



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas
Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo
Departamento de Ingeniería Industrial

Trabajo de Diploma

*Título: “Análisis de Criticidad del Equipamiento
Productivo en UEB Pasteurizada de Santa Clara”.*

Autor: Alexey Fernández Campuzano
Tutor: Dra. Yodaira Borroto Pentón

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA



RESUMEN

El presente Trabajo de Diploma se realizó en la Unidad Empresarial Básica (U.E.B) Pasteurizadora Santa Clara. Muestra la aplicación de un procedimiento que permite la realización de un análisis de criticidad del equipamiento productivo teniendo en cuenta criterios como tiempo medio entre fallo, tiempo medio para la reparación y costo de reparación. De este análisis se obtiene una lista jerarquizada del equipamiento productivo, describiéndose posteriormente el modo de fallo de los equipos críticos.

Además, el trabajo contiene un análisis crítico de la literatura especializada y otras fuentes, con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación. Se realiza una breve caracterización de los activos fijos, se abordan temas generales sobre la gestión del mantenimiento, así como los sistemas, tipos de mantenimiento, profundizando en los aspectos relacionados con el análisis de criticidad.

ABSTRACT

The present Diploma Work was carried out in the Basic Managerial Unit (U.E.B) Pasteurizadora Santa Clara. It shows the application of a procedure that allows the realization of the analysis of criticism of the productive equipment bearing in mind approaches like half time among failure, half time for the repair and repair cost. Of this analysis a nested list of the productive equipment is obtained, being described later on the way of failure of the critical equipment.

Also, the work contains a critical analysis of the specialized literature and other sources with a view of specifying the main conceptual aspects involved in the investigation. A brief characterization of the fixed assets is carried out; general topics are approached on the administration of maintenance as well as the systems and maintenance types deepening in the aspects related with the analysis of criticism.

INTRODUCCIÓN

La integración regional y el mundo sin frontera imponen a las empresas Latinoamericanas una urgencia para alcanzar los niveles de competitividad de las empresas de clase mundial. Por ello, es importante aplicar en el área de mantenimiento la excelencia gerencial y empresarial como práctica sistemática e integral que busque el mejoramiento constante de los resultados, utilizando todos los recursos disponibles al menor costo, teniendo presente que cada empresa y sus sistemas se encuentren en un nivel diferente de desarrollo y que poseen características propias que la diferencian de las demás.

En la actualidad no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento (por ejemplo, correctivo o preventivo). Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares. Esto quiere decir que una bomba o un motor pueden necesitar de unas tareas de mantenimiento, mientras que otra bomba y otro motor similares pueden necesitar de otro tipo de tareas muy distintas. Si se quiere optimizar, ya no es suficiente con pensar en el tipo de instalación o en las características del equipo. Es necesario tener en cuenta toda una serie de factores, como el costo de una parada de producción, su influencia en la seguridad, el costo de una reparación, etc., que van a determinar las tareas de mantenimiento mas convenientes para cada equipo.

En esencia, el mantenimiento del sistema debe tratarse con una base comparable a la del rendimiento del mismo si verdaderamente se van a satisfacer las necesidades del entorno actual. Debe apreciarse como protagonista, puede incluso considerarse el centro neurálgico de un entorno que se dirige hacia la meta de la competitividad. Ante la necesidad de mejorar la eficiencia de explotación de una instalación industrial, la optimización del plan de mantenimiento puede ser una importante vía para lograr dicho objetivo.

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

En el caso de la Empresa de Productos Lácteos, el mantenimiento debe contribuir a elevar la eficiencia de los equipos productivos y no productivos y a la mejora de la calidad de los productos.

El mantenimiento en estas instalaciones productivas debe gestionarse de manera integral y haciendo uso de las tendencias más modernas que garanticen un excelente nivel de calidad en la producción de leche y sus derivados.

En los últimos años, se aprecia un significativo interés por optimizar las actividades de mantenimiento que se desarrollan en las instalaciones industriales. Para gestionar de manera eficiente el mantenimiento en una entidad es importante realizar el análisis de criticidad del equipamiento, el cual tiene como objetivo básico principal la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional.

En consecuencia, el término **análisis de criticidad** se utiliza con el fin de facilitar la toma de decisiones en la realización de todas las tareas de mantenimiento de la industria. Posiblemente es parte de un movimiento más amplio de la sociedad para la conformación de un mundo más productivo y menos derrochador.

En la Empresa de Productos Lácteos de Santa Clara no se realiza un análisis de criticidad del equipamiento productivo teniendo en cuenta múltiples criterios, los cuales son importantes a la hora de establecer prioridades para la toma de decisiones en mantenimiento. Otro aspecto importante es que los equipos productivos deben tener alta disponibilidad puesto que los productos que se obtienen en las Pasterizadoras son en su inmensa mayoría destinados a la canasta básica y a la merienda, almuerzos de centros educacionales e instituciones de salud. Esto constituye, en síntesis, la **situación problemática** que fundamentó la presente investigación.

El **problema científico** a resolver en esta investigación está dado por la ausencia de los procesos de mejoramiento en el desempeño de la actividad de mantenimiento, en los que se hace necesario disponer de un procedimiento de toma de decisiones que, basado en la definición de una serie de criterios influyentes, sea capaz de arrojar un ordenamiento de los equipos productivos en función del grado de influencia de los mismos en el logro de las metas de la organización.

Las consideraciones anteriores han conducido a formular la **hipótesis** general de esta investigación como sigue:

Mediante la aplicación de un procedimiento multicriterio para la realización del análisis de criticidad del equipamiento productivo en la Pasterizadora Santa Clara es posible obtener una lista ponderada del equipamiento productivo, ordenados desde el más crítico hasta el menos crítico, pudiendo ser

diferenciadas tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad, permitiendo dirigir las acciones de mejoras.

Esta hipótesis quedará validada si con el procedimiento propuesto se realiza el análisis de criticidad del equipamiento productivo quedando definidos los equipos de alta, mediana y baja criticidad estableciéndose prioridades para la toma de estas decisiones en mantenimiento y realizándose una descripción del modo de fallo de los equipos críticos.

El **objetivo general** que se persigue en la presente tesis consiste en realizar el análisis de criticidad del equipamiento productivo a través de un procedimiento multicriterio y describir el modo de fallo del equipamiento crítico.

Para alcanzar el objetivo general antes expuesto, se proponen los **objetivos específicos** siguientes:

1. Construir un marco teórico referencial de la investigación realizando una revisión bibliográfica que permita profundizar principales tendencias actuales sobre la temática y que sirva como soporte teórico, guía y sustento para esta investigación.
2. Realizar una caracterización general de la Empresa de Productos Lácteos.
3. Realizar el análisis de criticidad del equipamiento productivo de las líneas yogurt de soya y leche concentrada.

Este trabajo de diploma se ha estructurado en tres capítulos. En el primero se recoge toda la fundamentación teórica de la investigación, así como los términos y definiciones más utilizadas respecto al mantenimiento y el análisis de criticidad del equipamiento. La caracterización general de la Empresa de Productos Lácteos de Santa Clara, se muestra en el segundo capítulo. El capítulo tres muestra la aplicación en la U.E.B Pasteurizadora Santa Clara del procedimiento multicriterio para el análisis de criticidad del equipamiento productivo y la determinación del modo de fallo del equipamiento crítico. Además, se muestran las conclusiones a las que se arribó, las recomendaciones que se proponen, la bibliografía consultada y los anexos de necesaria inclusión.

Capítulo1. Marco Teórico Referencial de la Investigación

La actividad de mantenimiento debe estar encaminada a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, es decir lograr la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento, entendido este por mejora continua de la calidad, menor costo y eficiencia de los servicios y/producción.

En este capítulo se tratarán diferentes aspectos de interés, que serán de utilidad para la elaboración y comprensión del trabajo en cuestión, pues constituyen la base para la realización del mismo.

Se realizará una breve caracterización de los activos fijos, se abordarán las definiciones, sistema y tipos de mantenimiento, haciendo énfasis en el Mantenimiento Centrado en Fiabilidad, y en el análisis de criticidad del equipamiento productivo. Se hará referencia además a aspectos generales de la gestión del mantenimiento. En la figura 1.1 se muestra el hilo conductor para la construcción del marco teórico- referencial de la investigación.

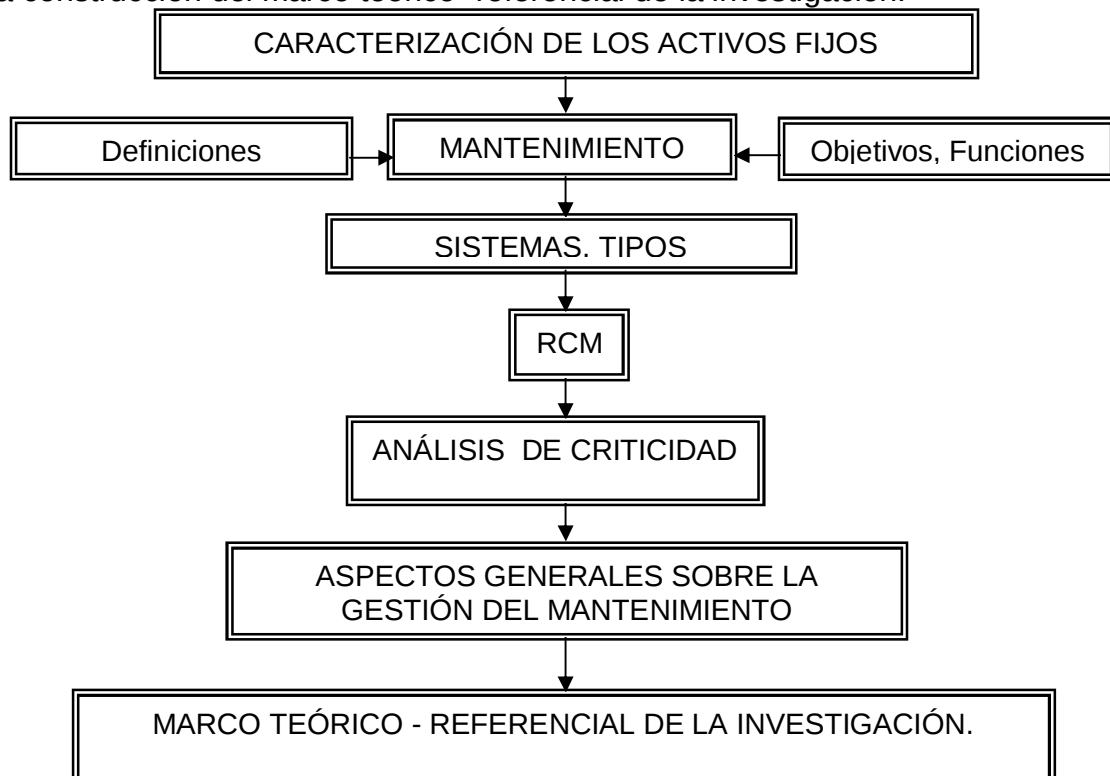


Figura 1.1. Estrategia seguida en el análisis de la bibliografía, para la construcción del Marco Teórico – Referencial

1.1. Breve caracterización de los activos fijos

Para lograr el desarrollo económico de una sociedad, es necesario invertir parte de la ganancia obtenida en adquirir nuevos medios de producción, que conducirán a la obtención de mejores resultados productivos.

Carlos Marx, en su obra “El Capital “, al referirse a los medios de producción precisó que estos son “...los medios de trabajo y el objeto sobre el que estos recaen...” [Marx, ed.1980, p.143]. Una parte importante de los medios de trabajo lo constituyen los medios básicos productivos, denominados en su expresión monetaria como fondos básicos productivos [Kocherov, 1979; Cruz Pérez, 1985; Marrero & Guerra, 1986; Derkach, 1986; Portuondo Pichardo, 1990]; también llamados bienes de producción [Thuesen, Fabrycky & Thuesen, 1993]; o como activos fijos Kohler, [1990].

En Cuba, el antiguo Comité Estatal de Finanzas [1979] utilizaba la denominación de medios básicos y los consideraba como aquellos objetos materiales con una duración de más de un año. Cuando la duración y las características de un objeto no resultaren suficientes para definir su clasificación como medio básico, se utilizaría un criterio de que su valor excediera de cien pesos.

No obstante a las diferentes denominaciones expresadas, por lo general los autores coinciden en que:

- v Son medios creados por el trabajo humano.
- v Tienen vida limitada.
- v Son objetos físicos.
- v Transfieren su valor a los productos que crean o a los servicios que prestan.
- v Pierden su valor a medida que se desgastan física y moralmente.

En Cuba los medios básicos se clasifican [Ministerio de Finanzas y Precios, 2004] en nueve grupos. El peso específico de cada uno de los grupos de la clasificación respecto al total se conoce como estructura de los medios básicos. Con similar descripción, una definición de activos fijos es brindada por expertos de la Universidad Central del Ecuador [2004], al considerarlos como los bienes permanentes y los derechos que la empresa utiliza en el desarrollo de sus

actividades. Según esta institución y otros autores como [Weston & Brigham 1998], [White & James 2000], [Gitman, 2003] y [Office of Financial Management, 2004], los activos fijos se clasifican en tangibles e intangibles, tomando en consideración el carácter material o inmaterial de los mismos. Autores como [García, 1999], [Baca, 2000], [Gómez, 2000], [Idárraga, 2003] denominan a los activos fijos tangibles como activos físicos.

Los activos fijos se denominan como los “activos que producen utilidades”, ya que generalmente son estos los que dan base a la capacidad de la empresa para generar utilidades. Sin planta y equipo la empresa no podría realizar su tarea diaria, ni elaborar los productos que le producen ingresos. Los activos circulantes no dan a la empresa manufacturera la capacidad de generar utilidades.

Hay dos clases principales de activos fijos: uno es la planta y el otro es el equipo.

A los efectos de esta investigación se asumirá la denominación de activos fijos, aclarando que se tratarán solo los activos fijos tangibles.

En el transcurso de la realización de productos, los activos fijos se desgastan gradualmente, pierden exactitud y potencia y en última instancia se rompen. Las roturas, también conocidas como averías, crean interrupciones considerables y pueden llegar a detener los procesos, provocando pérdidas económicas.

Frente al desgaste de los activos fijos se sigue un proceso decisorio que conduce a seleccionar una de las alternativas siguientes: ampliación, modernización, mantenimiento y reemplazo. Este aspecto ha sido desarrollado en el trabajo de [De la Paz Martínez, 1996], en el que se propone un procedimiento de selección de alternativas de decisión sobre los activos fijos, teniendo en cuenta que tomar una decisión implica considerar diversos factores, principalmente el aspecto económico, lo cual requiere de un profundo y cuidadoso estudio para seleccionar correctamente la mejor opción con los mayores beneficios para quien la lleve a cabo, y también en el trabajo de [Abreu Ledón 2004], quien desarrolla un modelo conceptual y un procedimiento general

para perfeccionar el proceso de toma de decisiones relacionado con la inversión sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas.

De las alternativas de decisión antes mencionadas, se abordará en la presente Tesis, la alternativa de mantenimiento que constituye su objeto de estudio teórico.

1.2 Mantenimiento

En particular, Kamenitzer , [1985] define el mantenimiento como la limpieza y lubricación de los equipos; Encinas Beltrán, [1994] reduce su concepto a lograr que las máquinas no solo trabajen, sino que lo hagan con eficiencia, confiablemente y con calidad; Tavares de Carvalho, [1994] lo define como la actividad encaminada a incrementar la disponibilidad de los equipos, Dounce Villanueva, [1998] refiere que mantenimiento es una de las dos grandes ramas en que se divide la conservación y se encarga de cuidar el servicio que proporcionan los recursos físicos y Sotuyo Blanco, [2000] plantea que es una función empresarial por medio de cuyas actividades de control, reparación y revisión, permite garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones.

Una de las definiciones más completas y abarcadoras es la siguiente:

Se coincide con De la Paz Martínez [1996].El mantenimiento es la totalidad de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado técnico de los Medios Básicos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste, con el fin de alargar su vida útil para lograr una mayor disponibilidad y cumplir con calidad, eficiencia y función productiva.

1.2.1 Los objetivos de mantenimiento

Toda organización avanza si sus objetivos han sido definidos, de lo contrario, su éxito llegará a ser un hecho aleatorio Ríos, [1994]. Según Stoner , [1987] un objetivo es una meta, que en términos comparativos se caracteriza por logros específicos susceptibles de ser cuantificados.

Varios autores [Pérez Jaramillo, 1992; Portuondo Pichardo & Pérez Tejeda, 1994; Monteiro Leite, 1995; De la Paz Martínez, 1996] han definido los objetivos de mantenimiento y de manera general son los siguientes:

- Mejorar la disponibilidad de las instalaciones.
- Mejorar la fiabilidad y la calidad del servicio.
- Incrementar la productividad de los recursos.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Aumentar la vida útil económica de los equipos.
- Garantizar la seguridad del personal y de las instalaciones.

Por su parte, la Asociación Española de Mantenimiento [AEM, 1995] ha establecido los objetivos principales de mantenimiento como sigue:

Reducir al máximo los costes debidos a las paradas por averías accidentales de la maquinaria que comporten pérdidas de producción o de servicios, incluyendo en tales costes los correspondientes al propio mantenimiento.

Limitar el deterioro de la maquinaria y, en consecuencia, el incremento de rechazos o de la degradación de calidad del producto.

Proporcionar conocimientos y asistencia, a partir de la experiencia adquirida, a todos aquellos que intervienen en el proyecto y gestión de nuevas instalaciones.

1.2.2 Sistemas de Mantenimiento

En la literatura especializada, han sido tratados indistintamente los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y tipos de mantenimiento. Según Sánchez & Molina [1991] las **políticas** de mantenimiento tienen como fin primordial la reducción de tiempos de paradas, al menor costo. Las más conocidas son: política de mantenimiento por avería, política de mantenimiento preventivo y política de mantenimiento predictivo.

Por su parte, Crespo, Sánchez & Ruiz [1995] plantean que la política global de mantenimiento de un sistema heterogéneo vendrá integrada por toda una gama de políticas parciales adecuadas a las necesidades específicas de los distintos subsistemas y consideran que esas políticas parciales son: Política de

mantenimiento exclusivamente correctivo, Mantenimiento periódico total (se procede periódicamente al mantenimiento preventivo de todos los equipos, independientemente del tiempo de funcionamiento sin fallos), Mantenimiento preventivo periódico en función del tiempo de funcionamiento sin fallos y Mantenimiento preventivo basado en los resultados de una inspección previa.

Lo más común en las denominaciones es el término de **sistemas**. En Cuba, algunos autores [Fernández, Matos & Prim, 1983; Navarrete Pérez & González Martín, 1986; Portuondo Pichardo, 1990; Taboada Rodríguez *et al.*, 1990] han identificado como **sistemas** de mantenimiento a 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 Alterno de Mantenimiento (SAM) como un sistema integrador de varios de los sistemas tradicionales y caracterizados por su flexibilidad. Con su aplicación en la industria mecánica se logró una reducción de la laboriosidad entre el 11% y el 14%, una reducción de la estadía de los equipos por mantenimiento entre un 10% y un 23%, un incremento de la producción entre 0,4% y 3% anual y una reducción del costo total de mantenimiento del orden del 9% Portuondo Pichardo, Montes de Oca Oubiña & Morera Morera, [1989]. En la industria textilera cubana, con la introducción del Sistema Alternativo de Mantenimiento De la Paz Martínez, [1996] se redujeron los costos de mantenimiento y las pérdidas de producción, lográndose un ahorro de la laboriosidad y de la estadía de los equipos.

El autor de esta Tesis, en lo adelante, asumirá la denominación de **sistemas de mantenimiento** y considerará que estos sistemas están basados de algún modo en los **métodos** correctivo y preventivo, coincidiendo con algunos especialistas en el tema, como [Idhammar 1984, Heber González 1984 y Lourival Tavares 1999], los cuales plantean que cualquier sistema que se adopte es, en definitiva, preventivo o correctivo.

El **Mantenimiento correctivo** consiste en la ejecución de las reparaciones programadas a partir de defectos detectados en las inspecciones de rutina y de las no programadas que se realizan posteriormente a la ocurrencia de una avería. En este último caso, se trata de aquellos equipos a los que se ha decidido dejar en servicio hasta que ocurra la avería, pues esta se encuentra localizada y puede ser controlada; se limita a reparar cuando se produce el fallo. El **Mantenimiento preventivo** se basa en realizar inspecciones o pruebas periódicas para prevenir reparaciones de emergencia de alto costo, asegurando de ese modo la funcionalidad de los equipos. Este objetivo de funcionamiento es de vital importancia en el área de salud en la cual el tiempo que un equipo permanece fuera de servicio puede ocasionar altos costos, tanto financieros como sociales.

Básicamente, el mantenimiento preventivo puede subdividirse en mantenimiento preventivo periódico o a intervalos constantes de tiempo y mantenimiento basado en la condición o mantenimiento predictivo [Saavedra, 2000]. El mantenimiento a intervalos de tiempo comprende aquellas actividades que se realizan previamente a la aparición de un fallo en el equipo, con una frecuencia fija establecida en función de las horas de funcionamiento, tiempo calendario u otro criterio. El mantenimiento basado en la condición consiste en determinar en todo instante la condición mecánica real del equipo mientras se encuentre operando, a través de un programa sistemático de mediciones de algunos parámetros o síntomas. Este sistema de mantenimiento también es llamado mantenimiento según condición, mantenimiento sintomático Márquez, [2000] y mantenimiento preventivo por estado Lourival Tavares, [1999].

El concepto de mantenimiento preventivo debe asociarse con una inspección de evidencia de fallo, para evitar que este tenga consecuencias graves o para corregirlo en un tiempo que permita preparar la intervención sin que se produzca un paro del equipo.

Son considerados como **filosofías** de mantenimiento [Nakajima, 1988; Ellmann, 1996; Lezana, 1996; Moubray, 1997; Roberts, 1999; Netherton 1999; Dunn, 1999; Auskamp, 1999; Moubray, 2000; Aladon, 2000; Sanz Sacristán, 2001;

Améndola, 2002; Dagostino & Dirube, 2004] el Reliability Centered Maintenance (RCM), lo que en su versión española se conoce como Mantenimiento Basado en la Fiabilidad (MBF) o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) y el Mantenimiento Productivo Total (MPT) o Total Productive Maintenance (TPM).

El MPT, se basa en considerar que no existe nadie mejor que el operario para conocer el funcionamiento del equipo Gómez, [2002] y combina las prácticas habituales de mantenimiento preventivo con el sistema japonés de involucrar al máximo al personal de operaciones. El resultado es un sistema innovador que busca optimizar la efectividad global del equipamiento, la eliminación de roturas y el aprovechamiento de las actividades que día a día realiza un grupo de operarios autónomos Nakajima, [1988].

A continuación se abordarán aspectos fundamentales del RCM debido a la importancia de esta filosofía de mantenimiento en el desarrollo del presente trabajo de diploma.

1.3 El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

El Reliability Centered Maintenance (RCM) es una metodología que permite identificar los sistemas de mantenimiento óptimos para garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción Améndola, [2002]. El resultado del RCM definirá cuáles tareas de mantenimiento son más adecuadas en la prevención de fallos funcionales del sistema, haciendo énfasis en los aspectos de seguridad para el hombre y el medio ambiente e importancia para la producción y obedeciendo a un criterio de costo - eficiencia.

El RCM constituye una estrategia de mantenimiento cuyo objetivo principal es preservar las funciones de un determinado sistema, al contrario de las políticas convencionales de mantenimiento que tienen como enfoque fundamental la preservación del equipamiento.

Se inició en la década de los '60 durante el desarrollo del proyecto del Boeing - 747 en la industria aeronáutica. Es utilizado actualmente a gran escala por la

industria nuclear en los EU y en Francia (donde el 75% de la energía eléctrica proviene de centrales nucleares).

Se utiliza también en la industria petroquímica, principalmente en el área de derivados (papel, celulosa, refinerías), así como en la aeronáutica civil y militar, generación y distribución de energía, marina de guerra, montaje de automóviles, industria alimenticia y metalúrgica, abastecimiento de agua y en muchas plantas de proceso y líneas de producción.

El paradigma central del RCM es preservar la función del sistema. Los equipos no son importantes por sí solos, sino por la función que cumplen en el sistema. Se verán las consecuencias de una parada de ese equipo en el sistema.

Según Moubray [1997], una definición completa de RCM es la siguiente: es un proceso utilizado para determinar lo que precisa ser hecho para asegurar que cualquier activo fijo continúe cumpliendo sus funciones en su contexto operacional.

Esto es, que el énfasis no debe ser hecho en las tareas preventivas que tiendan a conservar el equipamiento en una condición ideal, sino por el contrario, en aquellas tareas necesarias para mantener el sistema funcionando.

Una importante peculiaridad del RCM es reconocer que la consecuencia de un fallo es mucho más importante que sus características técnicas, y por tanto, solamente merecen esfuerzos de planificación, de predicción, financieros y de recursos materiales o de mano de obra, aquellos fallos que puedan y que realmente valgan la pena ser prevenidos.

Un elemento importante a tener en cuenta es la definición de fiabilidad, la cual es la probabilidad de que un dispositivo realice satisfactoriamente su función específica durante un período especificado y bajo un conjunto dado de condiciones operativas.

La metodología de RCM propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos fijos en su contexto operacional a partir de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la función (es) y estándares de funcionamiento del activo fijo en su contexto operacional?
2. ¿De qué manera puede fallar el activo al tratar de cumplir su función? (Fallos funcionales)
3. ¿Qué causa cada fallo funcional? (Modos de fallos)
4. ¿Qué sucede cuando hay fallos? (Efectos de los fallos)
5. ¿Qué ocurre ante cada fallo? (Consecuencias de los fallos)
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos? (Tareas preventivas)
7. ¿Qué sucede o que debe hacerse si no pueden prevenirse los fallos? (Tareas “a falta de”)

A continuación se explican cada una de los elementos importantes de cada interrogante.

Funciones y estándares de funcionamiento

Cada elemento o sistema tienen una función determinada, la pérdida parcial o total de estas funciones afectará a la Organización. Además cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a: niveles de producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, seguridad, costos de operación.

Fallos funcionales

No son más que los fallos que pueden ocurrir en determinados elementos. Se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

Modos de fallos

Se define como la causa origen de cada fallo funcional. Permite que no se malgaste el tiempo y esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas.

Efecto de los fallos

Es lo que sucede al producirse cada modo de fallo, cómo se manifiesta el fallo.

Consecuencias de los fallos

Es la respuesta a ¿cómo y cuánto importa un fallo? Las consecuencias de cada fallo nos dicen si necesitamos prevenirlos. Las consecuencias de los fallos se clasifican:

1. Consecuencias de los fallos no evidentes: dispositivos de seguridad, redundancias.
2. Consecuencias a la seguridad de las personas y al medio ambiente.
3. Consecuencias operacionales: si afecta a la producción en capacidad, calidad del producto, servicio al cliente, costos de operación.
4. Consecuencias no operacionales: no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Es importante que en el registro de las consecuencias de los fallos aparezca la información siguiente:

- Especificar si el fallo será evidente a los operarios en el desempeño de sus tareas diarias.
- La descripción debería indicar si el fallo va acompañado o precedido de efectos físicos tales como ruido, humo, fuego, fugas de vapor, etc.
- Al tratarse de dispositivos de seguridad indicar que ocurriría si fallase un elemento cuando el dispositivo de seguridad se encontrase inactivo.
- Posibilidad de riesgo para la seguridad de las personas y el medio ambiente.

Tareas preventivas

Las tareas preventivas pueden ser:

Tareas “a condición”: se realiza seguimiento de los parámetros de operación con el fin de detectar alguna condición que marque el inicio de un fallo potencial. (Basadas en la condición)

Tareas de reacondicionamiento cíclico y de sustitución periódica: los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias establecidas, independientemente de su estado en ese momento (Basadas en el tiempo).

Tareas “a falta de”

Además de preguntar si las tareas preventivas son técnicamente factibles, el RCM, se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccionan ante las consecuencias de los fallos que desean prevenir.

En la práctica el personal de mantenimiento no puede dar respuesta a todas las preguntas por sí solos, en mucho de los casos las consecuencias de los fallos sólo pueden proporcionarlas el personal de operaciones. Se recomienda que el equipo de trabajo esté formado por: un facilitador de RCM, mantenimiento, operaciones, supervisores de mantenimiento y producción, especialistas.

1.4 El análisis de criticidad del equipamiento productivo

La necesidad cada día más acentuada por mejorar los estándares en materia de seguridad, ambiente y productividad de las instalaciones y sus procesos, obliga a incorporar nuevas tecnologías que permitan alcanzar las metas propuestas. En el ámbito internacional las empresas exitosas han basado su estrategia en la búsqueda de la excelencia a través de la filosofía de Clase Mundial, la cual tiene asociada la aplicación de diez prácticas. Estas prácticas son:

1. Trabajo en equipo
2. Contratistas orientados a la productividad
3. Integración con proveedores de materiales y servicios
4. Apoyo y visión de la gerencia
5. Planificación y programación proactiva
6. Mejoramiento continuo
7. Gestión de materiales

8. Integración de sistemas

9. Gerencia de paradas de planta

10. Producción basada en confiabilidad

Todas estas prácticas están orientadas al mejoramiento de la confiabilidad operacional de las instalaciones y sus procesos, sistemas y equipos asociados, con la finalidad de hacer a las empresas más competitivas y rentables, disponer de una excelente imagen con el entorno, así como la satisfacción de sus trabajadores, clientes y suplidores.

El análisis de criticidad es una de las metodologías que integran la práctica 10, sin embargo puede ser utilizada de forma efectiva para acelerar la selección, desarrollo e implantación de las restantes nueve prácticas.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. Lamentablemente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa. ¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Que criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio? El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando

las aplicaciones en el conjunto de procesos ó elementos que formen parte de la zona de alta criticidad [Huerta, 1999].

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, tasa de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado.

La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Donde la frecuencia esta asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida a: **impacto y flexibilidad operacional**, los **costos de reparación** y el **impacto en seguridad y medio ambiente**.

El **impacto operacional** está asociado al porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla o puede entenderse como la capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla (se expresa en unidades no producidas o afectadas por unidad de tiempo).

Los **costos de reparación** se refieren a los costos implícitos en mantenimiento o la reparación de la falla.

El **impacto en seguridad y medio ambiente** refleja la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a las personas y/o al medio ambiente.

Un análisis de criticidad tiene su máxima aplicabilidad cuando se han identificado al menos una de las siguientes necesidades:

- Ø Fijar prioridades en sistemas complejos
- Ø Administrar recursos escasos
- Ø Crear valor
- Ø Determinar impacto en el negocio
- Ø Aplicar metodologías de confiabilidad operacional

El análisis de criticidad se aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Ø Mantenimiento
- Ø Inspección
- Ø Materiales
- Ø Disponibilidad de planta
- Ø Personal

En el ámbito de mantenimiento:

Al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, detectivo e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

En el ámbito de inspección:

El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo, etc.), así como para equipos dinámicos, estáticos y estructurales.

En el ámbito de materiales:

La criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de equipos y piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de planta, es decir, podemos sincerar el stock de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo optimo de inventario.

En el ámbito de disponibilidad de planta:

Los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

A nivel del personal:

Un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentra las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

El análisis de criticidad puede realizarse atendiendo a diferentes criterios o variables permitiendo la clasificación del equipamiento con que se cuente.

Los equipos pueden clasificarse:

- 1- Por orden de importancia en A, B, C [Torres, 1999]; [González Danger & Hechavarría Pierre, 2002]; [García Garrido, 2003]; [Borroto Pentón, 2005]
- 2- En grupos: I, II y III si son muy importantes o fundamentales, normales o convencionales y auxiliares, respectivamente [De la Paz Martínez, 1996].
- 3- En equipos fundamentales o no fundamentales en la producción [MINBAS, 1986].

4- En equipos de máxima categoría (categoría A) hasta ir descendiendo a la categoría “D” en función de la incidencia que tenga la consecución de un índice de productividad alto [Ochoa Crespo, 1994].

1.5 Aspectos generales sobre la gestión de mantenimiento

Según la ISO 9000:2001, la gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. A partir de esta definición se puede entender que para desarrollar una buena gestión es preciso conocer y haber definido el objetivo u objetivos a alcanzar.

Se ha definido la gestión de mantenimiento como”...las actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada.”. (A.E.M., 1995).

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

Es importante conocer por qué se debe gestionar el mantenimiento:

1. Porque la competencia obliga a rebajar costos. Por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada planta; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que se dedique la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.

2. Porque han aparecido multitud de técnicas que es necesario analizar, para estudiar si su implantación supondría una mejora en los resultados de la empresa, y para estudiar también como desarrollarlas, en el caso de que pudieran ser de aplicación, el TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total), RCM (Reliability Centered Maintenance, Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), diversas técnicas de Mantenimiento Predictivo (Análisis vibracional, termografías, detección de fugas por ultrasonidos, análisis amperimétricos entre otros.).

3. Porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección.

4. Porque la calidad, la seguridad, y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento.

Por todas estas razones, es necesario definir políticas, formas de actuación, es necesario definir objetivos y valorar su cumplimiento, e identificar oportunidades de mejora. En definitiva, es necesario gestionar mantenimiento.

La gestión de mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones: la planificación, la organización, la ejecución y el control.

1.6 Conclusiones Parciales

1. Son diversas las denominaciones que han recibido los sistemas de mantenimiento a lo largo de la evolución del mantenimiento, coincidiendo muchos de los autores en que cualquier sistema de mantenimiento que se trate es, en definitiva, correctivo o preventivo. La mayoría de los autores

consideran evidente que a nivel empresarial no se opta por un solo sistema de mantenimiento, sino que se aplican varios de ellos, de forma integrada.

2. El mantenimiento debe tributar a la ejecución de todas aquellas actividades tendentes a mantener ó restaurar la capacidad operativa de los equipos e instalaciones productivas con el fin de contribuir a elevar la Confiabilidad Operacional de los mismos y de esta forma lograr una mayor eficiencia en su explotación.
3. El análisis de criticidad permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sean más importantes y/o necesarias para mejorar la confiabilidad operacional de los equipos.
4. Se hace imprescindible en las empresas productivas realizar un análisis de criticidad del equipamiento instalado para poder definir acertadas políticas de mantenimiento y por ende garantizar una adecuada gestión del mismo.

CAPITULO 2: CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS

En este capítulo se hace una caracterización general de la Empresa de Productos Lácteos en la que se relaciona su visión y misión, así como la plantilla de personal de la Unidad Empresarial Básica Pasteurizadora de Santa Clara y del área de mantenimiento donde se realiza el diagnóstico, se añade la relación de los principales proveedores con que cuenta la empresa, su cartera de productos y los principales clientes. Además, se describen los procesos productivos de las líneas de fabricación de yogurt de soya, cresol (requesón), leche fluida, yogurt natural y queso fundido.

2.1. Caracterización General de la Empresa de productos Lácteos

La Empresa de Productos Lácteos de Villa Clara perteneciente al Ministerio de la Industria Alimenticia, se encuentra ubicada en Carretera Circunvalación y Carretera a Manicaragua, en la periferia del municipio Santa Clara, capital de la provincial central de Cuba, fue constituida oficialmente a partir de 1975, fecha en que se construyen los establecimiento de Sagua la Grande y Santa Clara, pues el de Placetas existía con anterioridad. Ya desde ese momento constituyen la empresa tres unidades organizativas de producción, las cuales se relacionan a continuación:

1. Pasteurizadora Placetas, también conocida como Cubanacán ubicada en el municipio de igual nombre. Es una instalación antigua, de más de cien años, su tecnología es de fabricación soviética y actualmente, con la excepción de la soya, cubre todas las líneas de producción de la empresa.
2. Pasteurizadora Sagua la Grande, ubicada en el municipio de igual nombre. Su tecnología es de fabricación soviética y cubre todas las líneas de producción de la empresa.
3. Pasteurizadora Santa Clara, conocida también como Productos Lácteos, se encuentra ubicada el municipio de Santa Clara, es el mayor de los

tres establecimientos, su tecnología es de fabricación checa y cubre todas las líneas de producción de la empresa.

Además, cuenta con bases de transporte en las tres unidades básicas cuya función es mantener y reparar los equipos de transporte, dos almacenes centrales y un almacén en cada establecimiento que se encargan de la conservación y almacenamiento de las diferentes materias primas, materiales y productos terminados y un taller de maquinado para la fabricación y recuperación de piezas de repuesto para insumo fabril y automotor.

Objeto Empresarial

La Resolución número 619/2004 del Ministerio de Economía y Planificación aprobó el Objeto Empresarial de la Empresa de Productos Lácteos “La Villareña” de Santa Clara, precisando los elementos y fundamentos en que se sustenta el funcionamiento de la organización empresarial estableciéndose las siguientes funciones:

- v Llevar a cabo la compra venta de leche fresca en moneda nacional y divisa.
- v Producir, distribuir y comercializar de forma mayorista leche fluida, leche en polvo, mezclas físicas alimenticias en polvo, yogurt, helados, productos derivados de la leche, quesos y otros productos lácteos así como productos derivados de la soya y sus análogos en moneda nacional y divisa.
- v Comercializar de forma mayorista en moneda nacional y divisa en su territorio las producciones del resto de las entidades de la Unión Láctea.
- v Ofrecer servicios de almacenamiento y de alquiler de medios de transporte refrigerados en moneda nacional.
- v Efectuar la venta minorista a los trabajadores del Sistema de la Industria Alimenticia de productos cárnicos y agrícolas procedentes del autoconsumo de moneda nacional.
- v Ofrecer servicios gastronómicos en moneda nacional a los trabajadores de la entidad así como al sistema del Ministerio de la Industria Alimenticia, mediante instalaciones rústicas.

- v Realizar la compra de quesos al sector campesino en moneda nacional.

Las características fundamentales de esta organización son:

1. El cumplimiento de las entregas diarias de la leche pasteurizada y el yogurt de soya a la población de Santa Clara.
2. La profesionalidad y experiencia de los trabajadores y el personal de administración que controla y dirige el Combinado.

Misión de la Empresa

Lograr la satisfacción, con una calidad en constante aumento y con eficiencia, de las exigencias crecientes de la población tanto en los productos de la canasta básica como los del mercado en divisas a través de un trabajo consolidado de los colectivos laborales con la conducción acertada de los equipos de dirección que posibiliten el desarrollo de la empresa y su adaptación a las transformaciones permanentes del sistema de la Unión Láctea.

La **Visión** se caracteriza por:

- v La Empresa de Productos Lácteos “La Villareña” implanta y aplica el expediente de Perfeccionamiento Empresarial.
- v Logra un funcionamiento estable de todas sus líneas de producción.
- v Su sistema de contabilidad ostenta la condición de CONFIABLE.
- v Las salas de refrigeración y de calderas obtienen y mantienen la condición de EFICIENTES, logrando un óptimo aprovechamiento de los portadores energéticos.
- v Elimina la distribución de los productos a granel. El envasado cumple con los requisitos establecidos por la Oficina Nacional de Normalización.
- v La calidad de las producciones se mantienen en constante aumento, tanto en los destinados a la canasta básica como aquellos cuyo destino es el mercado interno en divisas. Se introduce en la empresa el concepto de Producciones Limpias.
- v El Departamento de Mercado abastece con sus productos el 90% del mercado de la provincia y colma el 100% del cayerío norte de la

provincia con todos los productos que comercializa el sistema de la Unión Láctea.

- v Las marcas afianzan su posición en el mercado interno en divisas. Logrando el perfeccionamiento de la Imagen Global de la Empresa estrechando la relación entre: la imagen corporativa con el radio de acción, su posición en el mercado y el reconocimiento social de los productos.

Para el cumplimiento de los objetivos, misión y compromisos de producción la empresa cuenta con una plantilla de 946 trabajadores, de los que son profesionales un 15 %; son militantes del PCC 161 y 54 militan en las filas de la UJC. De un total de 214 mujeres, 5 de ellas son dirigentes, lo que representa un 2,3 %, distribuyéndose según se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Plantilla de Personal de la Empresa

(Fuente: Elaboración propia)

Categoría	Plantilla Aprobada y Cubierta
Obreros	581
Administrativos	35
Servicios	122
Técnicos	183
Dirigentes	25
Total	946

De ellos:

- v 92 Universitarios.
- v 563 Técnicos Medios y Pre-Universitarios.
- v 217 Noveno Grado.
- v 72 Otros de menor nivel.

2.2. Caracterización de la UEB Pasteurizadora de Santa Clara

En la UEB Pasteurizadora de Santa Clara también conocido como Productos Lácteos se han introducido una serie de cambios en sus líneas de producción

que a su vez han provocado cambios sustanciales en su estructura organizativa: se creó una línea de fabricación de helados con un jefe de brigada subordinado directamente al Jefe de Planta de Producción, se sustituyó la línea de llenaje de leche en pomos por una línea de embolsado así como se creó una línea de embolsado de yogurt de soya con dos jefes de brigada ambos subordinados directamente al Jefe de Planta, el jefe del sector de mantenimiento que aparecía subordinado al jefe de planta así como el jefe de servicios generales que aparecía subordinado al jefe de abastecimiento pasan a ser subordinados del Administrador, se creó una nueva línea de fabricación de queso y una nevera de producción terminada destinados al mercado en divisas, se creó una línea de envasado y retractilado de yogurt de potes destinados al mercado en divisas. Después de estos cambios la estructura organizativa quedó ajustada como se muestra en el Anexo #.1

Para esta estructura la plantilla cubierta es de 381 trabajadores que se agrupan por categoría en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Plantilla de Personal de la UEB Pasteurizadora de Santa Clara

(Fuente: Elaboración propia)

Categoría	Plantilla Cubierta
Obreros	267
Administrativos	16
Servicios	31
Técnicos	49
Dirigentes	9
Total	372

De ellos:

- v 18 Universitarios.
- v 105 Técnicos Medios
- v 95 Pre-Universitarios
- v 126 Noveno Grado.
- v 46 Otros de menor nivel.

Durante los primeros años de la década del 90 la empresa tuvo un decrecimiento del 50% respecto al año 1989 que fue el de mayor producción motivada, principalmente, por la falta de materia prima (acopio de leche). A partir del año 1995 comienza a producirse una discreta recuperación del acopio de leche y por tanto la producción se incrementa, a todo esto se une las inversiones realizadas, la introducción de los productos derivados de la soya y el comienzo de la producción de helados.

La recuperación de los volúmenes de acopio de leche, se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Recuperación en el acopio de leche

(Fuente: Documento de la empresa)

Año	U.M	Cantidad
1995	M. litros	9556.40
2003	M. litros	17332.80
2004	M. litros	18066.40
2005	M.litros	16174.70
2006	M. litros	21800

La leche acopiada en los últimos tres años ha tenido un incremento significativo con respecto a 1995 gracias al cumplimiento de los suministros de varios proveedores. En el año 2005 se registró una ligera disminución con respecto al 2003 y 2004 debido a la intensa sequía que afectó al país en esta última etapa.

Los principales proveedores se relacionan a continuación:

- v Empresa Pecuaria “La Vitrina”
- v Empresa Pecuaria “La Sierra”
- v Unión Láctea

- v Empresa de Productos Lácteos Bayamo
- v Empresa de Productos Lácteos (Río Zaza)
- v Complejo Lácteo de la Habana
- v MINAZ
- v CUPET
- v Empresa Electroquímica (Elpidio Sosa)
- v Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia
- v Empresa Pecuaria Santa Clara
- v Empresa Pecuaria Placetas
- v Empresa Pecuaria Cascajal
- v Empresa Pecuaria Remedios
- v Empresa Pecuaria Macún

El mejor uso de las materias primas y la conciencia creada en el colectivo laboral de producir con eficiencia permitió a la empresa la reanimación de sus indicadores económicos a partir de su cartera de productos la cual está compuesta por:

- v Leche
- v Quesos
- v Yogurt natural y de sabores
- v Yogurt de soya o soyurt
- v Queso crema de soya
- v Helados
- v Mezclas físicas

Los principales clientes a los que se ofertan las producciones son:

- v Empresas Municipales de Gastronomía de la provincia
- v Empresa de Productos Lácteos Metropolitana
- v Empresa de Productos Lácteos Holguín
- v Comercializadora Coopelia (Agencias Habana, Varadero y Morón)
- v Empresa Constructora de Obras para el Turismo
- v Dirección Provincial de Salud
- v Dirección Provincial de Educación

- v Sector del Turismo (Cubanacán, Horizontes, Gran Caribe, Islazul, Rumbos etc.)
- v Cadenas de Tiendas (TRD, Caracol, CIMEX, Cubalse)
- v Cadena del MINCIN

El comportamiento de los indicadores en el año 2005 de la Pasteurizadora Santa Clara, se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Comportamiento de los Indicadores año 2006

(Fuente: Documentos de la empresa)

Indicadores	U.M	Cantidad
Leche fluida	MP	8574.9
Yogurt	MP	803.9
Soyurt	MP	3388.1
Queso Fundido	MP	248.6
Queso Crema de Soya	MP	86.1
Cresol	MP	41.3
Lactosoy	MP	231.0

La Pasteurizadora consta de un área de mantenimiento subordinada al administrador la cual apoya el desarrollo eficiente del proceso productivo en caso de presentarse dificultades provocadas por el equipamiento tecnológico instalado. Los equipos disponibles son obsoletos de prolongada explotación y con carencia de piezas de repuesto por falta de recursos materiales y financieros.

Objetivos del mantenimiento:

Conservar todo el equipamiento, edificios y servicios, minimizando las fallas imprevistas de manera que aumente la productividad, disminuyendo los costos y garantizando la seguridad, o sea, contribuir a la eficiencia de la organización.

Misión del área de mantenimiento:

Garantizar, con eficiencia y calidad, el estado técnico del equipamiento tecnológico y de la instalación, a través de una adecuada planificación, así como el aseguramiento y ejecución de la actividad de mantenimiento, con el

debido control de los recursos energéticos, respaldado por un equipo de técnicos con experiencia.

La plantilla aprobada para cumplir con su misión se muestra en la tabla 2.5

Tabla 2.5 Plantilla de Personal del Área de Mantenimiento

(Fuente: Elaboración propia)

Categoría	Plantilla Cubierta
Obreros	51
Administrativos	-
Servicios	-
Técnicos	2
Dirigentes	1
Total	54

De ellos:

- v 2 Universitarios
- v 36 Técnicos Medios
- v 16 Pre-Universitarios

La estructura organizativa del área se muestra en el Anexo #2 y sus funciones se explican a continuación:

La brigada de eléctricos de mantenimiento e instrumentistas está compuesta por nueve obreros, tres eléctricos de mantenimiento A, uno de ellos jefe de brigada (obrero con cargo), dos eléctrico de mantenimiento B y dos C y dos mecánicos electricista montadores de equipos de medición y control, uno A y otro B.

La Brigada de Mecánicos de un total de 16 mecánicos, seis son mecánicos “A”, siendo uno de ellos el jefe de brigada, siete mecánicos “B” y tres mecánicos “C”.

Brigada de Taller de maquinado y Sala de máquina de un total de 25 obreros, tres mecánicos de refrigeración A, uno de ellos jefe de brigada (obrero con cargo), dos soldadores A, un engrasador, ocho operadores de instalaciones de aire, agua y refrigeración, cuatro operadores de caldera, dos operario B de

plantas de trabajo de agua, tres operadores de maquinas de herramientas, un pañolero y un mecánico de taller A.

2.2.1 Descripción del Sistema de Mantenimiento Actual

En el área de mantenimiento existe el registro de todos los objetivos de mantenimiento y ciclo de reparación de los mismos dividido por áreas de trabajo y líneas de producción, este registro consta de una ficha técnica, una tarjeta de control de piezas de repuesto y la guía de lubricación, además, de forma general, se lleva una tarjeta señalando todas las interrupciones del establecimiento.

La planificación del mantenimiento del año se realiza sobre la base de la experiencia de años anteriores y teniendo en cuenta la complejidad y vida útil del equipo se le planifica su mantenimiento una o dos veces al año, en el caso de los pasteurizadores; si se le efectúa un buen mantenimiento sólo es necesario una vez al año. A la hora de planificar los mantenimientos se hace una revisión de la orden de trabajo de la reparación anterior, arrojando los resultados de las operaciones precedentes lo cual ayuda en la toma de decisiones posteriores (muchas veces se da el caso que los rodamientos con desgaste, roturas de las mallas de los molinos, así como la quemadura de los motores de los mismo, cubren el período de dos mantenimientos planificados debido a la no existencia de estos en el almacén). De esta planificación anual se desagregan los planes mensuales que se entrega a cada obrero según el área que atiende.

Para garantizar el óptimo estado técnico de los equipos se realizan tres tipos mantenimiento:

1. **Mantenimiento Planificado:** Se realiza basado en la experiencia y se ejecuta atendiendo a las posibilidades y prioridades de la producción. En ocasiones se alarga el tiempo entre mantenimientos planificados por la carga de producción que existe en ese momento. Dentro de la planificación se tiene en cuenta el tiempo de las gestiones en la compra de las piezas, la cual se realiza a través de la Unión Láctea y en muchas

ocasiones no llegan y se resuelven mediante gestiones de la propia empresa.

2. **Mantenimiento según la Condición** (también denominado **Predictivo**): este se deriva de la inspección que realiza diariamente el mecánico en el área, la cual se hace de forma visual, audible y al tacto, para detectar deficiencias que puedan, en algún momento, afectar el proceso productivo.
3. **Mantenimiento Correctivo** (en el área lo denominan **Imprevisto**): se realiza cuando la rotura detectada no tiene solución a corto plazo y conlleva a la paralización del proceso productivo. No se planifica asignación para este tipo de operación pues las piezas se van haciendo en la medida que aparecen los insumos y materiales necesarios para elaborarlas.

Una vez detectado el fallo, el mecánico, si no lo puede resolver, informa al jefe de brigada y este al jefe de mantenimiento para tomar la decisión sobre el problema. De esta decisión pueden surgir dos variantes, una es elaborar una orden de trabajo si el fallo tiene solución a corto plazo pues el establecimiento posee un “stock” de piezas críticas. De no tener solución se añade el nombre del componente al banco de problemas de la empresa y se comienza la gestión de compra de este recurso, gestión que en la mayoría de las ocasiones demora, debido a los procedimientos establecidos.

Principales deficiencias del área de mantenimiento:

- v No se realiza una adecuada planeación de la producción que permita realizar los mantenimientos preventivos en los plazos previstos.
- v No existe una adecuada gestión de compra de piezas de repuesto.
- v No se llevan los costos del mantenimiento.
- v Insuficiente presupuesto para la compra de materiales de mantenimiento.
- v La empresa no cuenta con un procedimiento para la contratación de los servicios de mantenimiento.
- v Insuficiente capacitación a los trabajadores de mantenimiento.

- v Deficiente iluminación en la mayoría de los locales de mantenimiento.
- v No se calculan los índices de gestión que debe llevar el área de mantenimiento.
- v Las herramientas y máquinas – herramientas no son las necesarias para la realización de las actividades de mantenimiento a pesar de que se encuentran en buen estado.
- v Déficit de instrumentos de medición y calibración.
- v Desgastes de los equipos provocados por la carga de trabajo diaria.
- v Existencia de equipos obsoletos con más de 10 años de explotación.
- v No existe nivel de informatización.
- v Ausencia de documentación técnica e historial en algunos equipos.
- v El Combinado por ser una entidad productora le resta importancia al mantenimiento.

2.2.2 Descripción de las líneas productivas

2.2.2.1 Línea del yogurt de soya o soyurt

La carencia de piezas de repuesto y la exigencia de gran cantidad de equipos obsoletos, que han tenido un tiempo prolongado de explotación, limitan la obtención de mayores volúmenes productivos, en este caso se encuentra la línea de fabricación de yogurt de soya (ver Anexo #3), la cual, a pesar de tener pocos años de explotación presenta un régimen de trabajo alto, debido a que este producto de la canasta básica hay que ofertarlo diaria e ininterrumpidamente a la población. Además de ser la línea que más problemas presenta a la hora de darle el mantenimiento planificado, por lo explicado anteriormente y por la disponibilidad de recursos.

El flujo productivo comienza con la extracción del almacén de 64 sacos de fríjol de soya sin cáscara, estos se trasladan en un montacargas hacia el área de procesamiento, una vez allí se vierte saco a saco el producto en un embudo que alimenta al dosificador de soya que deposita 13.4 Kg/min. de fríjol al tornillo sin fin que demora diez minutos en ablandarlos con una solución de bicarbonato al 0,5%, después se vierte a otro dosificador que suministra la misma cantidad a

otro molino y este alimenta al tanque colector, de aquí se bombea al calefactor de leche donde se calienta el líquido que luego cae al retenedor el cual se encarga de rectificar la temperatura hasta los 135 grados (el líquido que no alcanza esta temperatura se devuelve al molino número uno para volver a procesarlo en el tanque colector), luego este líquido pasa al tanque de flacheo donde se liberan los gases a la atmósfera perdiendo el sabor a frijol y el líquido producto final sale al molino número dos para terminar de triturar las partículas que queden y luego una bomba lo impulsa a los depósitos de leche estandarizada, donde se le incorpora el sirope, seguidamente se pasa esta leche de soya con sirope a los tanques fermentadores donde se le añade el sabor y se realiza la adicción del cultivo industrial obteniéndose soyurt listo para embolsar. El yogurt de soya una vez envasado en bolsas cae en una estera que lo traslada hasta donde se encuentra un operario que se encarga de colocar manualmente las bolsas en cestos plásticos. El producto terminado se almacena en la nevera de conservación para mantener su temperatura hasta su posterior distribución.

2.2.2.2 Línea de leche concentrada

Esta línea es de gran importancia en la empresa debido a que es la encargada de producción de leche para los niños de 0-2 años de edad, la cual es distribuida a la población diariamente (ver Anexo #4)

El flujo productivo comienza por el recibo de la leche acopiada por la empresa y para ello se cuenta con tanque de recibo con capacidad de 1000 lts, luego es transportada por una bomba sanitaria capaz de bombear 1000 lts/h hacia la cortina de frío donde se enfría la leche para evitar que se corte, una vez enfriada es llevada por una bomba hacia los tanques de almacenamiento, para de ahí ser llevada al pasteurizador mediante una bomba, donde se realizan procesos de calentamiento y enfriamiento de la leche con el fin de hervirla y darle salida con una temperatura de 6 °C ya pasteurizada. Simultáneamente a este proceso se realiza la homogenización de la leche en polvo diluida en agua, pero con una alta concentración de leche y la grasa, en el equipo llamado homogenizador, (la grasa proviene de un tanque de almacenamiento, llamado

tanque de la grasa y transportado hacia allí mediante una bomba, la leche diluida en agua proviene del cuarto del polvo, donde se encuentra la leche en polvo en sacos y luego es diluida y transportada por una bomba hasta el homogenizador).

Después de estar la leche fluida pasteurizada y la leche en polvo diluida con gran concentración y la grasa homogenizada, son unidas en el tanque de unión (llevadas hasta ahí ambas mediante una bomba), obteniéndose leche concentrada, la cual es bombeada por una bomba de diafragma hacia el pasteurizador donde se prepara la leche para su posterior embolsado.

2.2.2.3 Línea de elaboración del cresol (requesón)

Este producto es un complemento de la merienda escolar que se distribuye diariamente a las primarias, secundarias. Además de utilizarse en todos los centros educacionales y de trabajo de la provincia en apoyo a la dieta, tiene gran aceptación. En la fabricación de este producto intervienen la mayoría de equipos productivos de la línea de fabricación de soyurt por lo que están expuestos también a un riguroso régimen de trabajo, para su mayor entendimiento (ver Anexo #5). El flujo productivo comienza con la extracción del almacén de los sacos de fríjol de soya sin cáscara, estos se trasladan en un montacargas hacia el área de procesamiento, una vez allí se vierte saco a saco el producto en un embudo que alimenta al dosificador de soya que deposita 13.4 Kg/min. de fríjol al tornillo sin fin que demora diez minutos en ablandarlos con una solución de bicarbonato al 0,5%, después se vierte a otro dosificador que suministra la misma cantidad a otro molino y este alimenta al tanque colector, de aquí se bombea al calefactor de leche donde se calienta el líquido que luego cae al retenedor el cual se encarga de rectificar la temperatura hasta los 135 grados (el líquido que no alcanza esta temperatura se devuelve al molino número uno para volver a procesarlo en el tanque colector), luego este líquido pasa al tanque de flacheo donde se liberan los gases a la atmósfera perdiendo el sabor a fríjol y el líquido producto final sale al molino número dos para terminar de triturar las partículas que queden y luego una bomba lo impulsa hacia un tanque con agitador, donde se le añade la grasa, la sal y el

cultivo, para ser mezclados, luego es homogenizada la masa y enviado por una bomba hacia área de llenaje donde es envasado manualmente en tanquetas de 20 lts.

2.2.2.4 Línea de elaboración del yogurt natural

La elaboración de este producto (ver Anexo #6) reporta a la empresa beneficios, ya que es distribuido principalmente en las cadenas hoteleras, por lo que es una de las fuentes de obtención de divisa y de ahí el fin de su elaboración. Además de ser distribuido en algunos casos en los círculos infantiles.

El flujo productivo comienza con el recibo de la leche acopiada, luego es enviada a la cortina de frio por una bomba donde se enfría la leche para evitar que esta se eche a perder y transportada hacia el pasteurizador donde se realizan procesos de calentamiento y enfriamiento de la leche con el fin de hervirla y darle salida con una temperatura de 6 °C, ya pasterizada la leche es llevada a los tanques almacenamiento, donde tiene dos destinos.

Una parte de la leche va hacia el cuarto de cultivo donde se encuentran ubicados dos tanques con capacidad de 1000 lts a los cuales se añade la muestra y se le da un tiempo de 3.5 hrs para que este listo el cultivo. La otra parte va hacia el tanque de fermentación donde se le añade el cultivo, elaborado en el cuarto de cultivo y enviado ahí por tubería mediante una bomba, luego se le aumenta la temperatura hasta que alcance la coagulación y quede elaborado el yogurt listo para su envase.

2.2.2.5 Línea de elaboración de queso fundido

Su elaboración es de gran importancia (ver Anexo #7), ya que es uno de los productos que mas CUC aporta a la empresa, debido de que es vendido a cadenas hoteleras y de tiendas. Además de ser vendido en moneda nacional a la empresa de gastronomía provincial para su distribución en diferentes restaurantes, pizzerías y merenderos de la localidad.

El flujo productivo comienza con el recibo de la leche acopiada, luego es enviada a la cortina de frio por una bomba donde se enfría la leche para evitar que esta se eche a perder y transportada hacia el pasteurizador donde se

realizan procesos de calentamiento y enfriamiento de la leche con el fin de hervirla y darle salida con una temperatura de 6°C , ya pasteurizada la leche es llevada a los tanques almacenamiento, la cual es enviada a los tanques de elaboración donde se calienta la leche hasta que alcance una temperatura de 38°C y luego se le añade el cortante, se obtiene la cuajada y es extraído el suero. La cuajada obtenida es embolsada manualmente en sacos, ubicándolos sobre paletas 3 días para que suelte el suero que le queda, una vez ocurrido esto es transportado en una carretilla por un trabajador hacia el tachó (tanque con agitador que se le suministra vapor) y se obtiene el queso fundido, el cual es envasado manualmente en tanquetas de 20 lts y llevado hacia las neveras donde es almacenado.

2.3 Conclusiones parciales

1- Las líneas de producción más importantes de la Pasteurizadora Santa Clara son la de yogurt de soya y la leche concentrada debido a que este producto es de la canasta básica, hay que ofertarlo diaria e ininterrumpidamente a la población, presentando estos equipos altos niveles de producción e interrupciones considerables.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL EQUIPAMIENTO PRODUCTIVO EN LA PASTEURIZADORA SANTA CLARA

En este capítulo se realiza el análisis de criticidad y la determinación de modo de fallo de los equipos que como resultado del análisis de criticidad resulten de alta y mediana criticidad en las líneas productivas de yogurt de soya y leche concentrada. En el caso de yogurt de soya porque es un producto que es repartidos en todos los centros de enseñanza primaria y secundaria como parte de la merienda escolar, en el caso de la enseñanza secundaria en sustitución del almuerzo. También su fabricación requiere de un gran número de equipos, los cuales son utilizados en su gran mayoría en la fabricación de cresol (requesón) y por lo tanto requieren de un buen estado técnico para lograr los rigurosos planes de producción. En el caso línea de leche concentrada debido a que es un producto destinado para distribución de niños con edades entre 0 y 2 años de edad por lo que producción de dicho producto no puede ser interrumpida, además presenta gran cantidad de equipos de los cuales muchos son utilizados en la fabricación de yogurt natural y queso fundido.

3.1 Procedimiento multicriterio para el análisis de criticidad

Para la realización de dicho análisis se utilizará el procedimiento propuesto por Alfonso Llanes [2004]. Este procedimiento consta de nueve pasos y se basa en un método multicriterio discreto para la toma de decisiones, se calcula el peso de los criterios a través del método de la entropía y la suma pondera.

Es bastante conveniente en la decisión multicriterio que unos criterios tengan para el decisor más relevancia que otros. Por circunstancias muy diversas, entre las que lógicamente están sus preferencias personales, el decisor puede considerar más o menos importante a un criterio que a los restantes. Se denominan pesos (o ponderaciones) a estas medidas de la importancia relativa que los criterios tienen para el decisor.

Existe un método muy simple denominado Suma ponderada. Este método es muy sencillo pero conviene detallar con precisión los datos de partida. Hay que tener en cuenta que en este caso, se considerarán como alternativas, los equipos de las líneas productivas que se analizarán atendiendo a un grupo de criterios como son: costos de mantenimiento, tiempo medio entre fallos,

disponibilidad de los equipos entre otros, los cuales se seleccionan atendiendo a un trabajo en grupo realizado con especialistas de la empresa. A continuación se explica el procedimiento.

1. Se parte de un problema con m alternativas $a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$ (equipos) y n criterios $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$. Cada criterio está representado por una función de utilidad $u_j(a_i)$. Cada valor a_{ij} proviene, bien de la construcción de una verdadera función de utilidad, bien de una evaluación natural, si se trata de un criterio cuantitativo como costos, disponibilidad, otros. Lo primero que se obtiene es la matriz de decisión.

a_{ij} : evaluación

Alternativas (Equipos)	Criterios			
	c_1	c_2		c_n
a_1	$a_{1,1}$	$a_{1,2}$	...	$a_{1,n}$
a_2	$a_{2,1}$	$a_{2,2}$	...	$a_{2,n}$
▪	▪	▪	▪	▪
▪	▪	▪	▪	▪
▪	▪	▪	▪	▪
a_m	$a_{m,1}$	$a_{m,2}$	...	$a_{m,n}$

2. Se homogeniza la matriz resultante, esto es llevar todos los criterios a mínimo o a máximo a través de la siguiente transformación:

$$h_{ij} = \frac{1}{\text{valor que se quiere llevar a mínimo o a máximo}}$$

3. Se Normaliza la matriz homogeneizada, utilizando la expresión siguiente:

$$f_{ij} = \frac{h_{ij}}{\sum_{i=1}^m h_{ij}}$$

4. Se calculan los pesos de los criterios mediante el método de la entropía.

Método de la Entropía

- Se parte de las evaluaciones f_{ij} ya normalizadas.
- Se calcula la entropía E_j de cada criterio: $E_j = -k \sum f_{ij} \log f_{ij}$, donde k es una constante que se ajusta

para que siempre sea $0 \leq E_j \leq 1$ para todo j . Por lo que para $k = \frac{1}{\log m}$ se consigue lo anterior.

- La entropía E_j de un criterio es tanto mayor cuanto más iguales son sus evaluaciones a_{ij} . Precisamente lo contrario de lo que gustaría que ocurriera si E_j fuese a ser un valor aproximado del peso de w_j del criterio. Se utiliza por tanto una medida opuesta que se puede bautizar como la diversidad D_j del criterio:

$$D_j = 1 - E_j$$

- Finalmente normalizando a suma uno, las diversidades D_j se obtiene los pesos buscados:

$$w_j = D_j / \sum D_j$$

5. Para cada alternativa se calcula su evaluación global, esto es:

$$R(a_i) = \sum w_j * f_{ij}$$

6. Se calcula $RR(a_i) = \frac{R(a_i)}{\sum_{i=1}^m R(a_i)}$ para cada equipo.

7. Se ordenan los equipos en función de su valor de $RR(a_i)$, comenzando por aquel que menor valor arroje.

8. Se determina la suma acumulada para cada equipo (Sa_i) como sigue:

$$Sa_i = RR(a_1)$$

$$Sa_2 = RR(a_1) + RR(a_2)$$

9. Se realiza la selección de los equipos a incluir en cada una de las clasificaciones de criticidad:

- Equipamiento con alta criticidad: los que posean una Sa_i entre 0.80 y 1.00
- Equipamiento con mediana criticidad: los que posean una Sa_i entre 0.45 y 0.79
- Equipamiento con baja criticidad: los que posean una Sa_i entre 0 y 0.44

A continuación se realiza el análisis de criticidad teniendo en cuenta el procedimiento descrito. Los criterios a tener en cuenta en este análisis de criticidad son: disponibilidad (%), tiempo medio entre fallo (h), tiempo medio

para la reparación (h) y costo de la reparación (MP). Todos los datos recopilados para el cálculo de dichos criterios se pueden ver, en el caso de yogurt de soya en el Anexo #8 y para la leche concentrada en el Anexo #9. Estos datos fueron tomados del año 2006.

3.2 Análisis de criticidad del equipamiento productivo de la línea de yogurt de soya

Una vez obtenida la información primaria se realiza el cálculo de cada uno de los criterios a analizar, resultando la tabla 3.1, siendo esta la matriz de decisión a la que se hace referencia en el paso 1 del procedimiento para la realización del análisis de criticidad.

En la tabla 3.2 se muestra la matriz homogeneizada y en la tabla 3.3 se obtuvo la matriz normalizada con los valores de Entropía, Diversidad, Peso para cada criterio, los $R(a_i)$ y $RR(a_i)$ para cada equipo. Es importante señalar que ya obtenido el $RR(a_i)$ se calcula el SSa_i lo cual permite determinar los equipos de alta, mediana y baja criticidad.

Para el caso que se presenta, línea de yogurt de soya, los equipos críticos atendiendo a los criterios analizados son: el Molino 1 y la Máquina Embolsadora.

Tabla 3.1 Estado actual de cada criterio por equipo de la línea de yogurt de soya

Equipos	Disponibilidad	TMEF	TMPR	Costo
Dosificador de grano	0.9625	189.8	3.92	0.6612
Transportador Sin - fin	0.9602	348	10	1.0622
Dosificador de grano	1	2088	0	0
Molino No. 1	0.9131	46.4	3.5	4.8495
Bomba de diafragma	0.935	65.25	3.47	1.6254
Calefactor de leche	0.9701	109.89	2.05	0.3899
Retenedor de 8000 L/h	0.9692	67.35	1.32	0.5533
Tanque de flasheo	1	2088	0	0
Molino No. 2	0.9611	208.8	5.8	1.4639
Bomba sanitaria	0.9602	109.89	3.5	1.5136
Tanque fermentadores	0.9578	208.8	6.5	0.7707
Bomba de diafragma	0.9829	696	4	0.2187

Máquina embolsadora	0.8444	3.47	0.49	3.9306
---------------------	--------	------	------	--------

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.2 Matriz homogenizada

Equipos	Disponibilidad	TMEF	TMPR	Costo
Dosificador de grano	1.0389	0.0052	3.92	0.6612
Transportador Sin - fin	1.0414	0.0028	10	1.0622
Dosificador de grano	1	0.0004	0	0
Molino No. 1	1.0951	0.0215	3.5	4.8495
Bomba de diafragma #1	1.0695	0.0153	3.47	1.6254
Calefactor de leche	1.0308	0.0091	2.05	0.3899
Retenedor de 8000 L/h	1.0317	0.0148	1.32	0.5533
Tanque de flasheo	1	0.0004	0	0
Molino No. 2	1.0404	0.0047	5.8	1.4639
Bomba sanitaria	1.0414	0.0091	3.5	1.5136
Tanque fermentadores	1.044	0.0047	6.5	0.7707
Bomba de diafragma #2	1.0173	0.0014	4	0.2187
Máquina embolsadora	1.1842	0.2881	0.49	3.9306

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.3 Matriz normalizada con los valores de Entropía, Diversidad, Peso para cada criterio, los $R(a_i)$ y $RR(a_i)$ para cada equipo.

Equipos	Disponibilidad	TMEF	TMPR	Costo	$R(a_i)$	$RR(a_i)$
Dosificador de grano 1	0.0761	0.0137	0.0879	0.0388	0.0303	0.0303
Transportador Sin - fin	0.0763	0.0074	0.2244	0.0623	0.0519	0.0519
Dosificador de grano 2	0.0733	0.001	0	0	0.0007	0.0007
Molino No. 1	0.0803	0.0569	0.0785	0.2846	0.1099	0.1099
Bomba de diafragma #1	0.0784	0.0405	0.0778	0.0953	0.0581	0.0581
Calefactor de leche	0.0756	0.0241	0.046	0.0228	0.0271	0.0271
Retenedor de 8000 L/h	0.0757	0.0392	0.0296	0.0324	0.0363	0.0363
Tanque de flasheo	0.0733	0.001	0	0	0.0007	0.0007
Molino No. 2	0.0763	0.0124	0.1301	0.0859	0.0461	0.0461
Bomba sanitaria	0.0764	0.0241	0.0785	0.0888	0.0464	0.0464
Tanque fermentadores	0.0765	0.0124	0.1459	0.0452	0.0396	0.0396
Bomba de diafragma #2	0.0746	0.0037	0.0897	0.0128	0.0186	0.0186
Máquina embolsadora	0.0868	0.7631	0.0109	0.2306	0.533	0.533
Entropía E_j	0.9986	0.4065	0.859	0.794		
Diversidad D_j	0.0014	0.5935	0.141	0.206		
Peso P_j	0.0015	0.6301	0.1496	0.2187		

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.4 Equipos ordenados según su $RR(a_i)$, $S(a_i)$ y criticidad.

Equipos	$RR(a_i)$	$S(a_i)$	Criticidad
---------	-----------	----------	------------

Dosificador de grano 2	0.0007	0.0007	Baja
Tanque de flasheo	0.0007	0.0014	Baja
Bomba de diafragma #2	0.0186	0.02	Baja
Calefactor de leche	0.0271	0.0471	Baja
Dosificador de grano 1	0.0303	0.0774	Baja
Retenedor de 8000 L/h	0.0363	0.1137	Baja
Tanque fermentadores	0.0396	0.1533	Baja
Molino No. 2	0.0461	0.1994	Baja
Bomba sanitaria	0.0464	0.2458	Baja
Transportador Sin - fin	0.0519	0.2977	Baja
Bomba de diafragma #1	0.0581	0.3558	Baja
Molino No. 1	0.1099	0.4657	Mediana
Máquina embolsadora	0.533	0.9987	Alta

(Fuente: Elaboración propia)

3.3 Análisis de criticidad del equipamiento productivo de la línea de leche concentrada

En el análisis de criticidad de esta línea no se incluirá el equipo destinado al embolsado de leche debido a que es el mismo que se utiliza en el llenado de las bolsas yogurt ya analizado y dando como resultado de alta criticidad.

Para realizar el análisis de criticidad del equipamiento de esta línea productiva se procede de igual manera que en el epígrafe 3.1.

En la tabla 3.5 se puede apreciar la matriz de decisión y el resultado restante, en las tablas 3.6, 3.7 y 3.8. El equipamiento que resulta crítico para esta línea es el siguiente: Bomba #4, Cortina de frío y Pasteurizador.

Tabla 3.5 Estado actual de cada criterio por equipo de la línea de leche concentrada

Equipos	Disponibilidad	TMEF	TMPR	Costo
Tanque de recibo	1	2088	0	0
Bomba #1	0.9805	522	4.25	0.3619
Cortina de frío	0.9507	174	8	0.313
Tanque de almacenamiento	0.9715	1044	6	0.1439
Bomba #2	0.9848	696	2.66	0.0659
Pasteurizador	0.8728	61.41	7.66	0.819
Bomba #3	0.9848	696	2.66	0.0618
Tanque de grasa	0.9959	2087.5	0.5	0.0036
Homogenizador	1	2088	0	0
Tanque de unión	1	2088	0	0
Bomba #4	0.9734	232	3.55	0.4789
Equipos	Disponibilidad	TMEF	TMPR	Costo
Bomba de diafragma	0.9843	1044	4	0.0784

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.6 Matriz homogenizada

Equipos	Disponibilidad	TMEF	TMPR	Costo
Tanque de recibo	1	0.0004	0	0
Bomba #1	1.0198	0.0019	4.25	0.3619
Cortina de frío	1.0518	0.0057	8	0.313
Tanque de almacenamiento	1.0293	0.0009	6	0.1439
Bomba #2	1.0154	0.0014	2.66	0.0659
Pasteurizador	1.1457	0.0162	7.66	0.819

Bomba #3	1.0154	0.0014	2.66	0.0618
Tanque de grasa	1.0041	0.00047	0.5	0.0036
Homogenizador	1	0.0004	0	0
Tanque de unión	1	0.0004	0	0
Bomba #4	1.0273	0.0043	3.55	0.4789
Bomba de diafragma	1.0159	0.0009	4	0.0784

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.7 Matriz normalizada con los valores de Entropía, Diversidad, Peso para cada criterio, $R(a_i)$ y $RR(a_i)$ para cada equipo.

Equipos	Disponibilidad	TMEF	TMPR	Costo	$R(a_i)$	$RR(a_i)$
Tanque de recibo	0.0811	0.0116	0	0	0.0046	0.0046
Bomba #1	0.0827	0.0552	0.1081	0.1555	0.1056	0.1056
Cortina de frío	0.0853	0.1658	0.2036	0.1345	0.1623	0.1623
Tanque de almacenamiento	0.0835	0.0261	0.1527	0.0618	0.0701	0.0701
Bomba #2	0.0823	0.0407	0.0677	0.0283	0.0422	0.0422
Pasteurizador	0.0929	0.4713	0.195	0.352	0.3614	0.3614
Bomba #3	0.0823	0.0407	0.0677	0.0265	0.0415	0.0415
Tanque de grasa	0.0814	0.0136	0.0127	0.0015	0.0088	0.0088
Homogenizador	0.0811	0.0116	0	0	0.0046	0.0046
Tanque de unión	0.0811	0.0116	0	0	0.0046	0.0046
Bomba #4	0.0833	0.1251	0.0903	0.2058	0.1478	0.1478
Bomba de diafragma	0.0824	0.0261	0.1018	0.0337	0.0464	0.0464
Entropía E_j	0.9986	0.6982	0.8205	0.7018		
Diversidad D_j	0.0014	0.3018	0.1795	0.2982		
Peso P_j	0.0017	0.3864	0.2298	0.3818		

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.8 Equipos ordenados según su $RR(a_i)$, $S(a_i)$ y criticidad.

Equipos	$RR(a_i)$	$S(a_i)$	Criticidad
Tanque de recibo	0.0046	0.0046	Baja
Homogenizador	0.0046	0.0092	Baja
Tanque de unión	0.0046	0.0138	Baja

Tanque de grasa	0.0088	0.0226	Baja
Bomba #3	0.0415	0.0641	Baja
Bomba #2	0.0422	0.1063	Baja
Bomba de diafragma	0.0464	0.1527	Baja
Tanque de almacenamiento	0.0701	0.2228	Baja
Bomba #1	0.1056	0.3284	Baja
Bomba#4	0.1478	0.4762	Mediana
Cortina de frio	0.1623	0.6385	Mediana
Pasteurizador	0.3614	0.9999	Alta

Una vez obtenidos los niveles de criticidad para los equipos de las líneas productivas ya mencionadas se procede a la determinación del modo de fallo de esos equipos en las líneas de producción del yogurt de soya y leche concentrada.

3.4 Determinación del modo de fallo del equipamiento crítico de las líneas de producción de yogurt de soya y leche concentrada Molino #1(mediana criticidad)

Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de Fallo
Canasto	Soportar la maya.	No soporta la maya de forma hermética	Rotura de algún elemento
Cuchilla	Triturar la soya	Provoca la rotura de la malla	Desgaste
Malla (0.8mm)	Pasar la soya triturada	Paso de partículas con más de 0.8mm	Rajadura de la malla
Motor eléctrico	Imprimirle a la cuchilla las RPM y la potencia necesaria	No lograr la potencia y las RPM necesarias	Rotura de los rodamientos. Se queme el motor
Sello	Evitar que la soya pase para el	No garantiza la hermeticidad del	Deterioro del sello

	motor	motor	
Pulsadores	Puesta en marcha y parada del equipo	Incapaz de poner en marcha el equipo	Rotura de los contactos
Térmicos	Evitar que el motor se queme debido al aumento de la temperatura	No se dispara el térmico y motor sigue trabajando	No accione el mecanismo de control
Breaker	Protege el motor de corto circuito	No protege el motor de corto circuito	Contactos sucios. Contactos que no queden bien apoyados

Máquina Embolsadora de yogurt (alta criticidad)

Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de Fallo
Bomba	Dosificación y volumen del producto	Variar la dosificación	Desgaste del estator de goma
Válvula de solenoide	Distribuir aire para lograr el funcionamiento	No dosifica la máquina	Se quema la bobina
Vertical de la maquina	Sella la bolsa verticalmente	Derrame del producto	Rotura de la resistencia. Deterioro del papel de teflón
Soldadura horizontal	Sellaje horizontal de la bolsa	Derrame del producto	Rotura de la resistencia. Deterioro del papel de teflón
Autómata	Se realiza la programación del ciclo de trabajo de la maquina	Parada de la máquina	Contenido de humedad Falso contacto en los terminales de entrada o salida. Se quema el autómata
Pulsadores	Puesta en marcha y parada del equipo	Incapaz de poner en marcha el equipo	Suciedad en los contactos. Rotura del pulsador
Transformador de soldadura	Reducir el voltaje de 220 volt a 12 volt	No realiza la soldadura	Se quema el transformador
Motor de Tracción del nylon	Alimentación del nylon a la maquina	No desenrolla el nylon	Se quema el motor

Variador de velocidad	Permite el ajuste de velocidad a la bomba	Parada de la maquina	Se quema el variador
Magnético principal	Alimentación general de la maquina	Parada del equipo	Se quema la bobina Suciedad en los contactos

Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de Fallo
Relay de estado solido (soldadura)	Alimentación del primario de los transformadores de soldadura	No permite la soldadura (horizontal o vertical)	Se pone en corte abriéndose el contacto.
Interface de comunicación	Ajuste de los parámetros del equipo	Desaparece la imagen	Alto contenido de humedad
Filtro regulador de aire	Filtra y regula presión de aire	No llega caudal suficiente de aire. Aire con contenido de agua o aceite	Existe tupición. Filtro sucio en extremo.
Motor de la estera de salida	Acciona la estera de transportación de bolsas	Se detiene la estera	Motor quemado. Relay térmico disparado.
Relay de estado solido (trifásico)	Alimentación trifásica al motor que entrega nylon	Se detiene el motor	Se quema el relay
Fuente de alimentación 220 VAC/24VOC	Alimenta un voltaje de 24 VOC al PCL (autómata)	No funciona el automático por tanto se detiene la máquina	Fusible de protección abierto. Fuente quemada
Térmicos	Evitar que el motor se queme debido al aumento de la temperatura	No se dispara el térmico y motor sigue trabajando	No accione el mecanismo de control
Breaker	Protege el motor de corto circuito	No protege el motor de corto circuito	Contactos sucios. Contactos que no queden bien apoyados

Bomba #4(mediana criticidad)

Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de Fallo
Motor	Entregar las RPM necesarias al implemente	No gira a la velocidad adecuada	Rotura de los rodamientos. Se quema el motor
Implemente	Impulsar la leche (con la fuerza centrifuga) desde la cavidad de la bomba	No bombear la leche	Implemente suelto
Sello de goma	Evitar el derrame de la leche	Perdida del producto	Rotura del sello
Sello de carbón	Evitar el derrame de la leche y que esta llegue al motor.	Perdida del producto	Desgaste del sello
Muelle	Mantener pegado el sello a la bomba	No queda pegado uniformemente	Rotura del muelle
Pulsadores	Puesta en marcha y parada del equipo	Incapaz de poner en marcha el equipo	Rotura de los contactos
Térmicos	Evitar que el motor se queme debido al aumento de la temperatura	No se dispara el térmico y motor sigue trabajando	No accione el mecanismo de control
Breaker	Protege el motor de corto circuito	No protege el motor de corto circuito	Contactos sucios. Contactos que no queden bien apoyados

Cortina de frio(mediana criticidad)

Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de Fallo
Motor	Genera movimiento y potencia a la bomba	No funciona la bomba	Rotura de los rodamientos. Se quema el motor
Tubos	Por ellos circula el agua y la leche, logrando que esta	Perdidas de agua o de leche	Rajadura de un tubo

	ultima se enfríe		
Junta	Evitar el derrame de la leche o agua	Perdida del producto o agua	Rajadura de un tubo
Bomba de agua	Bombear el agua	No se enfría la leche	Rotura de los rodamientos. Rotura del eje. Desgaste del cuerpo de la bomba
Pulsadores	Puesta en marcha y parada del equipo	Incapaz de poner en marcha el equipo	Rotura de los contactos
Térmicos	Evitar que el motor se queme debido al aumento de la temperatura	No se dispara el térmico y motor sigue trabajando	No accione el mecanismo de control
Breaker	Protege el motor de corto circuito	No protege el motor de corto circuito	Contactos sucios. Contactos que no queden bien apoyados

Pasteurizador (Alta Criticidad)

Componente	Función	Fallo Funcional	Modo de Fallo
Placas	Intercambio de temperatura entre la leche, el agua caliente y el agua fría	Salida de leche con temperatura mayor a 8 ° C. Unión de la leche con el agua	Suciedad entre las placas. Rajaduras
Juntas	Evitar el derrame de la leche y el agua	Derrame del producto. Unión de la leche con el agua	Deterioro de la junta.
Válvula de desvío	El desvío de la leche para los tanques de guarda y la recirculación de la misma cuando no tiene la temperatura adecuada (76-80 °C)	No se desvía la leche. Recirculación automática	Pérdida de los Oring y la presilla. Caída de la presión de aire y vapor.

3.5 Conclusiones Parciales

1. La aplicación del procedimiento para realizar el análisis de criticidad del equipamiento productivo se basó en una metodología multicriterio; los criterios seleccionados se consideran fundamentales a la hora de realizar este análisis en la Pasteurizadora Santa Clara.
2. La determinación del modo de fallo de los equipos es parte integrante de la filosofía de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad la cual tiene como paradigma preservar la función del sistema.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Las concepciones teóricas reseñadas son definitorias para luego acudir a su instrumentación práctica. Demostrando que existe una amplia base conceptual sobre el mantenimiento y sus aplicaciones en el sector industrial.
2. Los aspectos que caracterizan el entorno empresarial actual obligan a las organizaciones a ser cada vez más flexibles. Una de las formas de lograr esta tan demandada flexibilidad es mediante el uso de un procedimiento que permita delimitar los equipos en función de su criticidad (nivel de importancia) para el proceso productivo.
3. Se debe dar más importancia al registro de los datos necesarios para el cálculo de los indicadores descrito en el análisis de criticidad aplicado.
4. Los criterios tenidos en cuenta para el análisis de criticidad en la Pasteurizadora Santa Clara, tiempo medio entre fallo, tiempo medio para la reparación y costo de reparación se deben considerar fundamentales a la hora de realizar un análisis de este tipo.
5. La aplicación del procedimiento utilizado en el análisis de criticidad del equipamiento productivo, basado en un análisis multicriterio, permitió determinar el nivel de criticidad real de cada uno de los equipos de las líneas de yogurt de soya y leche concentrada, demostrando así el cumplimiento de la hipótesis planteada en la presente investigación.

RECOMENDACIONES

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

1. Se recomienda que se creen los registros para la captura de datos para el cálculo de los indicadores definidos como criterios en el análisis de criticidad.
2. Se realice en el resto de las líneas productivas de la Pasteurizadora de Santa Clara el análisis de criticidad del equipamiento productivo con el procedimiento utilizado.
3. Determinar los efectos de los fallos funcionales, del equipamiento crítico, los cuales pueden estar referidos a los equipos y/o a los productos.
4. Utilizar el procedimiento de análisis de criticidad en las demás Pasteurizadoras de la Empresa de productos Lácteos, con el fin de obtener una lista jerarquizada del equipamiento productivo.

BIBLIOGRAFÍA.

1. A.E.M. (1995). El mantenimiento en España. Asociación española de mantenimiento. Barcelona.
2. Abreu Ledón, R. (2004). Modelo y procedimiento para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas. Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba, UCLV. Tesis Doctoral.
3. Aladon. (2000). Reliability Centered Maintenance. An Introduction. Revisado el 9 de octubre del 2004: <http://www.aladon.co.uk/10intro.html>.
4. Alfonso Llanes, A & Paz Samuels, J. (2004). Procedimiento para la realización del análisis de criticidad del equipamiento productivo. Trabajo de Diploma. UCLV
5. Améndola, L. (2002). Modelos Mixtos de Confiabilidad. Revisado el 3 de diciembre de 2004: <http://datastream.net/latinamérica/libroaméndola/default.asp?lang=esp>.
6. Baca, G. (2000). Ingeniería económica. 6ta edición, Fondo Educativo Panamericano, Bogotá, Colombia Comité Estatal de Finanzas. (1979). Resolución No. 611-79, del 9 de Agosto de 1979.
7. Borroto Pentón, Yodaira. (2005). Contribución al mejoramiento de la gestión de mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara. Tesis Doctoral. UCLV. Santa Clara, Cuba
8. Crespo, A., Sánchez, J. & Ruiz, R. (1995). Diseño y desarrollo de políticas de mantenimiento mediante modelos cuantitativos. Ponencia presentada en el 8. Congreso Iberoamericano de Mantenimiento, Buenos Aires, Argentina.
9. Cruz Pérez, R. (1985). Algunos elementos sobre el análisis de los fondos básicos. Revista Economía y Desarrollo, Cuba. 88: 23-33.
10. Dagostino, H. & Dirube, D. (2004). Integración del RCM dentro de un programa de TPM. Revisado el 9 de octubre de 2004:

11. 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". Santa Clara, Cuba, UCLV. Tesis Doctoral.
12. De la Paz Martínez, Estrella M. (1998). Mantenimiento y Fiabilidad. Santa Clara, Cuba, UCLV. Monografía.
13. Derkach, A. (1986). Teoría de envejecimiento de las máquinas. Moscú, Editorial Mir.
14. Dounce Villanueva, E. (1998). La productividad en el mantenimiento industrial. Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V. México.
15. Dunn, R. L. (2001). Benchmarking maintenance. Revisado el 23 de enero de 2003: <http://www.manufacturing.net/ple/index.asp?layout=articleWebzine&articleid=CA65609>.
16. Dunn, S. (1999). Integrating RCM with Effective Planning and Scheduling - Part 1. West Australian Optimising Maintenance Conference, Australia.
17. Ellmann, H. (1996). Costo beneficio de la implantación de RCM2, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Revisado el 8 de abril de 2003:
18. Ellmann, H. (1997). ¿Por qué el mantenimiento predictivo antes que preventivo? Revista Mantenimiento, España. 10: 44-51.
19. Encinas Beltrán, V. (1994). La visión del mantenimiento basado en la fiabilidad para la maximización de la productividad. Revista Mantenimiento, Perú. 4, 2: 15-18.
20. Fernández, J., Matos, J. & Prim, R. (1983). Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana.
21. García, O. (1999). Administración Financiera, fundamentos y aplicaciones. 3ra edición, Moderna Impresores, Cali, Colombia.

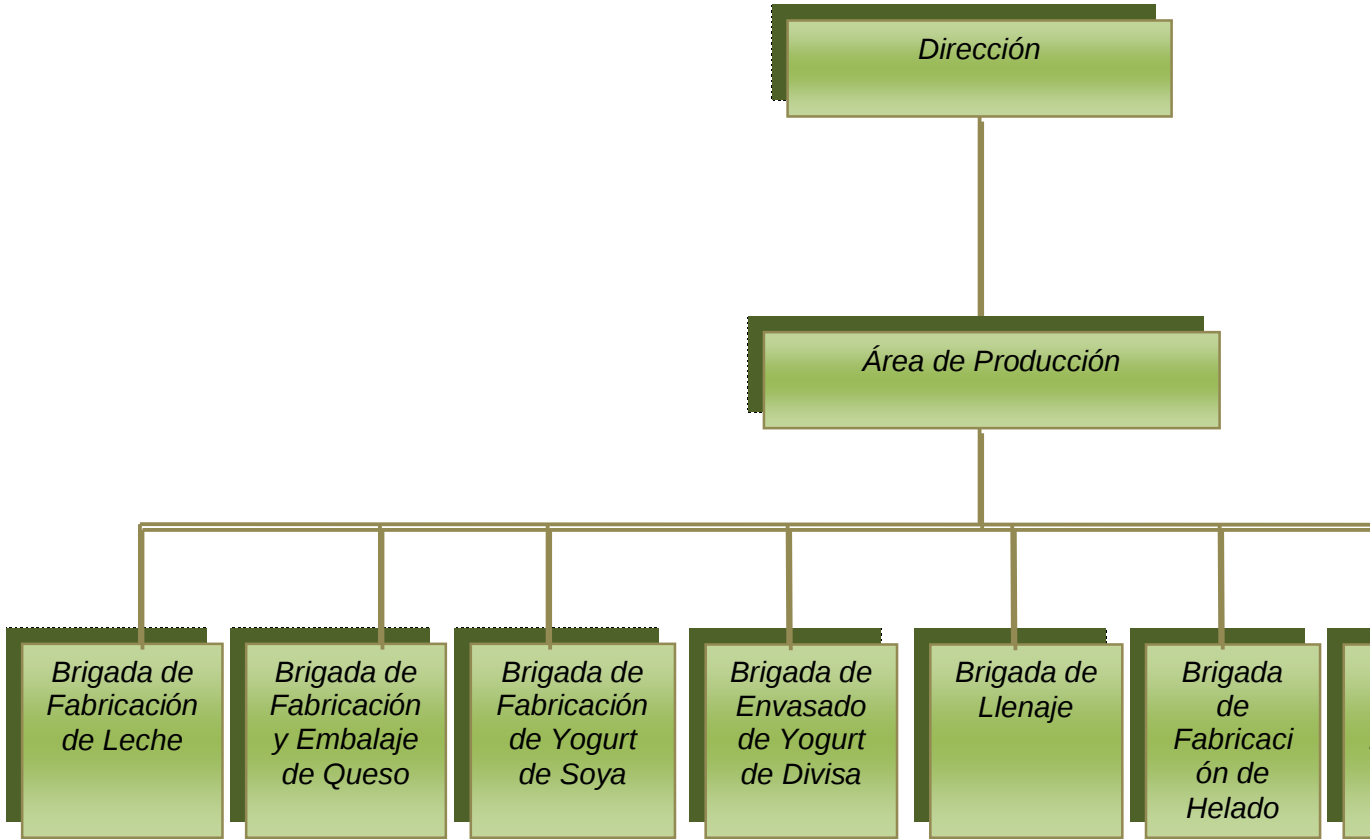
22. Gitman, L. (2003). Principios de Administración Financiera. San Diego State University, Prentice Hall, 10ma edición.
23. Gómez, G. E. (2000). Análisis de reemplazo de activos físicos. Revisado el 13 de mayo de 2002: <http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/17/>.
24. González Danger, A. H. & Hechavarría Pierre, L. (2002). Metodología Para Seleccionar Sistemas de Mantenimiento. Revisado el 2 de julio de 2003:
25. Heber González, R. (1984). Mantenimiento industrial: organización, gestión y control. Buenos Aires, Editorial Alsina.
26. Idárraga, G. (2003). Estados financieros. Finanzas, Manizales, Universidad Nacional de Colombia.
27. Idhammar, B. (1984). Maintenance and Reliability. North Carolina, USA, Idhammar Konsult AB.
28. Kohler, E. L. (1990). Diccionario para contadores. México, Editorial Hispano Americana (UTEHA).
29. Kocherov, N. P. (1979). Economía de la industria química. Santiago de Cuba, Editorial Oriente.
30. Lezana, E. (1996). Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). Revista Mantenimiento, España. 91: 25-36.
31. Lourival Tavares, A. (1999). Administración moderna de Mantenimiento, Editorial Novopolo, Publicaciones Brasil.
32. Márquez, A. (2000). Tipos de mantenimiento. Revisado el 3 de abril de 2002: <http://www.geocities.com/webmq2000/amq16.html>.
33. Marrero, M. & Guerra, R. (1986). Algunas consideraciones sobre el nivel de utilización y la efectividad de los fondos básicos productivos en la agricultura cañera. Revista Economía y Desarrollo, Cuba. 92: 103-107.
34. Marx, C. (1980). El Capital. Editorial Ciencias Sociales. Ciudad de la Habana.

35. MINBAS. (1986). Sistema de mantenimiento preventivo por diagnóstico. Unión de empresas del papel. MINBAS. Ciudad de La Habana.
36. Monteiro Leite, A. (1995). A Manutenção na U.E. e a crise: alguns aspectos. Revista Manutenção, Portugal. 47: 5-20.
37. Moubray, J. (1997). Reliability Centered Maintenance, Industrial Press Inc.
38. Moubray, J. (2000). Reliability Centered Maintenance. An introduction. Revisado el 8 de abril de 2003: <http://www.aladon.co.uk/10intro.html>.
39. Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM. Productivity Press. Cambridge, Massachusetts.
40. Navarrete Pérez, E. & González Martín, J. R. (1986). Mantenimiento Industrial. ISPJAE. Ciudad de la Habana.
41. NC-ISO 9000. (2001). Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario.
42. Netherton, D. (1999). Standard to define RCM. Maintenance Technology Magazine. 6: 17.
43. Ochoa Crespo, L. (1994). El despliegue de mantenimiento ante la crisis. Revista Mantenimiento, España. 72: 15-21.
44. Office of Financial Management. (2004). Glossary. State of Washington. Revisado el 9 de julio de 2004: <http://www.ofm.wa.gov/policy/glossary.htm>.
45. Pérez Jaramillo, C. (1992). Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información. Colombia, Soporte y CIA. LTDA.
46. Portuondo Pichardo, F & Pérez Tejeda, A (1994). Selección y diseño de un sistema de mantenimiento. Ciudad de La Habana, ISPJAE.
47. Portuondo Pichardo, F. (1990). Economía de Empresas Industriales. (2 partes). Ciudad de la Habana, Editorial Pueblo y Educación.
48. Portuondo Pichardo, F., Montes de Oca Oubiña, B. & Morera Morera, J.D. (1989). Sistema alternativo de mantenimiento. Revista Ingeniería Industrial, Cuba. 10: 113-120.

49. Ríos, F. (1994). Cómo diseñar y desarrollar un plan de mejora global del mantenimiento. Revista Mantenimiento, España. 76: 37-40.
50. Roberts, J. (1999). TPM Total Productive Maintenance. History and basic implementation. Revisado el 18 de septiembre de 2002: http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmroberts.htm.
51. Saavedra, P. (2000). Mantenimiento predictivo y monitoreo según condición. Revisado el 5 de enero de 2003: <http://www.mantencion.com/articulos/rev03/rev3.art2html>.
52. Sánchez, A. & Molina, R. (1991). Implantación de un sistema de mantenimiento en la Planta de Sidetur en Barquisimeto. Revista Insumo Industrial, Venezuela. 23: 60-68.
53. Sanz Sacristán, J. (2001). Importancia del mantenimiento para mejorar la eficiencia de una instalación. Aplicación del método RCM. Revisado el 3 de febrero de 2005:
54. Sotuyo Blanco, S. (2000). El hombre de mantenimiento. Revista Mantenimiento, Costa Rica. 10: 3-8.
55. Stoner, J.A. (1987). Administración. (Segunda parte). University of New Haven, Prentice may Hispanoamérica S:A:
56. Taboada Rodríguez, C. et al. (1990). Organización y planificación de la producción. (Primera parte). Ciudad de La Habana, Editorial Pueblo y Educación.
57. Tavares de Carvalho, L. (1994). Mantenimiento en empresas competitivas. Revista Mantenimiento, Chile. Enero-Marzo: 20-23.
58. Thuesen, H. G., Fabrycky, W. J. & Thuesen, G. J (1993). Ingeniería Económica. México, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
59. 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.

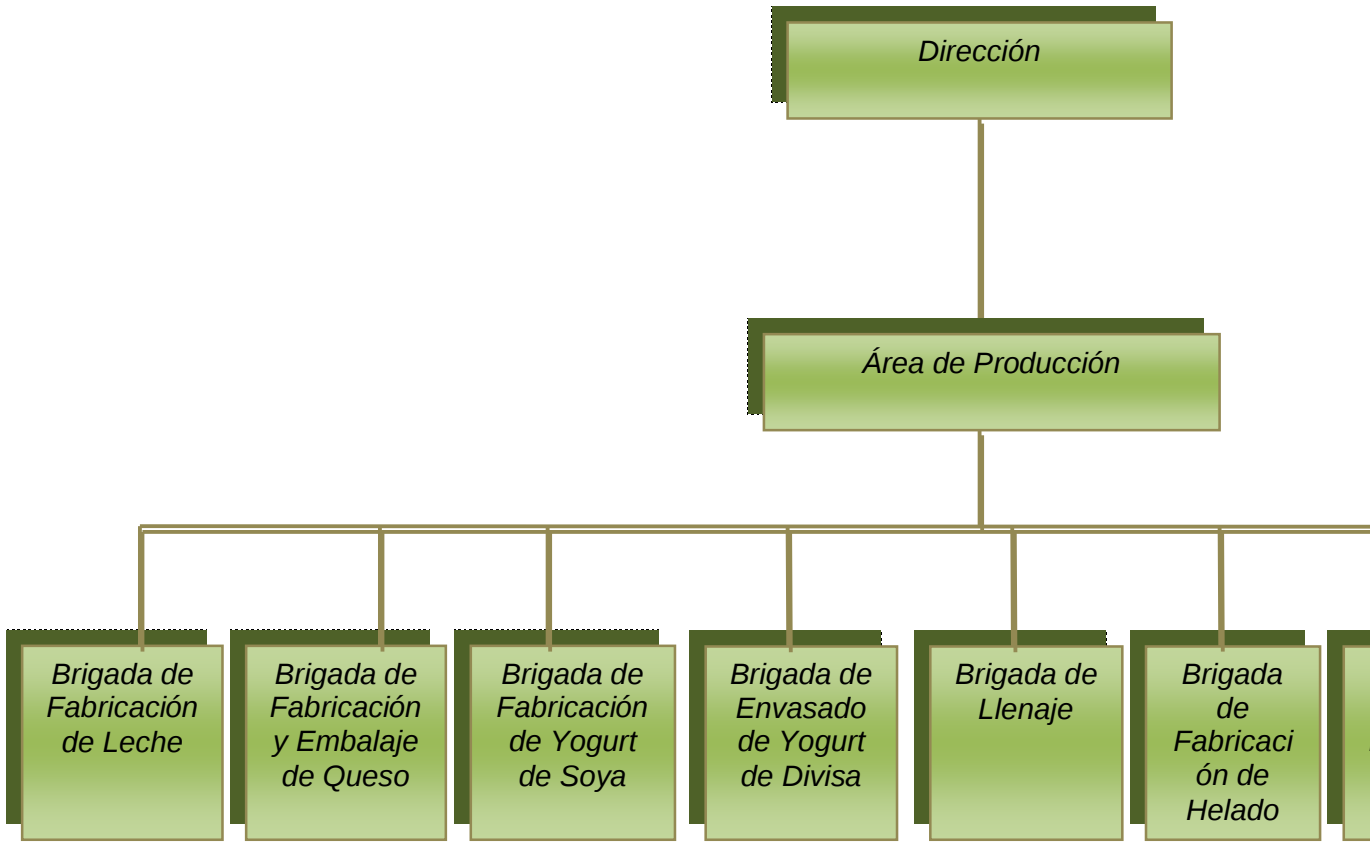
60. Universidad Central del Ecuador. (2004). Análisis de las cuentas de Activos Fijos. Revisado el 20 de octubre de 2004: <http://www.ucentral.edu.ec/facultades/>.
61. Weston, J. F. & Brigham, E. (1994). Fundamentos de Administración Financiera. México, Editorial Mc. Graw Hill.
62. White, R. & James, B. (2000). Manual de outsourcing. Guía completa de externalización de actividades Empresariales para ganar competitividad. Barcelona, Ediciones Gestión 2000.

Anexo #1. Estructura organizativa de la Pasteurizadora Santa Clara.



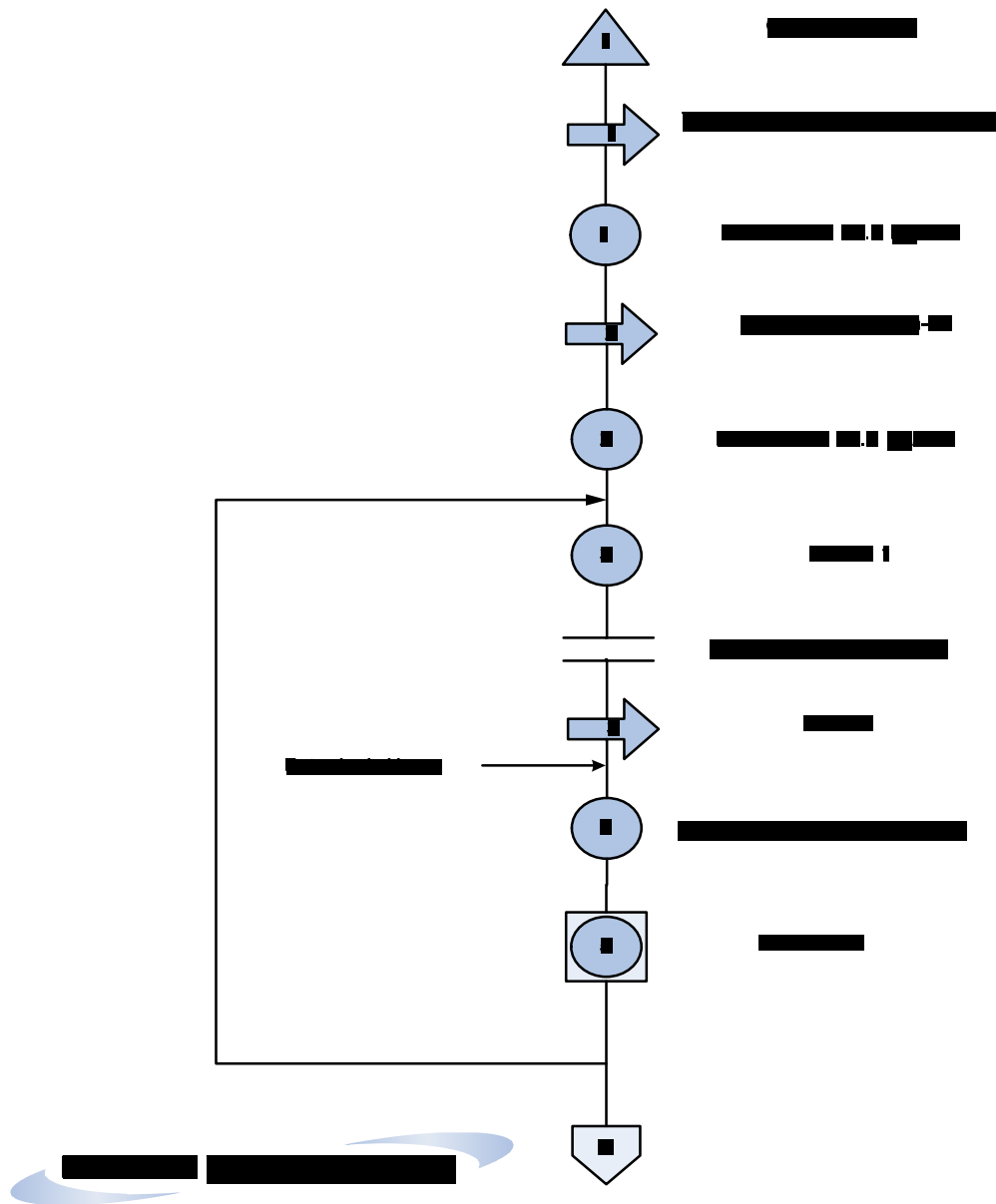
(Fuente: Documentos de la Empresa)

Anexo #1. Estructura organizativa de la Pasteurizadora Santa Clara.

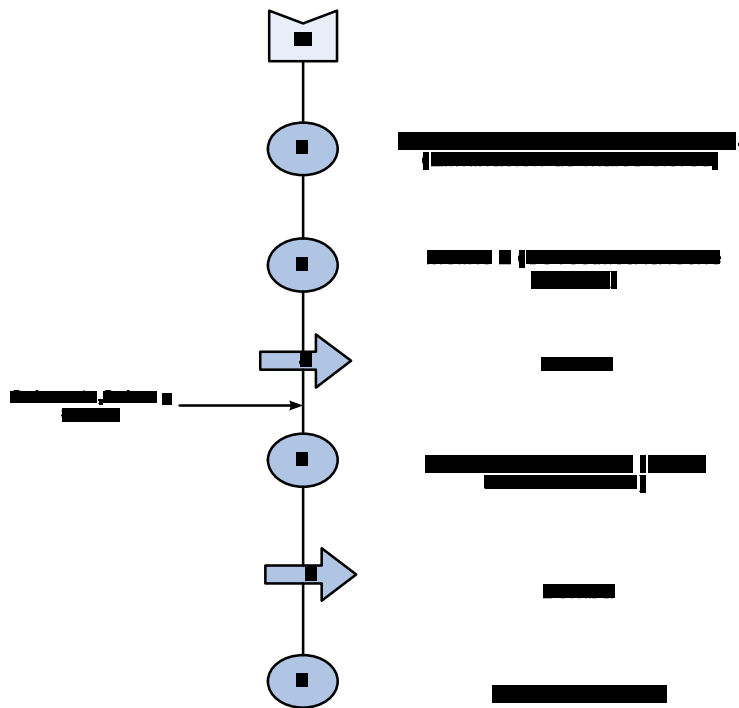


(Fuente: Documentos de la Empresa)

Anexo #3. Línea de Yogurt de Soya

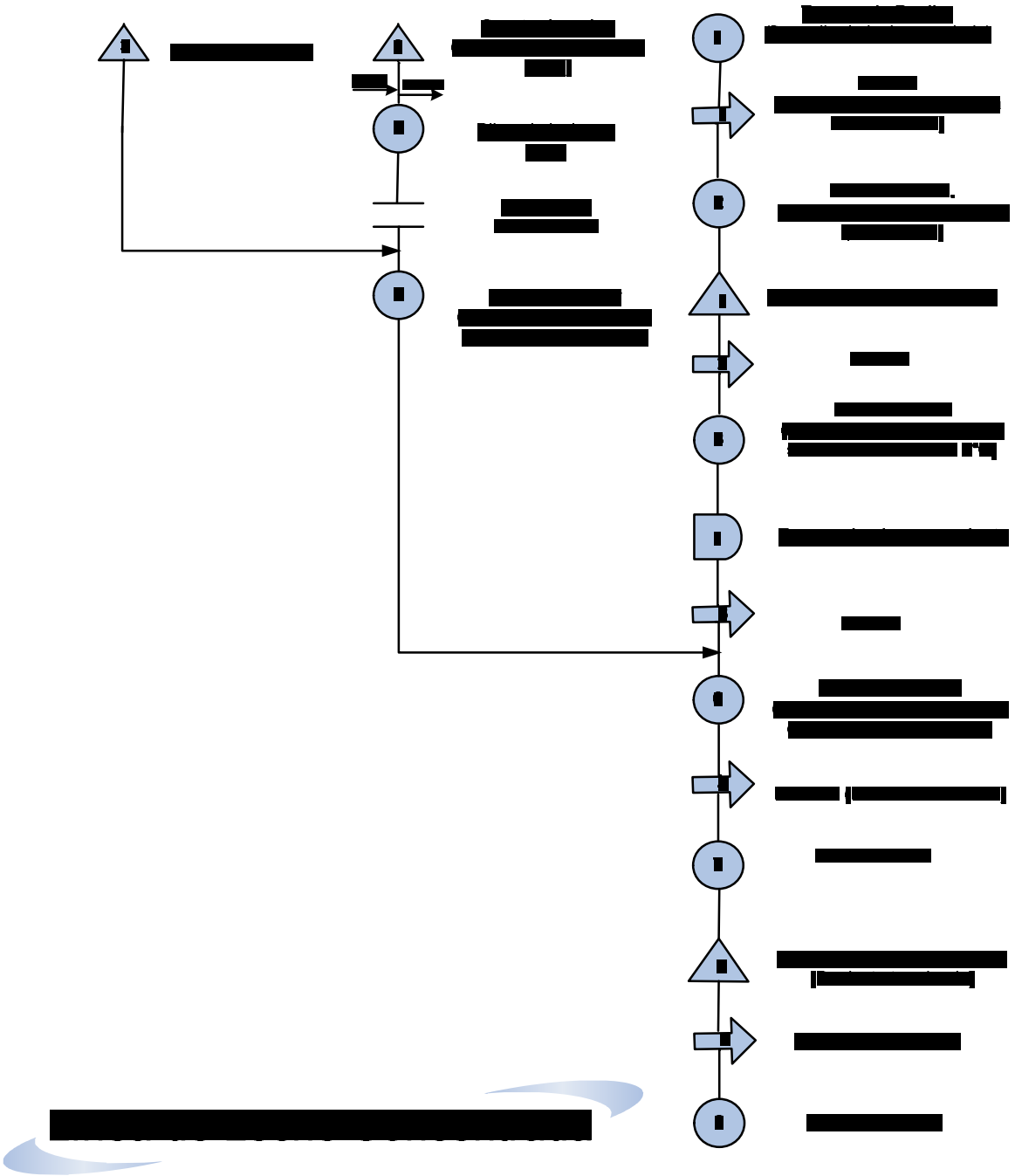


Continuación Anexo #3



SIMBOLO	EVENTO
	Operación
	Almacenamiento
	Transporte
	Inspección

Anexo #4. Línea de la Leche Concentrada

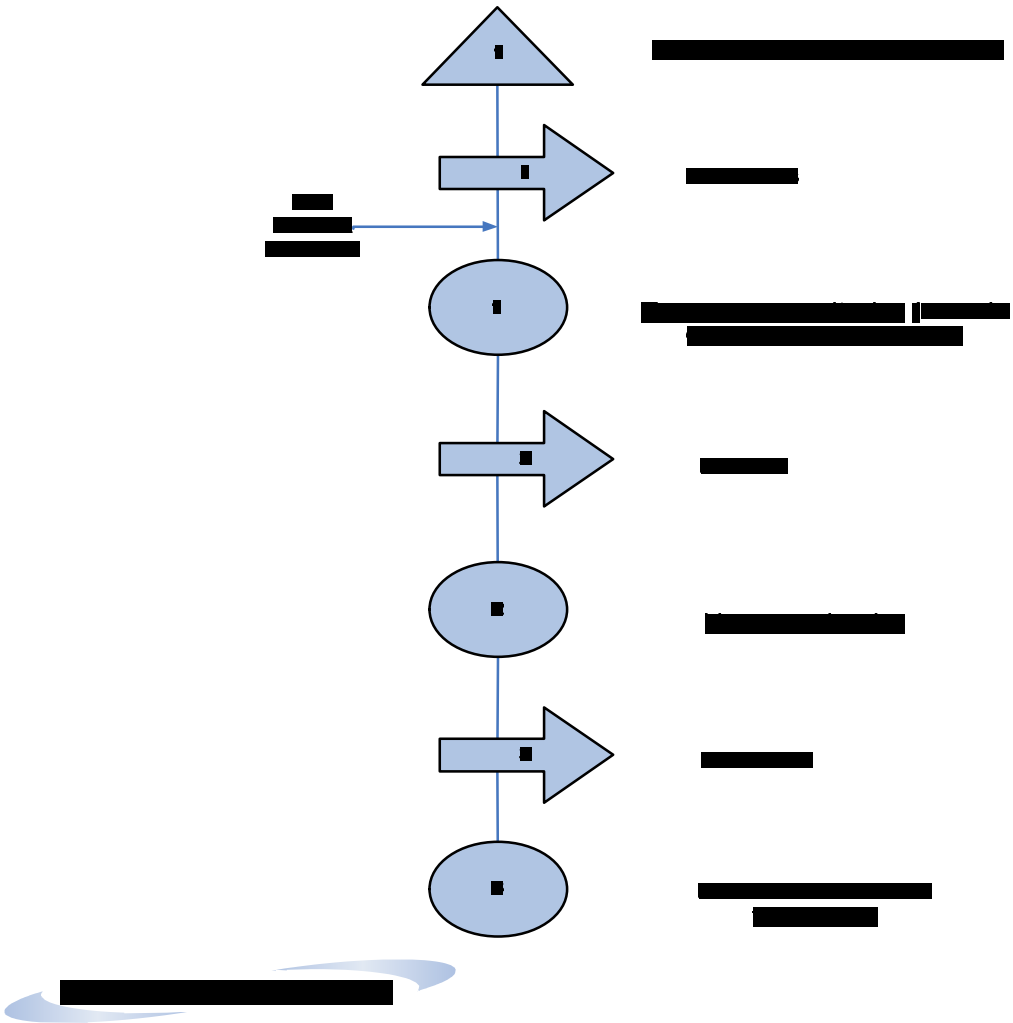


Continuación Anexo #4

SÍMBOLO	EVENTO
---------	--------

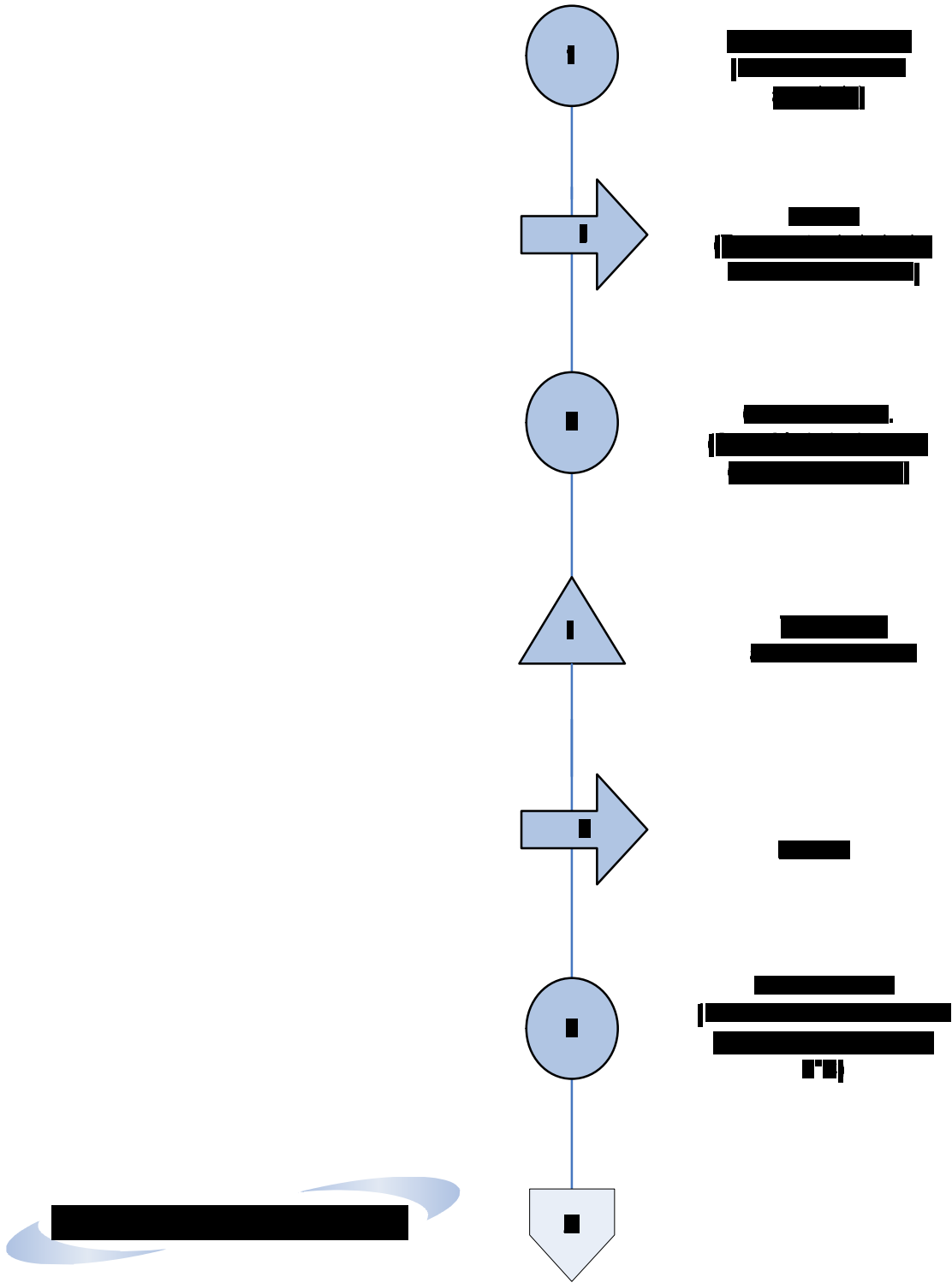
	Operación
	Almacenamiento
	Transporte
	Inspección
	Demora

Anexo #5. Línea de Cresol (Requesón)

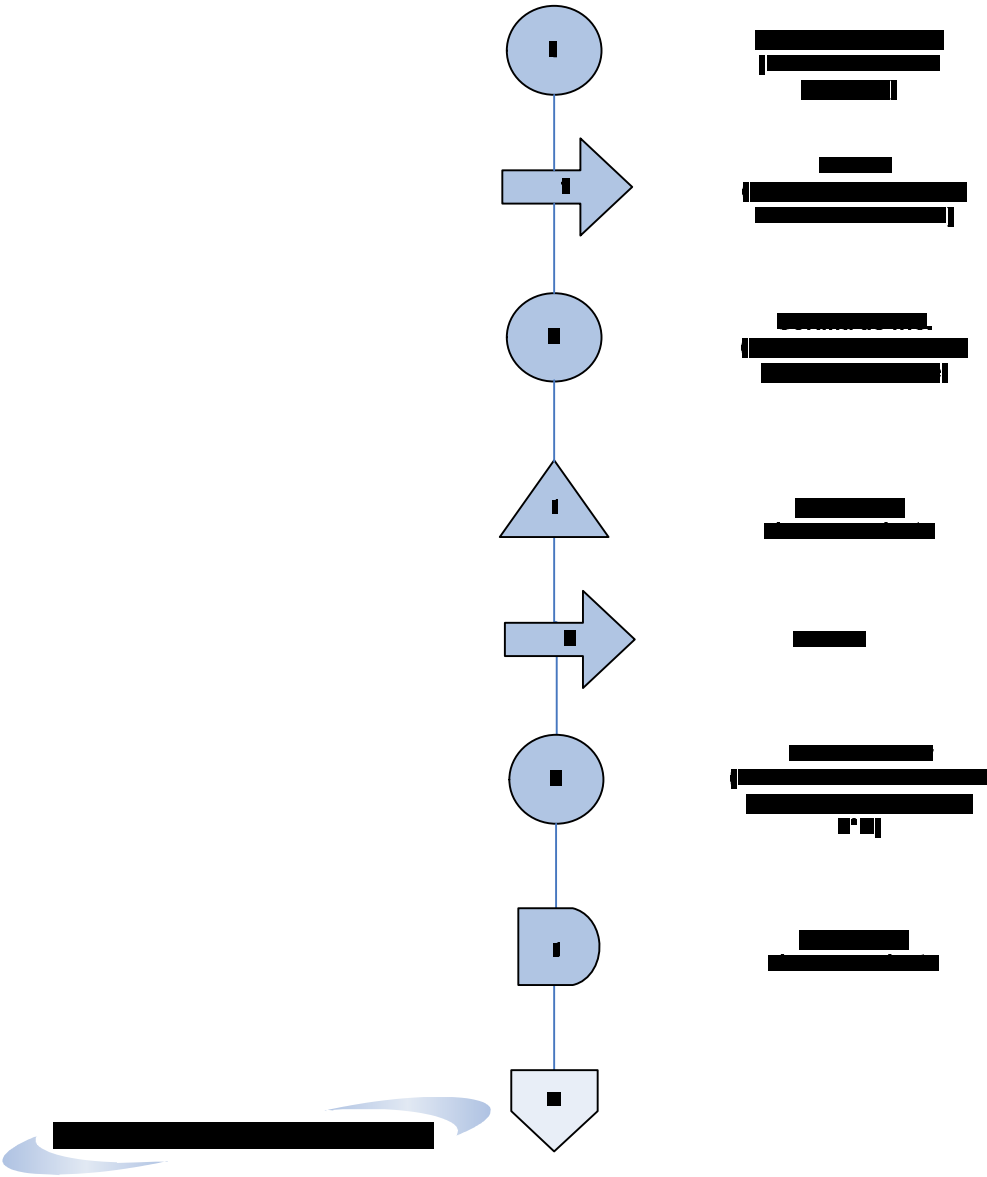


SIMBOLO	EVENTO
	Operación
	Almacenamiento
	Transporte
	Inspección

Anexo #6. Línea de Yogurt Natural

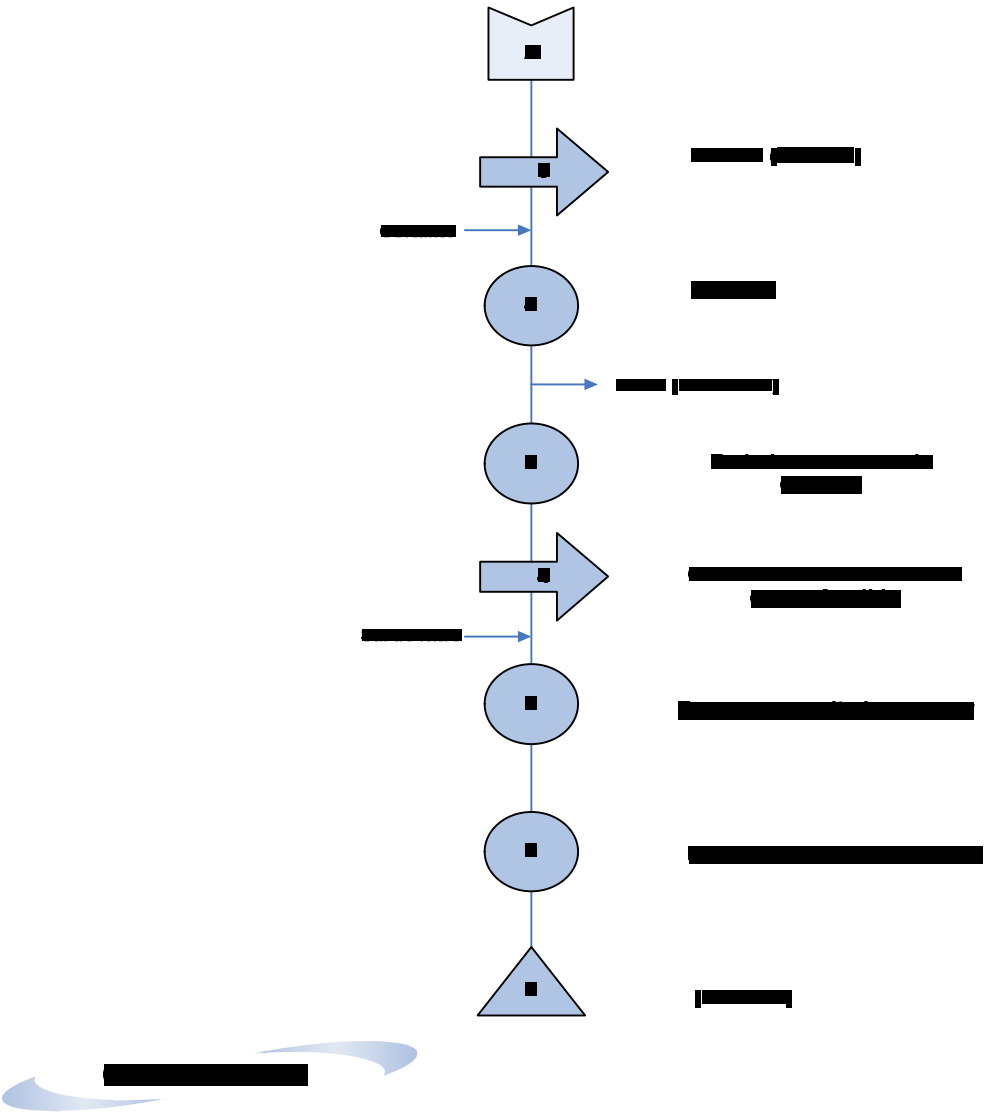


Anexo #7. Línea de Queso Fundido



Continuación Anexo #7

SÍMBOLO	EVENTO
	Operación
	Almacenamiento
	Transporte
	Inspección



**Anexo #8 Información estadística de los fallos del equipamiento
productivo de la línea de yogurt de soya**

Equipo: Dosificador

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/repararon)	Costo total (\$/año)
Rotura de la cadena	0,3	4	Mecánico B	1	1,38	1,59	8,016
Quemadura del motor	12	1	Mecánico A	1	1,69	3500	390,56
			Electricista A	1	1,69		
Rotura del rodamiento	6	2	Electricista B	1	1,48	27,54	72,84
Rotura del Piñón	8	1	Mecánico B	1	1,38	82,38	106,94
			Mecánico A	1	1,69		
Desgastes de los bujes	2	2	Mecánico B	1	1,38	9,54	24,6
Desgastes de los piñones	6	1	Mecánico B	1	1,38	49,98	58,26

Continuación Anexo #8

Equipo: Bomba de diafragma

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/repararon)	Costo total (\$/año)
Rotura de los Diafragmas	4	15	Mecánico B	1	1,38	67,40	1093,8
Desgaste del asiento	4	6	Mecánico B	1	1,38	41,27	208,74
Desgaste de los O-ring	4,5	3	Mecánico B	1	1,38	9,60	47,43
Deterioro de la junta	0,3	6	Mecánico B	1	1,38	4,50	29,48

Desgaste de los O-ring de la válvula de aire	2	2	Mecánico B	1	1,38	65,29	136,1
---	---	---	------------	---	------	-------	-------

Continuación Anexo #8
Equipo: Transportador sin fin

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (Fallos/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/reparación)
Aletas desoladas	12	2	Soldador	1	1,48	79,40
			Mecánico A	1	1,38	
			Mecánico B	1	1,69	
Rotura de los rodamientos	8	2	Mecánico B	1	1,38	59,8
			Electricista B	1	1,48	
Quemadura del motor	12	1	Mecánico A		1,69	490,0
			Electricista A	1	1,69	
Rotura del sprock	8	1	Mecánico A	1	1,69	59,8
			Mecánico B	1	1,38	
			Electricista A	1	1,69	

Equipo: Calefactor de Leche

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/reparación)
Rotura de la flauta			Soldador	1	1,48	18,00
			Mecánico B	1	1,38	
Deterioro de la junta	1	12	Mecánico B	1	1,38	18,30

Rajadura del tanque	1	3	Soldador	1	1,48	2,90
----------------------------	---	---	----------	---	------	------

Continuación Anexo #8

Equipo: Molino 1

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/repararon)	Costo total (\$/año)
Rotura del canasto	0,3	5	Mecánico B	1	1,38	3,20	20,29
			Soldador	1	1,48		
Desgaste de la cuchilla	8	1	Soldador	1	1,48	59,8	106,36
			Mecánico B	1	1,38		
			Tornero	1	1,48		
			Fresador	1	1,48		
Rajadura de la malla	2	29	Mecánico B	1	1,38	47,60	1460,44
Rotura de rodamiento	12	2	Mecánico B	1	1,38	90,00	248,64
			Electricista B	1	1,48		
Quemadura del motor	14	3	Mecánico B	1	1,38	850.00	2870,04
			Electricista B	1	1,48		
			Enrollador	1	1,69		
Deterioro del sello	6	4	Mecánico B	1	1,38	26,00	137,12
Contactos sucios	2	1	Electricista A	1	1,69	3,30	6,68

Continuación Anexo #8

Equipo: Retenedor

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/repararon)
Rajadura de un tubo	1	1	Soldador B	1	1,48	1,90
Deterioro de la junta	1	22	Mecánico B	1	1,38	18,30
Perdida de rosca de la válvula de retención	6	2	Mecánico B	1	1,38	19,30
			Tornero	1	1,48	

Rotura de O-ring de la válvula de aire	1	6	Instrumentista	1	1,69	5,65
---	---	---	----------------	---	------	------

Continuación Anexo #8

Equipo: Molino 2

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/repararon)	Costo total (\$/año)
Rotura de rodamiento	12	1	Mecánico B	1	1,38	90,00	124,32
			Electricista B	1	1,48		
Rotura de la malla	2	4	Mecánico B	1	1,38	57,60	241,44
Quemadura del motor	14	1	Electricista A	1	1,69	850,00	961,02
			Electricista B	1	1,38		
			Mecánico A	1	1,69		
			Mecánico B	1	1,38		
			Enrollador	1	1,69		
Deterioro del sello			Mecánico B	1	1,38	26,00	137,12

Continuación Anexo #8

Equipo: Bomba Sanitaria

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/reparación)
Rotura de rodamiento	6	4	Electricista B	1	1,48	42,25
			Mecánico B	1	1,38	
Quemadura del motor	8	3	Electricista B	1	1,48	370,00
			Mecánico B	1	1,38	
			Enrollador	1	1,69	
Rotura del sello de goma	1	6	Mecánico B	1	1,38	2,60
Rotura del sello de carbón	1	6	Mecánico B	1	1,38	4,10

Equipo: Bomba de diafragma

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/reparación)
Rotura de Diafragma	4	3	Mecánico B	1	1,38	67,40

Continuación Anexo #8

Equipo: Tanques fermentadores

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/repararon)	Costo total (\$/año)
Rotura del rodamiento	6	4	Electricista B	1	1,48	68,22	341,52
			Mecánico B	1	1,38		
Rotura del buje	5	1	Mecánico A	1	1,69	24,75	48,52
			Mecánico B	1	1,38		
			Enrollador	1	1,69		
Desgaste del sprock	12	2	Mecánico A	1	1,69	79,20	303,12
			Mecánico B	1	1,38		
			Tornero	1	1,48		
			Fresador	1	1,48		
Rotura de la cadena	2	2	Mecánico B	1	1,38	3,90	13,32
Desgaste del piñón	8	1	Mecánico A	1	1,69	39,70	64,26
			Mecánico B	1	1,38		

Continuación Anexo #8
 Equipo: Maquina embolsadora

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/repararon)
Desgaste del estator de goma	8	6	Mecánico A	1	1,69	66,55
			Mecánico B	1	1,38	
Quemadura de la bobina	8	1	Instrumentista	1	1,69	67,0
Rotura de la resistencia(vertical)	1	14	Mecánico B	1	1,38	5,50
Deterioro de papel de teflón(vertical)	0,3	170	Mecánico B	1	1,38	4,60
Rotura de la resistencia(soldadura -Horizontal)	1	42	Mecánico B	1	1,38	5,50
Deterioro de papel de teflón(soldadura -Horizontal)	0,3	340	Mecánico B	1	1,38	4,60

Desgaste de la goma del teflón	0,3	24	Mecánico B	1	1,38	11,20
Contenido de humedad en el automatico	24	1	Instrumentista	1	1,69	39,70
Falso contacto en los terminales(entrada y salida)	0,3	1	Mecánico B	1	1,38	1,61

Anexo #9 Información estadística de los fallos del equipamiento productivo de la línea de leche concentrada

Equipo: Bomba de recibo

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo repar (\$/repar)
Desgaste del Sello	2	2	Mecánico B	1	1,38	2,6
Motor quemado	12	1	Mecánico B	1	1,38	35
			Electricista B	1	1.48	
Desgaste del sello	1	1	Mecanico B	1	1,38	4,1

Equipo: Cortina de Frió

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo repar (\$/repar)
Deterioro de la Juntas	8	12	Mecánico B	1	1,38	18,3
			Mecánico A	1	1,69	

Continuación Anexo #9

Equipo: Tanque de almacenamiento

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/rep)
Deterioro de la junta	8	1	Mecánico A	1	1,69	3,38
			Mecánico B	1	1,38	
Rotura de los rodamientos	4	1	Mecánico B	1	1,38	6,76
			Electricista B	1	1,48	

Equipo: Bomba Sanitaria

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/rep)
Deterioro del sello	2	1	Mecánico B	1	1,38	2,76
Desgaste del sello de goma	2	1	Mecánico B	1	1,38	4,14
Rotura de los rodamiento	4	1	Mecánico B	1	1,38	42,24
			Electricista B	1	1,38	

Equipo: Pasteurizador

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Tasa de fallo (λ) Frec/ano	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/rep)
Deterioro de la Juntas	8	32	Mecánico B	1	1,38	18,30
			Mecánico A	1	1,69	
Control Automático	3	1	Instrumentista A	1	1,69	1,69
Rotura de la Válvula	1,5	1	Instrumentista A	1	1,69	5,67

Equipo: Tanque de grasa

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo de reparación (\$/rep)
Salidero de vapor	0,5	1	Soldador A	1	1,48	2,96

Continuación Anexo #9

Equipo: Bomba Sanitaria

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo reparación (\$/reparación)
Deterioro del Sello	2	2	Mecánico B	1	1,38	2,6
Rotura de los rodamiento	4	1	Mecánico B	1	1,38	42,2
			Electricista B	1	1,48	

Equipo: Bomba del pasteurizador

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo reparación (\$/reparación)
Rotura del Sello	2	3	Mecánico B	1	1,38	2,6
Motor Quemado	12	1	Mecánico B	1	1,38	35
			Electricista B	1	1,48	
Rotura de los rodamiento	4	2	Mecánico B	1	1,38	42,2
			Electricista B	1	1,69	
Desgaste del sello de goma	2	3	Mecánico B	1	1,38	4,1

Continuación Anexo #9

Equipo: Tanque con agitador

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo reparación (\$/reparación)
---------------	-----------------------------------	-----------------------	-------------------------------	----------	-----------------------------	--

Rotura del Coplin	0,5	2	Mecánico B	1	1,38	12
Rotura de los Rolletes	4	2	Mecánico B	1	1,38	34,4
Rotura de los rodamiento	4	2	Mecánico B	1	1,38	27,5

Equipo: Homogenizador

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo reparar (\$/reparar)
Deterioro del rollete del Muelle	0,15	2	Mecánico A	1	1,69	15
Rotura de la zapatilla	3	3	Mecánico A	1	1,69	6,3
Rotura de los Bujes	3	3	Mecánico A	1	1,69	15,4

Continuación Anexo #9

Equipo: Tacho

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo reparar (\$/reparar)
Rotura de los rodamientos	4	1	Mecánico A	1	1,69	45
Rotura del Agitador	6	1	Mecánico A	1	1,69	53

Equipo: Tanque de cultivo

Modo de Fallo	Duración Reparación (Horas)	Frecuencia (V/año)	Especialista Calcificación	Cantidad	Tarifa Horaria (\$/h)	Costo reparar (\$/reparar)
Rotura del Eje	0,30	2	Mecánico B	1	1,38	12

