



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DRPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

TÍTULO: PROPUESTA DE UN MEJOR MANTENIMIENTO A
LOS EQUIPOS PRINCIPALES EN LA FÁBRICA DE
CHOCOLATE DE BARACOA “RUBÉN DAVID SUAREZ
ABELLA”

**Tesis presentada en opción al título de ingeniero
mecánico**

Autor: Densy Miguel Guilbeaux Cantillo

Tutor: Ing. Elis Efraín Guzmán Romero

Moa, 2017



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

TÍTULO: PROPUESTA DE UN MEJOR MANTENIMIENTO A
LOS EQUIPOS PRINCIPALES EN LA FÁBRICA DE
CHOCOLATE DE BARACOA “RUBÉN DAVID SUAREZ
ABELLA”

**Tesis presentada en opción al título de ingeniero
mecánico**

Autor: Densy Miguel Guilbeaux Cantillo

Tutores: Ing. Elis Efraín Guzmán Romero
Ing. Carlos Manuel Mendoza Reyes

Moa, 2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Densy Miguel Guilbeaux Cantillo, autor de este Trabajo de Diploma, y los tutores certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo con la facultad que estime conveniente.

Densy Miguel Guilbeaux Cantillo

Ing. Elis Efraín Guzmán Romero

PENSAMIENTO

"Amigos fraternales son los padres, no implacables censores. Fusta recogerá quien siembra fusta, besos recogerá quien siembre besos."

José Martí Pérez

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor: Ing. Elis Efraín Guzmán Romero

Al Ms.C. Jorge Luis Reyes de la Cruz por su ayuda.

A mi abuela Pilar Borges Sánchez Del Campo

A mi madre Yaquelin Cantillo Borges

A mi hermano y mis primas

A mi papá Densy Guilbeaux Cantillo

A mi amigo Carlos Manuel Mendoza Reyes

A mis compañeros de aula y de escuela

En general a todos mis seres queridos, que de una forma u otra me ayudaron durante el proceso de mi carrera y por depositar la confianza de que yo podría graduarme.

DEDICATORIA

A mis padres, Yaquelin Cantillo Borges y Densy Guilbeaux Cantillo, por el cariño que siempre me han dado y la confianza depositada en mí.

A mis hermanos Dariel Guilbeaux Cantillo y Darel Guilbeaux Cantillo.

RESUMEN

El presente trabajo de diploma se refleja un problema en el funcionamiento de cómo se viene dándole mantenimiento a los equipos de la fábrica de chocolate de la ciudad de Baracoa. Al ver que los equipos se vienen averiando muy seguido reflejándose en su vida útil y trayendo muchos gastos para el presupuesto de mantenimiento se realiza una búsqueda bibliográfica en correspondencia con el tema, dando lugar a muy escasos trabajos los cuales no se encuentran muy bien argumentados. Se efectuó una breve descripción del mantenimiento ejecutado en los equipos de la fábrica de chocolate Baracoa. En el desarrollo de la misma se propone una mejora al sistema de mantenimiento para la evaluación de los parámetros de trabajo de los equipos mediante métodos de cálculos y gráficos.

ABSTRACT

With this presently diploma work is reflected a problem in the operation of how comes giving maintenance to the equipment's of the chocolate factory of Baracoa city. When seeing that the equipment comes damaging very followed being reflected in the use full life and bringing many expenses for the maintenance bud get is carried out a bibliographical search in correspondence whit the topic, giving place to very well argued. A brief description of the maintenance was made executed in the equipment's of the chocolate factory of Baracoa. In the development of the same, it was proposed an improvement to the maintenance system for the evaluation of the parameters of work of the equipment by means of graphic and calculation methods.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1 Introducción.....	4
1.2 Evolución histórica del mantenimiento	4
1.3 Políticas de mantenimiento que se han aplicado en la industria a través del tiempo que han sido llevadas al orden de clasificación siguiente:	5
1.4 Sistemas de mantenimiento	6
1.4.1 Mantenimiento Fabril (según Ministerio de la industria Alimentaria Sistemas para mantenimiento Fabril agosto/1994 Sección I).....	7
1.4.2 Mantenimiento Correctivo (MC)	7
1.4.3 Mantenimiento Controlado en la Producción (MCP).....	8
1.4.4 Mantenimiento Regulado (MR)	8
1.4.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM - Total Productive Maintenance).....	8
1.4.6 Mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM)	9
1.4.7 Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM)	9
1.4.8 Mantenimiento Predictivo (MP).....	10
1.4.9 Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).....	11
1.4.9.1 Antecedentes del mantenimiento preventivo planificado.	11
1.4.9.2 Ventajas del mantenimiento preventivo planificado (MPP).	13
1.5 Propuesta del sistema de mantenimiento para la fábrica de chocolate en la ciudad de Baracoa.....	16
1.6 Materias a triturar.....	23
1.7 Características funcionales.....	23
1.8 Principio de funcionamiento.....	24
1.9 Tipos de Trituradoras.....	24
1.10 Conclusiones del capítulo	27
CAPÍTULO 2. Materiales y métodos de la investigación.	28
2.1. Introducción	28
2.2 Características del flujo tecnológico del sistema analizado conectado en serie	28
2.3 Análisis de la fiabilidad	29
2.3.1 Número óptimo de intervalos iguales según la fórmula de Sterjes	
30	

2.3.2	Tiempo medio de trabajo hasta el fallo (TM)	30
2.4	Análisis de criticidad	31
2.4.1	Fórmula de Criticidad	32
2.5	Sistemas del MPP (según Pérez Navarrete Enrique)	34
2.5.1	Servicio diario del equipo	34
2.5.2	Trabajos periódicos	34
2.5.3	Revisión	35
2.5.4	Reparación pequeña	35
2.5.5	Reparación mediana	35
2.5.6	Reparación General	36
2.5.7	Reparación imprevista	36
2.6	Mantenimiento Preventivo Planificado MPP	39
2.6.1	Período entre intervenciones (t)	39
2.6.2	Período entre intervenciones	40
2.6.3	Duración del ciclo	40
2.7	Estructura del ciclo de mantenimiento de los equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa conectados en serie al que se le propondrá la mejora del mismo	40
2.8	Conclusiones del capítulo	42
CAPÍTULO 3. Análisis de los resultados		44
3.1	Introducción	44
3.2	Análisis de la fiabilidad	44
3.3	Análisis de criticidad	48
3.4	Estado técnico de los equipos después de realizarse en los cálculos de fiabilidad y criticidad para una mejora de mantenimiento preventivo planificado	50
3.5	Confirmación de la mejora del ciclo de mantenimiento	53
3.5.1	Períodos del ciclo de reparación	54
3.6	Análisis Económico	54
3.7	Impacto ambiental	56
3.8	Conclusiones del capítulo	58
CONCLUSIONES GENERALES		
RECOMENDACIONES		
ANEXOS		

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, con el desarrollo y avance científico técnico alcanzado por los países en la esfera de la economía, se están realizando nuevos estudios, trabajos de investigación e inversiones que garantizan la explotación de nuevas tecnologías, que permiten una adecuada ejecución de los equipos en las industrias. Actualmente en Cuba se ha visto en la necesidad de actualizar su modelo económico con el objetivo de garantizar el desarrollo y elevar el nivel de vida de la población.

Para eso se tiene que tener maquinarias que incrementen la producción y disminuyan los costos, logrando un eficiente proceso que permita crear condiciones seguras en el trabajo de los obreros y aprovechando el mantenimiento en las instalaciones industriales. Esto conlleva a implementar formas que permitan mayor elaboración de alimentos pues esta constituye una fuente básica para el desarrollo de la vida en la tierra.

En Cuba, en la provincia Guantánamo, municipio Baracoa, se encuentra la fábrica de chocolate inaugurada el 1 de abril de 1963 por el Comandante Ernesto Che Guevara de la Serna, esta cuenta para producir con los equipos de la antigua República Democrática Alemana (RDA). La solución para producir más, es dándoles a estos equipos mayor vida útil con un buen mantenimiento, permitiendo llevar nuestros productos a lugares que por su situación geográfica no lo pueden con el incremento constante de la calidad y la disminución de los plazos de entrega.

Los diversos grupos de investigación están realizando trabajos para obtener nuevas aplicaciones de mantenimiento en el sector industrial. Como parte de un programa del perfeccionamiento de nuestro modelo económico trazado por el VI congreso del PCC y unido a ello una serie de lineamientos a seguir por cada una de las instituciones rectoras del País, la fábrica de chocolate de Baracoa no está exento de ello, por lo que surge la necesidad imprescindible de elevar un nuevo sistema de mantenimiento.

Situación problemática: En la línea número 1 de procesamiento de cacao de la fábrica de chocolate de Baracoa, los equipos no alcanzan los años de explotación requerido, presentando en su corto período de funcionamiento fallas en reiteradas ocasiones, limitando de esta manera el cumplimiento de los planes de producción y aumentando considerablemente los costos en el presupuesto de mantenimiento.

Problema científico: Como mejorar el mantenimiento de los equipos industriales de la fábrica de chocolate.

Objeto de estudio: Equipos industriales de la fábrica de chocolate.

Objetivo general

Proponer una mejora al mantenimiento que asegure un incremento de la vida útil de los equipos, la Clasificadora, Tostador y Trituradora de la fábrica de chocolate del municipio de Baracoa.

Campo de acción:

Mantenimiento en la Clasificadora, Tostador y Trituradora.

Hipótesis

La implementación de una mejora en el sistema de mantenimiento desde un enfoque preventivo y planificado que contemple los ciclos de explotación, incidirá en la calidad del estado técnico de la Clasificadora, Tostadora y Trituradora.

Objetivos específicos.

1. Sistematización teórica del mantenimiento a equipos industriales de fábrica de chocolate de Baracoa.
2. Diagnosticar el estado actual de la calidad los equipos industriales y de sus mantenimientos en la fábrica de chocolate.
3. Elaborar una mejora al plan de mantenimiento de los equipos de la fábrica de chocolate.

Tareas:

1. Establecimiento del estado del arte relacionado con el objeto de estudio.
2. Revisión y análisis de la documentación técnica y laboral, así como el estudio de los ciclos de mantenimiento que se aplica, con la recopilación de los datos de mantenimiento realizado a los equipos en los últimos 5 años.
3. Estudio de la estructura organizacional del mantenimiento en la empresa.
4. Proponer un sistema de mantenimiento para los equipos estudiados.
5. Valoración de los principales resultados y planteamiento de los efectos económicos y ambientales.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

A partir del estudio de los distintos tipos de mantenimientos se han realizado investigaciones para la evaluación a utilizar en los equipos de las industrias, este permite el desarrollo de un problema esencial para enfrentar de modo sistemático la complejidad de un trabajo en general. Al disponer de elementos básicos invariantes y de tendencias actuales resulta la necesidad de emplear técnicas para la evaluación, comprobación y propuesta de un sistema de mantenimiento a los principales equipos de la fábrica de chocolate de Baracoa.

El **objetivo** del capítulo es: Establecer el marco teórico sobre el sistema de mantenimiento en los equipos de la fábrica de chocolate en Baracoa Rubén David Suárez Abella.

1.2 Evolución histórica del mantenimiento

En el siglo XIV aparecen las ruedas de hilar, el primer torno mecánico data del año 1568, en el año 1712 aparece la primera máquina de vapor y en 1769 se perfeccionó, lo que permitió que impulsara todo tipo de vehículos y máquinas. A principios del siglo XIX aparecieron las turbinas de vapor que alcanzaron hasta 4 200 r.p.m. Dichos adelantos provocaron el desarrollo de complejos mecanismos de transmisión, los cuales con facilidad podían romperse, lo que exigía cuidado en su uso, ajuste y reparaciones de forma periódica para mantenerlos trabajando. Con la aparición de la máquina surge un nuevo oficio, que perdura hasta nuestros días, el mecánico, el cual realiza operaciones de lavado, engrase, ajustes y reparaciones de mecanismos para mantenerlos funcionando.

Con el desarrollo de la gran industria mecanizada durante los siglos XVII y XVIII, se puede considerar que se inicia realmente la necesidad sistemática de mantener en buen estado técnico la maquinaria y es el cimiento conceptual del mantenimiento

*Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.*

empresarial, para lograr la continuidad del proceso productivo, basado en acciones correctivas que respondían a la sencillez estructural y funcional de las máquinas.

Debido a lo costoso de la maquinaria a mediados del presente siglo y a la necesidad de que en la operación de las mismas existiera seguridad y fiabilidad, se desarrolla una política de prevención de las averías y así surge el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), el cual en sus nuevos conceptos abarcaba el saber de las ciencias Mecánicas, Cibernética y de Dirección científicas, entre otras.

Con la aparición del MPP existe la necesidad de un aparato burocrático, cayendo la organización del mantenimiento en la clasificación moderna de maquinaria burocrática. La complejidad del sistema, y la falta de una rigurosa base estadística, que permitiera establecer plazos razonables para la ejecución de los diferentes servicios técnicos planificados, llevan a que los costos de mantenimiento se incrementaran, sin estar debidamente justificados en todo momento.

En la década de los años 70, con el desarrollo de la industria electrónica e informática comienza la aplicación de una nueva política de predecir las averías, al controlarse diferentes variables de estado de la maquinaria. La medición de parámetros funcionales y variables de control durante el funcionamiento de las máquinas permite determinar el estado de condición de las mismas, al comparar los valores registrados con los límites preestablecidos, lo que dio lugar al Sistema de Mantenimiento Predictivo (MP).

1.3 Políticas de mantenimiento que se han aplicado en la industria a través del tiempo que han sido llevadas al orden de clasificación siguiente:

- Controlado mediante la supervisión en la producción.
- Por interrupción en la producción.
- Regulado.
- De pronóstico.

De forma general, las políticas actuales de mantenimiento se pueden clasificar en:

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo

Pág. 5

- ♦ Correctiva.
- ♦ Preventiva.
- ♦ Predictiva.
- ♦ Alternativa.
- ♦ Política correctiva: la acción concreta tiene lugar esencialmente al producirse la avería o en el momento que se detectan condiciones de funcionamiento que afectan de manera importante el servicio que presta la maquinaria.
- ♦ Política preventiva: es un conjunto de medidas de carácter técnico-organizativas, mediante las cuales se lleva a efecto varios servicios técnicos a la maquinaria de forma planificada, para evitar la aparición de averías imprevistas.
- ♦ Política predictiva: este tipo de política se basa en la detección de los defectos en etapas tempranas tomando las medidas necesarias antes de que se produzcan los fallos. La detección se fundamenta en un diagnóstico del estado técnico de la maquinaria sin necesidad de interrumpir el proceso productivo

1.4 Sistemas de mantenimiento

Existen diferentes sistemas de mantenimiento, los que se caracterizan a continuación:

1. Mantenimiento Fabril.
2. Mantenimiento Correctivo (MC).
3. Mantenimiento Controlado en la Producción (MCP).
4. Mantenimiento Regulado (MR).
5. Mantenimiento Productivo Total (TPM - Total Productive Maintenance).
6. Mantenimiento Basado en la Fiabilidad (RCM).
7. Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM).
8. Mantenimiento Predictivo (MP).
9. Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

1.4.1 Mantenimiento Fabril (según Ministerio de la industria Alimentaria Sistemas para mantenimiento Fabril agosto/1994 Sección I).

Este tipo de mantenimiento está basado en los resultados de las jornadas dedicadas al análisis del manual de normas, este se compone de dos partes:

Sección I: Organización, Mantenimiento y Reparaciones.

Sección II: Metodología para evaluar el Mantenimiento Fabril.

Los objetivos de este son:

Servir como punto de partida a la organización de la actividad presente de forma racional, esquemática y codificada, la versión del conjunto de los objetivos de mantenimiento.

Indicar la criticidad de los objetivos de mantenimiento según las características de cada fábrica.

Servir al jefe de mantenimiento como medio funcional para identificar y localizar las carpetas de formas rápidas, así como los equipos físicamente.

1.4.2 Mantenimiento Correctivo (MC)

En el sistema por interrupción de la producción, el personal de mantenimiento es independiente del de producción y normalmente se encarga de la lubricación y de realizar inspecciones y ajustes menores. El equipo continúa trabajando hasta que ocurre una avería y se requiere la reparación correspondiente.

Podría resultar aplicable cuando intervienen muchas máquinas intercambiables, cuya capacidad, en conjunto, excede los requerimientos de producción, o cuando la capacidad de almacenamiento de la producción terminada es grande. Desde luego, estas dos últimas circunstancias no son comúnmente aceptables desde el punto de vista de la eficiencia económica de la empresa. Este sistema implica el riesgo de que toda avería puede tener consecuencias imprevisibles [Portuondo Pichardo, 1995].

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo

Pág. 7

1.4.3 Mantenimiento Controlado en la Producción (MCP)

Este sistema implica que los propios operarios de los equipos cuidan y controlan estos, solo reclamando la intervención del personal de mantenimiento especializado al presentarse alguna condición anormal fuera de su alcance. En este sistema, el personal de mantenimiento generalmente se encuentra bajo las órdenes del supervisor de producción. Resulta aplicable cuando el personal de operación es calificado y llega a conocer su equipo no solo desde el punto de vista operacional, sino constructivo y está entrenado adecuadamente [Portuondo Pichardo, 1995].

1.4.4 Mantenimiento Regulado (MR)

En el sistema regulado, el personal encargado del mantenimiento prepara una lista de los principales equipos que deben requerir trabajos de mantenimiento de cierta importancia durante los próximos períodos. El frente de producción, conforme al plan de producción, determina los períodos aproximados en que tales equipos estarían disponibles para que se les efectúen los trabajos.

Este sistema resulta de aplicación en industrias que no operan en régimen continuo, o que están sujetas a períodos de receso durante el año por ser su actividad de carácter estacional, o que interrumpen su producción para adaptar la maquinaria con vistas a la elaboración de productos distintos [Portuondo Pichardo, 1995].

1.4.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM - Total Productive Maintenance)

Es un conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización que conforman un proceso básico o línea de producción, puedan desarrollar el trabajo que tiene previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua [Rey Sacristán, 1996].

En este contexto el TPM asume el reto de cero fallos, cero incidentes y cero defectos, para mejorar la eficiencia de los procesos, permitiendo reducir los costos y stocks intermedios y finales, con lo que la productividad mejora.

El TPM tiene como acción principal cuidar y explotar los sistemas y procesos básicos productivos, para mantenerlos en su estado de referencia y aplicar sobre ellos la mejora continua [Rey Sacristán, 1996].

El TPM es una filosofía que de forma parcial se puede introducir en los centrales azucareros cubanos y proporcionar resultados alentadores en el estado técnico de la maquinaria.

1.4.6 Mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM)

El RCM es una herramienta de análisis estructurado, de forma tal, que a partir de la información específica de los equipos y de la experiencia de los usuarios, trata de determinar qué tareas de mantenimiento, si las hay, son más efectivas, para aquellos componentes o equipos cuyas fallas tengan consecuencias significativas [Gerhris James, 2015]. Su objetivo principal es mejorar la fiabilidad funcional de los sistemas con una adecuada seguridad y disponibilidad, que permita prevenir los fallos y minimizar el costo del mantenimiento implicado.

El RCM junto al Benchmarking, como herramienta de mejora de procesos (organización, preparación de los trabajos, ejecución, control y seguimiento) es una poderosa tecnología, para ser aplicada en la industria moderna [Gerhris James, 2015].

1.4.7 Sistema Alterno de Mantenimiento (SAM)

Es la búsqueda de la combinación más adecuada de diferentes políticas, de forma que se racionalicen los recursos financieros, materiales y humanos, y se logren altos indicadores de eficiencia en la actividad del mantenimiento industrial.

Por Sistema Alterno de Mantenimiento (SAM) se entiende la combinación en un sistema único de mantenimiento, en calidad de subsistemas del mismo, de al menos cuatro (4) de los sistemas tradicionales más conocidos, a saber, el mantenimiento contra avería, el MPP, el mantenimiento por diagnóstico (inspectivo o predictivo) y el mantenimiento regulado.” [Portuondo Pichardo, 1995.]

Es evidente que, en el ámbito industrial, no se debe aplicar una sola política de mantenimiento, sino la combinación de todas aquellas que sean posibles en diferentes proporciones, para lograr los mejores resultados técnico-económicos, lo cual ha propiciado que aparezcan sistemas de mantenimiento mixtos como por ejemplo

- Mantenimiento preventivo con mediciones de parámetros síntomas.
- Mantenimiento correctivo con mediciones de parámetros síntomas.

1.4.8 Mantenimiento Predictivo (MP)

El Mantenimiento Predictivo basa su mayor efectividad con respecto a los sistemas tradicionales en el seguimiento de los parámetros de control de las máquinas, incidiendo de forma decisiva en un ahorro considerable de tiempo y piezas de recambio y en alargar la vida útil de las máquinas. Parámetros tales como: niveles de vibraciones, temperatura, presión, caudal y tensión eléctrica constituyen variables de control, que son registradas y seguidas por el personal técnico, para tomar una decisión adecuada en el momento justo.

Este consiste en el control de determinadas variables que informan sobre la condición de los equipos, permiten diagnosticar fallos y establecer el tiempo de vida remanente de las máquinas. Un Programa de Mantenimiento Predictivo puede proporcionar numerosos beneficios como incremento en la disponibilidad, seguridad y calidad, mejoras en programación del mantenimiento, reducción de costes, etc. Sin embargo, un elevado porcentaje de Programas son eliminados transcurridos breves períodos de tiempo, debido a que no se han alcanzado los objetivos establecidos (Carnero Moya Del Carmen María, 2012).

Este libro, muestra una visión diferenciada de los Programas de Mantenimiento Predictivo ya que incorpora junto con los aspectos tecnológicos, cuestiones organizativas, de control y toma de decisiones que no son analizadas habitualmente. La información contenida puede ayudar en la implantación de los Programas Predictivos al proporcionarse numerosos procedimientos de actuación con cada técnica de diagnóstico, sugerencias sobre la decisión a tomar en cada fase y, un modelo de toma de decisiones que identifica las carencias en una organización antes

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

de la implantación del Programa, pudiendo garantizar su éxito (Carnero Moya Del Carmen María, 2012).

1.4.9 Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)

En Cuba existe abundante bibliografía, en la cual se aborda este conocido sistema de mantenimiento [Adams, 1966; García González, 1978-2; Hidalgo, 1983; Konsult, 1985; Portuondo Pichardo, 1985; Kelly, 1986; Navarrete, 1986, 1997; Orozco, 1990; Higgins, 1995] y otros.

El sistema de mantenimiento preventivo planificado (MPP) implica la restauración de la capacidad de trabajo de los equipos (precisión, potencia, rendimiento) y de su comportamiento (índices de consumo), mediante el mantenimiento técnico racional, cambio y reparación de las piezas y conjuntos desgastados, realizados conforme a un plan elaborado con anterioridad. [Portuondo Pichardo, 1995].

De esta manera el equipo se encuentra siempre en buen estado ya que es sometido a reparaciones periódicas que eliminan en gran parte las averías con la consiguiente economización de trabajos y de material.

El mantenimiento preventivo constituye una acción, o serie de acciones necesarias, para alargar la vida útil del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Tiene como propósito planificar períodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se evitan reparaciones de emergencia.

1.4.9.1 Antecedentes del mantenimiento preventivo planificado.

Bangueses et al (2006) plantean que el mantenimiento preventivo puede ser definido como la conservación planeada de fábrica y equipo, que permitiendo inspecciones periódicas descubren condiciones defectuosas y reducen costos. Por lo que se considera una actividad programada e iniciada independiente de la condición actual del grupo y de la necesidad obvia de su reparación. Por lo tanto, se deben aplicar

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

programas acordes con la tecnología y equipos, garantizando de esta forma la operación óptima de ellos en los procesos.

Navarrete (1986) establece un procedimiento que permite definir la estructura del ciclo de reparación en función de la duración teórica del ciclo de mantenimiento, y de los coeficientes que contemplan el régimen de trabajo y el tipo de producción; el mismo permite la determinación de los tiempos de intervención y reparación, pero se ve limitado por la reducida variedad de equipos analizados que muestran una estructura claramente definida.

Luna (1982) expone que el éxito del sistema preventivo planificado consiste en que luego de que el equipo ha realizado ciertas labores, debe dejar de trabajar para realizarle un tipo de mantenimiento dado, de acuerdo con un plan confeccionado previamente. Además, recalca que el conjunto de operaciones incluidas en cada mantenimiento debe ser obligatoriamente ejecutado. La principal deficiencia de este trabajo está relacionada con la confección del plan de mantenimiento, ya que, aunque se menciona no se muestra evidencia física ni procedimiento alguno para su elaboración.

Para realizar el mantenimiento preventivo se precisa de un conjunto de acciones que de una manera planificada y programada se apliquen a los equipos, con el fin de prevenir y corregir condiciones desfavorables, asegurado de esta manera que la calidad de servicio permanezca dentro de los límites establecidos (Pista, 1993).

Instituto Superior Minero Metalúrgico 17 Benerando Ferrer Jiménez

De acuerdo a Nava (2006) las principales características del mantenimiento preventivo son tres y cito: Establecer un programa continuo que deberá ser establecido y operado por personas que están capacitadas en el mantenimiento del equipo. Preparar lista de verificación que también deberá ser realizada por personas que conozcan de mantenimiento, donde dichas listas deben ser utilizadas para hacerles inspecciones programadas en forma regular. Y planear si es a corto o largo plazo la revisión del equipo, a corto plazo se refiere a que el equipo deberá ser revisado en un mínimo tiempo estipulado, para que siga siendo productivo, a largo plazo este afectaría normalmente el equipo de servicio de la planta.

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo Pág. 12

Los sistemas de organización del mantenimiento técnico y la reparación de la maquinaria contemplan un conjunto de operaciones que deben recibir los equipos en su período de explotación o vida útil, para mantener y restablecer su capacidad de trabajo. Este sistema de mantenimiento y reparación de la maquinaria lo componen las actividades de asentamiento, chequeo técnico, mantenimiento técnico, reparación y la conservación (Daquinta, 2004).

Morrow (1986) clasifica el mantenimiento preventivo de la siguiente manera.

Mantenimiento preventivo rutinario: es aquel donde se dan una serie de instrucciones precisas para atender de forma satisfactoria el equipo y a su vez para atender el equipo en forma frecuente y estable. Mantenimiento programado periódico: se basa en instrucciones de mantenimiento de los fabricantes, para obtener y realizar en cada ciclo la revisión y sustitución de los elementos más importante de los equipos. Mantenimiento analítico: es el análisis de fallas que indica cuándo se debe aplicar las actividades de mantenimiento para prever las fallas de equipo.

Gilbert et al (2013) realizan la evaluación del sistema de gestión de la calidad de mantenimiento en varias empresas del territorio holguinero, dividiendo el sistema de gestión en porciones llamadas áreas de actuación, las que a su vez eran subdivididas en lo que llamarían funciones, donde la ponderación más elevada se le otorga a la ingeniería de mantenimiento, presentando la mayor jerarquía el mantenimiento preventivo planificado.

1.4.9.2 Ventajas del mantenimiento preventivo planificado (MPP).

Las ventajas de este sistema radican en que disminuyen el número de revisiones y roturas imprevistas, incrementando la productividad; reduce el tiempo de las reparaciones, pues se puede planificar con antelación; disminuye el almacenaje de piezas de repuesto en planta y protege a las máquinas de roturas catastróficas, al poder detectar fallos incipientes y evitar sus consecuencias.

Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25 %, reduce 30 % los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de la maquinaria y equipo hasta en un 50 %.

Los programas de mantenimiento preventivo tradicionales, están basados en el hecho de que los equipos e instalaciones funcionan ocho horas laborables al día y cuarenta horas laborables por semana. Si las máquinas y equipos funcionan por más tiempo, los programas se deben modificar adecuadamente para asegurar un mantenimiento apropiado y un equipo duradero.

El área de actividad del mantenimiento preventivo es de vital importancia en el ámbito de la ejecución de las operaciones en la industria de cualquier tamaño.

De un buen mantenimiento depende no sólo un funcionamiento eficiente de las instalaciones y las máquinas, sino que además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como el hacer que los equipos tengan períodos de vida útil duraderos, sin excederse en lo presupuestado para el mantenimiento.

Las estrategias convencionales de "reparar cuando se produzca la avería" ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora si se quiere ser productivo se tiene que ser consciente de que esperar a que se produzca la avería es incurrir en unos costos excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, tiempos muertos y pérdida de ganancias).

Los objetivos que persiguen la aplicación del control de la calidad en la reparación y el mantenimiento de los equipos industriales según (Navarrete, 1986) son:

1. Garantizar una alta confiabilidad de las máquinas que se aceptan para la explotación, luego de una reparación o servicio técnico.
2. Eliminar el pago de trabajos que no se ejecuten satisfactoriamente o que no se realicen.

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo Pág. 14

Para la implantación del control de calidad en mantenimiento deben efectuarse los siguientes trabajos.

1. Determinación del campo o actividades a aplicar el control de la calidad del mantenimiento.
2. Reparación de la documentación técnica para la reparación y el control de la calidad.
3. Selección de los verificadores y el proceso del control de la calidad.
4. Obtención de los medios de medición adecuados.
5. Establecimiento del local o área principal para efectuar el control de la calidad.
6. Identificación de los materiales y piezas de repuesto.
7. Establecimiento de las reglamentaciones para la recepción de los equipos a reparar.
8. Establecimiento de las reglamentaciones para la entrega de los equipos reparados.
9. Elaborarla estructura organizativa y funcional del control de la calidad del mantenimiento en la empresa.
10. Establecimiento del control de la calidad de los materiales y piezas de repuesto que intervienen en las reparaciones y el mantenimiento.
11. Establecimiento del control de la calidad de los trabajos de ajuste, montaje general del equipo y comprobación de los parámetros técnicos.
12. Determinación y establecimiento de los modelos de control a emplear.

Es evidente que cuando realicemos un mantenimiento debemos conocer una serie de datos de antemano, como:

- Necesidades del equipo en el proceso
- Necesidades y objetividad en la calidad del producto
- Situación y caracterización de los elementos que compone los equipos para el almacenamiento de los productos en el proceso de la línea.

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

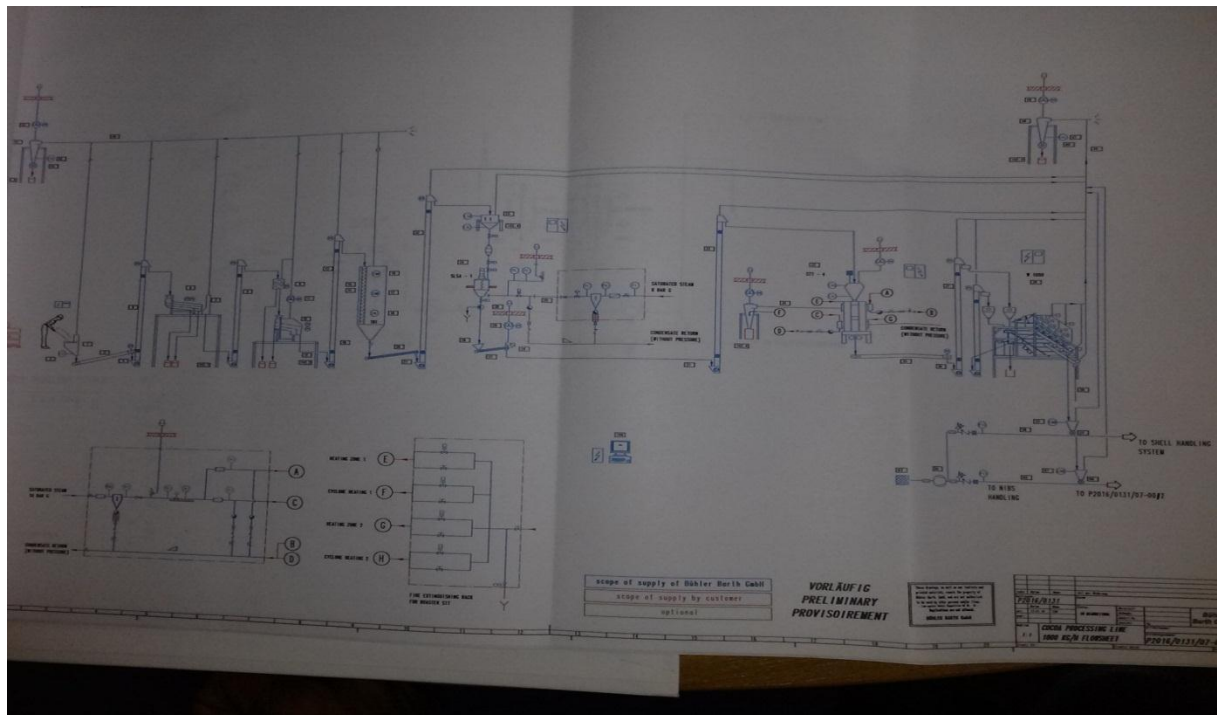
Densy Miguel Quilbeaux Cantillo Pág. 15

- Velocidades de circulación de trabajo de las máquinas permitiendo mayor vida útil.
- Diámetros y capacidad del local que dispone la instalación del equipo.
- Material a emplear

1.5 Propuesta del sistema de mantenimiento para la fábrica de chocolate en la ciudad de Baracoa.

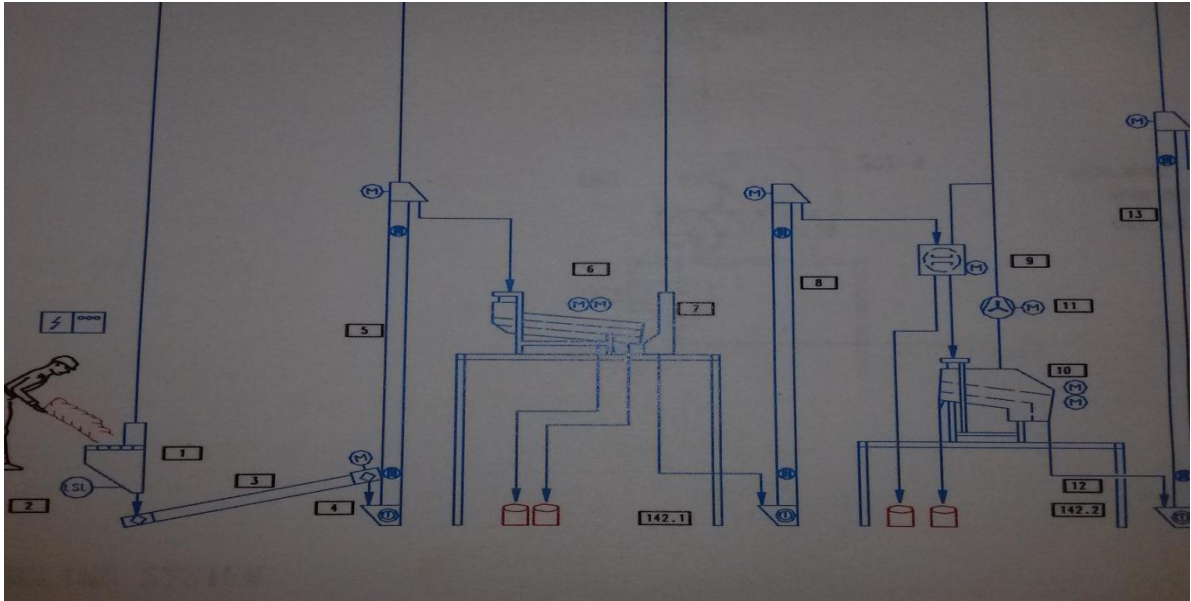
Para el sistema de mantenimiento de la fábrica de chocolate ubicada a 5 km al oeste de la ciudad de Baracoa en la carretera a Mabujabo número 54 inaugurada por el Comandante Ernesto Guevara de la Serna el 1 de abril de 1963 contamos con una línea de más de 50 años de explotación, donde el rendimiento de ellos no es igual producto a las innovaciones y alternativas que buscamos para que estos trabajen. Por lo que proponemos el sistema (**Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)**) en la Clasificadora, Tostador y Trituradora que a continuación le mostramos algunos datos técnicos.

1.5.1 Plano de línea productiva donde se encuentran ubicados los tres equipos en la fábrica de chocolate de Baracoa.



Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

1.5.2. Clasificadora o separador Classifier MTRA-60/100.



La clasificadora es un accionamiento mecánico utilizado con el fin de escoger los mejores granos de cacao y así separarlos para la transformación del cacao en licor para la elaboración de las tabletas de chocolate la misma es de muy antigua fabricación, de marca Heidenau, con un modelo 37-E-6 y se fabricó en 1961, se instaló en 1963 con un régimen de explotación de 16 horas diarias la cual posee las siguientes características técnicas principales su capacidad es de $C=650\text{kg/hr}$ y un voltaje de 440 V.

Este equipo presenta varios accionamientos y complementos como el canal de aspiración MVSH-60. Como máquina complementaria del separador su construcción es estable con pared de plexiglas con regulación exacta para que pueda reproducirse los resultados de la selección. Presenta distribución de aire de entrada en toda la profundidad del canal y con ello la zona de selección y repaso óptima donde es necesario, están incorporadas piezas resistentes al desgaste. Consta con una compuerta de regulación de caudal de aire y conexión para una aspiración central, tiene iluminación interior, reja protectora completa, tolva de salida para conexión a tubería de salida y caperuza de aspiración.

El elevador de correa MGEL-250/150 es otro complemento de la clasificadora el cual

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

presentas las siguientes características:

Producto a transportar..... Granos de cacao

Capacidad..... 3 t/h

Altura total..... 6 m

Peso específico aparente.....0,55 t/m³

Cabeza del elevador:

Construcción de chapa de acero atornillada con parte superior desmontable y de chapas frontales resistentes al desgaste con polea vulcanizadora y con dispositivo anti- retroceso.

Pie del elevador:

Construcción de chapa de acero atornillada con entrada y rasera vaciado, con polea y dispositivos de tensión de correas con husillos, pares de cajas con longitudes normalizadas y con elementos de ajustes, en la cantidad precisa, incluida la caja tensora para montaje auto portante.

Posee también correa de elevador resistente al aceite, antiestática resistente a la abrasión, ininflamable y pretensada, con taladros para tornillos y conectores de cinta. Tiene también cangilón de elevador con material de fijación (suelto) y un tubo de aspiración para conexión con tubería de aspiración.

Accionamiento compuesto:

Motor – reductor de ejes paralelos de 0,75 kW

Aparato de evaluación para:

Detector de desvío de banda

Control de número de rotación

Otro accionamiento de la clasificadora es el imán rotativo DFRT-200/360 este es utilizado para separar los trozos de hierro del producto, con un distribuidor de producto integrado con freno de producto. Consta con una ejecución de metal,

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

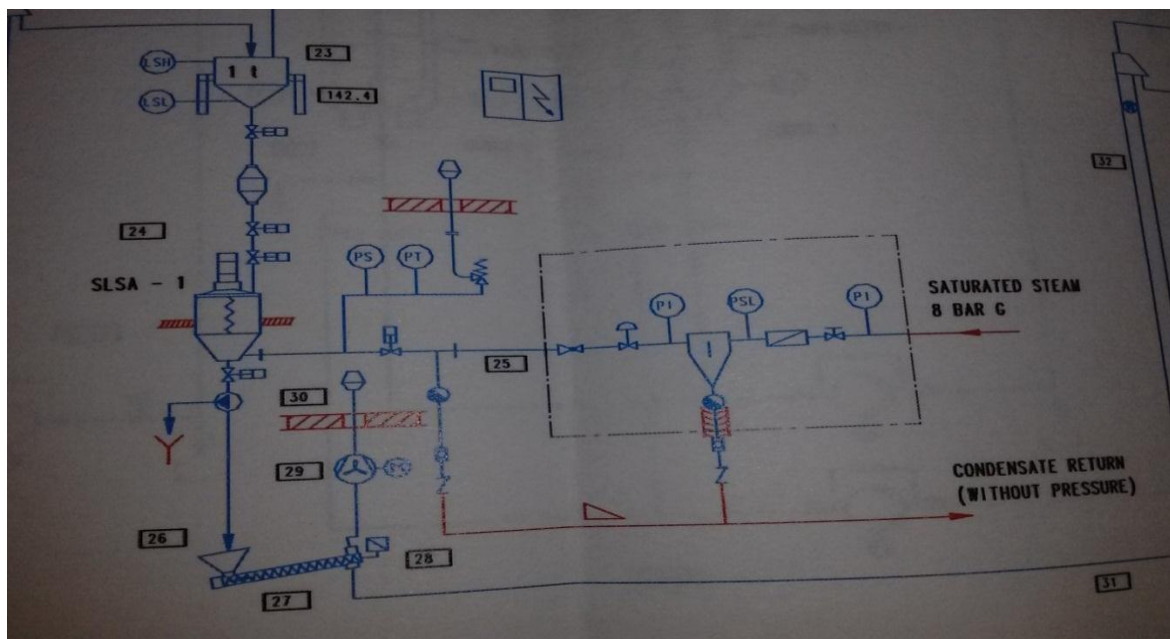
carcasa con puertas de control, entrada de producto con corredera de segmento regulable para dosificación regular de la corriente de producto sobre el tambor magnético. Tambor de acero inoxidable, con imán permanente estacionario montado. Accionamiento con motor reductor de eje hueco de 0,37 kW con vaciado automático del distribuidor y salidas para productos y piezas de hierro con apoyo al suelo.

El ventilador de baja presión es otros de los componentes de la clasificadora el cual consta con una cantidad de aire de 70 m³/min con una construcción de chapa de acero con un soporte de motor soldado directamente con la carcasa. Ruedas e aletas ancladas sobre el eje del motor. Presenta un soporte anti-vibrante con barras de fijación incluyendo contra bridas en la entrada y la salida. Motor inducido en cortocircuito de 5,5 kW.

La tubería de caída fabricada en acero carbono, incluye todos elementos necesarios tales como Tubos rectos, codos y conexiones, transiciones, tubos-Y, raseras, maticadas, abrazaderas, anillos de sujeción.

La desinchadora MTSC-65/120E Trabaja según el principio de aire de depresión. Marco en base de acero con variación de la inclinación e tamices.

1.5.3. Tostador /secador continuo STT-4



Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Guílbeaux Cantillo Pág. 19

El tostador es un horno giratorio en forma de bola. En él se procesan cerca de unos cientos de kilos de cacao. Debido a la exposición del grano a fuentes de calor para su tostado, resulta inevitable la pérdida de cierta cantidad de manteca de cacao. El tiempo de tostado suele oscilar entre los tres cuartos de hora y una hora completa, a temperaturas de entre 110 °C y los 140 °C.

El tostado de los granos del cacao ofrece un problema técnico, debido a que el tamaño medio de los granos ofrece una gran dispersión. Para que el tostado sea homogéneo es necesario que los granos tengan un calibre similar. A veces se consigue con el empleo de mallas separadoras. El tostado se produce durante diez minutos, máximo quince, y su desarrollo produce diversos componentes químicos de aroma por la aparición de diversas reacciones durante el tostado, este es de la misma línea productiva de la clasificadora el cual posee los siguientes datos técnicos, este consta con una capacidad de $C_p = 150$ Kgs c/u, un voltaje de 440V y una temperatura máxima de 150 °C.

El tostador STT con dos zonas caloríficas, trabajando según el principio de aire fresco. Este posee un ventilador radial con un caudal de aire 7 m³/min. Tiene una carcasa rodete en metal ligero con contrabridas y rejilla protectora en la salida y un motor inducido en cortocircuito de 0,55 kW.

En su parte superior tiene la zona de tostado en construcción soldada de perfiles huecos, son rejillas de chapas perforadas para la limitación de canales y filtros de aspiración de aire fresco intercambiables, con un calentador de aire para un máximo de presión de vapor de 11 bar, una puerta y panelado de acero inoxidable.

En su parte inferior posee las mismas características solo que con una corredera intermedia de segmento accionada de forma electroneumática con un ventilador con motor 7,5 kW para aire caliente. El mismo tiene un cilindro de descarga con un motor-reductor de 0,25 kW accionada con un convertidor de frecuencia para la regulación continua del caudal de extracción y de esta forma de la potencia del tostador.

Otras de las partes del tostador es la batería de vapor para dos zonas caloríficas con todo la valvulería necesaria para la regulación continua de a temperatura de tostado, en caso de pérdida de energía se interrumpe automáticamente la alimentación de vapor. El mismo consta con dos ciclones para la limpieza del aire de escape, incluidos contenedores de polvos, extintor de incendios y estructuras de soportes.

Datos técnicos adicionales:

Vapor instalado..... 600 Kg/h

Consumo de vapor.....450 Kg/h

Potencia de vapor..... 265 kW

Potencia eléctrica consumida..... 15,4 kW

Aire fresco.....180m³/min

Aire comprimido..... 20 litros/día

Unidad de mando para tostador STT

El manejo y la visualización se realizan a través de un panel de mando que está montado en el almario de control / potencia.

Funciones:

En el panel de mando se pueden registrar 50 recetas y se pueden introducir parámetros. Los valores actuales de temperatura, capacidad o tendencias, avisos de alarmas diagrama de la instalación de la línea del proceso se muestran en el panel. También están disponibles, registro de avisos de alarmas, su funcionamiento es manual-automático y Tele- servicio.

Tiene un armario combinado de control / potencia IP 54 aproximadamente con un ancho de 1000 mm, altura 2000 y su profundidad 500 mm, introducción de cableado en la parte superior e inferior.

En el almario están montados:

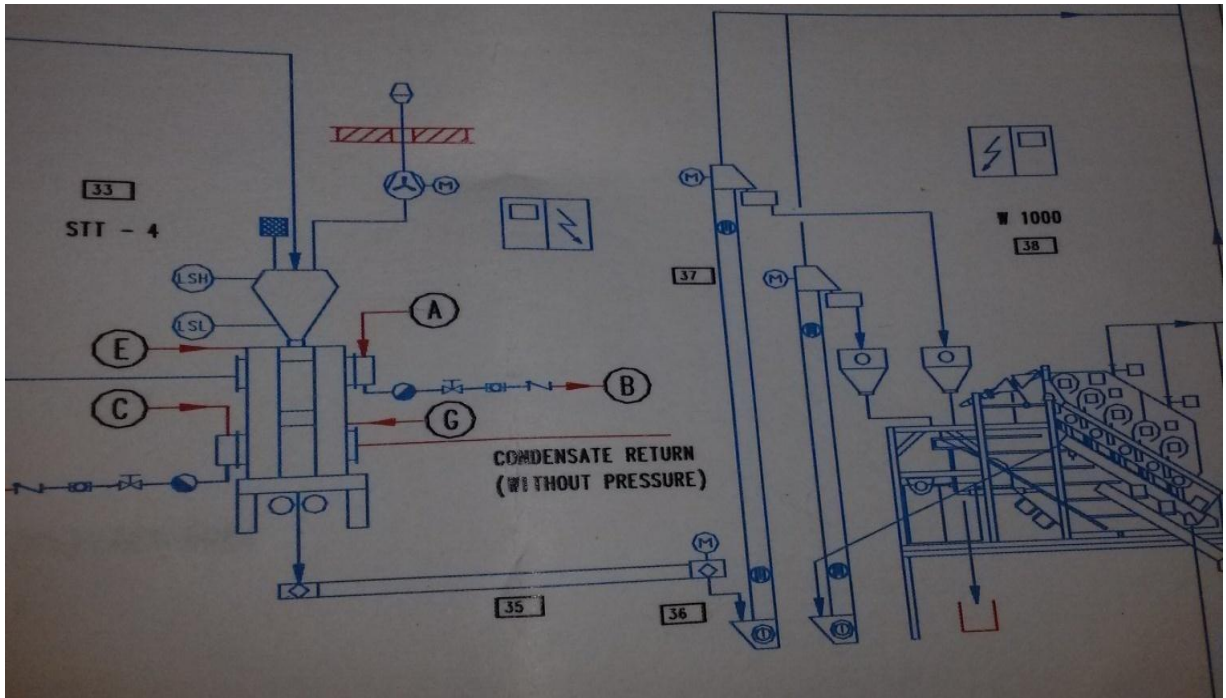
- Un panel de mando IPC 477 D

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo *Pág. 21*

- Regulador para zonas caloríficas
- Ventilador de armario con filtro para temperatura ambiente hasta 30 C⁰.
- Condiciones de arranque de motores (estrella/Delta desde 7,5kW).

1.5.4. Trituradora de la fábrica de chocolate de Baracoa.



La trituradora de mandíbula es uno de los equipos de trituración más utilizados en la producción industrial y mineral, se aplica principalmente en la trituración gruesa y media de las materias de resistencia a compresión no mayor a 320 Mpa, caracterizada por alta relación de reducción, alta producción, granulosidad homogénea, estructura sencilla, funcionamiento fiable, mantenimiento fácil, costo de operación económico, etc.

La trituradora de esta serie se aplica principalmente en metalurgia, minas, química, cemento, construcción, material refractario y cerámica, etc.; para la trituración gruesa y media de los minerales y rocas duras.

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Guílbeaux Cantillo Pág. 22

La trituradora de esta serie es más conveniente para triturar los minerales blandos y duros de la resistencia a compresión no mayor a 300 Mpa, el tamaño máximo de las materias a triturar no puede exceder lo especificado en la tabla de parámetros técnicos.

La trituradora de mandíbula es un equipo de trituración de alto rendimiento y ahorro energético desarrollado con toda dedicación integrando las experiencias exitosas de los productos del mismo tipo en el interior y exterior.

1.6 Materias a triturar

Esta máquina se conviene a la trituración gruesa, media y fina de las diferentes materias de dureza Mohs menos a nivel 7; en la trituración fina se debe elegir la trituradora de mandíbula de trituración fina.

Se destina en mayor parte a la trituración de granulosidad media de los diferentes minerales, y materias de gran tamaño de la resistencia a la compresión no mayor a 320 Mpa, y se divide en la trituración gruesa y la fina. Los productos de esta serie llevan las especificaciones completas.

1.7 Características funcionales

- La boca entrada de alimentación es grande y la cámara de trituración es profunda. Puede machacar los materiales duros y grandes, con menor cantidad de polvo.
- Es fácil regular el intersticio entre la placa de impacto y el martillo, para controlar la granularidad y la forma de los productos eficientemente.
- La máquina es de estructura organizada y confiable. El rotor tiene gran inercia.
- Los martillos son de acero al cromo, que tienen gran resistencia al desgaste y al impacto. Coeficiente excelente de forma del material triturado.
- El rotor tiene gran fuerza de impacto.
- Funcionalidad completa, eficiencia alta, desgaste bajo y beneficio alto.

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo Pág. 23

- La conexión del conjunto de expansión y la estructura, son simples, de fácil mantenimiento y económico.

1.8 Principio de funcionamiento

La trituradora de impacto se compone principalmente de chasis, rotor, la transmisión del rotor y las placas de impacto. Las trituradoras de impacto son mecánicas, por machacar los materiales usando la energía de impacto.

En primer lugar, los materiales entran en la cámara de trituración desde la boca de alimentación. El rotor se rueda a alta velocidad cuando trabaja la máquina. Los materiales serán despedazados por el impacto con el martillo del rotor, y serán tirados a la placa de impacto. Así repite el proceso y los materiales serán machacados repetidamente. Los productos finales serán descargados hasta que corresponden la granularidad necesitada. Para cambiar la granularidad y la forma de los productos finales, se puede ajustar el intersticio entre la placa de impacto y el rotor.

1.9 Tipos de Trituradoras

- Trituradora de mandíbula o chancadora general.
- Trituradora de cono.
- Trituradora de cono resorte.
- Trituradora de cono hidráulica.
- Trituradora de impacto o chancadora de tipo europeo.
- Trituradora de impacto hidráulica.
- Trituradora de impacto de eje vertical.
- Trituradora de impacto de eje vertical con cámara profunda.
- Trituradora o chancadora primaria de impacto.
- Trituradora desbrozadora.

La trituradora se clasifica generalmente en el tipo de oscilación compleja y la sencilla, destinándose principalmente a la trituración gruesa y media. En los últimos años, ha aparecido la trituradora de oscilación mixta, destinada a la trituración fina; así como la trituradora fuerte de ferrocromo a microcarbono, que tiene alta intensidad de trituración y alta dureza. En fábrica de chocolate de ubicada en el municipio de Baracoa trituradora utilizada es la de mandíbula de la cual hay diversos tipos de las mismas.

Hay tres tipos de trituradoras de mandíbulas de acuerdo con el lugar que ha sido fijada la placa móvil:

- Trituradora tipo Blake, fijada en el punto más alto, por ejemplo en el área de recepción o alimentación; que es la utilizada en la fábrica de chocolate de Baracoa.
- Trituradora tipo Dodge, fijada en el punto más bajo, por ejemplo en el área de descarga;
- Trituradora tipo Universal u oscilante, fijada en el punto medio del cuerpo de la trituración.

La trituradora posee un elevador de correa MGEL-250/150

Producto a transportar Granos de cacao

Capacidad..... 1t/ h

Altura total 9 m

Peso específico aparente 0,55 t/m³

Ejecución en acero inoxidable

Cabeza del elevador:

Construcción de chapa de acero atornilla con parte superior desmontable y chapas frontales resistentes al desgaste.

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo Pág. 25

Pie elevador:

Construcción de chapa de acero atornillado con entrada y trasera de vaciado, con polea y dispositivos de tensión de correas con husillos.

Correa de elevador resistente al aceite, resistente a la abrasión, inflamable y pretensada con taladros para tornillos y conectores de cinta.

Cangilón de elevador con material de fijación (suelto).

Tubo de aspiración para conexión con tubería de aspiración

Posee accionamiento compuesto:

Motor reductor de ejes paralelos de 0,75 kW

Aparato de evaluación para:

Detector de desvío de banda

Control de número de rotación.

1.10 Conclusiones del capítulo

Luego de haber sistematizado el conocimiento precedente sobre la temática se puede concluir:

1. Quedaron expuestos los fundamentos teóricos, que permiten desarrollar los objetivos planteados en la investigación.
2. Los procedimientos tradicionales reportados por la literatura especializada, utilizan métodos gráficos para la obtención de los parámetros operacionales del sistema en el punto de funcionamiento y en comparación con los modelos matemáticos.
3. Se despliega la necesidad de realizar un estudio del mantenimiento aplicado en la fábrica de chocolate de Baracoa Rubén David Suarez Abella mediante los cálculos correspondientes.

CAPÍTULO 2. Materiales y métodos de la investigación.

2.1. Introducción

El régimen de trabajo es un conjunto de parámetros que determina, el proceso de instalación de los equipos de la industria. El plan de mantenimiento se prepara de manera global para todo el año indicando lo que debe hacerse por meses. En este plan figuran todas las máquinas, equipos e instalaciones, indicando el tipo de mantenimiento (reparación pequeña, revisión, reparación mediana y general), que corresponde en cada uno de los meses.

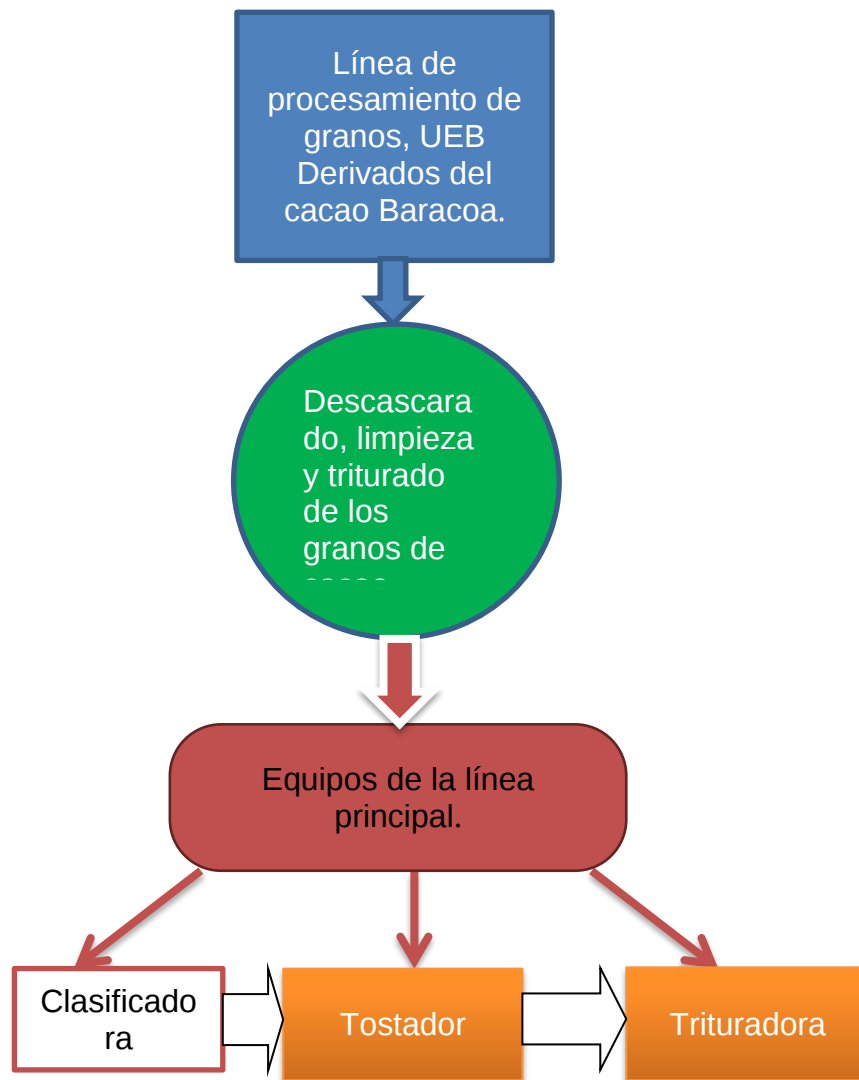
El presente capítulo tiene como **objetivo**:

Establecer la metodología de cálculo mediante un análisis del tiempo entre reparaciones, duración entre intervenciones, un análisis de la fiabilidad, y criticidad de las principales piezas más afectadas de los equipos de la fábrica de chocolate de la ciudad de Baracoa.

En la fábrica de chocolate de Baracoa en línea número 1 de procesamiento de cacao la línea de producción de esta montada en serie lo cual depende un equipo de otro lo quiere decir que si un equipo se detiene por cualquier rotura o defecto técnico el otro se detiene también por lo que se propondrá una mejora del mantenimiento de los equipos y se tendrá en cuenta como un sistema para analizar mediante la metodología correspondiente.

2.2 Características del flujo tecnológico del sistema analizado conectado en serie

Al analizar el proceso productivo presente en la industria, se llegó a la conclusión que es en serie, pues al afectarse cualesquiera de los equipos trae consigo la parada de toda la línea productiva.



2.3 Análisis de la fiabilidad

Se halló la amplitud de la serie (AR) de variante de la magnitud aleatoria la cual se determina por los valores máximos (t_{max}) y mínimos (t_{min}) de la serie de variante:

$$AR = t_{max} - t_{min} \quad (2.1)$$

Para determinar el diagrama puntual de frecuencia y frecuencia relativa de las diversas variantes del tiempo de trabajo hasta el fallo se calculó el valor de (pi), que será igual:

$$pi = \frac{mi}{n} \quad (2.2)$$

Dónde:

mi : es el valor de la frecuencia de repetición.

N : es el valor de la muestra.

Para construir el histograma es necesario dividir la amplitud de (**ti**) en intervalos iguales.

2.3.1 Número óptimo de intervalos iguales según la fórmula de Sterjes

$$r = 1 + 3,322 \log n \quad (2.3)$$

Dónde:

n : es el volumen de la muestra y es igual a 100

r : es la cantidad de intervalos del histograma.

Luego se determinó la amplitud para cada intervalo (Δh) de la forma siguiente:

$$\Delta h = \frac{AR}{r} \quad (2.4)$$

2.3.2 Tiempo medio de trabajo hasta el fallo (TM)

$$TM = \sum_{n=1}^n ti / 100 \quad (2.5)$$

Dónde:

$n = 100$ o bien en función de las frecuencias relativas,

$$TM = \sum_{n=1}^n ti * pi \quad (2.6)$$

Nota: recordando que (**mi**) es la frecuencias que se repiten los valores **ti** ,
y **$pi = mi/n$**

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo Pág. 30

El valor empírico de la dispersión empírica de la distribución del tiempo de trabajo hasta el fallo [$Dq(t)$] se puede calcular como:

$$Dq(t) = \frac{Mo}{n-1} \sum_{i=1}^n mi(ti - Tm) \quad (2.7)$$

Donde si $n > 50$ $Mo = 1$ (donde Mo es un coeficiente para lotes de elementos)

Luego se calcula la desviación media cuadrática de la distribución del tiempo de trabajo sin fallo [$\chi_q(t)$] .

$$\chi_q(t) = \sqrt{Dq(t)} \quad (2.8)$$

El coeficiente de variación (varianza, V_x) se puede determinar por la siguiente expresión:

$$V_x = \frac{\chi_q(t)}{Tm} \quad (2.9)$$

Probabilidad del trabajo sin fallo (o función de la fiabilidad)

$R(t)$. Es la probabilidad de que el tiempo de trabajo iguale o exceda un tiempo dado t_0 o sea que:

$$R(t) = 1 + P(t) \quad (2.10)$$

$$R(t) + P(t) = 1 \quad (2.11)$$

2.4 Análisis de criticidad

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

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

$$\textbf{Criticidad} = \textbf{Frecuencia} \times \textbf{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está 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.

2.4.1 Fórmula de Criticidad

$$C = \frac{[(NivelProd.*TPPR * Imp.Prod.) + CostoRep. + Imp.Seg. + Imp.Amb.]}{Frec.Falla} \quad (2.12)$$

Dónde:

NP - Nivel de producción

TPPR - Tiempo promedio para reparar

IP - Impacto en la producción

CR - Costo en la reparación

IS - Impacto en la seguridad

IA - Impacto ambiental

FF - Frecuencia de falla

En la tabla 2.1 se muestra el valor alcanzado por cada uno de los coeficientes que considera el criterio a nivel de máquina, utilizado para realizar la selección del sistema de mantenimiento. De ahí que se pueda determinar la magnitud de los coeficientes predictivo y correctivo/preventivo expuestos en la tabla 2.1

Posteriormente se determinan los siguientes coeficientes:

- Coeficiente de mantenimiento predictivo:

$$C_{pred} = \frac{C1+C2+C3+C6}{4} \quad (2.13)$$

Coeficiente de mantenimiento correctivo/preventivo:

$$C_{corr/prev} = \frac{C_{perdidas}+C_{fallas}}{5}$$

Siendo:

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

$$C_{perdidas} = C1 + C2 + C6$$

$$C_{fallas} = C7 + C8 \quad (2.15)$$

Dónde:

C1: Elevado costo de adquisición de la máquina

C2: Alto costo por concepto de pérdidas de producción

C3: No existencia de duplicado de la máquina

C4: Posibilidad de efectuar un diagnóstico de la máquina con la instrumentación disponible

C5: Posibilidad de efectuar mediciones de control de parámetros globales tales como: Niveles totales de vibración, temperatura, flujo, etc.

C6: Elevado costo de mantenimiento de la máquina. Aquí se incluyen los gastos materiales y de recursos humanos en un determinado período de tiempo.

C7: Elevadas pérdidas de vida útil debido al desarme. Se refiere a máquinas que por sus características técnicas constructivas sufren deterioro de su estado técnico con el desarme.

C8: Graves consecuencias económicas de una rotura para la máquina. Considera que el deterioro de una de sus partes debido a un fallo haría muy costosa su reparación.

Los coeficientes que cumplen con la condición descrita adoptan el valor 1

Los coeficientes que no cumplen la condición adoptan el valor 0

- Tabla 2.1 Reglas de selección

VALOR DE LOS COEFICIENTES	SISTEMA DE MANTENIMIENTO
$C_{corr/prev} = 0$	Correctivo
$C_{pred} \leq 0.25$ $C7 = 1$	Preventivo según índices de fiabilidad
$C_{pred} > 0.5$ $C4 = 0$ $C5 = 1$	Preventivo con medición de parámetros síntomas
$0.25 \leq C_{pred} \leq 0.5$ $C4 = 1$ y/o $C5 = 1$	
$C_{pred} \geq 0.5$ $C4 = 1$	Predictivo

2.5 Sistemas del MPP (según Pérez Navarrete Enrique)

Se llama MPP a todo el conjunto de medidas de carácter técnico y organizativo, mediante las cuales se lleva a cabo el mantenimiento y reparación de los equipos. Estas medidas son elaboradas previamente según el plan que asegura el trabajo constante de los equipos, de esta manera el equipo se siempre en buen estado ya que es sometido a reparaciones periódicas que eliminan gran parte de las averías con la consiguiente economización de trabajo y de material. El mismo puede clasificarse de la manera siguiente:

1. Servicio diario del equipo
2. Trabajos periódicos
3. Revisión
4. Reparación pequeña
5. Reparación mediana
6. Reparación general
7. Reparación imprevista
8. Servicio diario del equipo

2.5.1 Servicio diario del equipo

El objetivo del servicio diario del equipo es comprobar el estado técnico, que su vibración sea la correcta, que las partes donde hay lubricación tengan su medida, sonidos de los motores, a la vez verificar si se calienta, si tienen algún tornillo otras piezas que no estén ajustada, refrigeración (bombas, filtros, rodamientos, correas, etcétera), así como de comprobar el cumplimiento de las normas de trabajo por parte de los obreros.

2.5.2 Trabajos periódicos

En algunos equipos se hacen entre cambio de turno, semanales, quincenales y mensuales determinando tiempo en que realizan los ajustadores de servicio, según el plan previamente elaborado.

Estos trabajos son:

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Quilbeaux Cantillo Pág. 34

Limpieza de los equipos que trabajan en condiciones de poca limpieza. Para realizar la limpieza de los mecanismos del equipo se efectúa el desmontaje de los mismos si es necesario, quitándole el polvo y otras partículas que se hayan introducido en el período de trabajo.

2.5.3 Revisión

La revisión la realiza el especialista en mantenimiento entre una reparación y otra según el plan correspondiente al equipo. Su propósito es comprobar el estado técnico de este y determinar los preparativos que hay que hacer para la próxima reparación donde también la revisión se realiza diariamente a todos los equipos de fábrica, esta puede consistir en comprobar si el equipo arranco bien, el sonido del mismo, si tiene vibraciones se le comprueba la lubricación entre otros parámetros importantes.

2.5.4 Reparación pequeña

La reparación pequeña debido al mínimo volumen de trabajo que durante ella se realiza, es un tipo de reparación preventiva, es decir una reparación para prevenir posible defecto del equipo, mediante la sustitución o reparación de piezas y con la regulación de los mecanismos se garantiza la explotación normal del equipo hasta la reparación siguiente.

2.5.5 Reparación mediana

Durante ella el equipo se desmonta parcialmente y mediante la reparación o sustitución de las piezas en mal estado se garantiza la presión necesaria, potencia y productividad del equipo hasta la próxima reparación planificada evitando así que se detenga el proceso productivo.

Durante la reparación mediana se sustituyen o reparan aquellas piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor que el período de tiempo que media entre esta reparación y la próxima, o cuyo plazo de servicio es igual o menor que el período de tiempo que media entre dos reparaciones medianas.

2.5.6 Reparación General

En esta realizamos el desmontaje total del equipo, la sustitución o reparación de piezas y todos los mecanismos desgastados, se limpia, se lava, se ajusta, se comprueba que tenga el tipo de grasa limpia, se verifica la parte eléctrica dándole mantenimientos a todos los motores y a las pizarras, así como la reparación de las piezas básicas del equipo.

Mediante la reparación general se garantiza la fiabilidad, potencia productividad del equipo.

2.5.7 Reparación imprevista

Esta se efectúa cuando ocurre una avería, es decir que la reparación es necesaria hacerla después de una avería donde depende la magnitud de la misma y puede tener la extensión de una reparación pequeña, mediana o general y en esos casos especiales puede ser necesaria la reposición del equipo.

A continuación, le mostraremos algunas causas de posibles averías:

1. Mala lubricación
2. Sobrecarga del equipo.
3. Defectos de operación y tecnológicos.
4. Ciclo de reparación inadecuado.
5. Mala calidad de la reparación anterior.
6. Caída o exceso de voltaje.
7. Fallos en la red del sistema eléctrico.
8. Desperfectos ocasionados por agentes químicos externos.

Para llevar a cabo un mantenimiento con calidad en un taller o planta es evidente que se necesita efectuar todas las actividades relacionadas con esto con el más alto rigor técnico y laboral. Por tanto, es necesaria también la cuidadosa elaboración del plan de mantenimiento propio del taller en función de los equipos que posee.

Conviene señalar que no hay metodología única de mantenimiento preventivo ya que este depende de las características propias de cada instalación industrial, pero claro está que hay aspectos comunes que hay que tener en cuenta.

La preparación de la actividad de mantenimiento preventivo consta de:

- Formas y métodos de mantenimiento.
- El uso de la fuerza de trabajo.
- Relación entre secciones, talleres y plantas.
- Formas y vías para controlar el mantenimiento.

La primera tarea que debe acometerse para planificar la actividad de mantenimiento es efectuar el inventario de equipos e instalaciones.

Este es un documento que se confecciona en la fábrica, el cual debe recoger todos aquellos aspectos que caracterizaban al equipo y también pueden incluirse tantos aspectos como el especialista de mantenimiento entienda, o sea:

- Tipo de equipo.
- Marca y modelo.
- Área de ubicación.
- País de procedencia.
- Años de explotación.
- Especificaciones técnicas.
- Valor de adquisición.
- Valor actual estimado o calculado.
- Estado técnico.
- Costos anuales de mantenimiento.
- Relación de piezas de repuesto.

El estado técnico de los equipos es de vital importancia ya que es un aspecto fundamental que se debe observar para planificar la actividad del mantenimiento por lo que se hace necesario efectuar una serie de trabajos iniciales para su evaluación.

El estado técnico de un equipo se define como las condiciones técnicas y funcionales que posee el equipo en un momento dado. Por tanto, el estado técnico está en función del tiempo. Para determinar el mismo se efectúa una revisión previa a cada equipo donde participan los técnicos de mayor experiencia y calificación y está dirigida a detectar el grado de desgaste de las diferentes partes y mecanismos de las máquinas.

El éxito de la determinación del estado técnico radica en el nivel de responsabilidad y exigencia con que se haya efectuado la defecación.

- Esta inspección contempla:
- Consumo de energía
- Funcionamiento del elemento motriz y del acoplamiento
- Estado de la carcasa del equipo
- Funcionamiento de los mecanismos de regulación y mando
- Funcionamiento de los órganos de trabajo
- Estados de las transmisiones (correas, cadenas, engranajes, etc.)
- Estado de conservación de los instrumentos que indican los parámetros de funcionamiento del equipo.
- Nivel de ruido, vibraciones, temperatura. Etc.
- Otros parámetros que el experto considere importantes.

Procedimiento para determinar el estado técnico del equipo:

El procedimiento actual de mayor aceptación en el mundo para determinación del estado técnico del equipamiento industrial lo constituye la monitorización constante de los parámetros estructurales y funcionales de las máquinas a través de novedades técnicas de diagnóstico (análisis de vibraciones termografías, análisis de aceite y fluidos de trabajos.)

Sin embargo, el alto costo de esta instalación de este tipo de sistema, restringe su aplicación solo aquellos casos que justifique su utilización técnica y económica.

2.6 Mantenimiento Preventivo Planificado MPP

Es el procedimiento que se sigue para la determinación del estado técnico, es muy sencillo y muy útil y a la vez más económico, el mismo consiste al terminarse la revisión previa se hace una valoración del equipo que puede ser de buena, regular o muy mala. Para esto es necesario determinar el por ciento de eficiencia del equipo, que se puede determinar de la siguiente forma:

Se multiplica la cantidad de aspectos evaluados donde los buenos se multiplican por 1, los regulares por 0,8; los malos por 0,6 y lo muy malos por 0,4 se suman estos productos y el resultado se divide entre la cantidad de aspectos evaluados. Este resultado se multiplica por 100 y se obtiene el grado de eficiencia del equipo respecto a su condición inicial expresado en %.

Eficiencia actual	Estado técnico
90 - 100%	Bueno
75 - 89%	Regular
50 - 74%	Malo
Menos del 50%	Muy Malo

2.6.1 Período entre intervenciones (t)

Se denomina al período de trabajo del equipo en horas máquinas entre dos reparaciones planificadas. Para el cálculo de la duración del mismo se procede por la fórmula:

$$t = \frac{T}{Nm + Np + 1} \quad (2.16)$$

Dónde:

N_m : número de reparaciones medianas

N_p : número de reparaciones pequeñas

T: duración del ciclo de reparaciones

2.6.2 Período entre intervenciones

Se denomina al período de tiempo de trabajo del equipo entre dos intervenciones, o sea, entre dos revisiones inmediatas o entre una reparación y una revisión inmediata. Para este cálculo de la duración entre intervenciones(t_o) se utiliza la fórmula:

$$t_o = \frac{T}{Nm + Np + Nr + 1} \quad (2.17)$$

N_r : número de revisiones.

2.6.3 Duración del ciclo

$$T = B_y \times A \quad (2.18)$$

B_y : Depende del régimen de trabajo.

A: Depende de la cantidad de años de explotación que tiene el equipo.

Tiempo entre dos servicios de mantenimiento (cualesquiera).

$$T_s = \frac{T}{R + P + 1} \quad (2.19)$$

$$T_r = \frac{T}{P + M + 1} \quad (2.20)$$

Dónde:

T_s : Tiempo entre dos servicios de mantenimientos.

T_r : Tiempo entre dos reparaciones.

T: Duración del ciclo en horas.

R: Cantidad de revisiones.

P: Cantidad de reparaciones pequeñas.

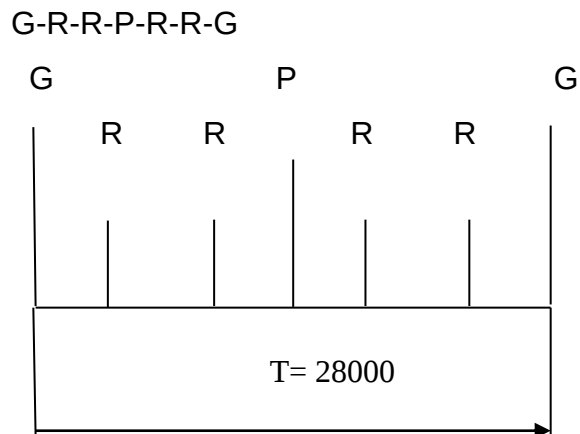
M: Cantidad de reparaciones medianas.

2.7 Estructura del ciclo de mantenimiento de los equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa conectados en serie al que se le propondrá la mejora del mismo

Equipos de clasificación (Separador Classifier MTRA-60/100A), Tostador y Trituradora.

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Guílbeaux Cantillo Pág. 40



Según la estructura de este ciclo de mantenimiento que se utiliza en la fábrica de chocolate de Baracoa se hace en un tiempo de siete a ocho meses donde se paran los equipos provocando de que estos sufran más, causando de que el mantenimiento se extienda, causando perdida en la producción, disminuye el tiempo de vida útil de los equipos, pérdidas económicas en la entidad e la compra de piezas de repuesto o como tienen estos muchos año de exportación avece es necesario recurrir a la innovación de piezas por lo que baja la eficiencia y rendimiento de los equipos.

En el capítulo que a continuación le mostramos le propondremos una mejora a este ciclo de mantenimiento con datos estadísticos que ayudaran argumentar y ver mejor funcionamiento.

2.8 Conclusiones del capítulo

1. Se establece el procedimiento para el cálculo y la selección de un sistema de mantenimiento que le dé respuestas a los problemas de roturas que presentan los equipos actualmente en la fábrica de chocolate del municipio de Baracoa.
2. Se establece las consideraciones y algoritmo de cálculo usando la metodología y la teoría existente para los resultados de dicha investigación.

CAPÍTULO 3. Análisis de los resultados.

3.1 Introducción

La valoración concluyente de una investigación es de fundamental importancia para el perfeccionamiento económico, político y social. El uso de las actividades de mantenimiento influye mucho en la vida prolongada de los equipos industriales, la efectividad del mantenimiento sólo puede ser evaluada y medida por el análisis exhaustivo de una amplia variedad de factores que, en su conjunto, contribuyen y aportan al mantenimiento y la calidad de los servicios prestados.

No hay fórmulas simples para medir el mantenimiento, tampoco hay reglas rígidas o inmutables con validez permanente y para todos los casos. Cualquier planteamiento de análisis del mantenimiento, debe hacerse con la suficiente flexibilidad para admitir todos los posibles tratamientos. El hecho de que estos tipos de trabajos tengan una marcada influencia en la vida política, económica y social de una determinada región es un objeto de medida de la magnitud de la obra. A la par de esto se define como objetivo del presente capítulo:

Realizar una propuesta de mejora al sistema de mantenimiento que le dé solución a los problemas de rotura que se están presentando en los principales equipos de la fábrica de chocolate de Baracoa los cuales poseen una conexión en serie por lo que si uno de ellos se detiene se paran los otros por lo que afecta el proceso productivo.

3.2 Análisis de la fiabilidad

Tabla 3.2.1 Explotación hasta el fallo de los equipos en la fábrica de chocolate

350	375	400	370	340	360	340	370	375	330
330	295	300	310	305	310	375	310	330	310
280	305	360	375	330	360	330	360	375	330
300	375	300	340	375	370	390	370	390	340
300	310	330	360	310	295	310	295	360	305
270	340	310	375	370	305	375	305	330	305
260	300	280	400	295	360	330	360	310	300
280	360	330	300	330	305	330	305	300	330

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Después de tener la siguiente data luego la organizamos de menor a mayor y repetitivamente como se muestra a continuación en tabla 3.2.2.

Tabla 3.2.2 Data reorganizada

250	260	260	270	270	280	280	280	295	295
295	295	300	300	300	300	300	300	300	305
305	305	305	305	305	305	305	305	305	305
310	310	310	310	310	310	310	310	310	310
310	310	310	330	330	330	330	330	330	330
330	330	330	330	330	340	340	340	340	340
340	340	340	340	350	360	360	360	360	360
360	360	360	360	360	360	370	370	370	370
370	375	375	375	375	375	375	375	375	375
400	400								

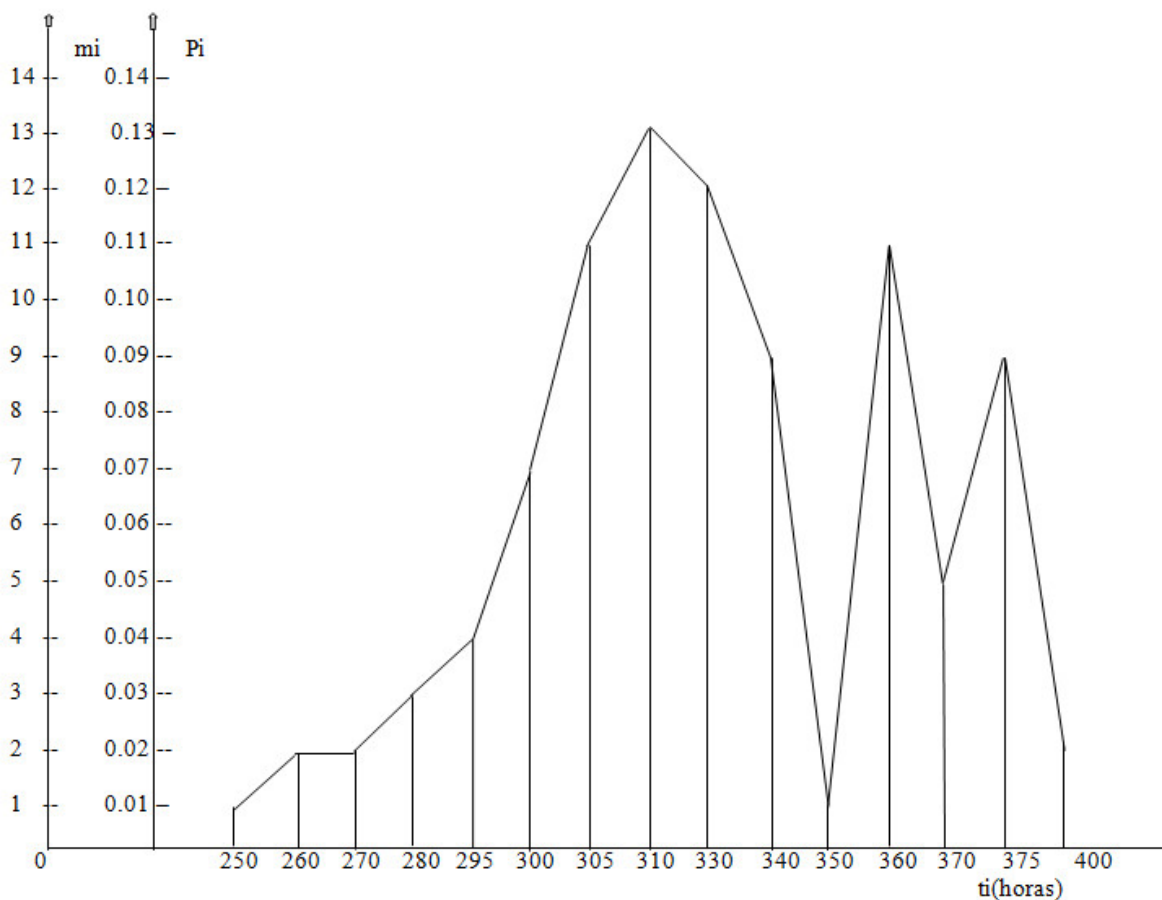
Luego de tenerla organizadas procedes los cálculos correspondientes que demostramos en la tabla 3.2.3

Tabla 3.2.3 Parámetros fundamentales

N _o de orden	Valor de la magnitud aleatoria	Frecuencia de repetición	Frecuencia relativa
N	Ti	Mi	pi
1	250	1	0,01
2	260	2	0,02
3	270	2	0,02
4	280	3	0,03
5	295	4	0,04
6	300	7	0,07
7	305	11	0,11
8	310	13	0,13
9	330	12	0,12
10	340	9	0,09
11	350	1	0,01
12	360	11	0,11
13	370	5	0,05
14	375	9	0,09
15	400	2	0,02

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Durante la gráfica de polígono de frecuencia tenemos en cuenta los parámetros fundamentales de la tabla 3.2.3. Para el caso que nos ocupa se ha utilizado un esquema detallado para representar la frecuencia relativa, frecuencia repetitiva en un intervalo de tiempo en la fábrica de chocolate de la ciudad de Baracoa.



3.2.4 Gráfica de polígono de Frecuencia

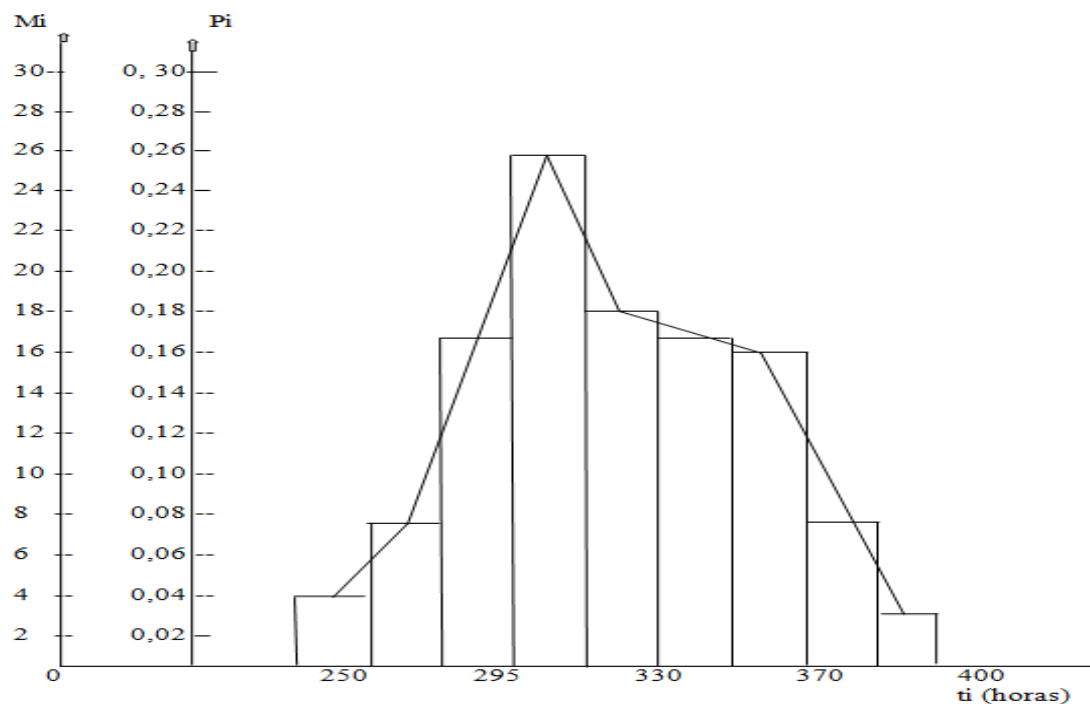
En esta gráfica representa el intervalo de tiempo de explotación de los equipos hasta el fallo de rotura por lo que se puede observar que el intervalo donde más se repite es de 310 horas a 330 horas para una frecuencia relativa de 0.13 y a la vez una frecuencia repetitiva de 13, demostrando la eficiencia, calidad, rendimiento al que puede alcanzar estos equipos. Dándole paso a la distribución de frecuencia relativa para los 8 intervalos.

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Tabla 3.2.5 de la distribución de frecuencias relativas para los 8 intervalos.

N _o de orden	Extremo del intervalo	Frecuencia de repetición (m _i)	Frecuencia relativa (p _i)
1	250 -- 270	4	0,04
2	270 --- 295	8	0,08
3	295 – 310	31	0,31
4	310 – 330	13	0,13
5	330 – 350	20	0,20
6	350 – 370	15	0,15
7	370 – 375	13	0,13
8	375 – 400	11	0,11

Después de obtener la distribución empírica escalonada del tiempo de trabajo hasta el fallo, se ve el número de orden, los extremos de los intervalos, la frecuencia de repetición y la frecuencia relativa para determinar el tiempo medio del trabajo hasta el fallo. A continuación, se analizan cada uno de estos parámetros en función del gráfico 3.2.6.



3.2.6 Gráfico Escalonado de distribución

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

En la gráfica 3.2.6 ubicando los parámetros de la tabla 3.2.5 se llegó a la conclusión que teniendo en cuenta calculado la frecuencia acumulativa y la frecuencia relativa acumulada se determina el tiempo medio de trabajo hasta el fallo. Este demostró que el tiempo medio de trabajo hasta el fallo se encuentra entre 295 y 330 horas para una frecuencia relativa acumulada de 0.26 con una frecuencia repetitiva acumulada de 26.

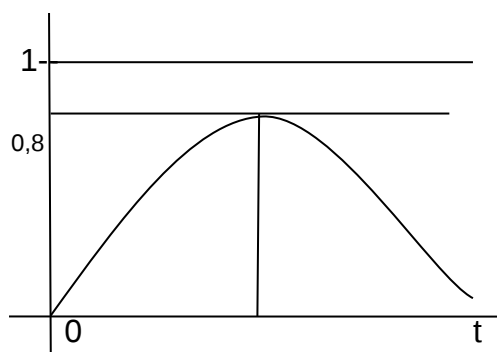


Gráfico 3.2.7 de probabilidad de trabajo sin fallo

En el gráfico 3.2.7 de probabilidad del trabajo sin fallo (o función de la fiabilidad) se interpreta el tipo general de distribución en el hecho que $V_x < 0,3$ para asegurar y considerar que se puede aproximar una ley de distribución normal, viendo el resultado de la curva que refleja en el caso de desgaste de la superficie de trabajo del elemento de la máquina, se observó un nivel de probabilidad de trabajo sin fallo $R(t) = 0,8$ lo cual será equivalente a una probabilidad de fallo de 0.2, demostrando que el sistema al que se le propone una mejora del mantenimiento preventivo planificado es de total fiabilidad para los equipos de la fábrica de chocolate de la ciudad de Baracoa.

3.3 Análisis de criticidad

Tabla 3.3.1 Guía de criticidad para el funcionamiento de los equipos

Frecuencia de falla (todo tipo de falla)	Puntaje
--	---------

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

No más de 1 por año	1
Entre 2 y 12 por año	3
Entre 13 y 52 por año	4
Más de 52 por año (Más de 1 interrupción semanal)	6
Tiempo promedio para reparar (TPPR)	Puntaje
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 9 y 24 horas	4
Más de 24 horas	6
Impacto en Producción (por falla)	Puntaje
No afecta Producción	0.05
25% de Impacto	0.30
50% de Impacto	0.50
75% de Impacto	0.80
La Impacta Totalmente	1
Coste de reparación	Puntaje
Menos de 25 000 USD	3
Entre 25000 y 50000 USD	5
Entre 51000 y 100000 USD	10
Más de 100000 USD	25
Impacto en la Seguridad Personal	Puntaje
SI	35
NO	0
Impacto Ambiental (Daños a terceros, fuera de la instalación)	Puntaje
SI	30
NO	0

La información anteriormente planteada en la tabla 3.3.1, servirá para estandarizar la priorización de trabajos asociados a Mantenimiento, para priorizar órdenes de

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Guílbeaux Cantillo Pág. 49

trabajo de Mantenimiento y Operaciones, así como el Proyecto de Inversión que se llevará a cabo en el próximo año en la fábrica de chocolate de Baracoa, cuyo resumen se muestra en la tabla 3.3.2.

Tabla 3. 3.2. Resumen del análisis de criticidad

Subsistema	Frecuencia de falla	Impacto operacional	TPPR	Costo de reparación	Impacto en la seguridad	Impacto ambiental	Impacto en producción	Criticidad
Separador ClassifierMTR A-60/100 ^a	3	4	4	5	35	30	0.30	224
Trituradora	4	4	4	5	35	30	0.30	229
Tostador secador Continuo STT-4	3	4	4	5	35	30	0.30	224

Los resultados obtenidos en el subsistema de los equipos demuestran que el más crítico es la Trituradora por tener su índice de criticidad muy elevado.

3.4 Estado técnico de los equipos después de realizarse en los cálculos de fiabilidad y criticidad para una mejora de mantenimiento preventivo planificado

Existe un aspecto importante que se debe observar para planificar la actividad de mantenimiento, que es el conocimiento previo del Estado Técnico del equipo, por lo que se hace necesario efectuar una serie de trabajos iniciales para su evaluación.

El estado técnico de un equipo se define como las condiciones técnicas y funcionales que posee el equipo en un momento dado. Por tanto, el estado técnico

de cualquier equipo está en función del tiempo. Para determinar el mismo se efectúa una revisión previa a cada equipo donde participan los técnicos de mayor experiencia y calificación y está dirigida a detectar el grado de desgaste de las diferentes partes y mecanismos de las máquinas.

En las tablas 3.4.1; 3.4.2 y 3.4.3 se muestran las partes componentes de los equipos estudiados, su estado técnico y los valores que representan cada uno de ellos.

Tabla 3.4.1 Partes componentes de la Clasificadora

Elementos	Estado técnico	Valores
Canal de aspiración	Regular	0,8
Elevador de correa	Regular	0,8
Imán rotativo	Muy malo	0,4
Desinchadora	Bueno	1,0
Ventilador de baja presión	Bueno	1,0
Tubería de caída	Malo	0,6
Tolvas colectoras del producto	Regular	0,8

Tabla 3.4.2 Partes componentes del Tostador /secador continuo STT-4

Elementos	Estado técnico	Valores
Ventilador radial	Regular	0,8
Carcasa	Regular	0,8
Rodete de metal ligero	Muy malo	0,4
Ventilador con motor	Bueno	1,0

para aire caliente		
Cilindro de descarga	Bueno	1,0
Bocas de inyección para limpieza del aire de escape.	Malo	0,6
Ventilador de armario con filtro con temperatura ambiente hasta 30 c ⁰	Regular	0,8

Tabla 3.4.3 Partes componentes de la Trituradora MTSC-65/10E

Elementos	Estado técnico	Valores
Elevador de cangilones de cadena	Regular	0,8
Cabezal del elevador	Regular	0,8
Pie del elevador	Muy malo	0,4
Detector de desvío de banda	Bueno	1,0
Cangilón del elevador	Bueno	1,0
Tubo de aspiración	Malo	0,6
Dientes o mandíbula	Regular	0,8

Para los elementos de los tres equipos que fueron evaluados de buenos, tres de regular, uno de malos y uno de muy malo, por lo que al sumar la cantidad de elementos por sus calificaciones se alcanza valores de 5,4 lo que dividido entre la cantidad de elementos evaluados (7) sea de 0,74 o lo que es igual, que se alcanzó una eficiencia del 74 %, lo que indica que el estado técnico de la clasificadora es

3.5.1 Períodos del ciclo de reparación

Una vez definido la estructura del ciclo de mantenimiento y su duración se podrá conocer el tiempo entre dos servicios consecutivos y entre dos reparaciones. Para ello pueden utilizarse los siguientes criterios:

Período entre reparaciones. Se denomina al período de trabajo del equipo expresado en horas-máquinas entre dos reparaciones planificadas.

Tabla 3.5.2 Tiempos de mantenimiento

Tiempo entre dos servicios de mantenimiento (horas máquina)	1473
Tiempo del ciclo (horas máquina)	28000
Revisiones	14
Reparaciones pequeñas	4
Reparaciones medianas	2
Tiempo entre dos reparaciones (horas máquina)	4000

Luego de haber calculado el tiempo de servicio de mantenimiento que se realiza y el tiempo de servicio de mantenimiento que se propone, llegamos a expresar que la mejora del mantenimiento preventivo planificado se efectuó cada tres meses con el objetivo de lograr mejor eficiencia, calidad y rendimiento para su ejecución en menos horas de reparaciones, mayor revisiones lo cual permite mayor duración continua de trabajo y prolongación de su vida útil.

3.6 Análisis Económico

En el trabajo presentado a partir del análisis práctico de la situación real presentada en la empresa en el último ciclo de mantenimiento correspondiente a 28000 horas de trabajo y tomando en consideración la fuerza laboral existente en los distintos tipos de mantenimiento tenemos que contamos con:

Fuerza disponible	Salario	Tarifa Horaria
Mecánico " A "	315,00	1,64
Mecánico " B "	285,00	1,48
Especialista Mantenimiento	355,00	1,84

Gastos para el cumplimiento del ciclo de mantenimiento actual.

Mantenimiento planificado	Cantidad	Tiempo empleado en horas	Costo fuerza laboral	Costo total Trabajo + Impuestos fiscales	Costo de materiales
Revisión	4	2	\$ 9,90	\$ 43,57	0
Parcial	1	32	\$ 158,72	\$ 174,59	1 058,35 CUC
General	1	128	\$ 634,38	\$ 697,82	25 200 CUC
Total			\$ 803	\$ 915,98	26 258,35 CUC

Gastos incrementados por roturas imprevistas solo en mantenimiento, Fuerza laboral más impuestos fiscales \$ 2 747,94 para un total en el período de \$ 3 663,92 y en materiales y piezas un incremento de 4 345 CUC para un total de 30 603.35 CUC.

Gastos para el cumplimiento del ciclo de mantenimiento Propuesto.

Mantenimiento planificado	Cantidad	Tiempo empleado en horas	Costo fuerza laboral	Costo total Trabajo + Impuestos fiscales	Costo de materiales
Revisión	38	2	\$ 9,90	\$ 413,82	0

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Parcial	4	32	\$ 158,72	\$ 698,36	1 905,03 CUC
General	1	128	\$ 634,38	\$ 697,82	25 200 CUC
Total			\$ 803	\$ 1810	27 105,03 CUC

Los gastos incrementados por Fuerza laboral más impuestos fiscales representan \$ 1 810, superior en \$ 894,02 al anterior ciclo, pero menor al real en \$ 937,94 como ahorro de la nueva propuesta. Con respecto al gasto de material el ahorro representaría 3498,32 CUC.

En este análisis desde el punto de vista del mantenimiento económicamente es factible y así se demostró, pero su ahorro real es mayor pues con la disminución de las roturas que en nuestro caso llegan a más de 75 días promedio al año, se incrementaría la producción y mejoraría el pago del subsidio a los restantes trabajadores sin respaldo productivo que es un gasto en el que se incurre en la actualidad.

3.7 Impacto ambiental

Los equipos de la fábrica de chocolate de Baracoa se encuentran ubicado alrededor de la caldera y otros equipos, lo que contribuye a la elevación de los niveles de ruido y gran cantidad de hollín que desprende la caldera, además estos equipos se encuentran soterrados, generando bajo el nivel cero valores superiores a los 80 dB. Por otra parte, en la caracterización de los mismos se pudo observar que estos poseían mucho ruido debido a los altos valores de vibraciones que generan cuando presentan alguna falla funcional, lo que implica que la permanencia en lugares cercanos a los equipos represente un riesgo a la salud del personal que labora en esta área. Atendiendo a lo antes dicho se esgrime que las vibraciones y el ruido de las bombas de circulación constituyen los riesgos fundamentales al medioambiente. La prevención de los daños ocasionados por estos fenómenos constituye la esencia de lograr una Producción más limpia de estos equipos, por lo cual se establecen las siguientes medidas:

Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

1. Utilización de tapones de seguridad en los oídos cuando se radica bajo el nivel cero de los 80 dB, para proteger la membrana timpánica de los altos niveles de ruido que se generan en esta área.
2. Detener el funcionamiento de los equipos cuando presenten algún modo de falla, teniendo en cuenta que los niveles de vibraciones y ruido aumentan.
3. Realizarle el chequeo médico cada seis meses al personal que frecuenta en la vecindad de los equipos en pos de prevenir cualquier padecimiento.

También podemos decir que al cambiar la lubricación de estos equipos esta es vertida por el alcantarillado llegando a lagos y ríos de la zona contaminados los que vierten sus aguas al mar, donde también cuando surge el desarme de los mismos las piezas son lavadas con productos como petróleo lo que ocurren derrames afectando la limpieza del local de trabajo y otro de los factores que más afectan a la entidad es cuando emanan gases producto a la mezcla de la combustión como CO₂ que es dióxido de carbono que es tan perjudicial para la salud del hombre.

3.8 Conclusiones del capítulo

1. Se demostró que el mantenimiento preventivo planificado es el más acorde a aplicar a este tipo de equipo porque nos basamos en experiencias anteriores de los operarios, siendo este el más económico y el más fácil de realizar.
2. Se realizó el ciclo de mantenimiento estableciendo los tiempos entre reparaciones generales, medianas y pequeñas. Los mismos dieron como resultado que el mantenimiento que se le realizaba anteriormente a la máquina estaba poco acorde con la misma.
3. La política de mantenimiento que se lleva a cabo actualmente en los equipos no coincide con la calculada, esto se evidenció en el trabajo realizado, por lo que decimos que es más efectiva la nueva propuesta de mejora al mantenimiento establecido en la fábrica de chocolate a sus principales equipos.
4. La aplicación del nuevo ciclo de mantenimiento aunque incrementa el número de intervenciones, teniendo en cuenta las roturas actuales imprevista posee un ahorro de \$ 937,94 y 3498,32 CUC.

CONCLUSIONES GENERALES

A partir de los resultados obtenidos con el presente trabajo de diploma se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Se obtuvieron los resultados de la fiabilidad así como el estado técnico y el ciclo de duración del ciclo de mantenimiento de los equipos que permiten mejorar el mantenimiento de los equipos industriales de la fábrica de chocolate de la ciudad de Baracoa.
2. Se propuso una mejora al mantenimiento de los equipos, Clasificadora, Tostador y Trituradora que aseguran un incremento de la vida útil de la fábrica de chocolate del municipio de Baracoa, partiendo del estado técnico de las mismas.

RECOMENDACIONES

1. Se propone la aplicación del ciclo propuesto de mantenimiento y su evaluación económica desde el punto de vista productivo para evaluar el alcance económico real del trabajo.
2. Utilizar este material y toda la información recopilada en el mismo para futuras referencias de temas afines a la investigación y la realización del estudio al resto de los equipos de la fábrica para poder llegar a una decisión general.
3. Mejorar las condiciones de trabajo del taller mecánico de la UEB de la fábrica de chocolate de Baracoa, así como las diversas herramientas de trabajo e instrumentos de medición con la cual se desarrollan las mediciones.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bangueses, M y Gorris, J. Normalización del mantenimiento preventivo. Madrid: s.n., 2006.
2. Daquinta, L. Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola. La Habana: Félix Varela, 2004. ISBN 959-258-811-2.
3. Gilbert, A y Palacios, A. Informe de evaluación de la gestión de la calidad en el mantenimiento de la empresa Che Guevara. Holguín: s.n., 2013.
4. James Gerhris, Reliability Centered Maintenance Lulu. Publishing Services Rev. Data 11/2015.
5. Luna, H. Explotación técnica de automóviles. La Habana: Ediciones Enspes, 1982.
6. Morrow, H. Organization and Administration of the Maintenance. Houston: s.n., 1986.
7. Moya Carnero Del Carmen María, Programas de mantenimiento Predictivo, EAE, 2012.
8. Nava, J. Teoría de mantenimiento. Definiciones y organización. Caracas: Producciones editoriales C.A, 2006.
9. Navarrete, E y González, J. Mantenimiento Industrial. La Habana: EMPES, 1986.
10. Pista, A. Manual de mantenimiento, ingeniería, gestión y organización. 1993.
11. Portuondo Pichardo, Fernando M. Economía de empresas industriales. La Habana: Pueblo y Educación 1983.
12. Rey Sacristán Francisco, Tecnología de Gerencia y Producción, SA, 1996.

ANEXOS

Clasificadora o separador Classifier MTRA-60/100.



Tostador /secador continuo STT-4



Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Guilbeaux Cantillo Pág. 63

Trituradora de la fábrica de chocolate de Baracoa.



Propuesta de mantenimiento a equipos principales de la fábrica de chocolate de Baracoa
Rubén David Suárez Abella.

Densy Miguel Guílbeaux Cantillo Pág. 64