estudio, del Área de Mantenimiento, de la Línea de Pasta de cebolla y de ajo así como del procedimiento a aplicar.

Las empresas en la actualidad tienen la necesidad de conocer el medio en el que se mueven para así desarrollar sus estrategias en correspondencia con el mismo, pero más importante es aun conocer realmente sus particularidades internas para conjugarlas y poder actuar adecuadamente de forma tal que puedan utilizar a su favor cada detalle o por lo menos estar preparados para cualquier contrariedad que exista.

En el presente epígrafe se realiza una caracterización de la Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus, así como del Área de Mantenimiento de la misma.

2.1 Caracterización de la empresa objeto de estudio, del Área de Mantenimiento y de la Línea de Pasta de cebolla y de ajo.

La Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus, se construye en la carretera del Jíbaro, a orillas del Río Zaza, en el año 1957 para fabricar en Cuba algunos productos Libbys, mediante el pago de un desecho de marca a la empresa norteamericana de esa misma marca, siendo esta la primera en América Latina.

Se decidió su montaje junto a la fábrica de leche condensada a fin de aprovechar las facilidades ya existentes.

Las utilidades anuales de la fábrica eran estimadas entre uno y dos millones de pesos en la elaboración de néctares de pera, manzana, albaricoque, así como jugos; entre otros renglones. La fábrica permaneció en este lugar hasta el día 15 de noviembre de 1971, en que comenzaron las labores de desmantelamiento debido a que esa área sería inundada por las aguas de la presa Zaza. Se comienza el izaje de las columnas de la misma en la carretera a Zaza del Medio a las afueras de la ciudad de Sancti Spíritus, lugar en el que se encuentra en la actualidad. La nueva construcción se realizó en ocho meses y ya para diciembre de 1972 se encontraba en fase de prueba.

En esta nueva ubicación la fábrica se destina fundamentalmente a la producción de compotas de frutas tropicales, y en la cosecha de tomate a fabricar salsa de tomate, formando parte de los establecimientos del Combinado Alimenticio Río Zaza de la Unión Láctea.

Así se mantuvo hasta el año 1999, después de un redimensionamiento empresarial surge como empresa en la que se monta una nueva línea de producción en envases asépticos, para procesar todas las frutas y vegetales de la provincia y las provincias vecinas con gran capacidad y tecnología de punta, manteniéndose la línea de compota con algunas variantes tales como el envase de aluminio. Se monta además un sistema de tachos abiertos para la fabricación de puré, mermeladas, etc., y ya actualmente se propone implementar el Sistema HACCP y entra en perfeccionamiento empresarial. La fábrica cuenta con 291 trabajadores.

La Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus tiene como misión: la producción de puré de frutas para la canasta básica, así como, la elaboración de pastas de tomate y pulpas de frutas para el mercado en divisa. Tiene además la responsabilidad, de la fabricación y reparación de piezas de repuestos para nuestra fábrica y otras instituciones del MINAL en la provincia. Cuenta además con un centro energético que garantiza el suministro de servicios a nuestra fábrica, así como a la Planta Productora La Estancia Todas estas producciones se realizan con un adecuado nivel de calidad, con la utilización racional de los recursos y el esfuerzo mancomunado de los trabajadores y la dirección de la empresa.

La visión de la organización es: Contamos con trabajadores con principios ideológicos de nuestro país y con tendencia al desarrollo del sentido de pertenencia a la organización, se logra una correcta caracterización del personal en correspondencia con la idoneidad exigida para el puesto de trabajo, se dispone de una autogestión financiera y se es económicamente eficiente. Se alcanza otros rendimientos productivos con la utilización de tecnología de punta en todas las áreas de la empresa, principalmente en el área de los purés de frutas, se alcanza un alto nivel de calidad en los productos y los servicios brindados con un

adecuado nivel de MARKETING lo que permite obtener una gestión interna de excelencia, se realiza un aceptable estudio de mercado y se garantiza paulatinamente la construcción, reparación y mantenimiento de los equipos y puestos de trabajos.

La Empresa está compuesta por cinco Unidades Empresariales de Base (UEB): la fábrica de conservas Selecta, en la que se producen derivados en conservas de frutas y vegetales, alimentados por los servicios energéticos; la segunda UEB, el centro Energético, el que ofrece electricidad, vapor, agua tratada, agua suavizada y agua refrigerada a los demás establecimientos, incluyendo a la Planta productora La Estancia.

Estos establecimientos se encuentran asistidos por el taller de maquinado que constituye la tercera UEB, dedicada a la construcción y recuperación de piezas de repuesto para los equipos.

La cuarta UEB, operaciones, garantiza los aseguramientos a la producción y el mantenimiento, controla y administra el transporte y los servicios de comedor y cafetería. La empresa es el quinto establecimiento compuesto por las diferentes direcciones (dirección general, recursos humanos, económica, técnica productiva y mantenimiento)

Todas se encuentran ubicadas dentro del área que ocupa la empresa correspondiente a 120000 m² aproximadamente, así como, cuenta con cinco sistemas de estimulación aplicados de acuerdo a las características y especificidades de cada establecimiento, y posee adecuados programas de capacitación del personal, con especialistas preparados para impartir cursos con gran preparación y experiencia al efecto.

La empresa reconoce la importancia del mantenimiento y su relación con los resultados económicos y de calidad, por lo que en la estructura de la empresa se concibe la dirección de mantenimiento, inversiones y desarrollo, subordinada al director general; al tiempo que establece relación directa con las demás direcciones, especialmente con la técnica y operaciones, con la cual comparte varias responsabilidades, por cuanto permite un desarrollo más eficiente de los

procesos con mínimo costo y rechazo, permitiendo mantener los equipos en operación, produciendo con la calidad especificada.

En la tabla 2.1, que se muestra a continuación, se recopila la estructura del personal de la Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus.

Tabla 2.1 Plantilla de personal de la empresa.

CATEGORÍA	PLANTILLA APROBADA	PLANTILLA CUBIERTA	%
Dirigentes	42	42	14.5
Técnicos	66	66	22.7
Administrativos	1	1	0.3
Servicios	21	21	7.2
Obreros	161	161	55.3
Total	291	291	100

En la tabla 2.2 se aprecia la cantidad de trabajadores por cada nivel de escolaridad y el por ciento que representan del total de la plantilla.

Tabla 2.2 Cantidad de trabajadores por cada nivel de escolaridad

ESCOLARIDAD	CANTIDAD
Universitario	9
Técnicomedio	86
Preuniversitario	98
Novenogrado	79
Sextogrado	19

La Figura 2.1 ilustra gráficamente los por cientos que representa cada nivel de escolaridad con respecto al total.

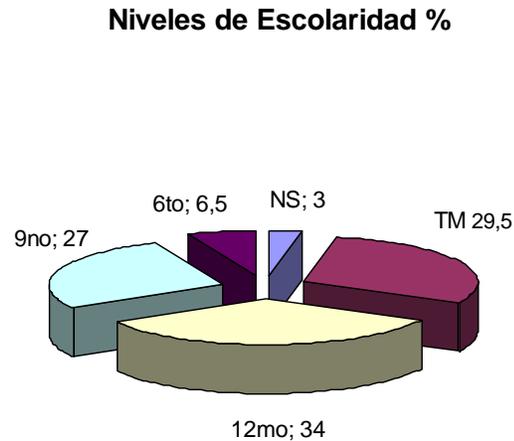


Figura 2.1 Niveles de escolaridad (%)

2.1.1 Caracterización del área de mantenimiento

El área del mantenimiento dentro de la empresa, se encuentra organizada de manera que asegure la disponibilidad máxima planificada de los equipos al menor costo, dentro de los requisitos de seguridad. Garantiza los servicios requeridos para disponer de la energía, agua tratada, vapor, refrigeración, aire, vacío etc., en las cantidades demandadas por la actividad de la empresa. Por cuanto, el departamento de mantenimiento dispone del personal técnico capaz de aplicar las exigencias del sistema, el desarrollo tecnológico, y a su vez garantizar la ejecución de las labores de mantenimiento en cada planta, así como, garantizar el procesamiento de datos estadísticos concernientes al mantenimiento, la supervisión y el control de la actividad.

Su estructura organizativa responde al esquema que aparece reflejado en la figura 2.2. En el mismo se aprecia una subordinación directa del área de mantenimiento al director de la empresa lo que evidencia la importancia que se le da a esta actividad. También esto permite lograr canales de comunicación muy rápidos, para solucionar cualquier dificultad que se presente.

La política del Área de Mantenimiento está encaminada a garantizar el máximo nivel de calidad en los productos con costos de mantenimiento bajos y asegurar el

funcionamiento de los equipos e instalaciones con el máximo de rendimiento y el mínimo de consumo.



Figura 2.2 Esquema organizativo del área de mantenimiento

Además tiene como objetivos: maximizar la disponibilidad de las maquinarias y equipos para la producción, de manera que siempre estén aptos y en condiciones de operación inmediata, lograr con el mínimo costo posible el mayor tiempo de servicio de las instalaciones y maquinarias productivas, preservar el valor de las instalaciones, optimizando su uso y minimizando el deterioro y en consecuencia, su depreciación, disminuir los paros imprevistos de producción ocasionados por fallas inesperadas, tanto en los equipos como en las instalaciones, y lograr la creación de un sistema de mantenimiento preventivo capaz de alcanzar metas en la forma más económica posible.

El departamento de mantenimiento de la fábrica define su misión como: Cumplir a cabalidad (cabalmente) el plan de mantenimiento, con el mínimo de costo en sus operaciones, asegurando un estado técnico del equipamiento óptimo para mantener la continuidad de los procesos industriales, la conservación de la calidad requerida en nuestros productos y la disminución del impacto negativo de nuestra organización sobre el medio ambiente. Para cumplir con la misión dentro de la organización el Departamento de Mantenimiento cuenta con una plantilla aprobada de 13 trabajadores, completamente cubierta (ver tabla 2.3). Cada trabajador labora un turno de ocho horas por día, subordinados al jefe de mantenimiento. Estos obreros son los encargados de cumplir con las tareas de mantenimiento que sean necesarias ejecutar, para garantizar la capacidad operativa del equipamiento productivo de la fábrica, los sistemas de refrigeración y

acondicionadores de aire, las tuberías e instalaciones eléctricas y solucionar los problemas que se presenten, siempre y cuando estos se puedan resolver en relación con la calificación de la brigada, además, se encargan de la limpieza y cuidado de las áreas verdes y la pintura de todas las instalaciones.

Tabla 2.3 Plantilla del personal del área de mantenimiento

ESPECIALIDAD O CARGO	CANTIDAD
Jefe de mantenimiento	1
Jefe de Brigada	1
Mecánico "A"	4
Mecánico "B"	2
Mecánico "C"	2
Electricista "A"	2
Electricista "C"	1

Al realizar un análisis del desempeño del sistema de mantenimiento se observó que en la empresa no se está logrando la función de mantenimiento a plenitud, ya que con sus actividades de planificación y control no se garantiza fiablemente el funcionamiento regular de las instalaciones productivas para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de la función deseada. Además se pudo constatar un grupo de deficiencias tales como:

- No se tiene en cuenta en la planificación el tiempo de gestión de las piezas de repuesto, lo que repercute en la realización deficiente del mantenimiento programado.
- No se consideran ni los costos asociados a la actividad de mantenimiento, ni los incurridos por la elevada estadía de las máquinas debido a la ineficiencia del mismo a la hora de su planificación.
- No se consideran los criterios del personal de mantenimiento de línea para la confección de los planes de mantenimientos.
- No existen métodos para la evaluación del estado de funcionamiento de los equipos.

- No existe un sistema que permita evaluar, como ha sido la calidad del mantenimiento realizado a los equipos, ni tampoco cuál es el estado de estos con relación a como se encontraban anteriormente, pues la única forma de comprobación la efectividad del mantenimiento realizado es observando el funcionamiento una vez concluida esta tarea. Si no se percibe ningún problema en ese momento, entonces se considera que está listo el mismo para entrar en el proceso nuevamente.

Todo ello trae consigo que en la entidad se presentan problemas al compilarse el número de paradas de los equipos, el inventario de las piezas críticas, pérdidas monetarias por producciones en espera o retrasadas debido a la permanencia de los equipos fuera de servicio por falta de pieza de repuesto y la cantidad de equipos que detienen su producción.

2.1.2 Caracterización de la Línea de Pasta de cebolla y de ajo.

En el año 2010 se monta en la entidad una nueva línea de producción (Línea de Pasta de cebolla y de ajo), para procesar toda la cebolla fresca y el ajo de la región, con el objetivo de distribuir la materia prima procesada a las empresas cárnicas y a las demás fábricas de conservas del país, para contribuir de esta manera a la sustitución de importaciones.

Una parte de su equipamiento tecnológico es de fabricación cubana y la otra de procedencia extranjera. La línea trabaja dos turnos por día y cuenta con una plantilla aprobada de 24 trabajadores completamente cubierta (ver tabla 2.4). Cada trabajador labora un turno de ocho horas diarias. Por ser una línea nueva se ve sujeta a cambios ocasionales del equipamiento para mejorar la calidad y la eficiencia en la producción.

Los trabajadores de esta línea representan el 8.25% de la plantilla total de la empresa. El nivel de escolaridad de los trabajadores de la línea se muestra en la tabla 2.5.

En los anexos 2 y 3 se muestran los diagramas de flujo de producción respectivamente.

Tabla 2.4 Plantilla del personal de la línea de cebolla y de ajo

CATEGORÍA	PLANTILLA	PLANTILLA	%
Jefe de Brigada	2	2	8
Técnicos	4	4	17
Servicios	4	4	17
Obreros	14	14	58
Total	24	24	100

Tabla 2.5 Niveles de escolaridad de los trabajadores de la línea

NIVEL DE ESCOLARIDAD	CANTIDAD
Técnico Medio	4
Preuniversitario	4
Noveno Grado	16

En la tabla 2.6 se puede apreciar el levantamiento realizado al equipamiento productivo de la Línea de Pasta de cebolla y de ajo.

En la Tabla 2.7 se muestra el comportamiento de la disponibilidad (en por ciento) del equipamiento de la línea en los años 2012 y 2013. En la misma se pueden apreciar niveles de disponibilidad bajos, medios y altos, lo que demuestra que la línea posee variaciones en sus ciclos productivos.

Tabla 2.6 Levantamiento del equipo productivo

NOMBRE DEL EQUIPO	AÑO DEL EQUIPO			ESTADO TÉCNICO
	Fabricación	Instalación	Procedencia	
Mesa de Selección	2010	2010	Cuba	R
Peladoraabrasiva	2010	2010	Cuba	R
Transportador de producto	2010	2010	Cuba	R
Molino triturador de cebolla	2010	2010	Cuba	R
Molino trituradorrepassador	2010	2010	Cuba	R
Molino trituradorrefinador	2010	2010	Cuba	R
Bomba de diafragma	2010	2010	U.S.A	R
Tachoabierto	2010	2010	Yugoslavia	R

Tabla 2.7. Disponibilidad de los equipos de la Línea de Pasta de cebolla y ajo año 2012

MESES	HORAS TRABAJADAS		HORAS PERDIDAS		DISPONIBILIDAD (%)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Enero	504	360	25.55	13.65	94.9	96.2
Febrero	552	352	65.3	40.15	88.2	88.6
Marzo	232	352	12.75	53.00	94.5	84.9
Abril	264	128	13.15	17.20	95	86.56
Mayo	-	-	-	-	-	-
Junio	87	-	9	-	89.6	-
Julio	-	88	-	15	-	82.95
Agosto	136	92	22	12	83.8	86.96
Septiembre	180	108	80	21	55	80.00
Octubre	95	-	9.15	-	84.2	-
Noviembre	240	-	37.50	-	84.30	-
Diciembre	256	-	71.05	-	72.2	-
Total	2546	1476	345.45	172	86.43	88.35

2.2 Características del procedimiento general para la toma de decisiones vinculada a la selección del tipo de mantenimiento

En este epígrafe se dio cumplimiento a la tarea de seleccionar un procedimiento que le permita a la empresa, sobre la base del análisis de la situación actual que presenta el equipamiento productivo, decidir la política de mantenimiento más adecuada para cada equipo en función de su contexto operacional.

Luego de la revisión bibliográfica y de la consulta a expertos de la entidad objeto de estudio se decidió que la metodología presentada por Alfonso Llanes (2009), desarrollada sobre la base de las exhibidas por Torres (1997), Borroto Pentón (2005) y Chistensen (2006), es adecuada para su aplicación a la línea productiva

en cuestión. Para llegar a esta decisión se analizó que el procedimiento se adecua a las condiciones de la organización, además este ya ha sido aplicado en otra planta de la industria obteniéndose resultados satisfactorios.

Los pasos a seguir en este procedimiento son los siguientes:

1. Clasificación del equipamiento.
2. Clasificación de los fallos.
3. Propuesta de variantes de mantenimiento.

Paso 1. Clasificación del equipamiento

Evaluadas todas las variantes de clasificación expuestas en la literatura especializada que aborda el tema (ver tabla 1.2) se decidió asumir la codificación en tres clases, denominadas: Clase “A”, Clase “B” y Clase “C”; criticidad alta, mediana y baja, respectivamente.

Para alcanzar la clasificación de cada equipo en las categorías de criticidad enunciadas anteriormente, se propone utilizar un algoritmo que logra este objetivo en dependencia del valor de cada una de las variables contenidas en el mismo (ver figura 2.3), las cuales van a caracterizar el entorno operacional en que se desempeña el equipamiento. La selección de las variables de decisión contenidas en el algoritmo a utilizar se ha realizado a partir de analizar las similitudes y coincidencias de las propuestas presentadas en el anexo 4.

A continuación se definen las variables consideradas en el algoritmo de decisión, así como los posibles efectos (niveles) que, ante un fallo del equipamiento, se pueden presentar en cada una de ellas.

Seguridad: capacidad del fallo de ocasionar daño a las personas que se encuentran en la zona donde opera el equipo o en general al medio ambiente.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca efectos graves sobre los operarios y/o sobre el medio ambiente.

Nivel 2: el fallo del equipo trae consigo riesgos para los operarios y/o para el medio ambiente.

Nivel 3: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente.

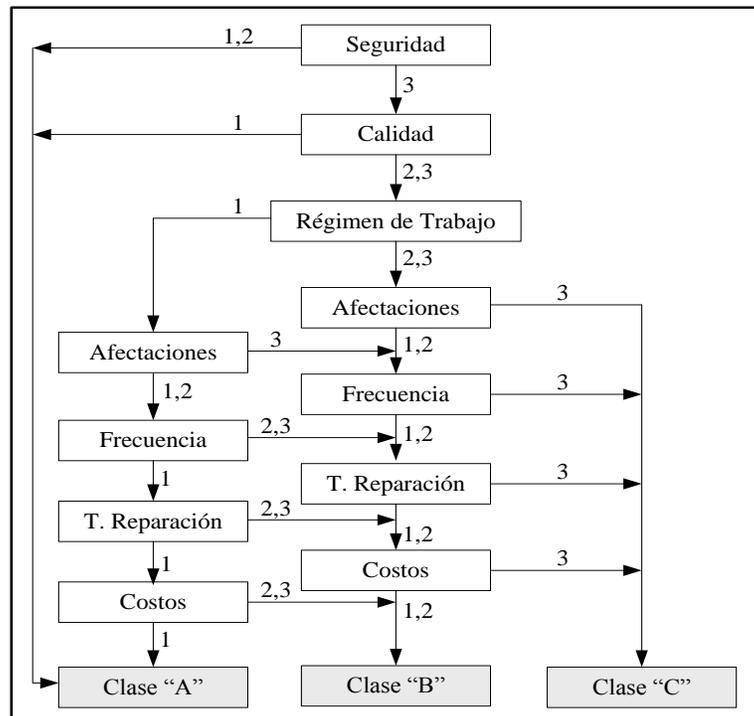


Figura 2.3 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipamiento. Fuente: Alfonso Llanes (2009).

En la tabla 2.8 se muestran las características a considerar en los niveles 1 y 2 sobre los efectos que provoca el fallo del equipo en el medio ambiente y en los operarios.

Tabla 2.8 Características de los niveles de la variable seguridad

	MEDIO AMBIENTE	OPERARIOS
Efectos graves	<ul style="list-style-type: none"> - El fallo provoca afectaciones al medio ambiente que, además, pueden ocasionar enfermedades a los operarios que laboran en el área. - El fallo ocasiona una contaminación fuera de las especificaciones permisibles. 	<ul style="list-style-type: none"> - El fallo causa la muerte del operario. - El fallo inhabilita totalmente al operario para seguir laborando.
Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> - Las consecuencias del fallo provocan alguna contaminación medioambiental pero dentro de los límites permisibles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las consecuencias del fallo pueden causar algunos de los riesgos definidos en la empresa sin llegar a causar efectos graves en el operario.

Calidad: nivel de afectación a la calidad del producto que conlleva el fallo del equipo.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento.

Nivel 2: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado.

Nivel 3: el fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto.

Régimen de trabajo: cantidad de tiempo que opera el equipo en la jornada de trabajo.

Para llevar a cabo la clasificación de esta variable se propone emplear el criterio “tasa de utilización (tu)”, el cual puede agravar o reducir la incidencia del fallo sobre la misma.

Nivel 1: el equipo es utilizado intensivamente ($t_u \geq \bar{t}_u$)

Nivel 2: el equipo es utilizado medianamente ($\bar{t}_u/2 \leq t_u < \bar{t}_u$)

Nivel 3: el equipo es de uso ocasional o de baja utilización ($t_u < \bar{t}_u/2$)

Afectaciones: se asocia al efecto del fallo del equipo en el proceso y su capacidad de interrumpirlo de forma total o parcial.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio.

Esta situación se puede ocasionar cuando se presenta alguna de las situaciones siguientes:

- El fallo del equipo inhabilita al equipo o a la instalación.
- El fallo se presenta en el equipo limitante de la planta o en un equipo de una línea de producción continua.
- El equipo que falla es redundante y existe la probabilidad de un fallo múltiple. La probabilidad de que se produzca un fallo múltiple durante un período dado está regida por la situación donde falla el equipo de reserva (B) mientras el equipo base (A) aún se encuentra averiado, o sea, el Tiempo Medio Para Reparación del equipo base (A) es mayor que el Tiempo Medio Entre Fallos del equipo de reserva (B) [$TMPR_A > TMEF_B$]. En los casos donde exista más de un equipo de reserva se realizaría este análisis a través del tratamiento que se le

da a las configuraciones stand by con múltiples máquinas (Baraza Calvo, 2003).

Nivel 2: el fallo del equipo provoca la interrupción de un sistema o unidad importante.

Nivel 3: el fallo del equipo no afecta la producción/servicio.

Esta situación se puede ocasionar cuando ocurre alguna de las situaciones siguientes:

- El fallo se presenta en un equipo auxiliar o en un equipo cuyo nivel de utilización es medio o bajo (posee capacidad suficiente para restablecer el fallo sin afectar el resultado final de la producción/servicio).
- El fallo se presenta en un equipo redundante y su falla no afecta el proceso de producción/servicio. Esta situación se presenta cuando el Tiempo Medio Para Reparación del equipo base (A) es menor que el Tiempo Medio Entre Fallos del equipo de reserva (B) [$TMPR_A < TMEF_B$], o sea, el equipo de reserva asume la producción mientras al equipo base se le restablecen sus condiciones de funcionamiento. En los casos donde exista más de un equipo de reserva se realizaría este análisis a través del tratamiento que se le da a las configuraciones stand by con múltiples máquinas (Baraza Calvo, 2003).

Frecuencia de fallos: cantidad de fallos de cualquier componente del sistema por período de utilización (fallos/unidad de tiempo).

Para la evaluación de esta variable se utilizará el indicador “tasa de fallos (λ)”, la cual está dada por el número de fallos que se generan en un determinado período (se recomienda utilizar el período de un año).

Nivel 1: muchas paradas ocasionadas por los fallos ($\lambda > \bar{\lambda}$).

Nivel 2: paradas ocasionales ($\bar{\lambda}/2 \leq \lambda \leq \bar{\lambda}$).

Nivel 3: paradas poco frecuentes ($\lambda < \bar{\lambda}/2$).

Tiempo de reparación: tiempo necesario para reparar el fallo.

Nivel 1: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado ($TMPR > \overline{TMPR}$)

Nivel 2: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado
($\overline{TMPR}/2 \leq TMPR \leq \overline{TMPR}$)

Nivel 3: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño
($TMPR < \overline{TMPR}/2$)

Costo de reparación: costo asociado a la reposición del estado de funcionamiento del elemento que ha fallado (costo del fallo)

Nivel 1: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado ($Cr > \overline{C}_r$)

Nivel 2: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado
($\overline{C}_r/2 \leq Cr \leq \overline{C}_r$)

Nivel 3: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño
($Cr < \overline{C}_r/2$).

Como se ha podido observar en las variables régimen de trabajo, tiempo de reparación y costo de reparación se ha utilizado la estimación de la media en la caracterización de cada uno de sus niveles, sin embargo, esta medida puede verse afectada por la presencia de valores extremos en el conjunto de datos analizados. Para el tratamiento (detección) de este tipo de valores se propone emplear el Criterio Variacional de Dixon (Dixon y Massey, 1976). En el caso de que un determinado valor "X" sea catalogado como extremo, entonces no se consideraría en el cálculo de la media aunque sí se tendría en cuenta a la hora de determinar el nivel que en el equipo que se esté analizando alcanzaría dicha variable.

La evaluación de cada variable precisa que la empresa disponga de un sistema de estadística de fallos fiable, lo cual permitirá realizar cálculos "exactos y absolutos"; sin embargo, desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una data histórica de excelente calidad, el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál sería la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar.

Paso 2. Clasificación de los fallos

Para la clasificación de los fallos es acertado basarse en la periodicidad y facilidad de detección del fallo, siendo definidos como sigue:

- Periódicos de Fácil Detección (PFD)
- Periódicos de Díficil Detección (PDD)
- Aleatorios Poco Frecuentes (APF)
- Aleatorios Muy Frecuentes (AMF)

Para la terminación de clasificación de cada tipo de fallo que ocurre en la entidad se deben utilizar los criterios de los especialistas y técnicos propios de esta, se podrían aplicar técnicas como: tormentas de ideas, encuestas, entrevistas, cuestionarios, entre otras.

Paso 3. Propuesta de variantes de mantenimiento

Una vez clasificados los equipos y los fallos, corresponde definir las variantes de mantenimiento más convenientes para cada equipo analizado. Teniendo en cuenta las características propias de cada tipo de mantenimiento (ventajas, desventajas y condiciones de aplicación) el grupo de expertos definió las políticas de mantenimiento a utilizar en la empresa, así como su orden de prioridad, en dependencia de la estrategia trazada para cada nivel de criticidad y del tipo de fallo que presentan (este último se analizará de acuerdo al comportamiento histórico del equipo). En la tabla 2.9 se presentan, por orden de prioridad, las políticas de mantenimiento definidas para cada situación específica.

Tabla 2.9 Variantes de mantenimiento a utilizar según el tipo de fallo y el nivel de criticidad del equipo analizado

CLASE	PERIÓDICO DE FÁCIL DETECCIÓN	PERIÓDICO DE DIFÍCIL DETECCIÓN	ALEATORIO POCO FRECUENTE	ALEATORIO MUY FRECUENTE
“A”	1, 2, 4	2, 1, 4	1, 4	1, 4
“B”	1, 2, 3, 4	2, 4, 3	3, 4	4, 3
“C”	2, 3	2, 3	3	3

Fuente: Alfonso Llanes (2009).

Para los cuales:

1. Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición.
2. Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.
3. Mantenimiento Contra Avería.
4. Mantenimiento de Mejora.

La decisión de qué subsistema de mantenimiento emplear en la empresa para cada equipo deberá tener en cuenta el cumplimiento de ciertas condiciones que así lo permitan. Por ejemplo un equipo clase "A" con fallo Periódico de Fácil Detección, con averías cuyos síntomas son medibles y existen instrumentos para realizar dicha medición se asistirá con un Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, sin embargo de no existir estas condiciones deberá aplicársele un Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.

Para las consideraciones del procedimiento los expertos coinciden con Borroto Pentón (2005) en las prioridades de las políticas de mantenimiento a desarrollar ante cada uno de los fallos clasificados en el procedimiento, aunque se señala que en el caso de los equipos clasificados como de clase "A", bajo ninguna circunstancia se debe emplear el mantenimiento correctivo.

Considérese, además, que:

- Si el fallo es Periódico y de Fácil Detección es recomendable aplicar la variante de mantenimiento en el siguiente orden: Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento de Mejora, en caso de el equipo sea categoría "C" lo más provechoso en primer orden, sería trabajar contra avería y Preventivo a Intervalos Constantes reduciendo la utilización de los recursos.
- Si el fallo es Periódico y de Difícil Detección, lo más conveniente es Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes y Mantenimiento de Mejora y Mantenimiento Correctivo en ese orden. En el caso de que sea un equipo clase "B" se recomienda el Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, Mantenimiento de Mejora y Mantenimiento Correctivo y en el caso de la clase "C" su secuencia sería

Mantenimiento Contra Avería, Mantenimiento de Mejora y Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.

- Dado que no se recomienda como estrategia factible el Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición debido al alto costo de detección del fallo, una estrategia a tener en cuenta, además de la del Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, puede ser el Mantenimiento de Mejora con el objetivo de hacer cambios en el diseño del equipo que lo lleven a fallos periódicos o poco frecuentes.
- En el equipo donde el fallo es Aleatorio Poco Frecuente se recomienda aplicar las políticas de mantenimiento en el siguiente orden: Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento de Mejora (para este último el gasto es muy elevado y sólo es recomendable en el caso donde es necesario una alta disponibilidad), en los casos clasificados como clase “C” se aplicaría el Mantenimiento Correctivo.
- Cuando el fallo es Aleatorio Muy Frecuente conviene aplicar el Mantenimiento Preventivo con Base, en la Condición, Mantenimiento de Mejora y Mantenimiento Correctivo en ese orden, cuando el equipo es clase “B” se aplica el Mantenimiento de Mejora en primer orden. En el caso de que sea un equipo clase “C”, se recomienda emplear el Mantenimiento Contra Avería como única opción.

2.3 Conclusiones parciales

- El procedimiento general para la definición del de tipo de mantenimiento a aplicar en cada equipo permite llevar a cabo los procesos complejos que incluye de forma relativamente sencilla (parsimonia), destacando el carácter práctico del mismo.
- El desarrollo del procedimiento general propuesto precisa la disponibilidad de un sistema informativo confiable, oportuno y actualizado sistemáticamente que garantice la información necesaria en los diferentes pasos del proceso decisión; de forma tal que se garantice la agilidad, rapidez y efectividad en las decisiones.

Capítulo 3: Aplicación práctica del procedimiento propuesto en la entidad objeto de estudio

Una vez caracterizada la Empresa Conserva y Vegetales de Sancti Spíritus, su área de mantenimiento; así como la Línea de pasta de cebolla y de ajo, perteneciente a dicha entidad, se comprobó que era posible la aplicación del procedimiento para la determinación de la política de mantenimiento a seguir en esta línea productiva (dicho procedimiento fue descrito en el capítulo anterior).

3.1 Aplicación de la metodología para la selección del tipo de mantenimiento

En el presente epígrafe, se realiza la aplicación práctica del procedimiento para la selección del tipo de mantenimiento a aplicar propuesto. El mismo presupone dos etapas bien definidas: la clasificación de los fallos que se presentan en el equipamiento estudiado y la determinación de la criticidad de este equipamiento dentro del proceso (Clase A, B y C).

Un elemento necesario para garantizar la aplicación eficaz de las etapas del procedimiento lo constituye la conformación del grupo de expertos encargado de ello. Al emplear el proceso de selección propuesto por Hurtado de Mendoza Fernández (2003) se tuvo en cuenta, fundamentalmente, que los expertos tuvieran conocimientos y experiencia sobre el tema a tratar, de manera que garantizaran resultados consecuentes con el objetivo perseguido.

Para seleccionar los expertos se estableció una lista de 11 candidatos, conformada por personal del Consejo de Dirección de la empresa, el Departamento de Producción, el Departamento de Recursos Humanos (RRHH) y el Área de Mantenimiento, a los cuales se les aplicó el procedimiento antes mencionado para su selección final. En la tabla 3.1 se muestran los expertos finalmente seleccionados.

Para desarrollar el fase correspondiente a la clasificación de los fallos en cada uno de los equipos estudiados se le presenta a los expertos la información disponible correspondiente al comportamiento histórico del equipamiento en cuanto al nivel de interrupciones ocasionadas por el mantenimiento (acciones correctivas), dígase, modo de fallos, frecuencia de los mismos y grado de acceso a las piezas

afectadas en la rotura. Con esta información los expertos poseen argumentos para realizar la clasificación de los fallos ocurridos en cada equipo.

Tabla 3.1 Relación de los expertos seleccionados

NO.	ESPECIALIDAD O CARGO	AÑOS DE EXPERIENCIA
1	Jefe del departamento de producción	16
2	Especialista en control y calidad	8
3	Jefe de mantenimiento	20
4	Jefe de brigada	10
5	Mecánico A	45
6	Mecánico A	20
7	Mecánico A	14
8	Electricista A	22

Es necesario precisar que para efectuar la clasificación de los fallos en “fácil o difícil detección” se llegó a determinación que se tomaría la decisión a partir de aquellos fallos que mayores afectaciones producían al equipo (afectación a la seguridad, estadía y daños colaterales). En el caso de la clasificación en “fallos poco y muy frecuentes” se realiza en dependencia de la cantidad de veces que se presenta este tipo de fallos en el período de tiempo analizado.

A continuación se presenta la aplicación del procedimiento presentado en el capítulo anterior para varios equipos representantes de las líneas productivas de la empresa.

3.2 Clasificación del equipamiento

A continuación se procede a la realización de la clasificación del equipamiento productivo de la línea objeto de estudio, lo que constituye el primer paso del procedimiento seleccionado.

3.2.1 Clasificación de la mesa de selección

Clasificación del fallo

El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: periódico de difícil detección.

Criticidad del equipo

Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Figura 3.1).

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: el fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto (nivel 3).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, $16=16$ (nivel 1)

Afectaciones: el fallo del equipo no afecta la producción/servicio (nivel 3)

Frecuencia: muchas paradas ocasionadas por los fallos, $28>9.75$ (nivel 1)

Tiempo de reparaciones: muchas paradas ocasionadas por los fallos, $2.001\leq 2.143\leq 4.003$ (nivel 2).

Costo de reparación: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado, $180.59>78.05$ (nivel 1)

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "B"

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento preventivo a intervalos constantes.
2. Mantenimiento de mejora.
3. Mantenimiento contra avería.

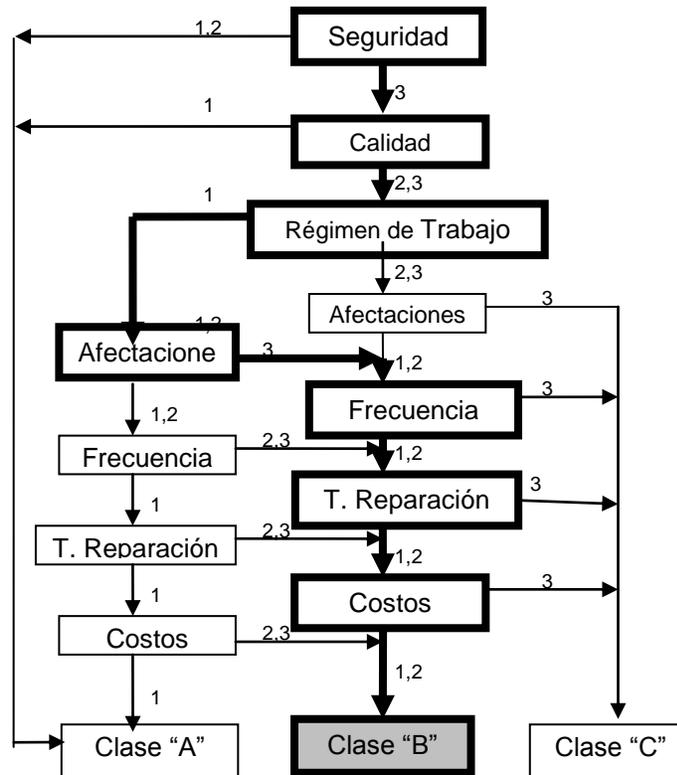


Fig. 3.1 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo “Mesa de Selección”

3.2.2 Clasificación de la peladora abrasiva

Clasificación del fallo

El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: aleatorio poco frecuente.

Criticidad del equipo

Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Figura 3.2).

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado (nivel 2).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, 16=16 (nivel 1)

Afectaciones: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio (nivel 1).

Frecuencia: muchas paradas ocasionadas por los fallos, $14 > 9.75$ (nivel 1)

Tiempo de reparación: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($1.257 < 2.001$) (nivel 3).

Costo de reparación: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado ($39.025 \leq 53.29 \leq 78.05$) (nivel 2).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase “B”

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento Contra Avería.
2. Mantenimiento de Mejora

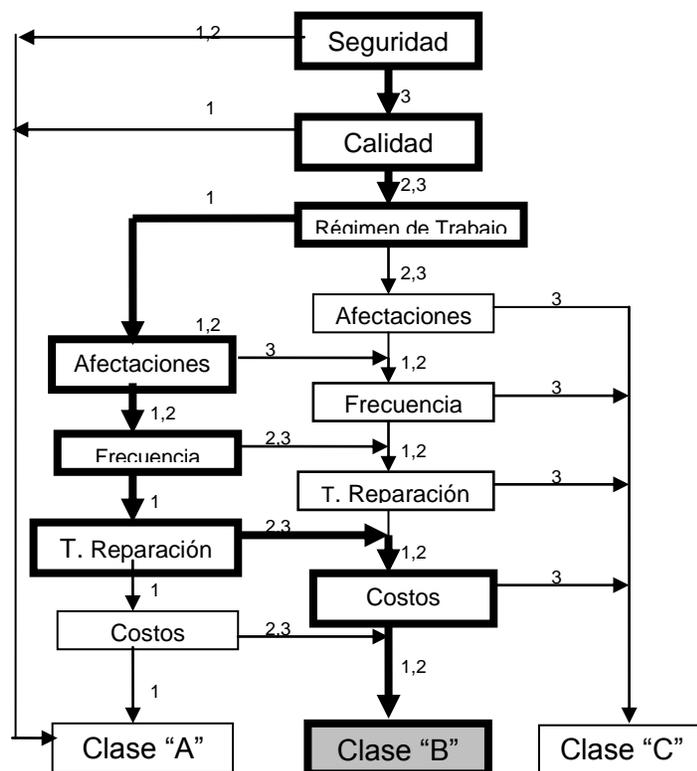


Figura 3.2 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo “Peladora Abrasiva”.

3.2.3 Clasificación del transportador de producto (sin fin).

Clasificación del fallo

El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: periódico de difícil detección.

Criticidad del equipo

Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Figura 3.3).

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: el fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto (nivel 3).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, $16=16$ (nivel 1)

Afectaciones: el fallo del equipo no afecta la producción/servicio (nivel 3)

Frecuencia: paradas ocasionales ($4.875 \leq 7 \leq 9.75$) (nivel 2).

Tiempo de reparación: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($0.467 < 2.001$) (nivel 3)

Costo de reparación: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($9.90 < 39.025$) (nivel 3).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "C"

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. mantenimiento preventivo a intervalos constantes
2. mantenimiento contra avería.

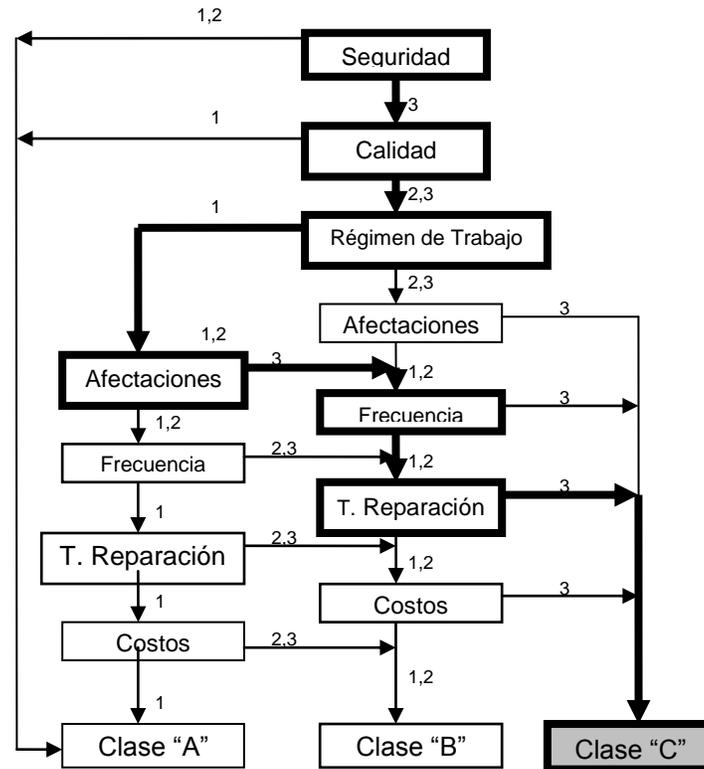


Figura 3.3 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo “Transportador de Producto (sin fin)”.

3.2.4 Clasificación del molino triturador de cebolla.

Clasificación del fallo

El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: periódico de fácil detección.

Criticidad del equipo

Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Figura 3.4).

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado (nivel 2).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, 16=16 (nivel 1)

Afectaciones: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio (nivel 1).

Frecuencia: muchas paradas ocasionadas por los fallos, $11 > 9.75$ (nivel 1)

Tiempo de reparación: muchas paradas ocasionadas por los fallos, $2.001 \leq 2.095 \leq 4.003$ (nivel 2).

Costo de reparación: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado ($39.025 \leq 69.78 \leq 78.05$) (nivel 2).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "B"

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición.
2. Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.
3. Mantenimiento Contra Averías.
4. Mantenimiento de Mejora.

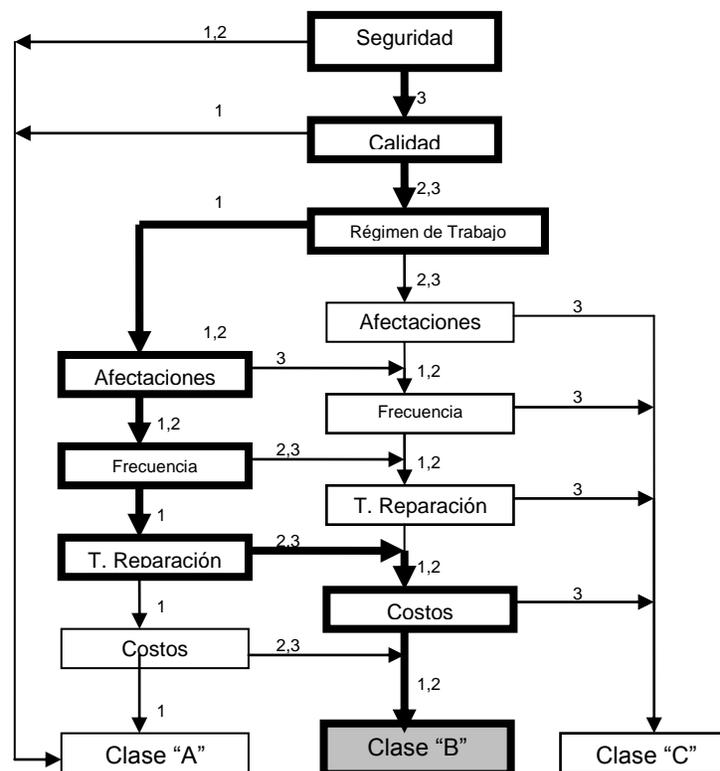


Figura 3.4 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo "Molino Triturador de Cebolla".

3.2.5 Clasificación del molino triturador repasador.

Clasificación del fallo

El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: periódico de fácil detección.

Criticidad del equipo

Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Figura 3.5).

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado (nivel 2).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, $16=16$ (nivel 1)

Afectaciones: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio (nivel 1).

Frecuencia: paradas ocasionales ($4.875 \leq 8 \leq 9.75$) (nivel 2).

Tiempo de reparación: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado ($4.444 > 4.003$) (nivel1).

Costo de reparación: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado, $107.65 > 78.05$ (nivel 1)

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "B"

El Subsistema de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad es el siguiente:

1. Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición.
2. Mantenimiento preventivo a intervalos constantes.
3. Mantenimiento contra avería.
4. Mantenimiento de mejora.

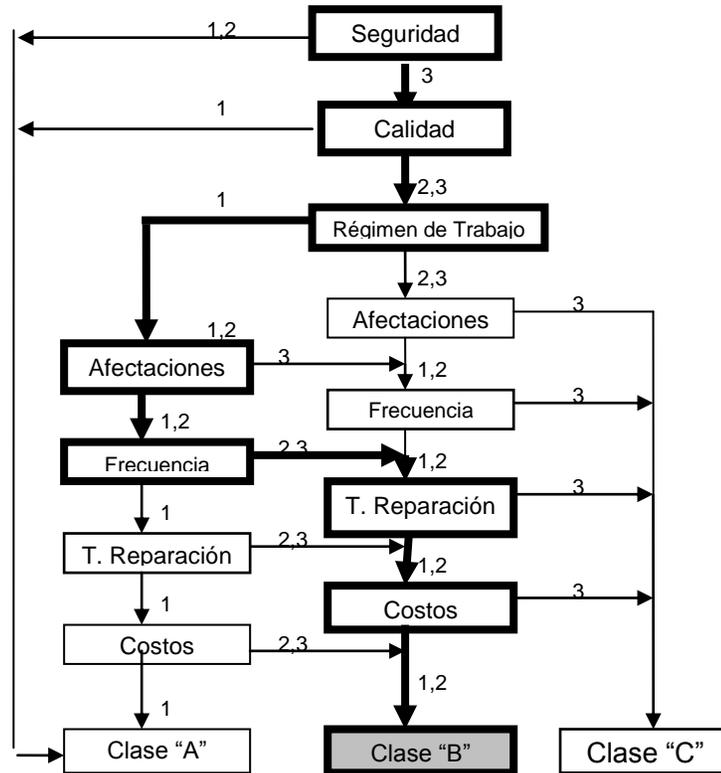


Figura 3.5 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo “Molino Triturador Repasador”.

3.2.6 Clasificación del molino triturador refinador.

Clasificación del fallo

El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: periódico de fácil detección.

Criticidad del equipo

Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Figura 3.6).

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado (nivel 2).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, $16=16$ (nivel 1)

Afectaciones: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio (nivel 1).

Frecuencia: paradas poco frecuentes ($4 < 4.865$) (nivel 3).

Tiempo de reparación: muchas paradas ocasionadas por los fallos, $2.001 \leq 2.25 \leq 4.003$ (nivel 2).

Costo de reparación: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($27.25 < 39.025$) (nivel 3).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "C"

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.
2. Mantenimiento Contra Averías.

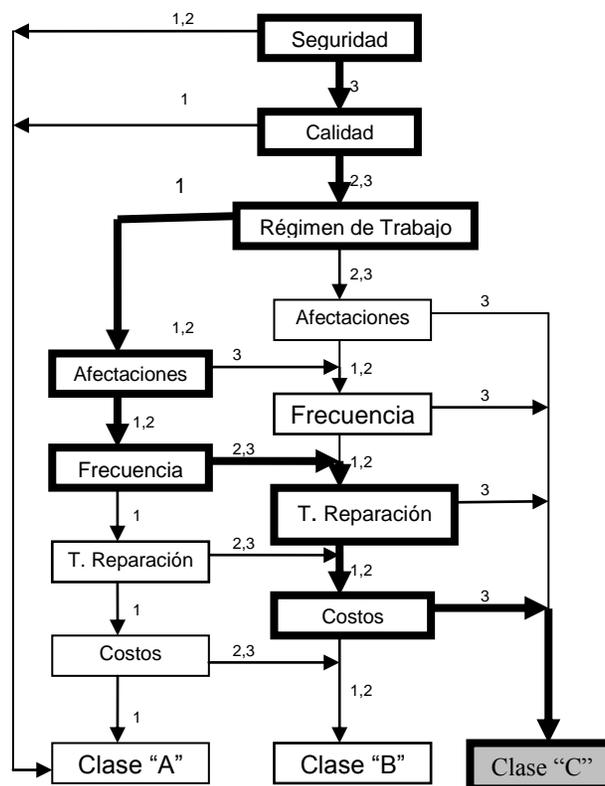


Figura 3.6 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo "Molino Triturador Refinador".

3.2.7 Clasificación de la bomba de diafragma del tanque receptor.

Clasificación del fallo

El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: periódico de fácil detección.

Criticidad del equipo

Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Figura 3.7).

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: el fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto (nivel 3).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, $16=16$ (nivel 1)

Afectaciones: el fallo del equipo no afecta la producción/servicio (nivel 3)

Frecuencia: paradas poco frecuentes ($3 < 4.865$) (nivel 3).

Tiempo de reparación: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($1.1 < 2.001$) (nivel 3)

Costo de reparación: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($9.99 < 39.025$) (nivel 3).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "C"

El Subsistema de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad es el siguiente:

1. Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.
2. Mantenimiento contra avería.

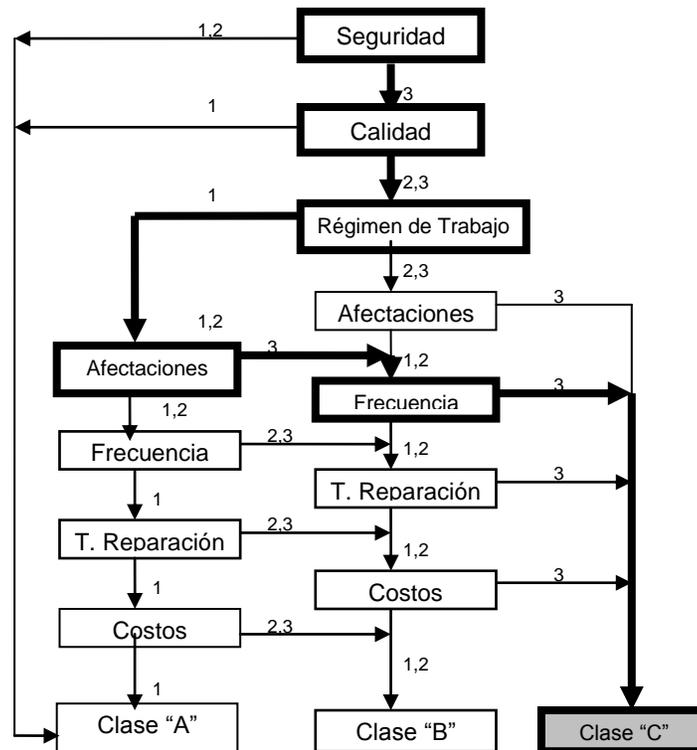


Figura 3.7 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo “Bomba del Diafragma del Tanque Receptor”.

3.2.8 Clasificación del tacho abierto

Clasificación del fallo

El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: periódico de difícil detección.

Criticidad del equipo

Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Figura 3.8).

Seguridad: el fallo del equipo trae consigo riesgos para los operarios y/o para el medio ambiente (nivel 2).

Calidad: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado (nivel 2).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, 16=16 (nivel 1)

Afectaciones: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio (nivel 1).

Frecuencia: paradas poco frecuentes ($3 < 4.865$) (nivel 3).

Tiempo de reparación: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado ($18.27 > 4.003$) (nivel1).

Costo de reparación: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado, $165.96 > 78.05$ (nivel 1)

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase “A”

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.
2. Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición
3. Mantenimiento de Mejora

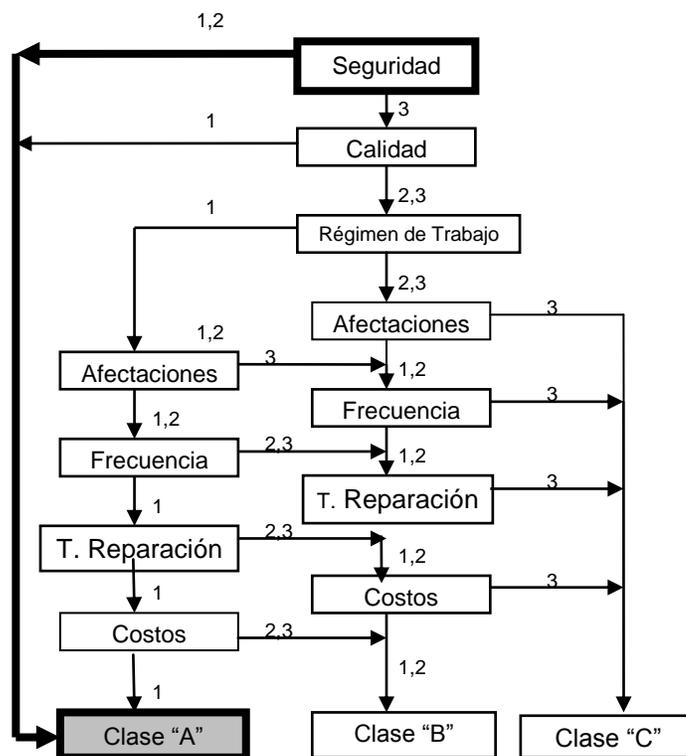


Figura 3.8 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo “Tacho Abierto”.

De esta manera se le da cumplimiento a la tarea de definir la política de mantenimiento a llevar a cabo en la “Línea de pasta de cebolla y de ajo”, precisando el tipo de mantenimiento a seguir en cada uno de los equipos productivos de esta. En el anexo 5 se muestra una tabla resumen de los resultados alcanzados, la cual puede servir de mucha utilidad para la consulta de información, así como para el seguimiento a futuros cambios en el entorno operacional.

3.3 Conclusiones parciales

- Con la aplicación del procedimiento seleccionado a quedado definida correctamente la política de mantenimiento para la el equipamiento productivo de la “Línea de pasta de cebolla y de ajo” de la Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus.

Conclusiones

Conclusiones Generales

- La revisión bibliográfica realizada evidenció la importancia que tiene para las empresas modernas la realización de una correcta gestión del mantenimiento, así como así como la variedad de procedimientos existentes para la selección de la política de mantenimiento a seguir en ellas.
- El procedimiento general seleccionado (Alfonso Llanes, 2009) como soporte del proceso de determinación de la política de mantenimiento se considera adecuado y de fácil aplicación para dar solución al problema científico planteado.
- La aplicación del procedimiento general, permitió definir adecuadamente la política de mantenimiento a seguir en la línea productiva objeto de estudio, lo cual permite confirmar la veracidad de la hipótesis general de investigación planteada.

Recomendaciones

Recomendaciones

Con el fin de motivar la realización de futuros trabajos, que enriquezcan el resultado de la presente investigación, se plantean las recomendaciones siguientes.

1. Implementar un sistema adecuado de recopilación de la información relativa al historial de los fallos de los equipos y costo de las reparaciones que potencie la eficacia del proceso de toma de decisiones.
2. Extender la aplicación del procedimiento para la selección de la política de mantenimiento a otras empresas del país, realizando las adecuaciones necesarias en cada caso.
3. Capacitar al personal que se ocupará de la implementación y seguimiento de la propuesta, según su grado de implicación, de forma tal que se garanticen los resultados esperados y puedan incrementarse.
4. Incorporar los conocimientos, resultados y experiencias de esta investigación a la enseñanza de pregrado y posgrado, de forma tal que los actuales y futuros profesionales se apropien de los fundamentos de este enfoque en su quehacer profesional, a la vez que pueda servir de base para otras investigaciones que se decidan realizar en este campo.

Bibliografía

Bibliografía

1. Aguilera Martínez, A. F. (2001) “Perfeccionamiento de la planificación de recursos humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). Una aplicación en la Industria Textil Cubana”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de las Villas (UCLV). Santa Clara. Cuba.
2. Alfonso Llanes, A. (2009) “Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Cuba.
3. Alfonso Llanes, A. et al., (2003) “Integración Mantenimiento (RCM) – Gestión de la Producción. Su influencia en el mejoramiento de la Confiabilidad Operacional de la empresa”.
http://www.confiabledad.net/art_05/RCM/rcm_11.pdf. Última consulta: 10.3.2014
4. Alfonso Llanes, A. et al., (2008a) “Propuesta de procedimiento para la realización del análisis de criticidad del equipamiento productivo en la empresa.”. Informe de Investigación Terminada. Fondos de la biblioteca “Chiqui Gómez Lubián”, código 658. 27/Alf/P. UCLV, Santa Clara, Cuba.
5. Alfonso Llanes, A. et al., (2008b) “Caracterización de la función de mantenimiento de las empresas productivas del MINAL en Villa Clara”. Informe de Investigación Terminada. Fondos de la biblioteca “Chiqui Gómez Lubián”, código 658.202/Alf/C. UCLV, Santa Clara, Cuba.
6. Alfonso Llanes, A. et al., (2008c) “Propuesta de procedimiento para la selección de proveedores de actividades de mantenimiento del equipamiento productivo de los centrales azucareros.” Revista Centro Azúcar No. 1, Año 35, Enero-Marzo 2008, pp 51-56.
7. Alkaim, J. L. (2003) “Metodología para incorporar crecimiento intensivo en las Áreas de Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad aplicada en activos de sistemas eléctricos”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en

- Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
8. Al-najjar, H. (2007) "Maintenance impact on company's profitability and competitiveness – Applied at Kongabruk plant in Småland". Tesis en opción al grado académico de Master en Diseño Tecnológico. Universidad de Vaxjo, Suecia.
 9. Alsyouf, I. (2004) "Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Filosofía. Universidad de Vaxjo, Suecia
 10. Amaris Arias, J. B. (2006) "Un modelo de gestión de mantenimiento hacia la excelencia". Ponencia presentada en el V Congreso Cubano de Mantenimiento. III CIMEI. Santa Clara, Cuba.
 11. Amendola, L. (2003). Modelos Mixtos de Confiabilidad. DataStreamSystems, Inc"(en línea). Disponible en [http:// www.datastream.net.htm](http://www.datastream.net.htm). Última consulta: 11.3.2014.
 12. Baraza Calvo, J. C. (2003) "Contribución a la validación de sistemas complejos tolerantes a fallos en la fase de diseño. Nuevos modelos de fallos y técnicas de inyección de fallos". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería de Sistemas Informáticos. Universidad Politécnica de Valencia. España. Batista Rodríguez, C. (2000) "Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Holguín. Cuba.
 14. Batista Rodríguez, C. (2000) "Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Holguín. Cuba.
 15. Bevilacqua, M. y Braglia, M. (2000) "The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection". Reliability Engineering and System Safety, No. 70. pp. 71-83.

16. Blanco Marín, I (2010) "Diseño de un Cuadro de Mando Integral para el hotel Brisas del Mar". Trabajo de Diploma. Universidad Central de las Villas. Santa Clara. Villa Clara, Cuba.
17. Borroto Pentón, Yodaira (2005) "Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara". Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas. UCLV. Santa Clara, Cuba.
18. Cardoso de Morais, V. (2004) "Metodologia de priorização de equipamentos médico-hospitalares em programas de manutenção preventiva". Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería Biomédica. Universidad de Campiñas. Brazil.
19. Christensen, C. (2005) "Tipos de Mantenimiento y Tendencias". Disponible en <http://www.simingenieria.com.ar> y Última consulta: 12.03.2014.
20. Christensen, C. (2006) "Críticidad de equipos". www.clubdemantenimiento.com.ar/articulos/4indices.asp Última consulta: 16.03.2014.
21. COPIMAN (2001). Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento Definiciones de mantenimiento, COPIMAN (en línea). Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/mantenimiento/definiciones.htm>. Última consulta: 01.03.2014.
22. Da Silva Neto, J. C. y Gonçalves de Lima, A. M. (2002) "Implantação do Controle de Manutenção". Revista Club de Mantenimiento.No. 10, Septiembre, 2002.http://www.clubdemantenimiento.com.ar/r11t6_controle.htm. Última consulta: 04.04.2014.
23. De Freitas Cordeiro, L. A. (2005) "Ferramenta de seleção de fornecedores e formação de rede de fornecimento – aplicação na área de itens estampados". Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
24. De la Paz Martínez, Estrella M. (1996) "Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil

- "Desembarco del Granma". Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas. UCLV. Santa Clara, Cuba.
25. Dixon, W. J. y Massey, F. J. (1976) "Introducción al análisis estadístico". Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. pp. 489.
26. Dos Santos Mendes, A. L. (2002) "Gestão do valor nas operações de manutenção". Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
27. Dunn, S. (2002) "Maintenance Terminology. Some Key Terms". Plant Maintenance Resource Center . <http://www.plant-maintenance.com/terminology/shtml>. Última consulta: 22.01.2014.
28. Ellis.H. (2000) "World Class Maintenance Strategy Design Techniques". Qualitech Management Services. http://www.plant-maintenance.com/articles/wcm_strategy_design.shtml. Última consulta: 8.4.2014.
29. Ellmann, E. P. (2001) "Nuevas Estrategias de Mantenimiento". Revista Ingeniería de Planta No. 36, Abril 2001. http://www.servic.cl/art_rm/rev.html/rev36.html/rev36_art3/rev36_art3.html. Última consulta: 4.3.2014
30. Espinosa Fuentes, F. F. (2006) "Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería Mecánica. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
31. Fabro, E. (2003) "Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo". Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
32. Fernández Pérez, A. J. et al., (2003) "Optimización del mantenimiento. Implantación de la metodología RCM en máximo". Revista Ingeniería y Gestión de Mantenimiento. No. 2, Sep/oct, 2003, pp. 40-45.
33. Forslund, H. (2006) "Supplier Selection – A Study of the Supplier Selection Process within the Sporting Goods Manufacturing Industry". Tesis en opción al

- grado académico de Master en Administración Logística. Escuela de Administración y Economía, Universidad de Vaxjo. Escocia.
34. García González-Quijano, J (2004) “Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)”. Tesis en opción al grado académico de Master en Gestión Técnica y Económica en el Sector Eléctrico. Universidad Pontificia Comillas, Madrid. España.
 35. García Garrido, S. (2003) “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial”. Editorial Díaz de Santos. Madrid, España
 36. García-Ahumada, F. (2001). “Función del mantenimiento y las nuevas tecnologías”. Revista Mantenimiento, No. 141, enero/febrero 2003. España.
 37. González Danger, A. H. y Hechavarría Pierre, L. (2001) “Metodología para seleccionar sistemas de mantenimiento”. Revista Club de Mantenimiento, No. 8; año 2, marzo, 2002. <http://www.datastream.net/latinamerica/mm/articulos/club.asp>. Última consulta: 11.03.2014.
 38. González Danger, A. y Hechavarría Pierre, L.(2002). Metodología para seleccionar sistemas de mantenimiento. Revista Club de Mantenimiento (en línea). <http://www.datastream.net/latinamerica/mm/articulos/club.asp>. Última consulta: 10.4.2014.
 39. González Fernández, F. J. (2007) “Contratación avanzada del mantenimiento”. Editorial Díaz de Santos, S. A. España. pp. 260.
 40. Gusmão, C. A. (2001) “Índices de desempenho da manutenção”. Revista Club de Mantenimiento. Año 1 No. 4. <http://www.mantenimientomundial.com/articulos/4indices.asp>. Última consulta: 06.02.2014.
 41. Haritha Saranga y Moser (2010) “Performance evaluation of purchasing and supply management using value chain DEA approach”, European Journal of Operational Research 207, pp. 197–205, www.elsevier.com/locate/ejor. Última consulta: 12.03.2014.

42. Huerta Mendoza, R. (2001) "El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional". Revista Club de Mantenimiento, No. 6. http://www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcm_8.pdf. Última consulta: 21.02.2014.
43. Hurtado de Mendoza Fernández, S. (2003) "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy". <http://www.ub.es/histodidactica/Epistemolog%EDa/Delphy.htm>. Última consulta: 21.01.2011.
44. Jeira, C. y Gibson, P. (2004) "Las tendencias del mercado moderno. Outsourcing". KPMG Auditores Consultores Ltda. http://www.kpmg.cl/documentos/Final_Presentacion_BPO_July_2004.pdf Última consulta: 12.02.2014.
45. Lodola, E. (2006) "Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators". Tesis en opción al grado académico de Master en Gestión de la Ingeniería, Universidad de Pisa. Italia.
46. Lofsten, H. (1999) "Management of industrial maintenance – economic evaluation of maintenance policies. International Journal of Operations & Production Management. Vol. 19, No 7 1999, pp. 716-737.
47. Marín, C. (1994) "Selección de criterios de mantenimiento". Revista de Mantenimiento. No 16. Chile. <http://www.mantencion.com/articulos/rev16.html/rev16art4.htm> Última consulta: 11.02.2014.
48. Mora Gutiérrez, L. A. y Pérez Peral, A. (2002). "Control y medición internacional estandarizadas de la gestión y operación de mantenimiento industrial bajo la metodología terotecnológica RAM". Ponencia en el 2do Congreso Internacional de Mantenimiento ACIEM. Bogota. Colombia.
49. Moubray, J. M. (1997) "RCM II. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad". Segunda Edición. Ellmann, Sueiro y Asociados. España. pp. 433.

50. Muchiriet al. (2009) "Development of maintenance function performance measurement framework and indicators". Int. J. Production Economics 27, pp.13-18. www.elsevier.com/locate/ijpe Última consulta: 12.04.2014.
51. Nakajima, S. (1991) "Programa de Desarrollo del TPM. Implementación del Mantenimiento Productivo Total". Editorial Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A., España.
52. Navarrete Pérez, E. y González Martín, J. R. (1986) "Mantenimiento Industrial". ISPJAE. Ciudad de la Habana.
53. NC-ISO 9000 (2001) "Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario". Oficina Nacional de Normalización (ONC), Ciudad de La Habana, Cuba.
54. Pérez Jaramillo, C. M. (2004) "El futuro del mantenimiento de la ingeniería de manufactura". Soporte y Cía. Ltda. <http://www.soporteycia.com.co/documentos/mtopasado1.doc>. Última consulta: 12.04.2014.
55. Portuondo Pichardo, F., et al.(1989) "Sistema alternativo de mantenimiento". Revista Ingeniería Industrial, Vol. 10, pp. 113-120. Cuba.
56. Rivera Martín E. R. (2012) "Procedimiento para la aplicación de un cuadro de mando integral para la función de mantenimiento". Ponencia en el XXXIII Congreso Panamericano de Ingeniería UPADI. La Habana, Cuba.
57. Rivera Martín, E. R. (2011) "Procedimiento para la definición del Cuadro de Mando Integral del Mantenimiento en la Empresa de Conserva de Vegetales de Sancti Spiritus". Trabajo de Diploma. Universidad Central de las Villas. Santa Clara. Villa Clara, Cuba.
58. Rodrigues, M. (2003) "Manutencao industrial em Curitiba e cidades circunvizinhas: un diagnóstico atual". Tesis en opción al grado académico de Máster en Tecnología. Centro Federal de Educação tecnológica do Paraná. Curitiba. Brasil.
59. Sánchez Sánchez, R. (1999) "Contribución al perfeccionamiento del sistema de gestión del mantenimiento a las máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las fábricas de azúcar crudo cubanas".

- Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de las Villas (UCLV). Santa Clara. Cuba.
60. Sexto Cabrera, Parra Suárez y Palacio Gallego (2003). Pautas para la implementación de mejoras en el programa de mantenimiento en una fábrica de helados. Disponible en http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/management/costodeignorancia.html. Última consulta: 11.05.2010.
61. Sondalini, M. (2002) "Win Production and manufacturing over to doing better maintenance with this new equipment criticality rating method that uses the real costs of production loss". Lifetime Reliability Solutions. 7 p. <http://www.lifetime-reliability.com/ABC%20Based%20Equipment%20Criticality.pdf>. Última consulta: 18.01.2014.
62. Sotuyo Blanco, S. (2001) "Optimización Integral de Mantenimiento (OIM)". Ellmann, Sueiro y Asociados. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/oim.asp> Última consulta: 18.2.2014.
63. Stefano, L. (2006) "Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators". Tesis en opción al grado de Especialista en Administración de la Ingeniería. Universidad de Pisa. Italia.
64. Tavares, L. A. (1999) "Administración Moderna de Mantenimiento" 1ra Edición. Editorial Novo Polo Publicacao. Brasil, pp. 158.
65. Tavares, L. A. (2002) Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM) o Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM) o Mantenimiento Estratégico(enlínea). Disponible en: http://www.clubdemantenimiento.com.ar/r9t5_mant_centra_neg.htm Última consulta: 21.4.2014.
66. Tavares, L. A., et al.(2005) "Manutencao Centrada no Negocio". Editorial Novo Polo Publicacoes. Brasil. pp. 157.
67. Tomlison, P. D. (2007) "Achieving World-Class Maintenance Status". Coal Age. Vol. 112, No. 8, pp. 40-42.

68. Torres, J. (1997) "A MCC-Manutenção Centrada na Confiabilidade e o Capítulo-4 do Manual de directrizes da linha seg: Uma proposta para racionalização das tarefas e redução do custo de manutenção". II Seminario de Manutenção CEMAN, Brasil.
69. Torres, L. D. (2005) "Mantenimiento. Su implementación y gestión". Editorial UNIVERSITAS. 2da Edición. Argentina, pp. 347.
70. Wireman, T. (2005) "Developing Performance Indicators for Managing Maintenance". Editorial Industrial Press, Inc., 2da Edición. New York, USA.
71. Yañez Medina, M. (2005) "Aspectos Generales de Confiabilidad como soporte del SAM. Módulo I". Reliability and Risk Management. México, pp. 316.
72. Yañez Medina, M.; Gómez de la Vega, H. y Valbuena Chourio, G. (2004) "Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo". Reliability and Risk Management, S. A. México. pp 332

Quieros
Quieros

Anexo 1: Resumen de las variables de priorización del equipamiento propuestas por los autores

No	Fuente	Variables de priorización
1*	Fennigkoh& Smith (1989)	- Función del equipamiento;
2*	Moussavi&Whitmore (1993)	- Riesgo físico para el paciente/operador; - Histórico de fallas; - Necesidad de mantenimiento.
3*	Hertz (1990)	- Probabilidad de falla del equipamiento; - Probabilidad de que el operador no perciba la falla; - Probabilidad de que la falla dañe al paciente; - Equipamiento con un MP atrasado.
4*	Martins, <u>et al.</u> (1990)	- Grado de urgencia del equipamiento; - Grado de dependencia del equipamiento; - Grado de utilización del equipamiento; - No confiabilidad del equipamiento; - No existencia de alternativas; - Viabilidad de realización de MP; - Costo de reparación.
5*	Anderson (1992)	- Riesgo físico para el paciente/operador; - Efectos sobre el tratamiento del paciente; - Efecto de la falla del equipamiento en el paciente.
6*	Kendall, <u>et al.</u> (1993)	Prioridad para equipamientos: - de soporte de vida; - con piezas de vida útil predeterminada; - que consumen altos niveles de energía; - sujetos a normas de MP.
7	Marín (1994)	-Costo de implementación - Costo por dejar de producir - Costo por parada de equipos - Costos asociados a existencias de repuestos
8	MINAL (1994)	- Afectación a la producción
9	Moreu de León, Crespo Márquez y Sánchez Herguedas (2000)	- Seguridad - Efectos en el entorno - Disponibilidad requerida por el plan de producción - La existencia de equipos de reserva - Los costos de reparación
10*	Ramírez (1996)	- Riesgo físico para los pacientes/operadores; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante); - Histórico de fallas; - Importancia estratégica; - Viabilidad de realización del MP.
11	De la Paz Martínez (1996)	- Cantidad de producción - Calidad - Costo - Seguridad

Anexo 1: continuación

12	Torres (1997)	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Calidad - Régimen de trabajo - Afectaciones o confiabilidad operacional - Frecuencia de fallas - Costo
13*	Capuano y Koritko (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Función del equipamiento; - Consecuencias de la falla; - Histórico de fallas; - Análisis de los costos del ciclo de vida del equipamiento.
14*	Sánchez (1997)	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para los pacientes/operadores; - Dispositivos de protección; - Grado de utilización y razón de uso; - Complejidad del equipamiento; - Régimen de operación; - Requerimiento de mantenimiento (fabricante); - Condiciones de operación;
15	Calil y Teixeira (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Dificultad de prestación de servicios; - Grado de utilización; - Existencia de normas de fiscalización gubernamentales; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante).
16*	Silva y Pineda (2000)	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Características del proyecto; - Condiciones de operación; - Costos de reparación.
17*	Wang y Levenson (2000)	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Importancia estratégica; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante).
18	Bevilacqua y Braglia (2000)	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Importancia del equipo en el proceso - Costo de mantenimiento - Frecuencia de fallos - Tiempo de reparación - Condiciones de operación
19	Huerta Mendoza (2001 y 2006)	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto en seguridad del personal - Impacto ambiente - Nivel de producción - Costos (operacionales y de mantenimiento) - Tiempo promedio para reparar - Frecuencia de falla

Anexo 1: continuación

20	González Danger y Hechavarría Pierre (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Intercambiabilidad - Importancia productiva - Régimen de operación - Nivel de utilización - Precisión - Mantenibilidad - Conservabilidad - Automatización - Valor de la máquina - Aprovisionamiento - Seguridad
21	García Garrido(2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad y medio ambiente - Producción (pérdidas de producción) - Calidad - Mantenimiento (costos)
22	Murthi (2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto en el proceso de producción <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad • Productividad funcional • Calidad funcional • Tiempo de reparación (Lead Time) • Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) • Costos de Mantenimiento
23	García González-Quijano (2004)	<ul style="list-style-type: none"> - Matriz de Riesgo • Probabilidad de Fallo • Consecuencia del Fallo
24	Seifeddine (2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Salud y Seguridad - Integridad Ambiental - Rendimiento - Calidad de producción - Costo de operación y mantenimiento - Frecuencia de la falla
25	Fabro (2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo ambiental - Riesgo de accidente - Índice de falla (TMEF) - Tiempo para reparación (TMPR) - Costo de mantenimiento - Informatización - Equipo limitante (cuello de botella) - Índice de relación preventivo-correctivo - Índice de monitoreo de las condiciones del equipamiento

Anexo 1: continuación

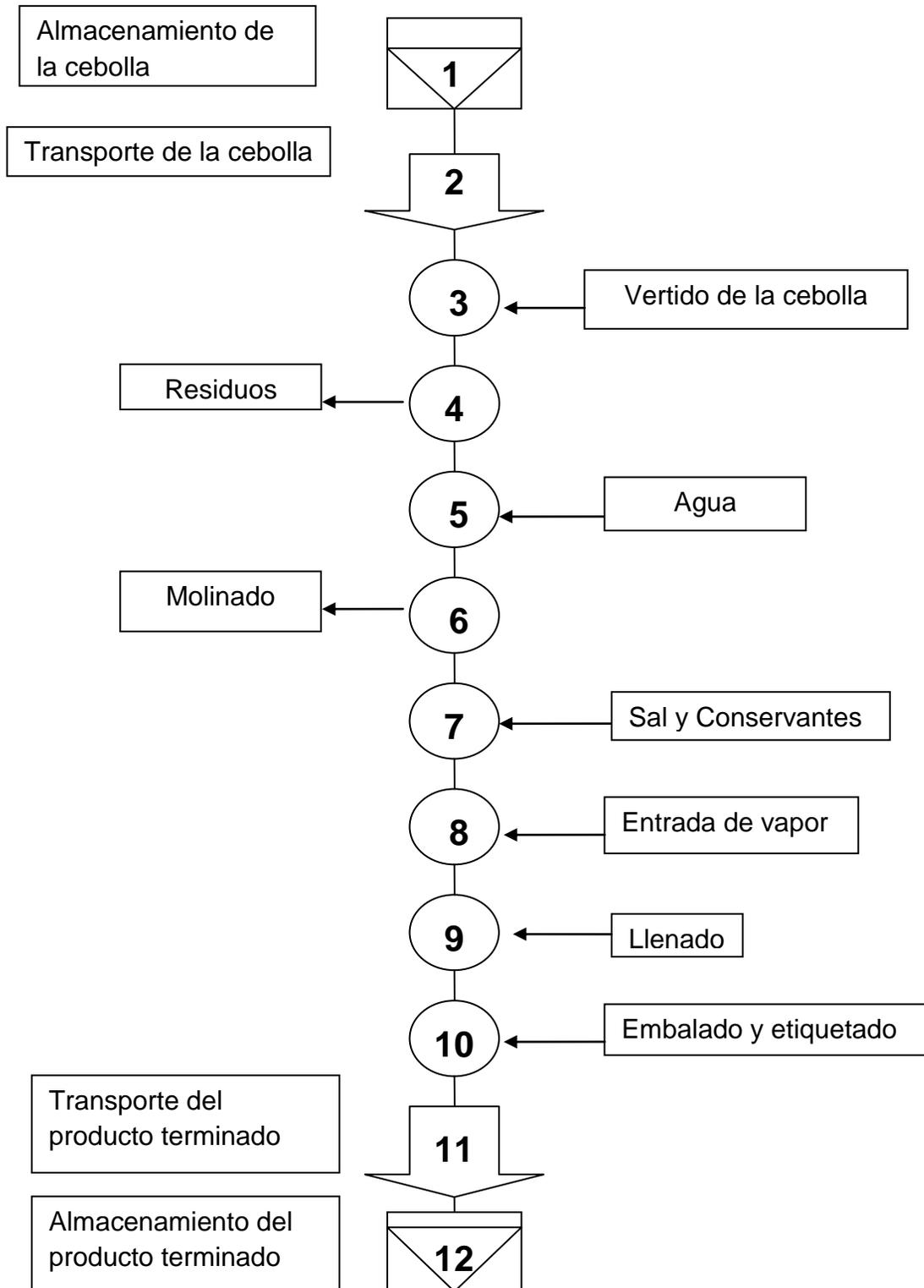
26	Cardoso de Morais (2004)	<ul style="list-style-type: none"> - Factor de riesgo - Factor de falla - Importancia del equipo - Factor de mantenimiento - Factor de operación - Factor de proyecto - Factor de costo
27	Alsyouf (2004)	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo: Orientado al negocio <ul style="list-style-type: none"> • Ventajas competitivas a partir de aspectos claves del negocio - Grupo: Los verdes <ul style="list-style-type: none"> • Salud • Seguridad del medio ambiente - Grupo: Los seguidores <ul style="list-style-type: none"> • Recomendaciones de los fabricantes
28	Pettersson y Martel (2005)	<ul style="list-style-type: none"> - Producción - Condiciones medioambientales - Conformidades de salud y seguridad - Viabilidad financiera (costo) - Mantenimiento (recursos disponibles)
29	Espinosa Fuentes (2005)	<ul style="list-style-type: none"> - Factor de velocidad de manifestación de la falla - Factor de seguridad del personal y ambiente - Factor de costos de la parada de producción - Factor de costos de reparación
30	Zorita, <u>et al.</u> (2006)	<ul style="list-style-type: none"> - Gravedad (a través del tiempo medio de reparación) - Detectabilidad (a través del tiempo medio de retraso generado) - Ocurrencia (a través de la tasa de fallo)
31	Torres (2005)	<ul style="list-style-type: none"> - Influencia sobre producción <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de tiempo de uso del equipo • Redundancia o la producción es recuperable con otro equipo - Importancia sobre la calidad <ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas por no cumplir requisitos de calidad • Influencia del equipo en la calidad final del producto - Influencia sobre el mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia o costo de las averías • Número de horas paradas por mes • Grado de especialización del equipo y personal para atenderlo - Seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de las personas • Riesgo de los equipos

Anexo 1: continuación

		- Medio ambiente
32	Borroto Pentón (2005)	- Seguridad - Calidad - Afectaciones - Frecuencia de Fallas - Utilización - Tiempo
33	Colombi (2006)	- Seguridad - Medio ambiente - Producción - Clientes - Tiempo de reparación - Capacidad operativa - Frecuencia del fallo - Mantenibilidad
34	Wikoff (2006)	- Misión e impacto en el cliente - Seguridad e impacto ambiental - Habilidad para separar los puntos de fallo - Historia de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo - Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) o fiabilidad - Probabilidad de fallo - Tiempo de suministro de los repuestos - Valor de reemplazo del activo - Tasa de utilización planificada
35	Christense (2006)	- Seguridad y medio ambiente - Calidad y productividad - Oportunidad de producción - Tasa de ocupación - Frecuencia de parada - Mantenibilidad
36	Espinosa Fuentes (2006)	- Velocidad de manifestación del fallo - Seguridad del personal y del medio ambiente - Costo de la parada de la producción - Costo de reparación
37	Braglia, Fantoni y Frosolini (2007)	- Seguridad humana - Impacto medioambiental - Calidad (pérdida de desempeño) - Costo de mantenimiento - Pérdida de producción

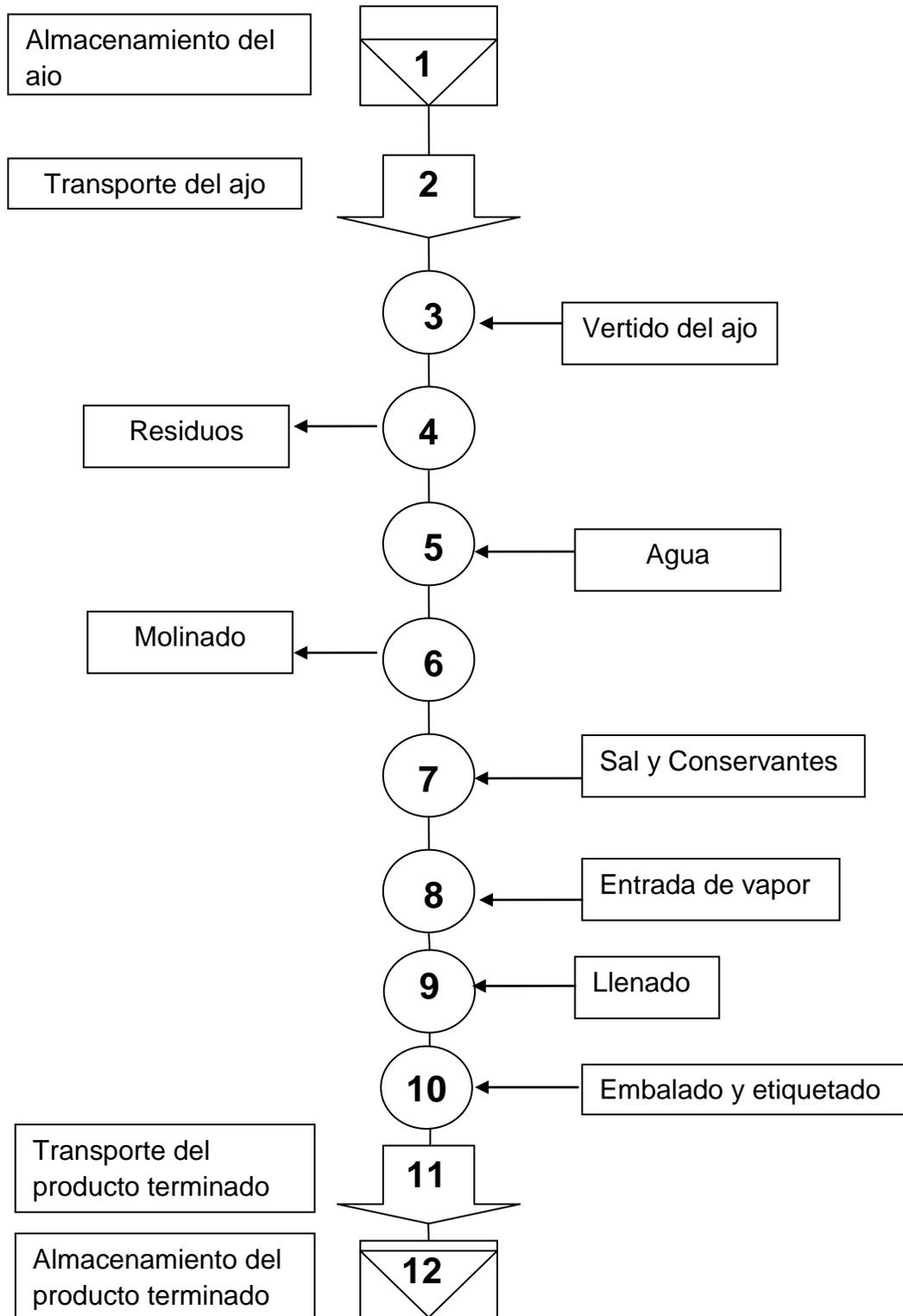
Fuente: Cardoso de Morais (2004)

Anexo 2: Diagrama de flujo del proceso de la cebolla.



Fuente: Documentos de la empresa

Anexos 3: Diagrama de flujo del proceso del ajo.



Fuente: Documentos de la empresa

Anexo 4: Información estadística de los fallos del equipamiento productivo.

Línea de pasta de cebolla y de ajo.

Equipos	λ (f/a)	$\bar{\lambda}$ (f/a)	$\bar{\lambda}/2$ (f/a)	TMPR (h)	\bar{tr} (h)	$\bar{tr}/2$ (h)	Cr \$/a	\bar{Cr} \$/a	$\bar{Cr}/2$ \$/a	tu (h)	\bar{tu} (h)	$\bar{tu}/2$ (h)	TMEF (h)
Masa de selección	28	9,75	4,875	2,143	4,003	2,001	180,59	78,05	39,025	16	16	8	162,427
Peladora abrasiva	14			1,257			53,29			16			327,825
Transportador de producto (sin fin)	7			0,467			9,90			16			657,819
Molino triturador de cebolla	11			2,095			69,78			16			416,814
Bomba de diafragma del tanque receptor	3			1,1			9,99			16			1534,9
Tacho abierto	3			18,27			165,96			16			1517,73
Molino triturador repasador	8			4,444			107,65			16			571,556
Molino triturador refinador	4			2,25			27,25			16			1149,75

Nota: Los equipos auxiliares, como la mesa de selección y el transportador de producto no presentaron averías.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Determinación de la política de mantenimiento a aplicar al equipamiento de la línea

Equipos	Línea de pasta de Cebolla y de ajo									Frecuencia	Tiempo de reparación	Costo de reparación	Clase	Tipo de Fallo	Sistema de Mantenimiento propuesto									
	Seguridad			Calidad			Régimen de Trabajo									Afectaciones								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3							1	2	3	1	2	3	1	2	3
Mesa de selección			X			X	X					X	X				X		X			B	PDD	2,4,3
Peladora abrasiva			X	X			X			X			X				X		X			B	APF	3,4
Transportador de producto (sin fin)			X			X	X					X	X				X				X	C	PDD	2,3
Molino triturador de cebolla			X	X			X			X			X				X		X			B	PFD	1,2,3,4
Molino triturador repasador			X	X			X				X		X				X		X			B	PFD	1,2,3,4
Molino triturador refinador			X	X			X					X	X								X	C	PFD	2,3
Bomba de diafragma del tanque receptor			X			X	X					X	X				X				X	C	PFD	2,3
Tacho abierto		X		X			X			X			X	X			X					A	PDD	2,1,4

Fuente: Elaboración propia