



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

TESIS

**PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA
EMPRESA NAYLAMP – CHICLAYO 2016**

Autores:

Bach. Altamirano Requejo, Yosan

Bach. Zavaleta Ibañez, Máximo Simón

Asesor:

Ing. Vasquez Coronado, Manuel Humberto

Línea de Investigación:

Gestión Empresarial

Pimentel – Perú

2016

**PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORA DE
LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA NAYLAMP –CHICLAYO 2016**

Aprobación de tesis

Jurado Evaluador:

Mg. Joel David Vargas Sagastegui
Presidente del jurado de tesis

Mg. Dante Supo Rojas
Secretario del jurado de tesis

Mg. Vásquez Coronado, Manuel Humberto
Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Simón y Nisola Yanet porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis Hermanos Franco, Jesús y Elias, más que hermanos son mis verdaderos amigos.

A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

A mi enamorada por su apoyo incondicional para desarrollar con el mayor de los éxitos esta tesis.

-Maximo

A Dios, porque sin su bendición nunca habría
llegado hasta aquí.

A mis padres José y Cruz Lucelina, mi
hermano Gender Eli, por haber sido parte
esencial de mi formación a lo largo de mi vida
y haberme apoyado en seguir mi sueño
profesional.

A mi enamorada, por haberme acompañado
durante mis años de carrera y brindado su
grandioso apoyo.

A mis amigos: por ser mis mejores amigos y
parte importante en mi vida.

-Yosan

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por ser nuestro principal apoyo y motivador, para cada día continuar creciendo y permitirnos estar aquí.

A la universidad Señor de Sipan, por habernos permitido formarnos en ella.

A nuestras familias por estar ahí apoyándonos en todos los momentos.

A los docentes y todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron los responsables de brindar su pequeño aporte.

-Maximo & Yosan

RESUMEN

El mantenimiento preventivo en la actualidad no viene a representar un mantenimiento competitivo en nuestro país, sino es una necesidad para que las organizaciones puedan sobrevivir en un mercado cada vez más competitivo, por lo cual en la presente investigación se demuestra que un plan de gestión de mantenimiento preventivo contribuye sustancialmente a la mejora de la productividad en la empresa Destilería Naylamp. Una de las actividades importantes en una empresa, es el mantenimiento que contribuye en la reducción de los costos, y así genere mayor utilidad; nuestro objetivo fue elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para la empresa Destilería Naylamp, a través de una investigación de tipo aplicada descriptiva, con un diseño no experimental. La población fue 39 máquinas y equipos de la empresa, la muestra es de tipo no probabilística por conveniencia y estuvo conformada por las máquinas y equipos del área de producción. Se utilizaron las técnicas de análisis documental, observación y entrevista; también se utilizaron instrumentos como la ficha técnica, guía de observación, ficha de registro, con sus respectivos formatos se empezó haciendo un diagnóstico para conocer de qué manera el mantenimiento preventivo permita tener un mayor grado de confiabilidad de las máquinas e incrementar la productividad, luego como resultado tenemos que la empresa pierde 7449 litros de alcohol en un mes, llegamos a la conclusión que teniendo los equipos en correcto funcionamiento ayuda a mejorar la productividad de la línea de producción y recomendamos que la empresa debe realizar capacitaciones para el personal del área de mantenimiento, y a través de un mejor conocimiento, puedan colaborar con la minimización de fallas en los equipos.

Palabras clave: Plan, Gestión, Mantenimiento, Mantenimiento Preventivo, Productividad, Mejora.

ABSTRACT

Maintenance preventive nowadays does not come to represent a competitive maintenance in our country but it is a necessity to that the organizations can survivor in a market more and more competitive, for that in the present investigation is demonstrated a plan of maintenance of preventive management contribute to the improvement of productivity in 'Destilería Naylamp' company. One of the main activities in a company is the maintenance that contribute in the cost reduction and so generate better utility; our objective was a preventive maintenance management plan for the 'Destilería Naylamp' company through a descriptive applied type of research, with a non-experimental design. The population was all the machines and equipment of the company, the sample is non-probabilistic for convenience and was made up of the machines and equipment of the production area. The techniques of documentary analysis, observation and interview were used, instruments such as the technical sheet, observation guide, registration form, with their respective formats were also used, making a diagnosis to know how preventive maintenance allows to have a greater degree of reliability of the machines and increase productivity, then as a result we have that the company loses 7449 liters of alcohol in a month, we conclude that having the equipment in correct operation helps to improve the productivity of the production line and we recommend that the company must carry out trainings for the personnel of the area of maintenance, and through better knowledge can collaborate with the minimization of equipment failures.

Key Words: Plan, Management, Maintenance, Preventive maintenance, Productivity, Improvement.

INTRODUCCIÓN

Últimamente, las empresas destiladoras se han visto sometidos a una enorme presión para ser competidoras y ofrecer una entrega oportuna de productos de calidad. Este nuevo entorno obliga a los gerentes y a los ingenieros a optimizar todos los sistemas que intervienen en el proceso de producción, con el fin de cumplir con los requerimientos que los clientes piden es por ello que la empresa DESTILADORA NAYLAMP E.I.R.L., ha adoptado por tener productos de calidad, suministrar bien sus proyectos y servicios que satisfagan sus requisitos. Debido a la tecnología, solo unos equipos permanecerán operando, por ende, no se encuentran en óptimas condiciones para garantizar la continuidad del proceso productivo (Zavala, 2015).

En la empresa industrial Destilería Naylamp E.I.R.L., en la que se realiza esta investigación, ubicada en la región Lambayeque y dedicada a la destilación de alcohol, se presentan problemas de paradas máquinas, que generan interrupciones en el proceso productivo, lo que no le permite cumplir con la producción proyectada y por lo tanto con la atención oportuna a sus clientes, además se presentan muchos desperdicios que originan altos costos de producción. Esta situación perjudica a la economía de la empresa.

Por lo tanto el mantenimiento que tiene que darse es el preventivo, debe realizarse previo aviso. (Sánchez, 2013).

Teniendo como objetivo elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa Destilería Naylamp. Se realiza esta investigación por que la empresa realiza un mantenimiento bajo un sistema correctivo, el cual le permite tener alto número de paradas máquina y generando costos de producción. Teniendo como resultado que la empresa puede reducir sus pérdidas de producción a través del mantenimiento preventivo obteniendo un beneficio S/.246 361,42 gastando S/. 24 168,58 durante un periodo de 10 meses.

Esta investigación consta de seis capítulos distribuidos de la siguiente manera: vii el primer capítulo presentamos, la situación real de la empresa con sus

respectivas limitaciones y delimitaciones que abarco la investigación, terminando con sus respectivos objetivos.

En el segundo capítulo, tenemos los antecedentes, y bases teóricas de la cual nos hemos basado para la realización de la investigación y conceptos de términos.

En el tercer capítulo, se concentra tipo y diseño de la investigación, con su población y muestra, incluyendo también su hipótesis, por último el cuadro de operacionalización de variables, donde están todas las técnicas e instrumentos que se utilizó para llevar a cabo la investigación.

Ya en el cuarto capítulo, se realiza el análisis e interpretación de los resultados según lo recaudado en la investigación.

Seguido tenemos el quinto capítulo, se tiene las propuestas para mejorar la producción de la empresa.

Por ultimo tenemos el sexto capítulo, donde presentamos nuestras conclusiones y presentamos recomendaciones sobre dicha investigación realizada.

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Resumen	v
Introducción	vii
Índice	ix

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática	17
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Delimitación de la investigación	19
1.4. Justificación e importancia de la investigación	20
1.5. Limitaciones de la investigación	21
1.6. Objetivos de la investigación	22

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	24
2.2. Base teórico científicas	28
2.2.1. Productividad	28
2.2.2. Plan	34
2.2.3. Mantenimiento	35
2.2.4. Gestión	49
2.3. Definición de términos básicos	53

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación	56
3.2. Población y muestra	56
3.3. Hipótesis	57

3.4. Variables	57
3.5. Operacionalización	59
3.6. Metodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.7. Procedimiento para la recolección de datos	62
3.8. Análisis estadístico e interpretación de los datos	63
3.9. Principios éticos	63
3.10. Criterios de rigor científico	64

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del mantenimiento realizado en la fábrica etanol	66
4.1.1. Etapa de fermentación	71
4.1.2. Etapa de destilación	79
4.2. Determinación de las etapas criticas del proceso, según los indicadores de confiabilidad.	94
4.2.1. Indicadores de confiabilidad en la etapa de fermentación	94
4.2.2 Indicadores de Confiabilidad en la Etapa de Destilación	96
4.2.3 Confiabilidad de la etapa de fermentación y sus equipos	101
4.2.4 Confiabilidad de la etapa de Destilación y sus equipos	102

CAPITULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

5.1. Propuesta de mejora del manteniendo preventivo para las etapas de fermentación y destilación.	118
5.1.1. Etapa de Fermentación	124
5.1.2. Etapa de destilación	133
5.1.3. Mejora de la Confiabilidad de las etapas del proceso productivo y sus equipos	148
5.1.4. Estimación de la productividad mejorada en la fábrica de etanol	153
5.2. Realizar el análisis Costo – Beneficio de las propuestas de mejora del Mantenimiento Centrado de la Confiabilidad.	159

5.2.1. Inversión	159
5.2.2. Costo de no realizar las propuestas	163
5.3. Planes de acción para las Mejoras	166
5.4. Discusión de resultados	167

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones	170
6.2. Recomendaciones	172

REFERENCIAS	195
--------------------	------------

ANEXOS	177
---------------	------------

TABLAS

Tabla 1: <i>Operacionalización de variables</i>	58
Tabla 2: <i>Datos generales del proceso productivo de la fábrica de etanol</i>	66
Tabla 3: <i>Máquinas – Herramientas del área de maestranza</i>	67
Tabla 4: <i>Características de la bomba de melaza</i>	72
Tabla 5: <i>Características del tanque Diluidor</i>	73
Tabla 6: <i>Características de los compresores de aire</i>	75
Tabla 7: <i>Características de la Electrobomba Sumergible</i>	77
Tabla 8: <i>Características de las bombas de mosto</i>	80
Tabla 9: <i>Características de la columna mostera.</i>	80
Tabla 10: <i>Características de la columna purificadora.</i>	81
Tabla 11: <i>Características de la columna rectificadora.</i>	82
Tabla 12: <i>Características de los condensadores.</i>	84
Tabla 13: <i>Características de la bomba de agua.</i>	85
Tabla 14: <i>Características de bombas de agua blanda</i>	89
Tabla 15: <i>Ficha técnica del caldero</i>	90
Tabla 16: <i>Resumen de la data histórica de fallas en la etapa de fermentación</i>	94
Tabla 17: <i>Resumen de data histórica de fallas en el área de destilación</i>	97
Tabla 18: <i>Resumen histórica de fallas en el área de producción de vapor</i>	99
Tabla 19: <i>Confiabilidad de la etapa de fermentación y sus equipos</i>	101
Tabla 20: <i>Confiabilidad en los equipos de la etapa de destilación</i>	103
Tabla 21: <i>Confiabilidad en los equipos del área de producción de vapor</i>	104
Tabla 22: <i>Cálculo de la productividad</i>	106
Tabla 23: <i>Plan de gestión del mantenimiento preventivo</i>	121
Tabla 24: <i>Cantidad de herramientas o repuestos a utilizar</i>	122
Tabla 25: <i>Cualidades para evaluar los factores de mejorabilidad.</i>	123
Tabla 26: <i>Análisis de Mejorabilidad aplicado a la Etapa de Fermentación</i>	126
Tabla 27: <i>Análisis de Mejorabilidad aplicado a la Etapa de Destilación</i>	134
Tabla 28: <i>Jerarquización de factores universales para el enfriador plateado</i>	140
Tabla 29: <i>Jerarquización de los factores universales para el tanque diluidor</i>	141
Tabla 30: <i>Jerarquización de los factores universales para la columna mostera</i>	142

Tabla 31: <i>Jerarquización de los factores universales para el caldero</i>	144
Tabla 32: <i>Jerarquización factores universales para ventilador de tiro forzado</i>	145
Tabla 33: <i>Jerarquización de factores universales para ventilador tiro inducido</i>	146
Tabla 34: <i>Jerarquización de factores universales para elevador combustible</i>	147
Tabla 35: <i>Jerarquización de los factores universales de los alimentadores de combustible</i>	148
Tabla 36: <i>Confiabilidad de la etapa de fermentación y sus equipos</i>	149
Tabla 37: <i>Confiabilidad de la etapa de fermentación y sus equipos</i>	150
Tabla 38: <i>Confiabilidad en los equipos del área de producción de vapor</i>	151
Tabla 39: <i>Costos de adquisición de equipos nuevos</i>	160
Tabla 40: <i>Costos de Materiales y Accesorios</i>	161
Tabla 41: <i>Inversión Intangible</i>	162
Tabla 42: <i>Inversión Fija</i>	162
Tabla 43: <i>Inversión Total</i>	163
Tabla 44: <i>Coste de Realizar Mantenimiento Correctivo</i>	165

FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Tipos de mantenimiento	38
<i>Figura 2:</i> Sistemas de mantenimiento computarizados	41
<i>Figura 3:</i> Clasificación de equipos	44
<i>Figura 4:</i> Procedimiento para la recolección de datos	62
<i>Figura 5:</i> organigrama de la fábrica productora de etanol	68
<i>Figura 6:</i> Organigrama del área de mantenimiento	70
<i>Figura 7:</i> Áreas de la fábrica productora de etanol	71
<i>Figura 8:</i> Máquinas empleadas en el área de fermentación	77
<i>Figura 9:</i> Proceso en la etapa de fermentación	78
<i>Figura 10:</i> Ubicación de cada uno de los equipos	86
<i>Figura 11:</i> Equipos empleados en la etapa de destilación	87
<i>Figura 12:</i> Equipos del área de producción de vapor	92
<i>Figura 13:</i> Diagrama de la etapa de producción de vapor	93
<i>Figura 14:</i> Diagrama de Pareto para los equipos de la etapa de fermentación	118
<i>Figura 15:</i> Diagrama de Pareto para los equipos del área de destilación	119
<i>Figura 16:</i> Diagrama de Pareto para los equipos del área de área de vapor	120
<i>Figura 17:</i> Árbol de fallas enfriador azul	146
<i>Figura 18:</i> Árbol de fallas para la bomba de recuperación de mosto	130
<i>Figura 19:</i> Árbol de fallas para la bomba de Melaza	132
<i>Figura 20:</i> Árbol de fallas para la bomba hechiza de mosto	136
<i>Figura 21:</i> Árbol de fallas en la bomba de agua para condensadores	138

ANEXOS

Anexo 01: Ficha de registro del historial de maquinaria

Anexo 02: Ficha técnica de maquinaria

Anexo 03: Solicitud de repuestos

Anexo 04: Control de mantenimiento preventivo de la planta de destilación de alcohol

Anexo 05: Control de mantenimiento preventivo y correctivo

Anexo 06: Cronograma de actividades de capacitación para la implementación del sistema de gestión del mantenimiento

Anexo 07: Tabla de indicadores de mantenimiento de cada máquina mensual

Anexo 08: Ficha del informe del mecánico del mantenimiento (MOF)

Anexo 09: Guía de observación

Anexo 10: Formato de entrevista al encargado del área de mantenimiento de la empresa destilería Naylamp EIRL. Para el diagnóstico de mantenimiento en las máquinas y equipos que intervienen en el área de producción

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

Para realizar esta investigación, se recolectó información sobre diferentes estudios referidos al mantenimiento preventivo en diferentes tipos de empresas del Perú y del mundo, ya que en la actualidad el mantenimiento preventivo no viene a representar una ventaja competitiva en el Perú y mucho menos a nivel internacional, ya que ha pasado a ser una necesidad para sobrevivir en un mercado que se vuelve cada vez más competitivo.

Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (SIDOR) ubicado en Puerto Ordaz en el país de Venezuela, posee dentro de sus instalaciones 3 plantas de producción de Hierro de Reducción Directa (HRD) llamadas: Midrex I, Midrex II, HyL II. Actualmente se está ejecutando el proyecto de reemplazo de HyL II (que posee un proceso productivo por bache) por otra denominada HyL III (proceso productivo de lecho continuo). Debido a esta nueva tecnología, solo unos equipos permanecerán operando en la nueva planta, por ende, no se encuentran en óptimas condiciones para garantizar la continuidad del proceso productivo (Zavala, 2015).

La empresa REMAPLAST es una empresa relativamente nueva, ubicada en Cartagena en el país de Colombia, la cual se encarga de satisfacer la demanda de diferentes accesorios y tubos plásticos de PVC a nivel regional y nacional. Debido a su reciente incursión en el mercado, algunas de sus actividades internas no cuentan con una adecuada organización y estructuración, tampoco con un adecuado mantenimiento de sus equipos por lo que la producción tiene una eficiencia de 45% (Huertas, 2012).

La empresa COLDINE ubicada en Colombia, es una empresa que tiene varios años de presencia en el mercado y que por tal razón el estado de los equipos e instalaciones, en la mayor parte se encuentran desde sus inicios y siempre tienen paradas máquinas debido a que en el proceso de congelación existen compresores que por sus constantes reparaciones y por su gran tiempo están deteriorados, ya que parte de ellos se necesita mayor tiempo para su mantenimiento, ya no hay repuestos fácilmente de encontrar y en la mayoría de

los casos no se pueden realizar piezas (Pesántez, 2012).

En el Hospital Central de la Fuerza Aérea del Perú no existe un adecuado control, seguimiento y mantenimiento automatizado del equipamiento hospitalario biomédico, médico y electromecánico; en consecuencia no se cuenta con una información real de la situación de operatividad e inoperatividad de los equipos hospitalarios, imprecisión de los costos de mantenimiento así como la falta de información conjunta y ordenada de los recursos humanos de los servicios de mantenimiento, impidiendo así la planificación correcta de las actividades propias de mantenimiento. (Chávez, 2012)

Con el fin de optimizar la competitividad y reducir sus costos operativos Telefónica del Perú, Lima, empezó a finales de los años 90 un proceso progresivo de tercerización en muchas de sus áreas operativas. Es así como en el año 2012 adjudica a la Empresa Huawei del Perú S.A.C. el mantenimiento de sus sistemas de energía y aire acondicionado en la Región Norte del país. En el lapso de un año a partir de la adjudicación antes mencionada no obstante la destacada labor de mantenimiento de Huawei, se han venido acumulando un exceso de costos que son particularmente notables en el mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado. Este hecho hace que tanto el operador Movistar como la Empresa Huawei cuestionen la eficacia del actual Plan de Mantenimiento.(Guevara, 2015).

En la empresa S&E Servicios Generales S.A.C., Cajamarca, Perú cuenta con una lista de fallas en el área de lavandería por las constantes averías que presentan las máquinas y el mantenimiento que se realiza es el correctivo y causa grandes costos de mantenimiento, también su rendimiento es muy bajo. Además no se da buen servicio a los clientes por los tiempos de demora por motivos de mantenimiento que tiene que realizarse sin previo aviso. (Sánchez, 2013).

Rodríguez, (2012) en la empresa minera de Cajamarca, Perú tiene problemas con la mantenibilidad de los equipos de acarreo, por lo que tiene que ver con la duración de las paradas por mantenimiento o el tiempo que se demora

en realizar el mantenimiento. En los resultados de gestión de mantenimiento de los equipos de acarreo (68 camiones en total) de la empresa minera de Cajamarca, se observa que el indicador MTTR de mantenibilidad cuyo objetivo es obtener un tiempo medio entre reparación de 3 a 5 horas de duración después del fallo en operación de los equipos, esto no se viene cumpliendo desde el año 2010. esto afecta y origina la insatisfacción de los usuarios y el no cumplimiento de los objetivos de movimiento de tierras.

En la empresa industrial Destilería Naylamp E.I.R.L., en la que se realiza esta investigación, ubicada en la región Lambayeque y dedicada a la destilación de alcohol, se presentan problemas de paradas máquinas en los equipos que intervienen en los distintos procesos como de detalla: en la etapa de fermentación 87.5% de los equipos tienen fallas, en el área de destilación un 53.85% de equipos que presentan fallas y en el área de producción de vapor el 77.8% de equipos que presentan fallas con una tasa de fallos y un tiempo medio ocurrido entre fallas de 6.73 días en el proceso de fermentación, 12.75 en el proceso de destilación y con un costo de realizar el mantenimiento correctivo de S/. 20,880.00 las cuales generan interrupciones en el proceso productivo, lo que le no le permite cumplir con la producción proyectada y por lo tanto con la atención oportuna a sus clientes, además se presentan desperdicios que originan altos costos de producción. Esta situación perjudica a la economía de la empresa.

1.2. Formulación del problema

¿Un plan de gestión de mantenimiento preventivo contribuirá en la mejora de la productividad en la empresa Destilería Naylamp – Chiclayo, 2016?

1.3. Delimitación de la Investigación

Delimitación de espacio

El presente estudio se desarrolló dentro de las instalaciones de la empresa Destilería Naylamp ubicada en Chosica del Norte Mz. 46 Lt. 4, La Victoria, Chiclayo.

Delimitación de tiempo

La investigación se desarrolló en el intervalo de tiempo transcurrido entre principios del mes de Junio a Octubre del año 2016.

Delimitación de contenido

Para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo de la empresa Destilería Naylamp, se empezó por realizar un estudio detallado de la situación actual de la empresa respecto al mantenimiento de los equipos de producción para poder establecer cuáles los problemas específicos que presenta la empresa en la organización del mantenimiento de los equipos.

Luego se procedió a evaluar cada proceso para detectar las fallas, cuáles son las actividades críticas en el mantenimiento de los equipos, para poder establecer con claridad cuáles son las actividades que se van a incluir en el plan de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos que intervienen en el proceso de producción de la empresa Destilería Naylamp.

Estimar los recursos y repuestos necesarios para que se pueda desarrollar el plan de la manera más eficaz posible.

En el desarrollo de este estudio se abarcaron temas relacionados con la gestión del mantenimiento industrial:

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Se justifica el presente estudio porque actualmente vivimos en un mundo muy competitivo, el cual obliga a las empresas a ser dinámicas en su respectivo mercado, manteniendo así altos niveles de calidad y productividad y permitiendo la permanencia de la misma en el medio. Para que toda empresa sea competitiva necesita un sistema de gestión bien estructurado en cada una de sus actividades internas.

Desde este punto de vista en la empresa DESTILERÍA NAYLAMP E.I.R.L. sus actividades de mantenimiento se realizaban bajo un sistema correctivo, el cual no le permitía mantener niveles adecuados de calidad y productividad. Por tanto era necesario implementar un plan de gestión de mantenimiento, teniendo en cuenta que la principal función de una gestión adecuada del mantenimiento consiste en rebajar el mantenimiento correctivo para obtener un nivel óptimo de productividad para la empresa.

Por lo tanto una de las actividades importantes es el mantenimiento, la cual debe contar con un plan de gestión bien estructurado que permita cumplir con los objetivos y metas de la empresa, contribuyendo en la reducción de los costos, minimización del tiempo muerto de los equipos, mejora de la calidad del producto, y contar con equipo confiable.

El no contar con un plan de gestión de mantenimiento preventivo en las máquinas la empresa ocasionaría: incremento de las horas-máquinas muertas, mano de obra ociosa, retrasos en la entrega de pedidos y sobre todo altos costos de mantenimiento correctivo, lo que redundaría en la disminución de la productividad.

1.5. Limitaciones de la investigación

Los factores que limitaron la realización de este trabajo fueron:

- a. El horario de estadía en la empresa para los pasantes estuvo comprendido entre: miércoles a viernes desde las 2pm – 5pm.
- b. No se contó con el tiempo suficiente para aplicar el mantenimiento preventivo en el proceso de producción de la empresa Destilería Naylamp E.I.R.L.
- c. Contar con una relativa información de la empresa por considerarla de carácter confidencial.
- d. La implementación total de la propuesta, quedó a discreción de los socios de la empresa destiladora Naylamp - Chiclayo.

1.6. Objetivos de la investigación

Objetivo general

Elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la producción en la empresa Destilería Naylamp - Chiclayo.

Objetivos específicos

- a) Elaborar el diagnóstico de la gestión actual del mantenimiento.
- b) Identificar los puntos críticos a mejorar
- c) Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la empresa
- d) Evaluar el beneficio/costo de la propuesta.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios

Pesántez (2012), en su tesis “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empaedora de camarón”, en la Escuela Superior Politécnica de Litoral del país de Ecuador. Su objetivo de la investigación es realizar un Plan de Mantenimiento predictivo y preventivo para mejorar las Operaciones, los resultados fueron que la operatividad del proceso productivo depende directamente de las condiciones en las que se encuentren los equipos que intervienen en él, por lo tanto su proyecto de investigación estuvo orientado a permitir la correcta operación de los mismos por medio del plan de mantenimiento predictivo y preventivo presentado.

Tamariz (2014), en su tesis “Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa de Mirasol S.A.”, en la escuela de ingeniería industrial de la universidad de Cuenca del país de Ecuador. Al finalizar el proyecto concluyó que lograron tener un programa de datos de toda la matriz de Mirasol. El objetivo es Realizar un programa para mantenimiento de equipos que intervienen en la producción donde se llegó a la conclusión que en el nuevo programa se pueden distinguir fácilmente todos los equipos fijos y móviles, cada uno con su respectivo manual de operaciones, con su fichero, y con la información detallada de los equipos. El programa al que se ha creado sirve para tener un inventario actualizado de los equipos, nos ayuda a ver que equipos están en óptimas condiciones de uso y que equipos no lo están. El programa facilita la ubicación de cada uno de los equipos, el estado en que se encuentran simplemente con la correcta información dada por los operadores y se puede revisar con el uso de un computador.

González (2013), en su tesis titulada “Plan de mantenimiento preventivo para equipos rotativos en instalaciones de centros comerciales tipo mall”, en la universidad de Zulia en el país de Venezuela. Sus resultados obtenidos permitió identificar la criticidad, modos y efectos de fallas de los equipos rotativos estudiados en los centros comerciales tipo mall, se evidencia lo siguiente: presentación de numerosas fallas en los equipos rotativos estudiados en forma

general, tales como falla en bomba de aceite, falla de filtro de aceite, falla del enfriador de aceite, con una repetición de 11 fallas, porta rodamiento de eje de alta con desgaste, eje de alta con fractura, porta rodamiento del lado libre del eje de alta con desgaste, eje de baja potencia con desgaste, porta rodamiento del lado acople del eje de baja con desgaste, con una repetición de 8 fallas. En cuanto a las horas totales de falla por ítem, estos son el porta rodamiento de eje de alta con desgaste, eje de alta con fractura, porta rodamiento del lado libre del eje de alta con desgaste, eje de baja potencia con desgaste, ya que se encuentran entre un rango dado denominado crítico, entre 200 y 300 horas fuera de servicio.

Ángel (2014), es su tesis denominada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel”, desarrollado en la universidad Tecnológica de Pereira, en el país de Colombia. Concluyó que las condiciones actuales de operación de la empresa AGROANGEL no son las adecuadas para garantizar un producto de altísima calidad, debido a que no poseen un plan de mantenimiento que les permita evaluar su desempeño frente a la productividad en la ejecución de los trabajos. Se realizó una sistematización básica del plan de mantenimiento preventivo en Excel, de tal forma que facilite la implementación y el correcto manejo de dicho plan, además se advierte que el tener un plan de mantenimiento preventivo, no indica necesariamente que nunca vayan a fallar o se eliminen las paradas intempestivas en la maquinaria. El hecho de tener dicho plan, es de concientizar tanto a la empresa como a sus trabajadores de la importancia de mantener la maquinaria en buen estado y funcionando convenientemente, para que así presten el servicio por el cual son utilizadas.

Cedeño (2013), en su tesis titulada “Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en la norma Covenín 3049-93 para la planta de mezcla de fluidos de perforación en la empresa Proamsa Maturín estado Monagas” realizada en el Instituto Universitario Politécnico Santiago Nariño de Venezuela. Concluyó que por medio del análisis de las deficiencias se logró jerarquizar las fallas de acuerdo a técnicas de análisis en los cuales se reflejan las causas y efectos que producen a la planta, el impacto en la seguridad y medio ambiente y en las operaciones para así poder tener su orden de prioridad en la ejecución del

mantenimiento. De esta manera se logró determinar cuáles eran las fallas más críticas de acuerdo a la frecuencia de falla y el impacto que tuvieron en las operaciones.

Páez (2011), realizó un “Desarrollo De Un Sistema De Información Para La Planificación Y Control Del Mantenimiento Preventivo Aplicado A Una Planta Agroindustrial”, en la Universidad Católica Del Perú ubicado en Lima. Concluyó que, por la experiencia del personal de la planta agroindustrial en que se basó el estudio, tener un plan de mantenimiento y los recursos disponibles para llevar a cabo las tareas involucradas, que es justamente la solución planteada en este proyecto, se aumenta la probabilidad de que el mantenimiento preventivo se lleve a cabo, lo cual de acuerdo a las estadísticas, disminuye la probabilidad de llevar a cabo mantenimientos correctivos o de emergencia, los cuales son inesperados.

Chávez (2012) se realizó un estudio en “Sistema de información para el control de un mantenimiento preventivo en el Hospital de la Fuerza Aérea Del Perú”, en la Universidad del Norte, Lima. Concluyó que se implementará un “Sistema de Información para el Control, Seguimiento y Mantenimiento del Equipamiento Hospitalario”, que gestionará de manera óptima el flujo del proceso de reparación y mantenimiento de un equipo hospitalario en el Hospital Central de la Fuerza Aérea del Perú.

Costa (2015), en la tesis “Elaboración de un plan de mejora para el mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de telefónica del Perú zonal norte, basado en la metodología Ishikawa - Pareto”, realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego, Lima. Concluyó que mediante la aplicación de la Metodología Ishikawa – Pareto, se logró clasificar a las causas que afectan el mantenimiento dentro de las categorías de Recursos Humanos, Métodos de Trabajo, Recursos - Equipamiento, y Recursos de Gestión, logrando determinar las causas secundarias más significativas por cada una de estas categorías principales.

Sánchez (2013) realizó una tesis sobre “Mejora de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en el área de lavandería industrial de la empresas & servicios generales S.A.C”, en la Universidad Privada Del Norte. Teniendo como resultado la Reducción del reporte de fallas mediante el análisis de modos y efectos de fallas que se aplicó a los todos las máquinas del área de lavandería industrial. Y también los Indicadores de gestión de mantenimiento se incrementaron sobre el 95%.

Rodríguez (2012), realizo una tesis titulada “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca”, en la universidad privada del norte, utilizando los indicadores de mantenibilidad. Concluyó que la disponibilidad de los equipos llegara a 87%, en cual se encuentra solo debajo a la meta propuesta por gerencia de 5% de equipos que deben estar disponibles para operar minas y también concluyo que la mantenibilidad llega a 5.3 horas, extendiendo un 0.3 % de lo establecido técnicamente de tiempo que transcurre entre el momento que suceda la parada del equipo y cuando es reparada.

Zavala (2015), en su tesis titulada “Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de Overall Equipment Efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa Hilados Richard´s S.A.C.” realizada en la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo ubicada en la región de Lambayeque. Concluyó que con la implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, la empresa lograría un ahorro de S/. 103 020, 53 semestrales puesto que al atender correctamente y a tiempo las averías menores, se evitaría problemas de mayor envergadura, los cuales se tienen que enviar a factorías lo que genera un incremento en los costos, ya que no solo es el servicio de rectificación de las piezas, sino que también se eleva el tiempo de espera para poner operativa la máquina.

Todos los trabajos anteriormente citados, buscan al igual que el presente, Mejorar todo lo concerniente al sistema de gestión del mantenimiento en sus respectivas empresas, beneficiando de esta manera las mismas, obteniendo una mejor

organización, preservación en cuanto al manejo de equipos y herramientas, que a su vez traen consigo un mejoramiento en la calidad, productividad y competitividad de la empresa y sus productos, asegurando así la preservación de las propias empresa

2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Productividad

Según Benavides (2012), el término “productividad” aparece por primera vez en el siglo XVIII en la obra de Quesnay, siendo utilizado por algunos fisiócratas para hacer referencia a la facultad de producir, aplicada a la agricultura. Con la llegada de la Revolución Industrial, la tierra cede paso al capital físico como principal factor de producción, lo que permite la realización de los primeros estudios sobre productividad, que se van desarrollando con el paso del tiempo, influenciados por la labor de ingenieros, quienes establecen la visión tradicional acerca de la medición de la productividad. Por lo tanto, el concepto de productividad va refinándose a lo largo del tiempo hasta identificarse, ya a principios del siglo XX, como la relación entre el producto final y los factores necesarios para obtenerlo. La definición tradicional generalmente aceptada de productividad responde a esta idea, que se puede formalizar a través de la definición “genérica y universal” (Sink, 1985, p.9).

La productividad es la relación entre la cantidad producida por un sistema dado durante un periodo dado de tiempo y la cantidad de recursos consumidos para crear o producir dichos outputs durante el mismo periodo de tiempo. Esta definición de productividad está influenciada por el enfoque clásico a través del cual la Teoría de la Organización Industrial concibe a la empresa como una “caja negra” a la que se añaden una serie de factores de producción que son transformados en un output a través de un proceso productivo. Además, la generalidad con la que está expresada esta definición la hace aplicable con independencia de la perspectiva y el nivel de análisis. Es decir, mientras otras definiciones están enfocadas hacia un propósito particular, la consideración de

todos los inputs y outputs permite aplicarla a nivel nacional, industrial o empresarial, así como para medir la productividad de un único factor, varios factores o todos los factores (Benavides, 2012).

Con respecto a este concepto tradicional de productividad debemos hacer tres consideraciones: - Tratamiento de la calidad. Aunque al definir el concepto de productividad no se menciona explícitamente, está generalmente aceptado que el output debe ser definido y medido según un determinado nivel de calidad. Si no fuese así, la medición de la productividad perdería sentido. Sin embargo, a diferencia de lo que estudiaremos en los siguientes epígrafes, ese nivel de calidad se refiere al grado de conformidad del output con respecto a las especificaciones internas (tamaño, peso, apariencia, número de productos defectuosos, etc.), lo que se corresponde, en mayor o menor medida, con las dos primeras etapas de la evolución del concepto de calidad, identificadas con la inspección y el control, respectivamente (Benavides, 2012).

La productividad puede darse por niveles:

Nivel agregado

Según (Heap, 1996), considera que la productividad es la principal fuente de crecimiento económico real en un país. Dado que los mercados cada vez son más competitivos y están cada vez más globalizados por la gran tecnología, un país debe mantener niveles competitivos de productividad en sus industrias y empresas incluso para únicamente conservar sus niveles de vida. Además, el crecimiento de la productividad permite compensar el incremento de los salarios y los precios de otros factores, de forma que su repercusión sobre el incremento de precios de la producción final sea menor. También se ha manifestado que el crecimiento de la productividad redundará en un mayor tiempo de ocio y, por tanto, de consumo, ya que permite reducir los requerimientos de factores de producción. La mejora de la productividad permite también incrementar el nivel de empleo a largo plazo, derivado de una mayor demanda y/o diversificación del producto (p.5).

También menciona que en el nivel industrial, un crecimiento de la productividad superior a la media conlleva una disminución de los costes y de los precios, si las condiciones del mercado lo permiten, lo que contribuye positivamente a incrementar la competitividad de las empresas en dichas industrias. De esta forma, el crecimiento de esas industrias suele ser también superior a la media. Sin embargo, aquellas industrias que cuentan con un crecimiento de la productividad inferior a la media suelen experimentar una caída de su producción, ya que el crecimiento de sus precios, por encima de la media, provoca una reducción de sus ventas.

Heap (1996), menciona: que a “nivel desagregado o empresarial, la productividad es un requisito fundamental para garantizar la rentabilidad y la supervivencia de la empresa en el largo plazo.” Es el factor determinante para la creación de valor por parte de la empresa y está muy relacionada con otros factores que influyen en dicha creación de valor, como pueden ser la calidad o el precio. Su gestión y medición es necesaria por razones estratégicas (comparación del rendimiento de una empresa con sus competidoras), tácticas (controlar el desarrollo de una empresa o sus divisiones) y operativas (conocer la aportación de los distintos factores de producción y detectar problemas en el proceso).

Benavides (2012), hace referencia, que aquellas empresas cuya productividad es mayor a la de la media de la industria, suelen tener unos márgenes de rentabilidad mayores, crecientes conforme la productividad crece más que la de las empresas competidoras. Además, aquellas ganancias derivadas de una mayor productividad benefician a numerosos grupos de interés de la empresa, especialmente a propietarios o accionistas, empleados y clientes, ya que dichas mejoras de productividad pueden suponer una mayor remuneración y seguridad en el trabajo; mejor calidad y/o menor precio de los bienes y servicios producidos, e incrementos en los dividendos o el valor de las acciones. Como primer eslabón de la cadena, una mayor productividad a nivel empresarial contribuye al crecimiento de la productividad a nivel agregado y, por tanto, a la contención de la inflación y al incremento de la competitividad de las industrias nacionales.

Tipos de productividad y factores de influencia

Ademan (2015), en un artículo menciona diferentes tipos de productividad:

Productividad de proceso. es usar de manera más idónea los recursos ya sea físicos, tecnológicos, herramientas de gestión y el talento humano. “La adecuada conjunción de todos estos aspectos hace posible: alcanzar altos niveles de calidad en el estándar de producción, agregar valor y lograr un servicio al cliente excelente” (p. 2).

“Productividad del marketing. En la actual economía globalizada es totalmente necesario generar estrategias comerciales que permitan llegar a nuevos mercados para así aumentar la base de clientes y, posteriormente, consolidarlos y fidelizarlos” (p. 2).

“Productividad en la innovación. Es muy importante que la innovación se perciba como algo nuevo y rentable en la organización, siendo necesarias continuas acciones de monitorización del entorno, conocimiento de la evolución de las tendencias, realizar benchmarking (comparación entre empresas) y estar muy al corriente de las nuevas tecnologías” (p. 3).

“Productividad del conocimiento. Las empresas deben tener conocimientos precisos, de calidad y actualizados sobre todo tipo de aspectos relacionados con su ámbito de actividad: tecnologías, herramientas, procesos de organización, métodos de mejora de calidad, etc.” (p. 3).

Factores de impacto en la productividad

López (2012), expresa que los factores externos se refiere a aspectos están fuera de que pueda ser controlado por la empresa como son la competencia, su demanda, las distintas normativas del mercado.

Factores internos. En estos si la empresa puede influenciar bastante como: calidad del producto o servicio, el proceso de fabricación, aspectos administrativos, etc.

Esencia de la productividad

Los principios básicos de la productividad son dos: la optimización y velocidad. La optimización se consigue con la eficiencia, eliminando el desperdicio de recursos; y la velocidad se logra utilizando toda la potencia disponible; estos dos principios hacen productivas a las organizaciones al manifestarle, ahorro y rapidez. (López, 2012).

También menciona que el ahorro es indispensable en el uso de los recursos, y con la rapidez ayuda en la transformación de los procesos. Para su evaluación en el aspecto financiero, se tiene que recurrir de forma separa a las formulas correspondientes de eficiencia y productividad.

Como se genera la productividad

Según lo mencionado anteriormente por diferentes autores se sabe el concepto, pero no es lo suficiente porque se necesita saber cómo se desarrolla; se realiza al incrementar la potencia de transformación en cualquier actividad involucrada, a través de los conocimientos. Porque para transformar a velocidad los recursos en riqueza, se requiere conocimientos suficientes para dar buen uso al lugar y el dinero, necesario enfrentar y sacar adelante una empresa. “producir con gente contenta y entusiasta, a la mayor potencia posible” (López, 2012).

Productividad de un solo factor:

$$PRODUCTIVIDAD: \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Insumo empleado}}$$

Productividad de múltiples factores o productividad de factor total.

$$PRODUCTIVIDAD: \frac{\textit{salida}}{\textit{mano de obra + material + enenrgia + capital + otros}}$$

Productividad en relación con la materia prima

$$\textit{Productividad} = \frac{P - PP}{C} \textit{Productividad}$$

PP=produccion promedio

P=produccion total

C=consumo

Productividad en relación con el recurso tiempo

$$\textit{Productividad} = \frac{P - PP}{T}$$

PP=produccion promedio

P=produccion total

T=tiempo

2.2.2. Plan

Definición de Plan

García (2015) define este término como un conjunto coordinado de metas, directivas, criterios y disposiciones con que se instrumentiza un proceso, pudiendo ser integral o sectorial y en distintos niveles: comunal, urbano, local, regional, nacional, etc. Gonzáles (2013), expresa el plan como el conjunto coherente de metas e instrumentos que tiene como fin orientar una actividad humana en cierta dirección anticipada. Es una intención o un proyecto. Se trata de un modelo sistemático que se elabora antes de realizar una acción con el objetivo de dirigirla y alcanzarla (Carlos, 2012).

Tipos de planes

Según (Rivero, 2014) los aspectos que desarrollen y cuales sean sus objetivos, los planes pueden clasificarse en 8 grupos o tipos:

- a) Planes estratégicos: Son planes que se aplican a toda la empresa. Su función consiste en regir la obtención, uso y disposición de los medios necesarios para alcanzar los objetivos generales de la organización. Estos planes son a medio o a largo plazo.
- b) Planes tácticos: Se refiere al modo en que se puede desarrollar una estrategia en un periodo de tiempo determinado.
- c) Planes según el plazo:

Los planes a largo plazo, que son aquellos en los que el objetivo se cumplirá más allá de los tres años.

Los planes a medio plazo, que son aquellos en los que el objetivo se cumplirá entre uno y tres años.

Los planes a corto plazo, que son aquellos en los que el objetivo ha de cumplirse como máximo en un año.

- d) Planes funcionales: Son aquellos que se elaboran en las áreas responsables de las funciones más importantes de la empresa (producción y ventas).
- e) Planes operativos: Se refieren a actuaciones u operaciones muy concretas para desarrollar operaciones específicas.
- f) Programas: Son planes que determinan cuál es la secuencia de acciones que se van a emprender para satisfacer un objetivo concreto.
- g) Proyectos: Se realizan para actividades complejas que tienen un fin en sí mismas y afectan a diversas áreas funcionales de la empresa.
- h) Presupuestos: Planes que se refieren a la definición de los recursos económicos y financieros en un periodo y modo en que estos se asignan.

2.2.3. Mantenimiento

Carlos, (2012) mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa.

Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar ó restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo (Álvarez, 2014). 73627046

Además el autor conforme con la anterior definición deduce distintas actividades:

- Prevenir y/ó corregir averías.
- Cuantificar y/ó evaluar el estado de las instalaciones.
- Aspecto económico (costos).

Tamariz (2014), manifiesta que en los años 70, en Gran Bretaña nació una nueva tecnología, la Tero tecnología (del griego conservar, cuidar) cuyo ámbito es más amplio que la simple conservación también autor nos da a entender que La Terotecnología es el conjunto de prácticas de Gestión, financieras y técnicas aplicadas a los activos físicos para reducir el coste del ciclo de vida. El concepto anterior implica especificar una disponibilidad de los diferentes equipos para un tiempo igualmente especificado.

Todo ello nos lleva a la idea de que el mantenimiento empieza en el proyecto de la máquina. En efecto, para poder llevar a cabo el mantenimiento de manera adecuada es imprescindible empezar a actuar en la especificación técnica (normas, tolerancias, planos y demás documentación técnica a aportar por el suministrador) y seguir con su recepción, instalación y puesta en marcha según Cárcel (2014), asimismo estas actividades cuando son realizadas con la participación del personal de mantenimiento deben servir para establecer y documentar el estado de referencia. A ese estado nos referimos durante la vida de la máquina cada vez que hagamos evaluaciones de su rendimiento, funcionalidades y demás prestaciones (Tamariz, 2014).

- Son misiones de mantenimiento:
- La vigilancia permanente y/o periódica.
- Las acciones preventivas.
- Las acciones correctivas (reparaciones).
- El reemplazamiento de maquinaria.
- Los objetivos implícitos son:
- Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
- Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
- Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

Las tácticas de mantenimiento son:

- Implementar o mejorar el mantenimiento preventivo.
- Incrementar las capacidades o la velocidad de reparación.

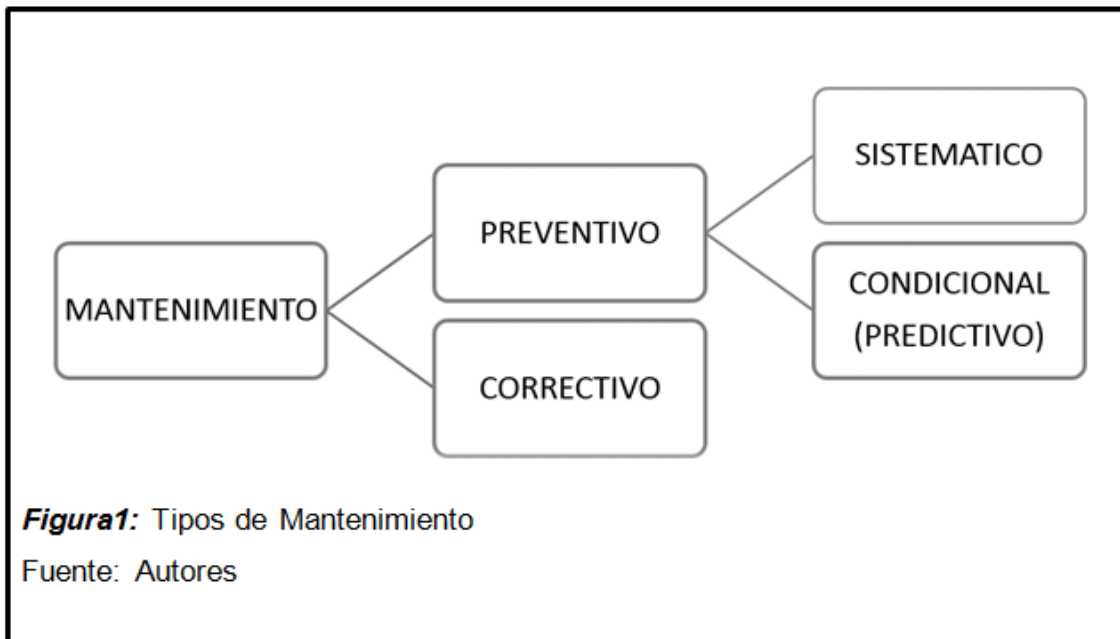
Evolución del mantenimiento

Bona (2011), en el principio de la humanidad, hasta finales del siglo XVII, las funciones de preservación y mantenimiento no se le tomaba mucha importancia a la máquina con respecto a la mano de obra, ya que hasta 1880 el 90% del trabajo lo realizaba el hombre y la máquina solo hacía el 10%. La conservación que se proporcionaba a los recursos de las empresas era solo mantenimiento correctivo (las máquinas solo se reparaban en caso de paro o falla importante).

Con la llegada de la 1ª guerra mundial, en el año 1914, las máquinas trabajaron a toda su capacidad y sin tener interrupciones, por este motivo la máquina tuvo cada vez mayor importancia. Y así se pudo llegar a la definición de mantenimiento preventivo (Álvaro, 2015).

Tamariz (2014), manifestó que en los años 1950 gracias a los estudios de fiabilidad se determinó que a una máquina en servicio siempre la integran dos únicos factores: la máquina y el servicio que esta proporciona. De Aquí surge la idea de preservar y cuidar que este dentro de los parámetros de calidad deseada. De esto se desprende el siguiente principio: el servicio se mantiene el recurso se preservar por eso se hicieron estudios cada vez más profundos sobre fiabilidad y mantenibilidad. Así nació la ingeniería de conservación preservación y mantenimiento). En el año de 1950 es la fecha en que se toma a la máquina como un medio para conseguir un fin.

Tipos de mantenimiento



Mantenimiento correctivo.

Olivero, (2012) este tipo de mantenimiento considera necesario no solo reparar la máquina averiada sino también buscar, diagnosticar y corregir la causa principal que provoca el fallo. Solo se podría aplicar si hay una disponibilidad suficiente de equipos de repuestos.

Ocurre cuando el equipo se descompone y debe repararse con base en una emergencia o un alto nivel de prioridad.

Mantenimiento preventivo

Implica realizar inspecciones y servicios rutinarios, así como mantener las instalaciones en buen estado, lo que permite construir un sistema que permite localizar las fallas posibles y realizar los cambios o reparaciones apropiadas para prevenirlas, permitiendo tener un proceso productivo trabajando dentro de las tolerancias.

Tamariz, (2014) tiene por misión conocer el estado actual, por sistema de todos los equipos y programar así el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno., Para implementar este mantenimiento es necesario hacer un plan de seguimiento para cada equipo. En este plan se especifican las técnicas que se aplican para detectar posibles anomalías de funcionamiento y la frecuencia de esto, los métodos más usuales son:

Inspecciones visuales:

Consiste en verificar posibles defectos o anomalías superficiales que vayan apareciendo en diferentes elementos del equipo.

- a. Medición de temperaturas: Puede detectar anomalías que van acompañadas de generación de calor como rozamiento, mala lubricación entre otras.
- b. Control de lubricación: Con este método podemos determinar grados de los desgastes de los elementos lubricados.
- c. Medición de vibraciones: Es un estudio de los espectros de vibraciones y su amplitud puede proporcionarnos suficiente información.
- d. Control de fisuras: El conocimiento de fisuras en elementos que han estado trabajando nos permitirá tomar decisiones sobre la sustitución y tiempo de funcionamiento antes del fallo total.
- e. Control de la corrosión: Pueden utilizarse desde testigos hasta medición de espesores mediante ultrasonidos o radiografías. En la industria química, la lucha contra la corrosión supone un reto para el mantenimiento.

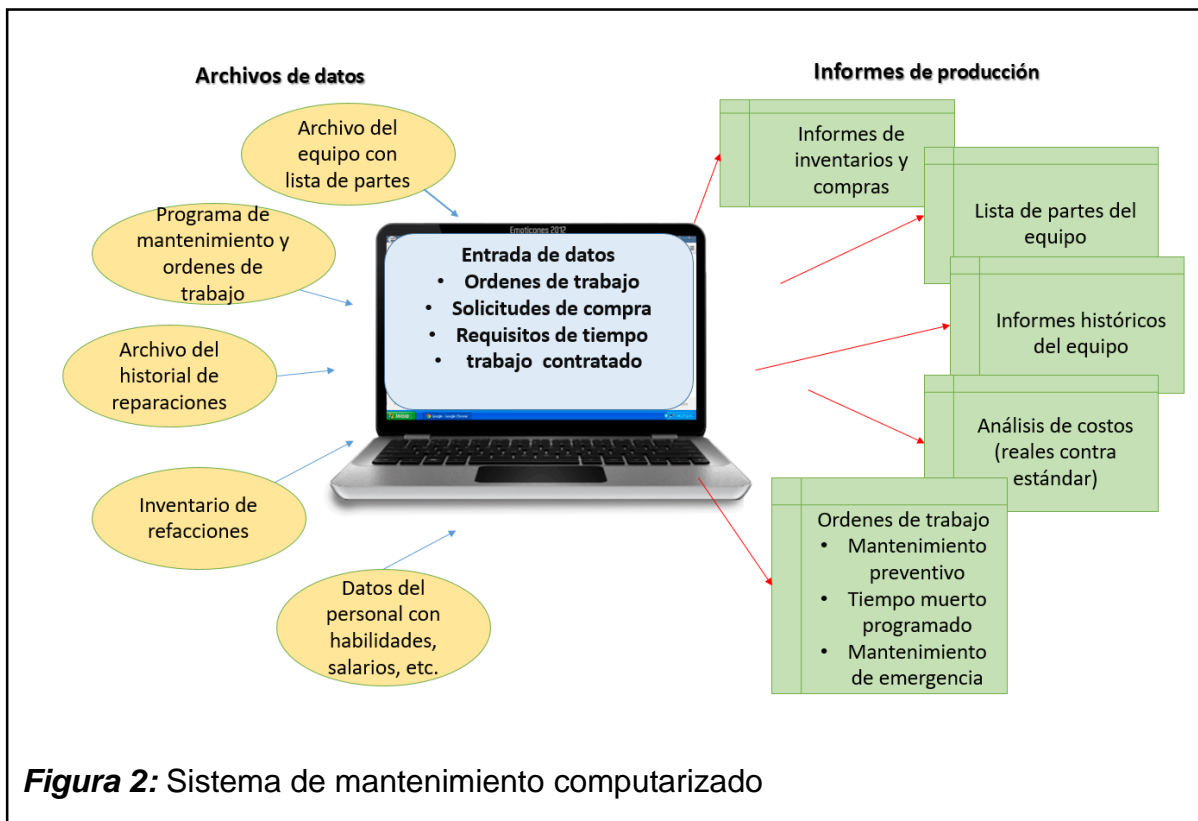
Ventajas del mantenimiento preventivo

La ventaja del mantenimiento preventivo es tener el control sobre las paradas y fallas en las operaciones, por otro lado conserva el estado operativo del equipo. La desventaja es que está diseñado a no dejar transcurrir el total del tiempo de vida útil de los equipos provocando en la mayoría de veces cambios que desperdician componentes aún en buen estado (Matos y Torres, 2014).

Implementación del mantenimiento preventivo

Primero es necesario conocer cuando un sistema requiere servicio o cuando es probable que falle. Las fallas ocurren con diferentes tasas durante la vida de un producto.

- Tasa de falla inicial alta (mortalidad infantil), puede existir para muchos productos, pero no solo son fallas del producto en sí, también se deben, al uso inadecuado del producto.
- Luego que se “asienta” es posible realizar un estudio de la distribución del TMEF (tiempo medio entre fallas), suelen tener una curva normal, pero en caso de que se encuentren desviaciones pequeñas, se sabe que se tiene un candidato para el mantenimiento preventivo, aunque sea costoso.
- Después de que la empresa ha elegido un candidato para el mantenimiento preventivo, es necesario determinar cuándo resulta más económico dicho mantenimiento preventivo, porque las fallas más menores pueden tener consecuencias catastróficas.
- Posteriormente con buenas técnicas de informes, las empresas mantienen registros de procesos, maquinaria o equipos individuales, los cuales les permite saber el tipo de mantenimiento a realizar y el tiempo necesario para ejecutarlo.
- La confiabilidad y el mantenimiento son tan importantes que en la actualidad, la mayoría de los sistemas de mantenimiento son computarizados.



Mantenimiento predictivo

También conocido como mantenimiento basado en condición, es la que corrige las desventajas del mantenimiento preventivo, logrando cambiar las sustituciones periódicas por inspecciones periódicas no logrando sustituir las piezas, sino analizas el estado de las máquinas mediante la medida de una serie de parámetros objetivos. Los parámetros más usados como indicadores del estado de una máquina son el nivel de ruido, nivel de vibraciones, el nivel de las partículas metálicas de los lubricantes, temperatura, u otros parámetros característicos de cada máquina según su funcionamiento (Olivero, 2012).

Se conoce como mantenimiento predictivo a la estrategia que se avoca en pronosticar el momento futuro en el cual se va a presentar la falla de un componente o una condición adversa que pueda ser controlada y monitoreada. La utilidad de este tipo de gestión es la programación precisa del reemplazo de componentes maximizando la vida útil y disminuyendo a su vez los tiempos muertos por paradas imprevistas. Este tipo de mantenimiento se basa en la medición de diversos parámetros que muestren una condición predecible en el

ciclo de vida del componente. Los parámetros generalmente usados para este propósito son la amplitud de vibraciones, la temperatura, el amperaje, la conductividad, el aislamiento, el nivel sónico, la tomografía, etc. El análisis vibracional es la tecnología que permite observar el rango de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, estas cifras son usadas para la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además provocan ruidos molestos (Matos y Torres 2014).

Una estrategia más elaborada es el mantenimiento preventivo, el cual consiste en un cronograma de actividades planificadas que se ejecutan cíclicamente, con el objetivo de garantizar que los equipos cumplan con las funciones requeridas en un proceso productivo. El mantenimiento preventivo se ha presentado como respuesta a las acciones correctivas anticipándose a las fallas con estrategias basadas en la vida útil nominal de los componentes (Torres, 2014).

En la mayoría de los casos los tiempos de vida útil de los componentes (sujetos a un factor de seguridad) forman las bases para las frecuencias de las operaciones en el plan de mantenimiento preventivo, esta vida útil puede ser obtenida de los catálogos de componentes o entregada por el fabricante del equipo, a su vez el historial de fallas sirve para rectificar o confirmar los datos obtenidos teóricamente y es necesario para corregir las frecuencias de las operaciones. La finalidad del mantenimiento preventivo es minimizar la probabilidad de falla, para esto se apoya en actividades básicas como son las visitas o inspecciones que sirven para verificar el estado del equipo o instalación a través de revisiones rápidas, periódicas y planificadas que no requieren acción de desmontaje alguno, las regulaciones o ajustes que son inspecciones periódicas con la diferencia que en éstas si se hacen operaciones de desmontaje, la lubricación que se un apoyo primordial en el mantenimiento preventivo y consiste en la aplicación periódica de aceites y grasas para evitar fallas debido al desgaste prematuro de las piezas y por último la limpieza que es una actividad fundamental para la aplicación del

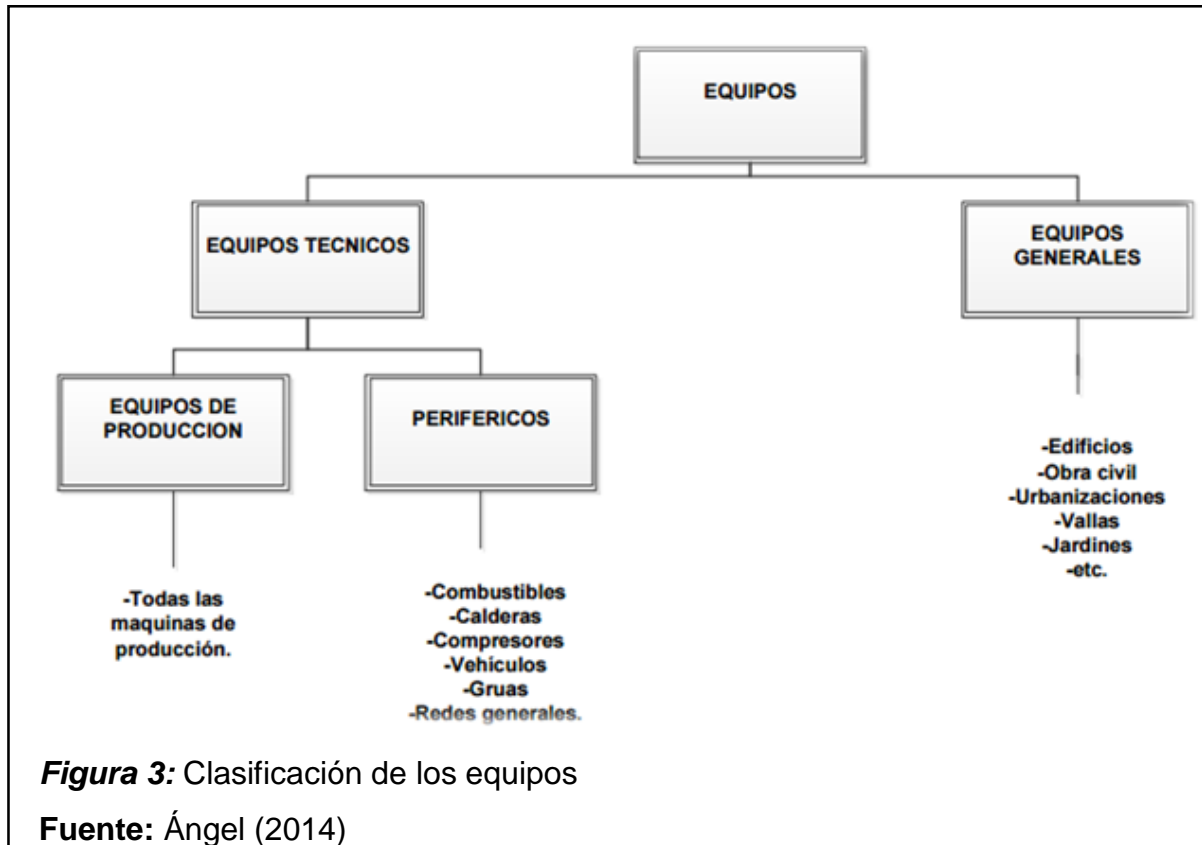
mantenimiento preventivo en cualquier tipo de industria, ya que permite detectar de una mejor forma las averías o fallas en el equipo y al mismo tiempo facilitar la labor del personal de mantenimiento (Valdivieso, 2011).

La ventaja del mantenimiento preventivo es tener el control sobre las paradas y fallas en las operaciones, por otro lado conserva el estado operativo del equipo. La desventaja es que está diseñado a no dejar transcurrir el total del tiempo de vida útil de los equipos provocando en la mayoría de veces cambios que desperdician componentes aún en buen estado (Matos y Torres, 2014).

Se conoce como mantenimiento predictivo a la estrategia que se avoca en pronosticar el momento futuro en el cual se va a presentar la falla de un componente o una condición adversa que pueda ser controlada y monitoreada. La utilidad de este tipo de gestión es la programación precisa del reemplazo de componentes maximizando la vida útil y disminuyendo a su vez los tiempos muertos por paradas imprevistas. Este tipo de mantenimiento se basa en la medición de diversos parámetros que muestren una condición predecible en el ciclo de vida del componente. Los parámetros generalmente usados para este propósito son la amplitud vibracional, la temperatura, el amperaje, la conductividad, el aislamiento, el nivel sónico, la tomografía, etc. El análisis vibracional es la tecnología que permite observar el rango de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, estas cifras son usadas para la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además provocan ruidos molestos (Matos y Torres 2014).

Clasificación de los equipos

Ángel, (2014) El responsable de mantenimiento debe tener en cuenta el inventario de equipos, máquinas e instalaciones en las cuales va a ser el mantenimiento. Y como resultado tiene un listado de activos físicos de naturaleza muy diversa y que dependerá del tipo de industria en la que lo desarrolle. Una de las posibles clasificaciones de todos éstos activos se ofrece en la siguiente figura:



Fichero histórico de la máquina

González (2014), Cronológicamente las intervenciones sufridas por la máquina desde su puesta en funcionamiento.

Se deben recolectar todas las intervenciones correctivas y, de las preventivas, las que sean por imperativo legal así como calibraciones o verificaciones de instrumentos.

Para ello, en el plan de calibración (Manual de Calidad). A título de ejemplo:

- Fecha y número de OT (Orden de Trabajo)
- Especialidad
- Tipo de fallo (Normalizar y codificar)
- Número de horas de trabajo. Importe
- Tiempo fuera de servicio
- Datos de la intervención:
- Síntomas
- Defectos encontrados
- Corrección efectuada
- Recomendaciones para evitar su repetición.

Con estos datos será posible realizar los siguientes análisis:

- Análisis de fiabilidad: Cálculos de la tasa de fallos, MTBF, etc.
- Análisis de disponibilidad: Cálculos de mantenibilidad, disponibilidad y sus posibles mejoras.
- Análisis de mejora de métodos: Selección de puntos débiles, análisis
- AMFE.
- Análisis de repuestos: Datos de consumos y nivel de existencias óptimo,
- Selección de repuestos a mantener en stock.
- Análisis de la política de mantenimiento:
- Máquinas con mayor número de averías
- Máquinas con mayor importe de averías
- Tipos de fallos más frecuentes

Con estas análisis, permite establecer objetivos para así lograr desarrollar un método de mantenimiento que se adecue a cierta máquina.

Indicadores en mantenimiento

Rey (2011), uno de los problemas a los que se enfrenta un responsable de mantenimiento que quiere mejorar los resultados del departamento a su cargo es que debe MEDIR la evolución de los aspectos más importantes que definen o determinan la calidad de su trabajo. ¿Pero cuáles son esos indicadores? ¿Qué parámetros determinan que el trabajo de un departamento se está haciendo bien o mal?

García, A. (2012), Un sistema de procesamiento es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si debemos realizar cambios o determinar algún aspecto concreto, debemos definir una serie de parámetros que nos permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento. Es decir: a partir de una serie de datos, nuestro sistema de procesamiento debe devolvernos una información, una serie de indicadores en los que nos basaremos para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

Imaginemos el caso de elegir la disponibilidad de equipos como un indicador. Si listamos todas las paradas de cada uno de los equipos de la planta, la fecha y hora en que han ocurrido y su duración, la lista resultante serán datos, pues tal y como se nos presenta no podemos tomar decisiones basándonos en ella. Si ahora procesamos esta lista, sumando los tiempos de parada de cada equipo y calculando el tiempo que han estado en disposición de producir, obtenemos una lista con la disponibilidad de cada equipo. En una planta industrial con, por ejemplo, 500 equipos, esta lista contendrá de nuevo datos, no información. Como mucho, contendrá algo de información mezclada con muchos datos (Rey, 2011).

A continuación se describen los indicadores más usuales que se emplean en un departamento de mantenimiento. Insisto en el hecho de que no todos son necesarios: entre todos ellos habrá que elegir aquellos que sean realmente útiles, aquellos que aporten información, para evitar convertirlos en una larga lista de datos. Además, hay que tener en cuenta que en la mayoría de los casos es

necesario adaptarlos a cada planta concreta, efectuando pequeñas modificaciones que hagan que los indicadores seleccionados estén perfectamente adaptados a las necesidades concretas de información de una planta. (Pesantez, 2012).

Bona (2011), Cuando se dispone de un sistema GMAO (Gestión de mantenimiento asistido por ordenador), el cálculo de estos indicadores suele ser bastante más rápido. Debemos tener la precaución de automatizar su cálculo, generando un informe que los contenga todos. Una ventaja adicional es que, una vez automatizado, podemos generar informes con la periodicidad que queramos, con un esfuerzo mínimo.

En caso de que el Sistema de Información sea el soporte papel, para el cálculo de estos indicadores es conveniente desarrollar pequeñas aplicaciones (una hoja de cálculo puede ser suficiente) para obtener estos índices. En este caso hay que seleccionar mucho más cuidadosamente los indicadores, pues es más costoso calcularlos. Además la frecuencia con que los obtengamos deberá ser menor (Rey, 2011).

Una falla es un evento que cambia el estado de un producto de operacional a no operacional. En este sentido la Tasa de Falla (TF) puede ser expresada tanto como un porcentaje de fallas sobre el total de productos examinados o en servicio (en términos relativos), o también como un número de fallas observadas en un tiempo de operación (en este caso en términos nominales). Dado lo anterior se dispone de las siguientes fórmulas para el cálculo de la Tasa de Fallas (Rey, 2011).

Fórmula para cálculo de la tasa de fallas entre el número total de productos probados

$$TF(\%) = \frac{\text{Numero de fallos}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100\%$$

Numero de fallas ocurridas durante cierto periodo

$$TF(N) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Numero de horas – unidad de tiempo de operacion}}$$

Calculo del tiempo medio entre fallas

$$TMEF = \frac{1}{TF(N)}$$

Confiabilidad

Probabilidad de que un producto, o las partes de una maquina funcionen correctamente durante el tiempo especificado y en las condiciones establecidas.

Las tácticas de confiabilidad son:

- Mejorar los componentes individuales.
- Proporcionar redundancia.

Fórmula para encontrar la confiabilidad del sistema

$$R_S = R_1 * R_2 * R_3 \dots \dots * R_n$$

Índices de disponibilidad

- Disponibilidad total

Es sin duda el indicador más importante en mantenimiento, y por supuesto, el que más posibilidades de 'manipulación' tiene. Si se calcula correctamente, es muy sencillo: es el cociente de dividir el nº de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el nº de horas totales de un periodo (Rey, 2011):

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ Totales - Horas\ parada\ por\ mantenimiento}{Horas\ totales}$$

En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una máquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la

disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportará ninguna información valiosa. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo (Rey, 2011).

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta.

$$\textit{Disponibilidad total} = \frac{\sum \textit{Disponibilidad de equipos significativos}}{\textit{N}^\circ \textit{ de equipos}}$$

- MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo medio entre fallos)

Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:

$$\textit{MTBF} = \frac{\textit{N}^\circ \textit{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\textit{N}^\circ \textit{ de averías}}$$

2.2.4. Gestión

La gestión hace referencia a las medidas y estrategias llevadas a cabo con la finalidad de que la empresa sea viable económicamente. La misma tiene en cuenta infinidad de factores, desde lo financiero, pasando por lo productivo hasta lo logístico. La gestión empresarial es una de las principales virtudes de un hombre de negocios. Engloba a las distintas competencias que se deben tener para cubrir distintos flancos de una determinada actividad comercial en el contexto de una economía de mercado. Es por ello que existen diversas carreras y programas de formación que hacen de este tema el objeto prioritario de estudio (Bona, 2011).

El diseño de una empresa debe contar con una serie de conocimientos en diversas áreas que puedan garantizar que las condiciones de existencia de la misma se podrán desarrollar en el tiempo. La más importante de todas es quizá determinar si la actividad llevada a cabo podrá ser rentable en distintos contextos propios de la economía. En este sentido, la gestión empresarial se enfocará una estrategia de desarrollo que posibilite un crecimiento en función de los resultados obtenidos. Implica considerar detenidamente los distintos pasos que se deberán llevar a cabo desde el inicio de una entidad de estas características de forma tal que la exposición sea la mínima posible, haciendo que existan distintas etapas de desarrollo en función de la inserción que se logre en el mercado. En este punto, considerar a la competencia y a la demanda para un determinado bien y servicio será fundamental, en la medida en que esta circunstancia dará cuenta de los precios que se deberán mantener y en consecuencia los costos que se podrán afrontar (Álvaro, 2015).

Como queda visto, la gestión empresarial compete a numerosos factores, muchos de los cuales difícilmente se aprenderán en un ámbito universitario o de educación informal. En efecto, lo más importante en este sentido es la experiencia que se desarrolla, como asimismo los vínculos que se pueden generar. Con esto, no se quiere significar que una educación orientada a la gestión no sea de ayuda hasta de gran importancia; no obstante, existen numerosos aspectos, numerosos problemas de planificación y de toma de decisiones que solo la práctica y una determinada personalidad cargada de aptitudes puede llevar a cabo. No es casualidad que los directores de las grandes compañías deban formarse en ocasiones en disciplinas que sean lo más transversales posibles, en muchos casos aparentemente diametralmente encontradas con la orientación de la actividad económica en cuestión (Gonzales, 2013).

Tipos de gestión

Existen diferentes tipos de gestión que a continuación podemos mencionar:

La Gestión Social, es aquella que se ocupa de construir diversos espacios destinados a la interacción social y a la superación de aquellos problemas u obstáculos que se presentan en las comunidades y que impiden el normal funcionamiento y existencia de algunos grupos. Allí donde hay pobreza, falta de la educación es imprescindible que aparezca la mano de la gestión social que se ocupará de poner en práctica algunas políticas que se traduzcan en inclusión y oportunidades para los pobres. Acercarlos a la posibilidad de una vivienda, de un trabajo y a la asistencia a la escuela para que puedan obtener las mismas posibilidades de progreso que el resto de los individuos incluidos (Benavides, 2011).

Gestión de Proyectos, se encargará de administrar y organizar los recursos con el claro objetivo que se pueda concretar todo el trabajo que requiere un proyecto dentro del tiempo pautado y con los recursos que se disponen, ni más ni menos (Benavides, 2011).

Gestión del Conocimiento, una cuestión ampliamente difundida a nivel organizacional de las organizaciones, ya que se ocupará de la transferencia de precisamente el conocimiento y la experiencia entre los miembros que componen la organización. De este modo el conocimiento resultará siendo un recurso disponible para todos los componentes de la misma y no solamente para unos pocos. (Benavides, 2011).

Muchas veces, la típica competencia que surge en los lugares de trabajo atenta contra este punto que tiene que ver con la transmisión de conocimientos y de experiencia en la realización de determinadas tareas. Algunos trabajadores temen contar o enseñar a los otros compañeros lo que saben por temor a perder su puesto o su consideración. Y es en esto que justamente tiene que trabajar esta área, en generar que nadie tenga este sentimiento. (Benavides, 2011).

Gestión Ambiental, tarea tan decisiva a la hora de la vida, ya que la misma refiere al conjunto de diligencias dedicadas al manejo del sistema ambiental en base al desarrollo sostenible. A través de esta se organizarán todas aquellas actividades orientadas a darle a una comunidad la mejor calidad de vida posible.

A la gestión ambiental no solamente le cabrá ocuparse de la conservación del medio ambiente, cuidando por ende aquellos organismos y vegetación autóctonas, la salud de los recursos como el aire, el agua, el suelo, sino también deberá idear las condiciones que contribuyan al desarrollo económico y el avance social de la población.(Benavides, 2011).

Gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento se ha desarrollado a la par de la evolución en la industria, está presente desde los primeros días y continuará acompañando a las eventualidades de los procesos, satisfaciendo las necesidades técnicas propias de los equipos y sistemas. Esta evolución ha provocado diferentes maneras de percibir dicha función, por lo que podemos encontrar diferentes definiciones, el mantenimiento es el conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integral (Matos, 2014)

Esta definición se centra en la relación entre mantenimiento y la maquinaria, hace hincapié en las buenas condiciones de los equipos, y pone como segundo plano a la función de los mismos. Por otro lado podemos definir la gestión de mantenimiento desde el punto de vista funcional en una aplicación definida: Las técnicas que aseguran la correcta utilización de edificios e instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva (Rey, 2011).

En esta definición se puede notar el carácter global de la función de mantenimiento, a diferencia de la anterior no está circunscrita en la condición de maquinaria o instalaciones sino hace más énfasis en las actitudes y conocimientos. De ambas definiciones y basados en conceptos actuales podemos

definir al mantenimiento industrial como las estrategias necesarias para conservar el estado operativo que asegure la continuidad de la producción, la seguridad personal y la calidad en la infraestructura de la industria para lograr su uso más eficiente. En esta última definición se intenta abarcar no solo el estado de la maquinaria, sino los recursos y las actitudes necesarias para integrar a la función de mantenimiento como una herramienta fundamental en los resultados de la producción (Torres, 2014).

Desde los primeros años del desarrollo e inclusive en la actualidad para realizar mantenimientos de todas las índoles se aplican técnicas correctivas las cuales consisten en la reparación de daños, desperfectos o eliminación de condiciones que no permitan el normal funcionamiento o que se encuentren fuera de los parámetros establecidos de operación de un equipo. Esta condición es imprevista y afecta la programación de la producción incurriendo además en elevados costos. Este tipo de mantenimiento conocido como correctivo “dejar fallar”, es la estrategia menos conveniente dentro de la gestión debido a su impacto económico y a la falta de programación en las actividades (Valdivieso, 2011).

2.3. Definición de términos básicos

Plan: Conjunto coordinado de metas, directivas, criterios y disposiciones con que se instrumentiza un proceso.

Gestión: Correcto manejo de los recursos de los que dispone una determinada organización.

Indicador: Sirven para capturar, medir, analizar y evaluar los resultados y desviaciones respecto al objetivo de manera metódica y fiable. Indicadores como el rendimiento de la mano de obra, las horas dedicadas a trabajos urgentes, los costes de reparación o la disponibilidad son válidos para estos sistemas aunque en el entorno Lean cobra vital importancia el indicador numérico natural para el TPM, denominado Índice de Eficiencia Global del Equipo, conocido como OEE (Overall Equipment Efficiency).

Mantenimiento preventivo: Se define como un conjunto de actividades programadas con el fin de asegurar que cualquier activo continúe desempeñando las funciones deseadas o de diseño.

Plan de gestión de mantenimiento: Conjuntos de tareas basadas en estrategias necesarias para conservar el estado operativo que asegure la continuidad de la producción.

Productividad: Es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

Cuantitativa

La investigación es de tipo cuantitativa porque recoge y analiza datos sobre variables y estudia las propiedades y fenómenos cuantitativos. (Bunge, 1971, citado por Días, 2012).

Aplicada – Descriptiva

Aplicada, porque cuyo propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables donde se tomará como base investigaciones de otros autores, para desarrollar la propuesta deseada en una situación real y concreta; es Descriptiva, porque se describió la problemática de la empresa DESTILADORA NAYLAMP E.I.R.L. y propone una solución. (Bunge, 1971, citado por Días, 2012).

Diseño de investigación: No Experimental.

Porque se realizó sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trató una investigación donde no se hizo variar intencionalmente las variables independientes. Lo que se hizo en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. (Hernández, 2014)

3.2. Población y muestra

Población

En la presente investigación, la población fueron 39 equipos que intervienen en el proceso de los cuales 8 equipos pertenecen al área de fermentación, 13 equipos pertenecen al área de destilación y 18 equipos pertenecen al área de producción de vapor en la empresa Destilería Naylamp.

Muestra

La muestra fue no probabilística por conveniencia y es igual a la población.

3.3. Hipótesis

Un plan de gestión de mantenimiento preventivo contribuye a mejorar sustancialmente la productividad en la empresa Destilería Naylamp – Chiclayo 2016.

3.4. Variables

Variable Independiente:

Plan de gestión de mantenimiento preventivo

Variable Dependiente:

Mejora de la productividad

3.5. Operacionalización

TABLA 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	TECNICAS	INSTRUMENTOS
Variable dependiente:	• Producción	• Lt x h		
Mejora de productividad	• Factor Tiempo	• Lt/T	• Análisis documentario	• Ficha técnica
	• Factor MM.PP	• Lt/MM.PP.	• Observación	• Guía de observación
Variable independiente	• Confiabilidad	• Confiabilidad resultante	• Observación	• Guía de observación
Plan de gestión de mantenimiento preventivo	• Fallas de máquina	• Tasa de fallas	• Análisis documentario	• Ficha de registro.
	• Frecuencia de averías	• MTBF	• Encuesta	• Formato de encuesta

Fuente: Autores

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Métodos

La investigación partió del conocimiento de la realidad de la empresa Destiladora Naylamp EIRL del cual realizamos un diagnóstico identificando los puntos críticos, que luego conllevó a un plan de acción como propuesta de mejora mediante el uso de las herramientas del mantenimiento que buscó mejorar la productividad.

Método analítico:

Este método ayudó a analizar las variables en forma particular como son las herramientas de mantenimiento preventivo que se proponen; dependiendo de la productividad de la empresa Destiladora Naylamp EIRL.

Método Inductivo:

Este método permitió estudiar de forma individual cada uno de los factores que impiden tener una buena productividad en la empresa Destiladora Naylamp EIRL. Y así tener el conocimiento de poder utilizar de manera correcta las herramientas de mantenimiento para ayudar a aumentar la productividad.

Método Deductivo:

Este método permitió hacer un estudio de teorías similares con la productividad de la empresa para detallar las características a observar en nuestro proyecto.

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

Se utilizó para la recolección de información las siguientes técnicas:

3.6.2.1 Variable dependiente

a) Análisis de documentos: se buscó obtener información de la producción de manera detallada de la empresa a través de documentos de cada máquina según su historial y lo que se nos proporcione por parte de la empresa.

b) Observación: se realizó la observación directa a través de las visitas programadas para poder recaudar información sobre la capacidad de producción de las respectivas máquinas del proceso de producción.

3.6.2.2. Variable Independiente

a) Análisis de documentos: Es la técnica de investigación donde los analistas de sistemas y diseñadores deben tratar de encontrar la información necesaria para comenzar las investigaciones. En los documentos se puede encontrar la historia de la entidad, estado económico, financiero de la misma, las principales inversiones que se han hecho, etc. (Niebles, 2015).

Con esta técnica se recogió la información de la empresa Destiladora Naylamp EIRL de tal modo que remita su estudio, interpretación y síntesis a un nuevo documento claro y preciso de modo abreviado.

b) La Observación: Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso de investigación; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos (García, 2011).

Con esta técnica, se obtuvo información directa y confiable de los procedimientos que se están desarrollando para cumplir con las funciones del área, con el fin de definir el problema a tratar. Se usó la observación directa para obtener toda la información requerida de la producción de la empresa Destiladora Naylamp EIRL.

c) Entrevista: Se realizó una entrevista al encargado del área de mantenimiento de Destilería Naylamp con la finalidad de conocer más de la situación actual de la empresa, del área también de las maquinas o equipos con mayor frecuencia de fallas.

3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

3.6.3.1. Variable Dependiente

a) Ficha técnica: Se realizó fichas técnicas de mantenimiento y fichas de historial de vida de cada máquina para poder encontrar los niveles de producción y cuál es el cuidado que se realiza con ella como se observa en los anexos 1, 2, 3, 4.

b) Observación: se observó cada producción, y ver los índices y capacidad de producción y detectar cuáles de las máquinas son las que requieren mantenimiento más constante como se observa en el anexo 9.

3.6.3.2. Variable Independiente

a) Ficha técnica: Se consideró aquellas anotaciones de datos relevantes de dichos documentos que enriqueció la información para conocer la situación en la que se encontró la empresa, es decir, como datos históricos de ventas, número de unidades producidas estados financieros, como podemos ver en los anexos 5, 6, 7, 8.

b) Guía de observación: Permitió guiarnos y encaminarnos para lograr obtener información a través de una lista impresa de datos de un tema específico que en este caso es el mantenimiento preventivo, el cual pudo ser echo por nosotros mismo enfocándonos a la finalidad de lo que se quería obtener con dicha guía de observación como podemos ver anexo 9.

c) Formato de entrevista: Consistió en las preguntas a realizar en la entrevista al encargado del área de mantenimiento, con sus respectivas alternativas de respuesta. El formato de encuesta de la presente investigación constó de 20 preguntas ver anexo 10

3.7. Procedimiento para la recolección de datos

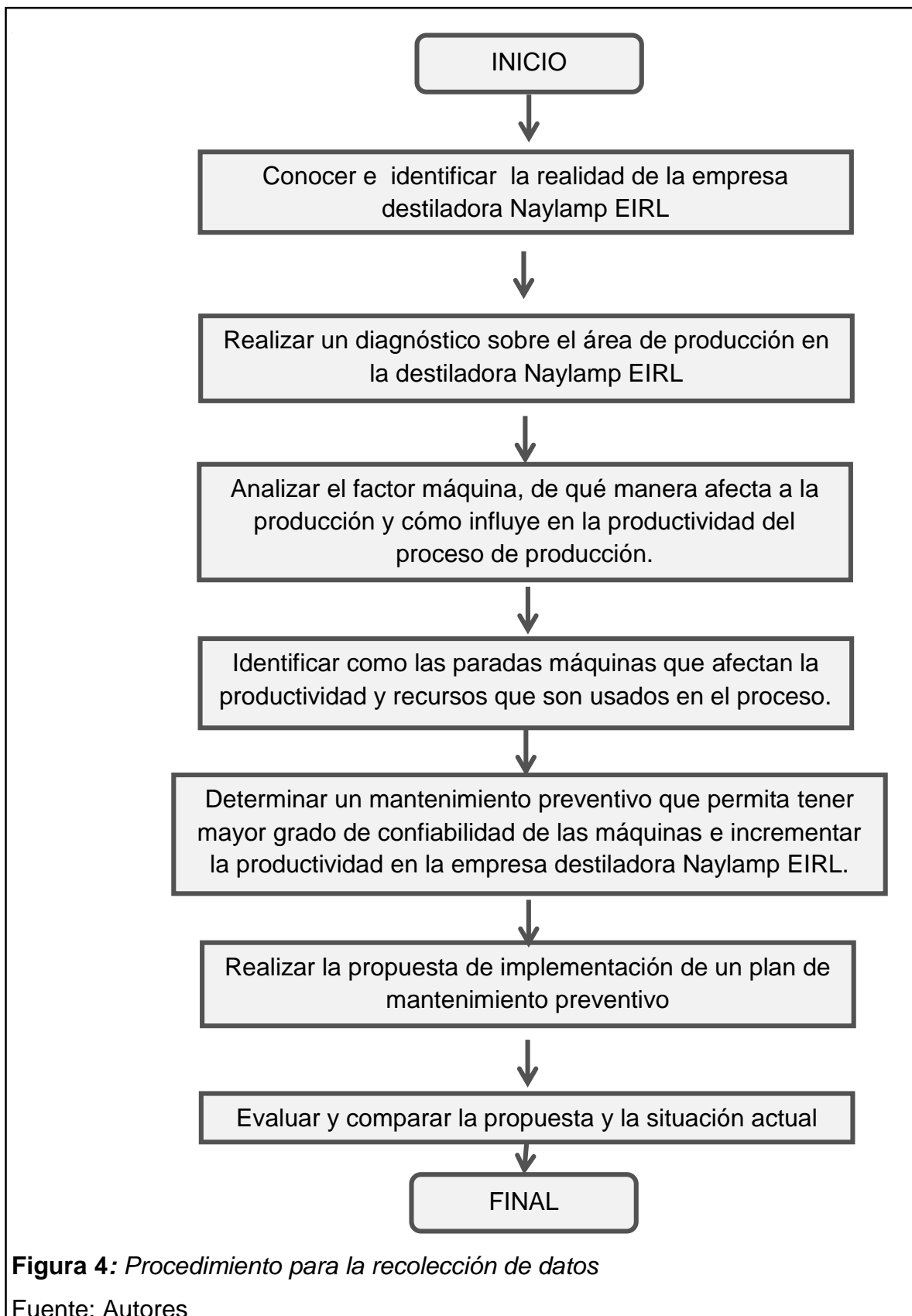


Figura 4: Procedimiento para la recolección de datos

Fuente: Autores

3.8. Análisis estadístico e interpretación de los datos

Después de la aplicación los instrumentos de recolección de datos en la empresa se procedió a realizar la tabulación respectiva para luego ser analizados estadísticamente. A partir de ello, se obtuvimos la información necesaria del trabajo de investigación para la cual, se recurrió al uso de algunas herramientas informáticas como el Microsoft Word como procesador de textos versión 2013; el Microsoft Excel versión 2013 para registrar los análisis e interpretaciones de los datos, el Microsoft Project versión 2013, AutoCAD versión 2010, para el desarrollo de actividades, asignación de tareas y recursos, y así poder dar seguimiento al progreso de lo propuesto en el plan.

3.8.1. Principios éticos

Consentimiento de la empresa: La presente investigación contó con la autorización Naylamp E.I.R.L; permitiendo obtener los datos en el mismo proceso productivo para la transparencia de la información a recolectar.

Confidencialidad: se tuvo reservado toda información otorgada por la empresa Naylamp E.I.R.L, para los fines de esta investigación en beneficio de la misma y no fue usada para otros fines; siendo el principal objetivo incrementar la productividad en el proceso productivo de la elaboración de alcohol etílico mediante el planeamiento de un mantenimiento preventivo, en la medida que se redujo las paradas máquinas por ende exista confiabilidad y se obtenga un beneficio en la empresa.

Toda la información presentada en este trabajo, está debidamente citado y referenciada a fin de evitar el plagio.

Manejo de riesgos: Se tuvo gran responsabilidad con los objetivos propuestos y obligaciones otorgada por la empresa Naylamp E.I.R.L.

3.10. Criterios de rigor científico

Los criterios de rigor científico que se tomó en cuenta son:

Validez: Las fichas técnicas fueron recopiladas de cada máquina del proceso productivo para luego relacionarlo con las herramientas del mantenimiento productivo para identificar la magnitud en que afecta la productividad, medir, mejorar y controlar en base a indicadores.

Fiabilidad: La muestra en esta investigación abarcó todo el proceso de producción desde la recepción de la materia prima, procesamiento y almacenamiento.

Replicabilidad: La investigación realizada podrá ser replicada a otras empresas para mejorar su productividad con resultados similares.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Diagnostico del mantenimiento realizado en la fábrica etanol.

Para el desarrollo de esta presente investigación en la Empresa Destilaría Naylamp EIRL. Esta fábrica obtiene el alcohol etílico a partir de una fermentación de mostos de melaza de caña de azúcares presentes en el mosto transformándolos en alcohol y dióxido de carbono.

Tabla 2

Datos generales del proceso productivo de la fábrica de etanol.

Datos	Descripción
Producto Principal	Alcohol rectificado, °GL=96
Subproducto	Alcohol industrial, °GL=95
Producción de alcohol rectificado (1°)	13 000 A 13 500 litros de alcohol/día
Producción de alcohol industrial (2°)	400 litros de alcohol/día
Capacidad de Planta	16 000 litros
Consumo de Melaza	50 toneladas por día
Productividad actual	272 litros de alcohol por tonelada de melaza
Unidad de venta del producto terminado	Cilindros
Capacidad de un cilindro	200 litros ó 162.5 kg
Costo de cilindro de alcohol	500 soles
Costo de tonelada de melaza	340 soles
Utilidad bruta	360 soles
Eficiencia de planta	76%
Desechos del proceso	Vinaza, lodos de fermentación, flemaza, agua residual, desechos producto del mantenimiento, ceniza y residuos sólidos producto de los servicios higiénicos y material de oficina.

Fuente: Fábrica de etanol Naylamp

Actualmente la empresa cuenta con el área de maestranza, la cual tiene como función realizar el mantenimiento de equipos; también realiza fabricación de piezas y otros elementos que puedan requerir las maquinas en el proceso. Para ello esta área posee las siguientes máquinas – herramientas detalladas en la tabla 3:

Tabla 3

Máquinas – Herramientas del área de maestranza

Máquina - Herramienta	Cantidad
Torno	1
Cizalla	1
Máquina de soldar	4
Taladro	2
Equipo de oxicorte	3
Amoladora	4
Rola	1
Sierra eléctrica	1

Fuente: Fábrica de etanol Naylamp

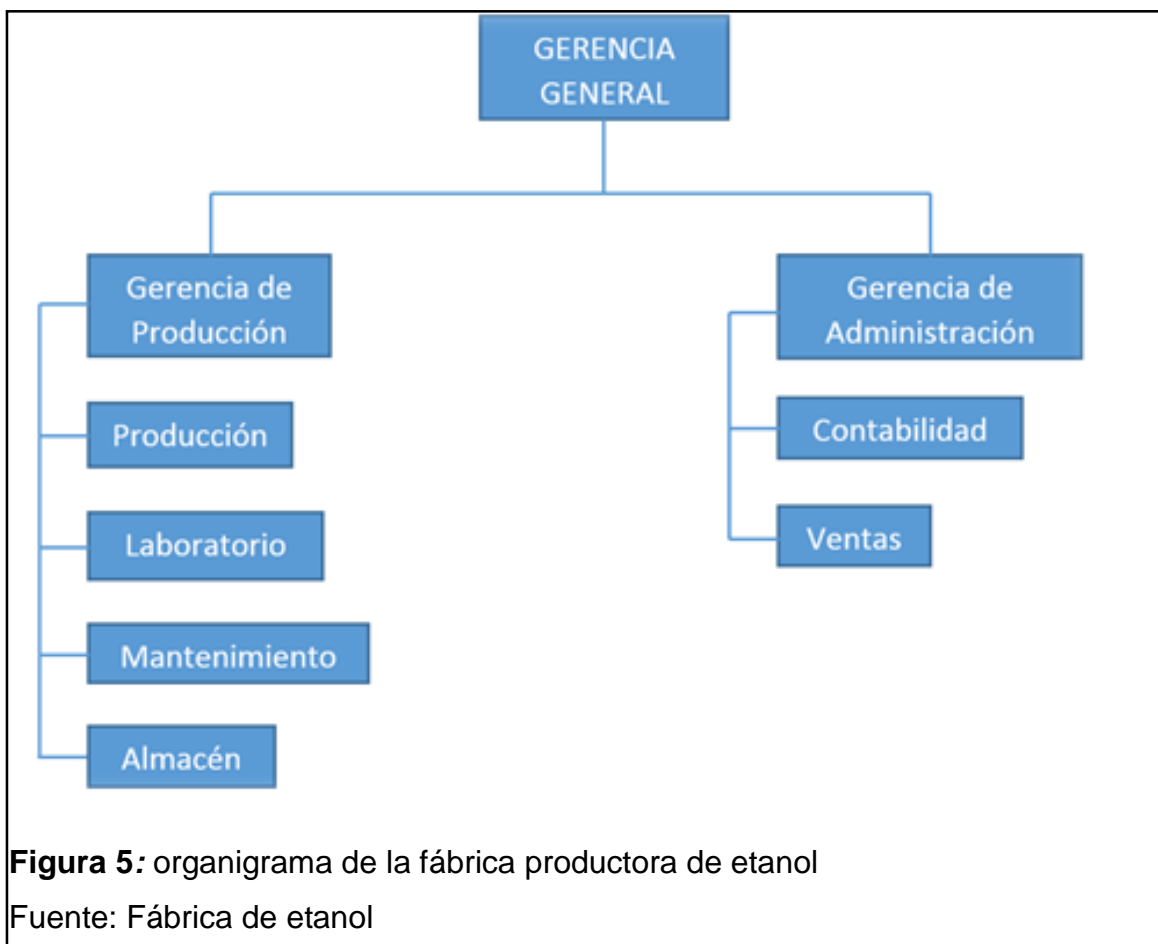
La fábrica productora de etanol en la cual se realiza esta investigación, es una empresa del tipo E.I.R.L; Consta con tres departamentos que son los encargados de la dirección de toda la empresa. Se puede observar en la figura 5, el organigrama de la empresa, donde el área de mantenimiento esta manejado por el departamento de producción; siendo el encargado el Ingeniero de planta.

El jefe del área de mantenimiento es un técnico mecánico de taller especialista en estructuras, quien tiene a su cargo a 6 trabajadores técnicos, entre ellos: 1 técnico electricista, 1 técnico mecánico de mantenimiento, 2 técnicos en soldadura y dos técnicos mecánicos en máquinas y herramientas – herramientas. En total el área de mantenimiento tiene 7 trabajadores, los cuales se encargan del mantenimiento industrial en la empresa destiladora; en la figura 6, se muestra el organigrama del área de mantenimiento, donde las partes resaltadas con color naranja, son los requisitos ideales para tener un mantenimiento adecuado dentro de la empresa;

por otro lado las partes resaltadas con color azul, son la información actual de esta área.

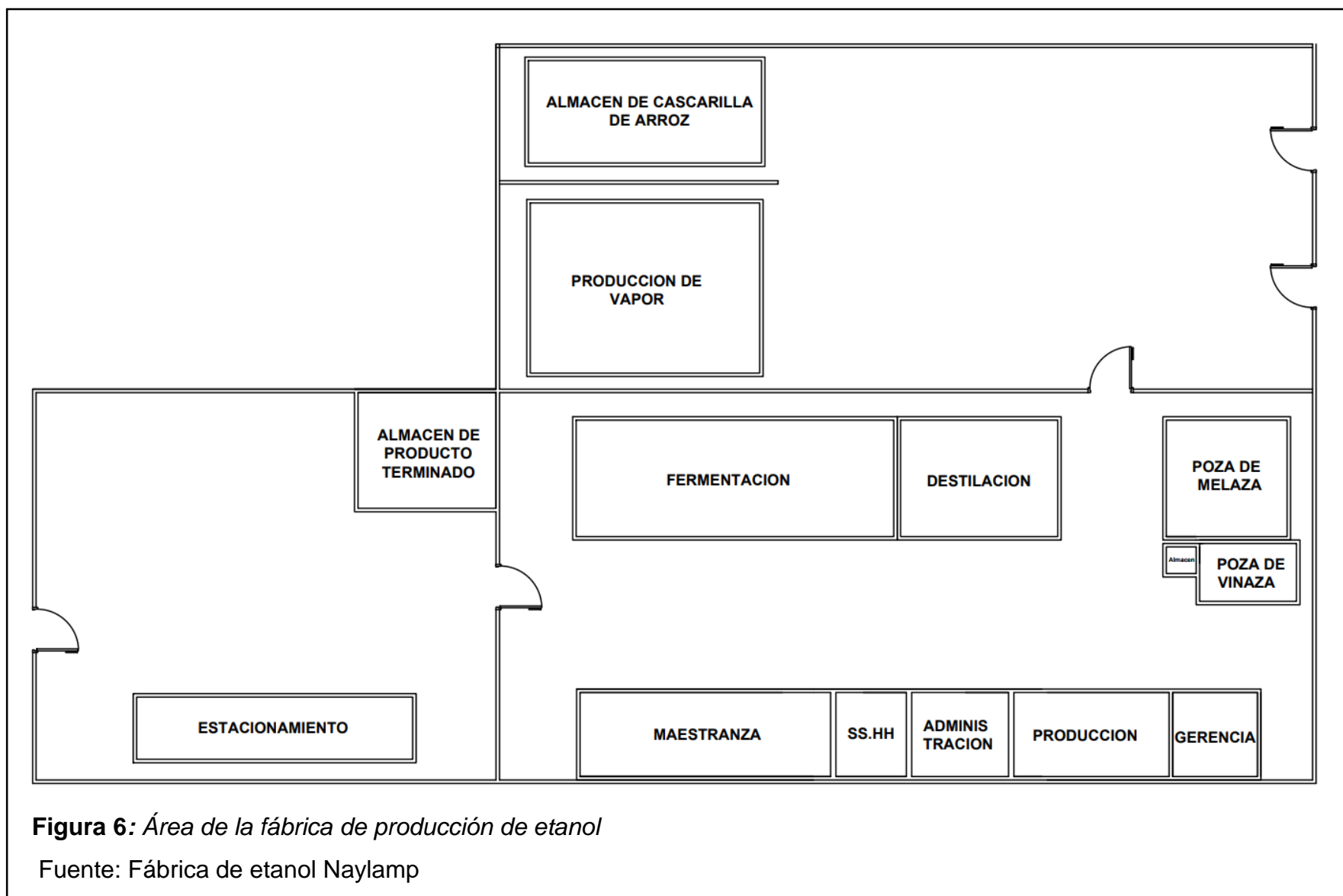
Para que el proceso de producción se lleve a cabo, se requieren de máquinas y equipos que hagan posible las operaciones respectivas para la transformación de la materia prima. Dichas maquinas necesitan cada cierto tiempo según el tipo, un mantenimiento para el correcto funcionamiento, evitando paradas del proceso, accidentes, desmotivación del personal, ahorro de costos, etc.

Actualmente en la empresa, se emplea sólo el mantenimiento correctivo, es decir reparación de las máquinas cuando estas fallan. El sólo emplear el mantenimiento correctivo, ha generado paradas del proceso, desmotivación del personal, gastos en máquinas nuevas, compra de repuestos, falta de capacitación, etc.



La cantidad de operarios que forman parte del área de producción son ocho personas, cuatro para cada turno de 12 horas y son remunerados con horas extras. En algunos casos los operarios que trabajan en el segundo turno, se les presentan complicaciones de operaciones debido a las fallas de los equipos que se les presenta y el área de maestranza, encargada del mantenimiento de la planta, no opera en tal turno. Ello genera pérdidas en la empresa, por lo que los directivos tienden a tomar ciertas decisiones para solucionar estos problemas.

El proceso de producción del etanol consta de dos etapas, fermentación y destilación, las cuales poseen diversos equipos en cada proceso a los cuales se les debe dar un mantenimiento. La etapa de destilación consta de dos áreas que son: el área de destilación y el área de producción de vapor. En la figura 6, se muestra las ubicaciones de las áreas productivas de las cuales incurre el proceso del etanol.



4.1.1. Etapa de Fermentación:

Es el proceso unitario por el que los azúcares presentes en el mosto o melaza diluida se transforman en etanol debido a la acción y metabolismo de la levadura, este proceso es exotérmico y anaerobio. La fábrica de etanol emplea un sistema de fermentación tradicional por cortes con cultivo puro generando el inóculo, el cual es proporcionado por el laboratorio para su posterior siembra y reproducción en los semilleros y pre fermentadores. Después de haber adquirido la cantidad de células necesarias, se procede a alimentar dichas células en los fermentadores o cubas de fermentación con melaza diluida.

El proceso de fermentación se inicia pasando una cantidad de semilla proveniente del pre fermentador al fermentador, lo que se llama pasar pie, a continuación se procede a llenar la cuba o fermentador con mosto en un tiempo fijado para después dejar que acabe la fermentación; durante este proceso se desprende el anhídrido carbónico. El tiempo que tarda en completarse la fermentación es lo que se conoce como muerte de la cuba o maduración.

En este proceso se trabaja con ciertos parámetros para el control de la fermentación. En la reproducción de levadura a través de los semilleros y pre fermentadores se abastece de melaza diluida a 6 °Bé y para los fermentadores o cubas se abastece de 16 a 18 °Bé; la temperatura de la fermentación debe estar entre los 30 a 34°C, el pH debe estar entre 4,6 a 5,2 para ello se agrega ácido sulfúrico. Las cubas tienen una capacidad aproximada de 80 000 litros y el porcentaje de etanol en una cuba madura oscila entre 10 – 12 %.

Para la propagación de la levadura en los semilleros, se emplean nutrientes que son la urea y el sulfato de amonio y para disminuir el pH como se mencionó, se emplea ácido sulfúrico. Para evitar infecciones en la pre-fermentación y en la fermentación, se emplean antibióticos que matan las bacterias presentes en la melaza diluida y las bacterias que se activan al llegar a la temperatura ideal de la fermentación

Para el proceso de fermentación es necesario el uso de máquinas en correcto funcionamiento operacional, por ello esta etapa cuenta con:

a) Bomba de melaza:

La melaza de caña de azúcar, siendo la materia prima de este proceso, es transportada a un tanque que la recibe y por gravedad pasa luego a ser diluida. Para el transporte de la melaza, la fábrica cuenta con una bomba de desplazamiento positivo modelo moyno. Esta bomba tiene una válvula cheek o de retención, con la finalidad de evitar el retorno de la melaza al dejar de bombearla. La bomba de desplazamiento positivo moyno empleada, tiene las siguientes características detalladas en la tabla 4.

Tabla 4

Características de la bomba de melaza.

Marca	Hidrostral
Modelo	Moyno 3LG-CDQ-3AAA
Piñones	13 Dientes
Motoreductor coaxial:	
Potencia	5 HP
Voltaje	220/380/440
Amperaje	14,0/8,11/7,0
Piñones	27 Dientes
RPM	1 800
Revoluciones de salida	184 rpm
Tipo	MNL35/2/3
Transmisión	Cadena

Fuente: Fábrica de Etanol

b) Válvulas y tuberías:

Las válvulas sirven para permitir el paso de los fluidos empleados en esta etapa, para este caso ya mencionado, el mosto, la semilla o inóculo y el agua; las tuberías empleadas son de acero inoxidable ASTM A312 TP 304L de 3”.

c) Tanque diluidor:

Luego de haber sido transportada la melaza, debe ser diluida con agua de tal manera que se pueda obtener la concentración de azúcares deseados para la alimentación, para ello el tanque diluidor se encarga de esta operación y se obtiene una solución llamada mosto. El tanque diluidor tiene las siguientes características detalladas en la tabla 5.

Tabla 5

Características del tanque Diluidor

Material	Acero inoxidable
Eje	Acero, posee 3 paletas
Soporte eje	Acero con bocina de baquelita
Motor:	
Marca	Delcrosa
Rpm	1 750
Potencia	2,4 HP
Frecuencia	60Hz
Amperaje	7,6/4,4/3,8
Voltaje	220/380/440
Transmisión	Faja de ½” B-47

Fuente: Fábrica de etanol

d) Enfriadores de placas:

La fermentación tiene una temperatura óptima de trabajo, de tal manera que se pueda obtener un buen rendimiento haciendo que la levadura pueda consumir la mayor cantidad de azúcares. La temperatura debe estar en un rango de 30 a 34 °C; cuando la temperatura es muy baja, la levadura entra en un estado de

inactividad y no consume la cantidad de azúcares deseados, por otro lado si la temperatura es mayor a 34 °C, se activan ciertas bacterias que sobreviven a dicha temperatura y genera un deterioro y muerte de las células, obteniendo un bajo rendimiento.

Para evitar las altas temperaturas en la fermentación, la fábrica cuenta con dos enfriadores de placas que a través de las electrobombas conectadas a ellos, permiten la recirculación del mosto que se enfría por intercambio de calor. Ambos enfriadores cuentan con electrobombas de 4 pulgadas con motor marca WEG, trabajan a 220, 380, 440 voltios, 8,70; 5,04; 4,35 amperios, tienen una potencia de 3HP, 1730 rpm, transmisión de doble faja en A y con un flujo de 20 000 l/h.

El primer enfriador es de color plateado posee 250 placas y el segundo enfriador que es de color azul posee 143 placas, ambos pertenecen a la marca APV productos.

La empresa no cuenta con la ficha técnica de los enfriadores de placas, es por ello que no se tenido en cuenta tal detalle.

e) Compresores:

Se utilizan para la reproducción de células a través de un proceso aerobio en los semilleros y prefermentadores, para ello estos compresores inyectan un flujo de aire comprimido. Se muestra al detalle en la tabla 6, la información acerca de los compresores de aire.

f) Bomba de recuperación de mosto:

Una vez llegada la fermentación a su estado de maduración o mayor conocido conocido como muerte de la cuba, debe ser destilado para la obtención del etanol como producto final; para ello la empresa ha designado un fermentador en especial que tiene la función de recibir el mosto muerto del resto de

fermentadores. Este fermentador es el primero y se le conoce como fermentador pulmon; para llevar a cabo esa recepción o recuperación del mosto, se emplea una bomba centrífuga de bronce con un caudal de 15 000 litros por hora.

La empresa, no cuenta con la ficha técnica de la bomba de recuperación de mosto, es por ello que no se ha tomado en cuenta tal detalle.

Tabla 6

Características de los compresores de aire

COMPRESOR DE AIRE IGER SOLL RAND	
Cantidad	2
Modelo	T 30
Potencia	10 HP
Capacidad	35 CFM
Presión	175 Psi
Número de etapas	2
Diámetro del pistón	5"/2,75"
Rpm	400 – 1 050
Motor	
Voltaje	220/380/440
Amperaje	14/8,11/7
Rpm	1700
Potencia	5 HP
Transmisión	Faja B-75

Fuente: Fábrica de etanol

g) Bomba sumergible:

El suministro de agua en la planta es muy esencial para las operaciones del proceso, para ello se cuenta con una electrobomba sumergible que abastece del recurso agua a toda la fabrica, compartiendo este recurso con las diferentes áreas que constituyen el proceso. En la tabla 7 se detalla las características de la bomba sumergible.

En la figura 7, se muestran las máquinas empleadas en la etapa de fermentación y la ubicación de dichas máquinas.

En la

figura 8, se observa el diagrama de proceso de la etapa de fermentación con las cantidades empleadas y las máquinas de dicha etapa las cuales pueden causar una parada del proceso u otra acción perjudicial para la fábrica de etanol.

En la fábrica de etanol se realizó una recopilación de data histórica por equipo acerca de las fallas ocurridas durante los años 2015 y 2016.

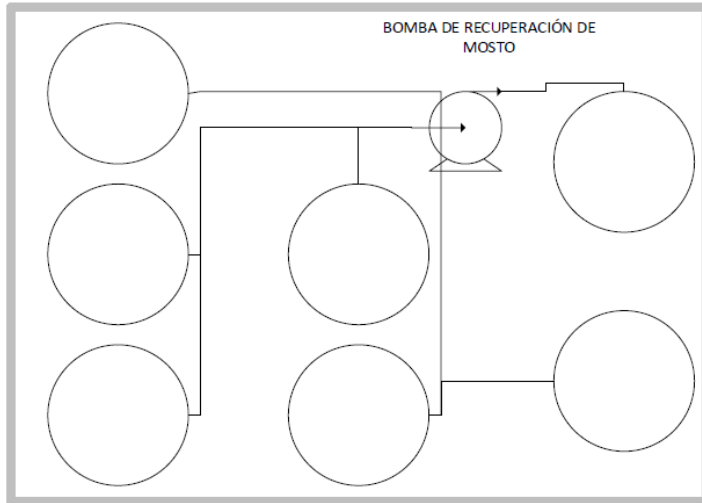
Tabla 7

Características de la Electrobomba Sumergible

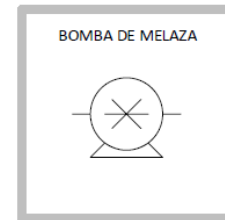
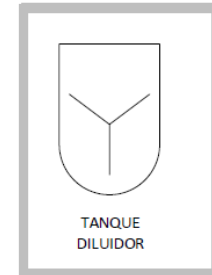
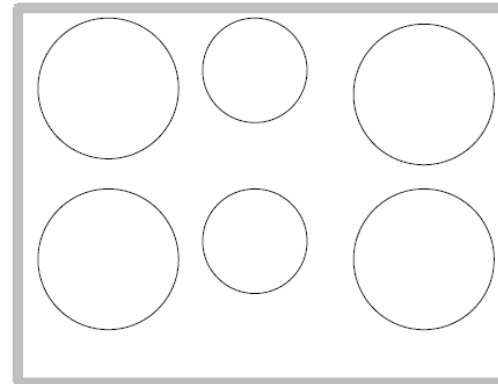
Electrobomba Sumergible:	
Material	Acero inoxidable 304
Tubo de enfriamiento	Acero inoxidable
Válvula check	Integrada
Potencia	15 HP
Precio	S/. 9,000
Frecuencia	60Hz
RPM	3430-3480
Tipo de conexión	Trifásica
Diámetro	6"
Caudal	15 litros por segundo
Altura	47 metros
Eficiencia	78%
N° Etapas	4
Longitud	1407 mm
Impulsor	Máximo
Motor SAER:	
Clase de aislamiento	B
Tipo	Sumergible
Factor de servicio	1,15
Potencia	15HP
Velocidad Nominal (rpm)	3600
Velocidad Efectiva (rpm)	3430

Fuente: Fábrica de etanol

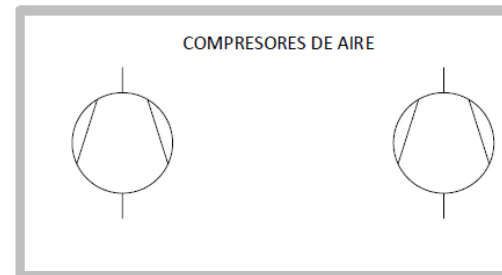
FERMENTADORES O CUBAS



PREFERMENTADORES



COMPRESORES DE AIRE



ENFRIADORES DE MOSTO

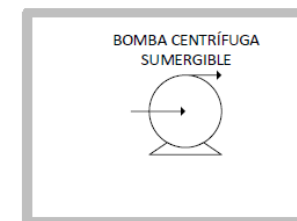
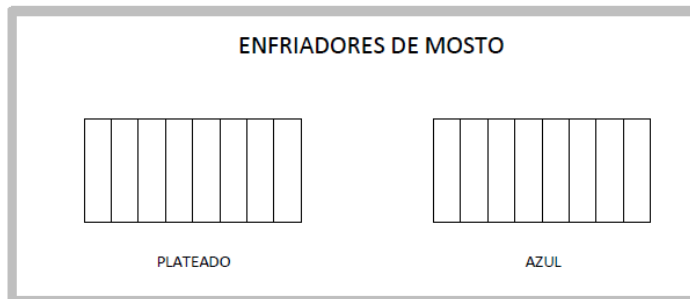
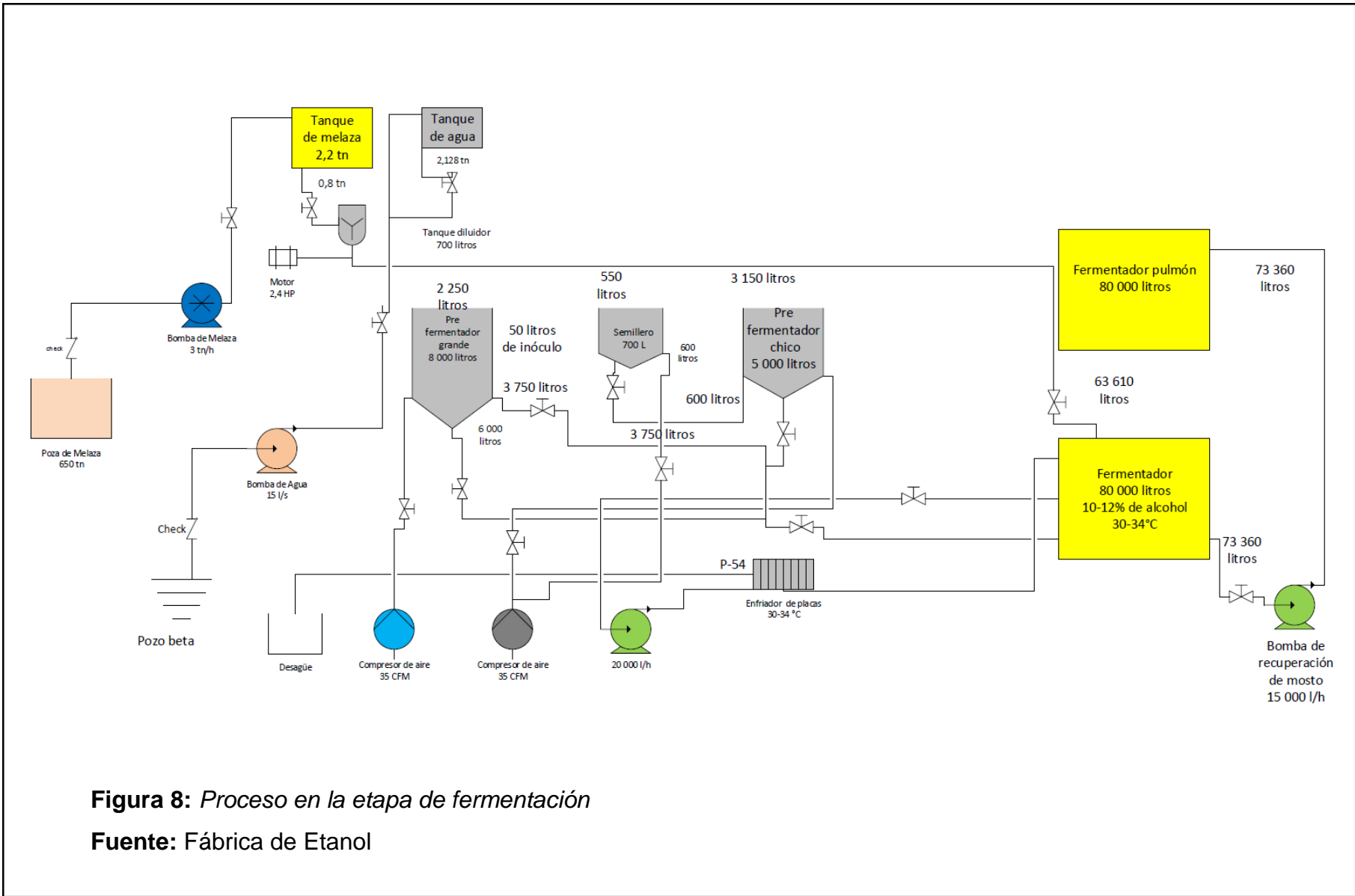


Figura 7: Máquinas empleadas en el área de fermentación

Fuente: Fábrica de Etanol



4.1.2 Etapa de destilación:

Esta operación unitaria tiene como finalidad separar el etanol y los componentes volátiles de los líquidos fermentados, y después por rectificación, se eliminan las impurezas y se concentra el etanol. Estas impurezas se encuentran, casi siempre, en pequeñas cantidades, ya que en conjunto constituyen aproximadamente un 1% del alcohol etílico, pero a pesar de ello influyen notablemente en el olor y el sabor del producto y su presencia condiciona las cualidades peculiares de etanol.

Esta fábrica de etanol realiza la separación a través de tres columnas de destilación, en las que se introduce el vino y vapor en su parte inferior que facilita la energía para el proceso de destilación. Esta etapa consta de dos áreas: el área de destilación y el área de producción de vapor.

Área de destilación:

a) Columna Mostera o de Vino:

Se introduce el vino proveniente del fermentador pulmón y el vapor saturado proveniente de la caldera realizando una separación de todas las impurezas no volátiles, que consisten básicamente en materia orgánica y sales minerales, además de elevar el grado del alcohol; el agua es eliminada conteniendo todas las impurezas, lo que se llama vinaza; De esta columna sale un líquido alcohólico, con una concentración de 50 – 80° GL, conteniendo toda la impureza más o menos volátil.

Para la introducción del vino a la columna mostera, la planta cuenta con tres bombas de mosto que se encargan del transporte del vino o mosto, y el caudal con el que trabaja la planta es de 5 000 litros por hora. En la tabla 8 se muestra las características de las bombas como sigue:

Tabla 8*Características de las bombas de mosto*

BOMBAS DE MOSTO		
Marca	Pedrollo	Hechiza
Tipo	Centrifuga	Centrifuga
Cantidad	2	1
Modelo	JRCm 15M	-
Rpm	3 450	1 750
Potencia	1,5 HP	6 HP
Voltaje	220 voltios	-
Caudal	4 800 lt/h	8 000
H máximo	55 metros	-

Fuente: Fabrica Etanol

En la tabla 9, se muestra las características de la columna mostera o de vino.

Tabla 9*Características de la columna mostera.*

Columna Mostera	
Material	Acero Inoxidable
Nº platos	21
Nº cuerpos	8
Bajante	0.6 x 0.12 x 0.43 metros
Temperaturas:	
Parte inferior	105 °C
Parte superior	90 °C
Presiones:	
Parte inferior	2- 2.5 Psi
Parte superior	2.5 Psi

Fuente: Fabrica Etanol

b) Columna Purificadora: Esta columna realiza la separación de la mayoría de las impurezas presentes en el alcohol. La columna tiene en su parte intermedia un decantador, que realiza la separación de los compuestos menos volátiles, basándose en que la mezcla de pentanoles, propanol, isobutanol, etc, que se forman, no son miscibles con el agua. A grados alcohólicos menores de 15° GL, aproximadamente se forman dos capas y se extrae la superior, conocidas como amílicos (por eso se introduce agua en la columna). Por otro lado, en la parte superior o cabeza se concentran las impurezas volátiles que se extraen en la fracción denominada cabeza.

El alcohol sale por la parte inferior de la columna, con un grado alcohólico de 15 – 20° GL, casi limpio de impurezas volátiles excepto metanol, y con un contenido todavía alto de amílicos.

En la tabla 10, se muestra las características de la columna purificadora, como sigue:

Tabla 10

Características de la Columna Purificadora.

Columna Purificadora	
Material	Acero inoxidable
Temperaturas:	
Parte inferior	168-174 °C
Parte superior	76-77.5 °C
Presiones:	
Parte inferior	1.8-3 Psi

Fuente: Fabrica Etanol

c) Columna Rectificadora: Esta columna eleva el grado alcohólico hasta 96,5 GL. En su parte intermedia se concentran los amílicos, por lo que se realiza una retrogradación al decantador de la purificadora, para su total eliminación. De esta columna sale por la parte inferior la flemaza que es un desecho que contiene las impurezas producto de la destilación, y el alcohol sale por la parte superior, con un grado de 96,5 °GL y completamente limpio de impurezas, con la excepción del metanol. Este es el llamado alcohol etílico comercial.

De esta columna se obtiene como subproducto el alcohol industrial o alcohol de segunda, con un grado alcohólico de 95° GL. Este alcohol sale con una proporción de 4,41 litros / 100 litros de alcohol rectificado o alcohol de primera.

En la tabla 11, se muestra las características de trabajo de la columna rectificadora.

Tabla 11

Características de la columna Rectificadora.

Columna Rectificadora	
Material	Acero inoxidable
Capacidad	16000 litros
Temperaturas:	
Parte inferior	106 °C
Parte media	81- 82 °C
Parte superior	73 °C
Presiones:	
Parte inferior	2,2 – 2,6 Psi

Fuente: Fábrica de Etanol

La operación destilación consta de evaporación y condensación de tal manera que se pueda recuperar el componente más volátil pasando de estado gaseoso a líquido, para ello se necesitan condensadores para que a través del enfriamiento se recupere el etanol. La empresa cuenta con una serie de condensadores tubulares, distribuyéndolos según el efecto del destilado. Se cuenta con cuatro condensadores en la que se emplea uno para el etanol de segunda, dos condensadores para el etanol de primera y un condensador Al que se llama

calentavinos que tiene la función de proporcionar calor al mosto, de tal manera que al vertirse en la columna mostera, haya ganado temperatura facilitando el proceso de destilado.

Cuando el alcohol ha pasado por el condensado, sigue un proceso de enfriamiento de tal manera que llegue al almacén con una temperatura aproximada de 26 °C, para ello se emplean dos enfriadores de alcohol que permiten regular la temperatura, el material es de acero inoxidable y tienen la misma estructura de los condensadores tubulares.

En la tabla 12, se puede observar con mayor detalle la información recopilada sobre los condensadores empleados en la etapa de destilación.

El suministro de agua para la condensación se distribuye de manera diferente para cada condensador, para el condensador de alcohol de segunda, se emplea el agua blanda proveniente del área de producción de vapor, regresando a dicha área agua blanda con 70 °C aproximadamente; para el condensador de alcohol de primera se emplea el agua proveniente de un pozo hecho por la fábrica y es transportado a través de una bomba centrífuga, los datos de esta bomba muestran en la tabla 13.

En la figura 9 se muestran las ubicaciones de cada uno de los equipos empleados en la destilación, de tal manera que se pueda tener un mejor panorama de la situación.

En la figura 10, se observa el diagrama de proceso de la etapa de destilación con las cantidades empleadas y las máquinas de dicha etapa, las cuales pueden causar una parada del proceso y otra acción perjudicial para la fábrica de etanol.

En la figura 9 se muestran las ubicaciones de cada uno de los equipos empleados en la destilación, de tal manera que se pueda tener un mejor panorama de la situación.

Tabla 12

Características de los condensadores.

Condensadores de alcohol	
Alcohol de 2º :	
Cantidad	1
Material	Acero inoxidable
Cantidad de tubos	60
Diámetro de tubos	1 ^{1/2} ,,
Altura de tubos	2,4 metros
Alcohol 1º:	
Calentavinos:	
Cantidad de tubos	140
Diámetro de tubos	1 ^{1/2} ,,
Altura de tubos	2,4 metros
Condensador principal:	
Cantidad de tubos	140
Diámetro de tubos	1 ^{1/2} ,,
Altura de tubos	2,4 metros
Condensador secundario:	
Cantidad de tubos	101
Diámetro de tubos	1 ^{1/2} ,,
Altura de tubos	2,4 metros

Fuente: Fábrica de Etanol

En la figura 10, se observa el diagrama de proceso de la etapa de destilación con las cantidades empleadas y las máquinas de dicha etapa, las cuales pueden causar una parada del proceso y otra acción perjudicial para la fábrica de etanol.

En la fábrica de etanol se realizó una recopilación de data histórica por equipo, acerca de las fallas ocurridas durante los años 2015 y 2016.

Tabla 13

Características de la bomba de agua.

BOMBA DE AGUA	
Marca	Hidrostal
Tipo	Centrifuga
Modelo	B1,1/2x2,1 5,7T
Rpm	3485
Potencia	5,7 HP
Voltaje	380 voltios
Caudal	8 litros por segundo

Fuente: Fábrica de Etanol

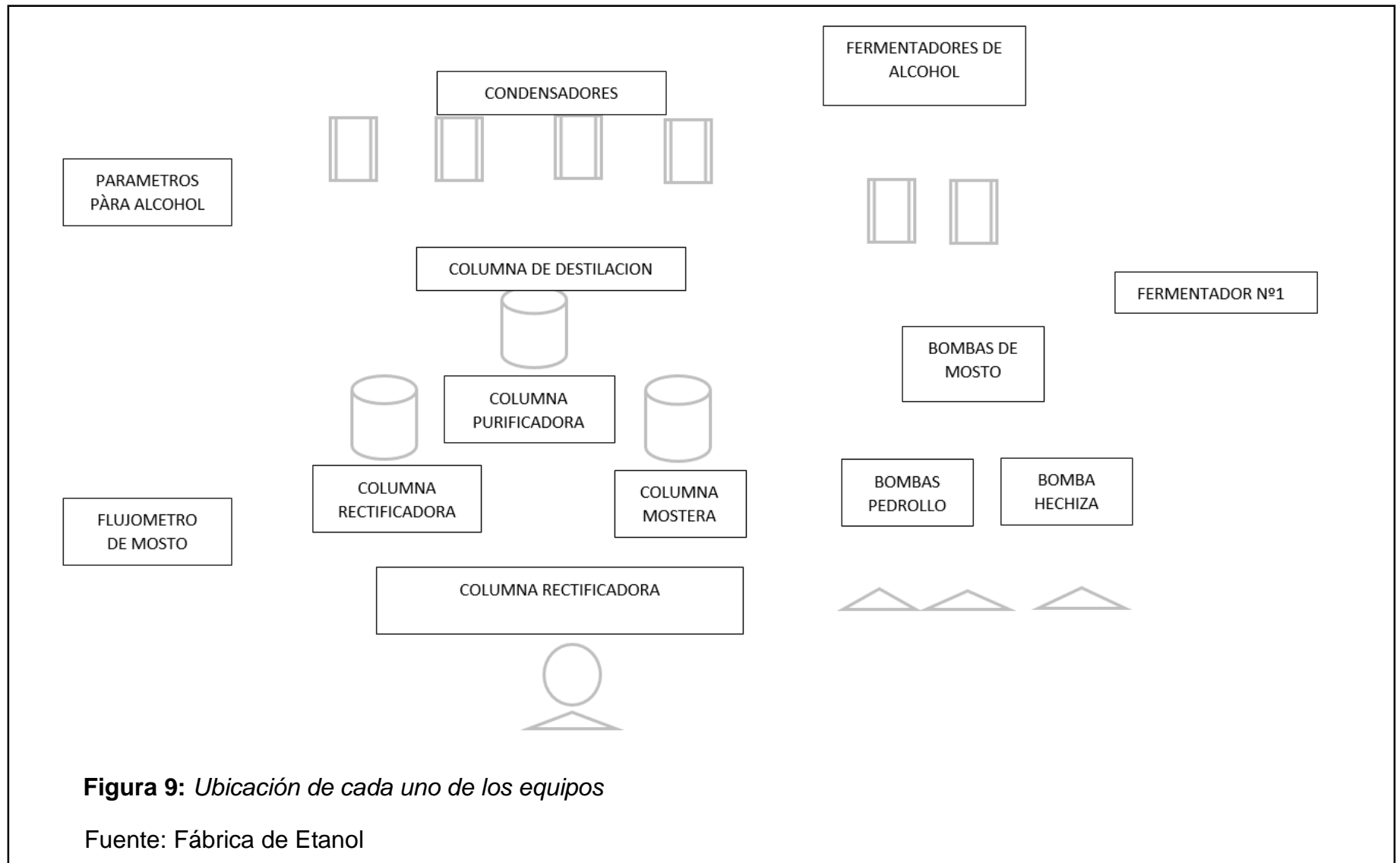


Figura 9: Ubicación de cada uno de los equipos

Fuente: Fábrica de Etanol

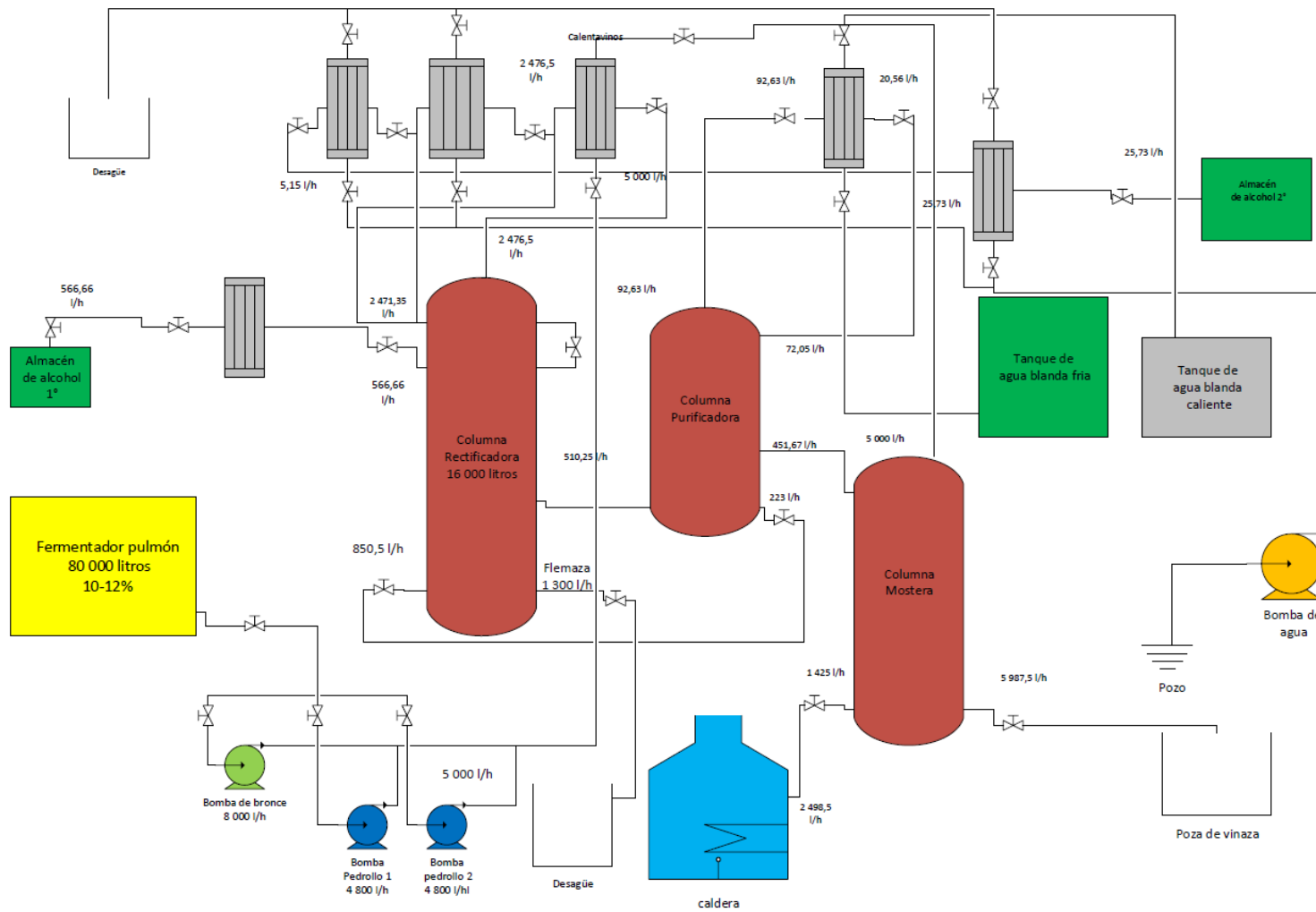


Figura 10: Equipos empleados en la etapa de destilación

Fuente: Fábrica de Etanol

Área de producción de vapor:

Para la separación del etanol presente en el vino, se emplea el vapor de agua saturado de tal manera que facilite la energía para el proceso de destilado, para ello la fábrica de etanol cuenta con un caldero acuatubular adaptado a biomasa, utilizando la cascarilla de arroz como combustible.

A continuación se detallaran, todos los equipos necesarios que hacen posible la producción de vapor, lo cual es muy importante obtenerlo de una manera óptima, porque para el área de destilación el vapor es un elemento muy importante.

a) Ablandador de agua.

Para la producción de vapor, el agua que se emplea es ablandada, de tal manera que no encaliche las tuberías de la caldera y se pueda trabajar adecuadamente.

La fábrica cuenta con un pozo de agua principal que sirve como fuente para todo el proceso de producción. Esta es agua llamada “agua dura”, debido a las concentraciones altas de calcio y magnesio; estas sales presentes en el agua perjudican a la caldera, encalichando las tuberías, picando las tuberías y producto del encalichamiento no se aprovecha adecuadamente el intercambio de calor generado por los gases de combustión.

Tabla 14*Características de bombas de agua blanda*

Bombas de agua blanda	
Tanque de agua blanda fría:	
Tipo de bomba	Centrifuga
Cantidad	2
Marca	Hidrostral
Modelo	B1-1/2 X 2
Potencia	3,4 HP
Rpm	3400
Frecuencia	60 Hz
Caudal	0,35 litros por segundo
Voltaje	220/440
Amperaje	9,87/ 4,9
Conexión	Trifásica
Tanque de agua blanda caliente:	
Tipo de bomba	Centrifuga multietapas
Modelo	V 208 – OSE/216
Marca	Salmson
Cantidad	2
Presión	16 bar
T° máxima	120 °C
Potencia	2,2 kw
Rpm	3500
Caudal	4,8 m ³ /h

Fuente: Fábrica de Etanol

Para el ablandamiento de agua, la fábrica cuenta con tres ablandadores que realizan un intercambio iónico a través de las resinas que se encuentran en los interiores. Esta resina, que ha sido regenerada por un tanque principal que contiene salmuera, se queda con el calcio y el magnesio, suministrando el sodio; con el agua blanda la caldera puede trabajar de manera adecuadas, previniendo el consumo mayor de combustible y evitando las bajas de presión.

b) Tanques de almacenamiento de agua blanda.

El agua que ha sido ablandada para a un tanque de almacenamiento con una capacidad de 25 m³, de tal manera que puede abastecerse a la caldera de agua,

la temperatura de agua en este tanque es el de ambiente y para generar temperatura en el proceso esta agua es transportada al condensador de alcohol de segunda, enfriando el alcohol y calentando el agua. Luego el agua con unos 70 °C aproximadamente, es transportada a un tanque de acero inoxidable aislado con una capacidad de 11 m³, y es bombeado al domo de la caldera, donde se produce el vapor saturado.

c) Caldero.

La fábrica cuenta con un caldero que se encarga de producir vapor saturado con el agua proveniente de los tanques de almacenamiento de agua blanda. Este caldero es acuatubular, pasando el agua por el interior de los tubos y los gases de combustión por el exterior de los mismos.

Para mayor detalle, se muestra a continuación en la tabla N° 15, las características del caldero.

Tabla 15

Ficha técnica del caldero

CALDERO MITSUBISHI DE 1000 BHP	
Potencia	450 BHP
Vapor producido	7000 kg/h
Presión de diverso	20 kg/h
Presión de trabajo	100 psi
Potencia calórica	3 391,500 k cal/h (al 75% de eficiencia)
Volumen de agua	9 m ³
Área de calefacción	318 m ³
Combustible	Cascarilla de arroz (3200 kcal)
% inquemados	17% de pajilla de arroz
Combustible/ hora	1059 kg/h
Ceniza/hora	180kg/h
Aire forzado	853 CFM
Aire inducido	3850 CFM

Fuente: Fábrica de Etanol

La eficiencia en esta área se da a través del empleo de cascarilla de arroz como combustible y el empleo de nueve ciclones fabricados en la misma empresa, los cuales permiten la remoción del material particulado producto de la combustión de la cascarilla de arroz. Todo ello permite el ahorro de costos, un buen trato con el ambiente y la protección de los operarios que elaboran en esta área.

En la figura 11, se muestran las ubicaciones de los equipos pertenecientes al área de producción de vapor.

En la figura 12, se observa el diagrama de proceso de la etapa de producción de vapor con las cantidades empleadas y las máquinas de dicha área, las cuales pueden causar una parada del proceso u otra acción perjudicial para la fábrica de etanol.

En el diagrama del área de producción de vapor se observa el ablandamiento del agua, para luego ser transformado en vapor; el agua se ablanda con el objetivo de no perjudicar a las tuberías de la caldera. El combustible a emplear es la cascarilla de arroz, el cual ocupa un gran almacén, con la ventaja en ahorro de costos y un mejor trato con el medio ambiente.

En la fábrica de etanol se realiza una recopilación de data histórica por equipo, acerca de las fallas ocurridas durante los años 2015 y 2016.

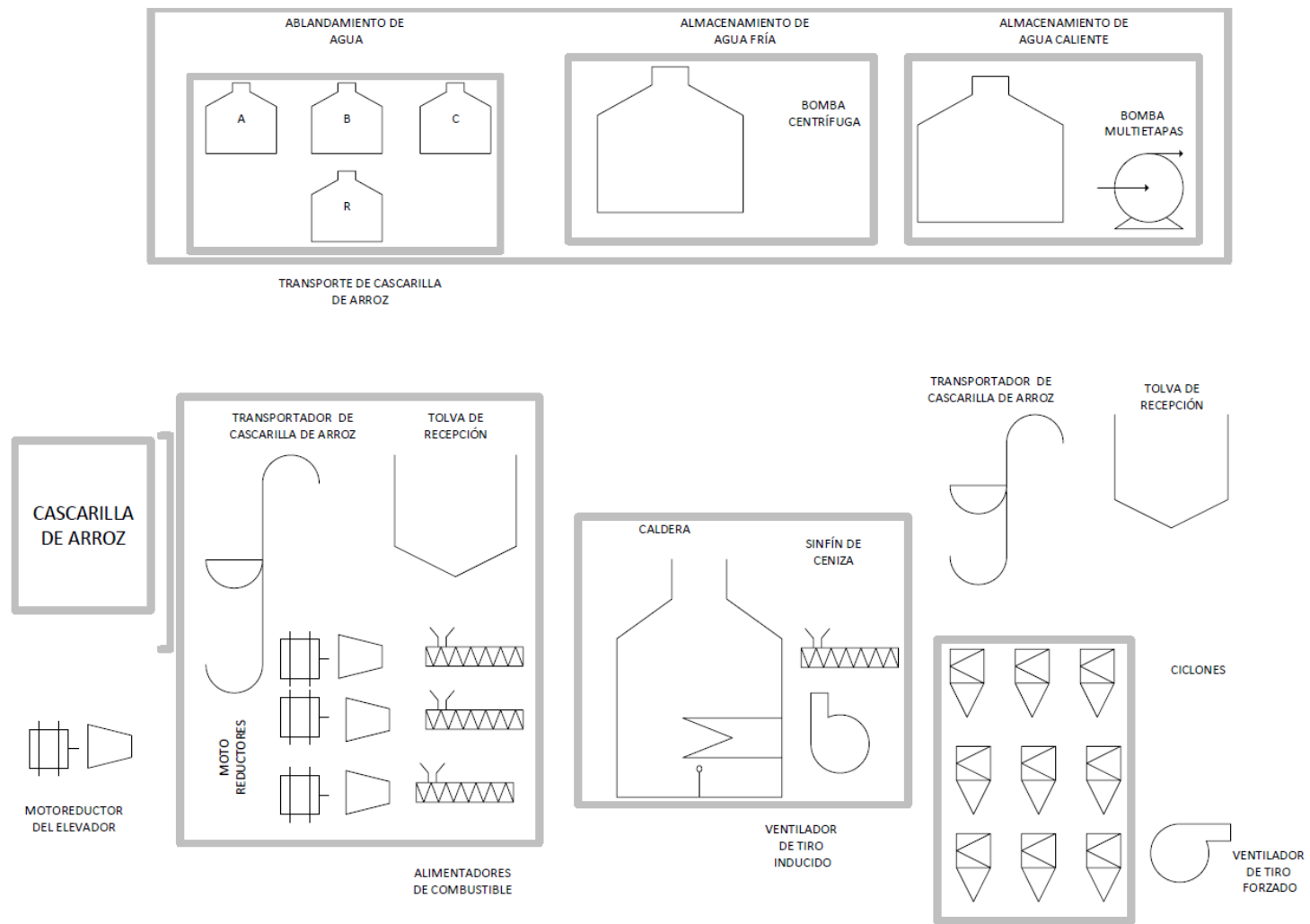


Figura 11: Equipos del área de producción a vapor

Fuente: Fábrica de Etanol

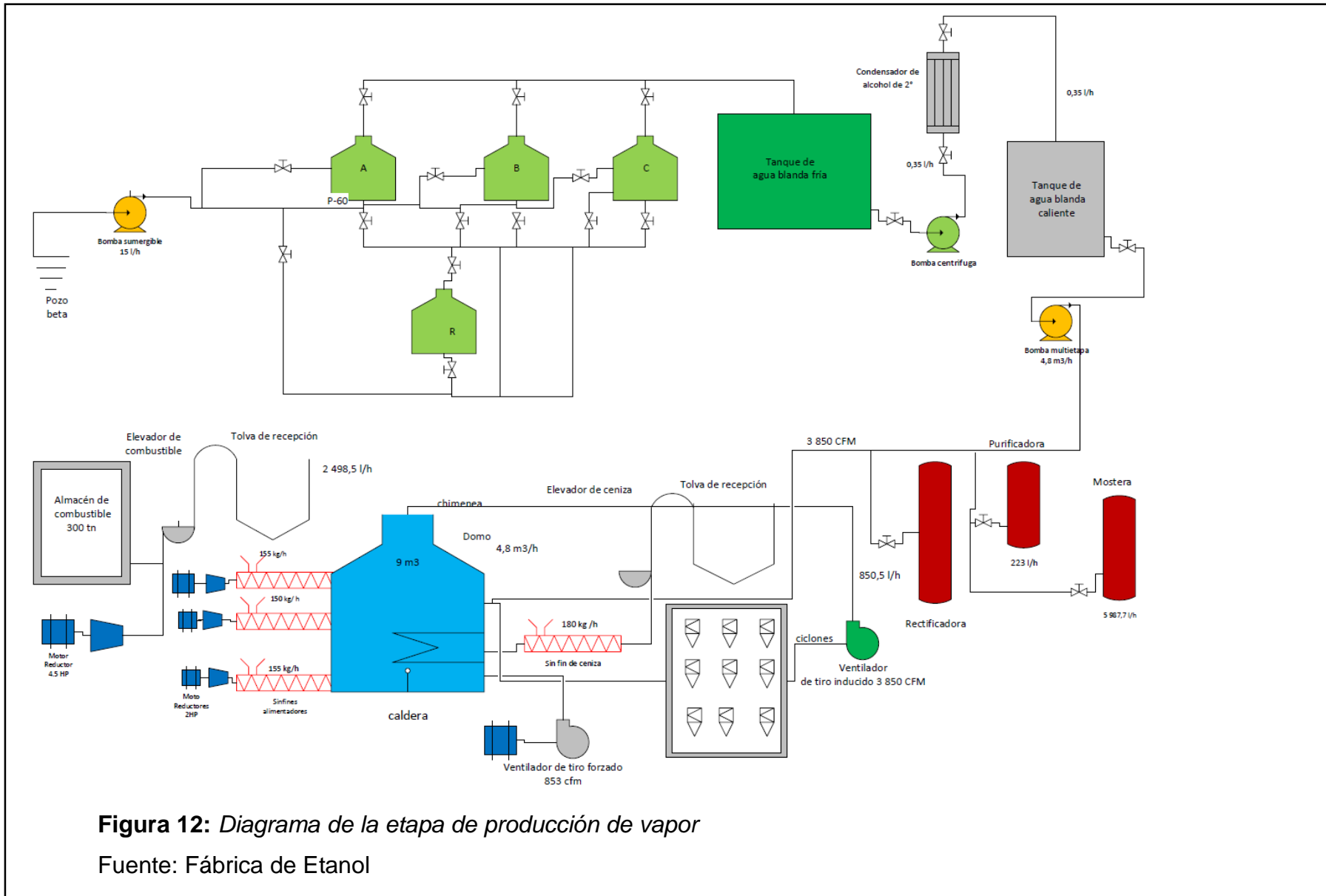


Figura 12: Diagrama de la etapa de producción de vapor
 Fuente: Fábrica de Etanol

4.2. Determinación de las etapas críticas del proceso, según los indicadores de confiabilidad.

Cuando se habla de confiabilidad de un sistema o un equipo, nos referimos a la probabilidad de que dicho sistema o equipo funciones correctamente durante un periodo de tiempo establecido bajo sus condiciones operacionales.

El índice que representa a la confiabilidad como unidad de medida básica, es la tasa de fallos o índice de fallos, bajo el cual representa al porcentaje de sistemas que fallaron en relación al total de sistemas que existen

También representa el número de fallos en un tiempo determinado de tal manera que se pueda obtener el tiempo medio existente entre fallas. Para este objetivo, se realizara el cálculo respectivo de los indicadores de confiabilidad, de tal manera que se pueda determinar las etapas críticas del proceso para realizar una mejor en su mantenimiento.

4.2.1. Indicadores de confiabilidad en la etapa de fermentación

Para el cálculo de la tasa de fallos, se tomara la data histórica recopilada de la empresa y detallada en el diagnóstico del mantenimiento.

Tabla 16

Resumen de la data histórica de fallas en la etapa de fermentación.

EQUIPO	NÚMERO DE FALLOS	TOTAL DE TIEMPO DE PARO (Horas)
Enfriador plateado	9	22,5
Enfriador azul	12	30
Electrobomba del enfriador plateado	3	5,5
Electrobomba del enfriador azul	4	4
Bomba de recuperación del mosto	12	22
Tanque diluidor	14	46,5
Bomba de melaza	12	13,5
Total	65	144

Fuente: Fabrica de etanol

Según el diagnóstico, la etapa de fermentación cuenta con 8 equipos importantes que hacen posible la realización de esa etapa, fallando 7 de ellos y por tanto la tasa de fallos es:

$$FR(\%) = \frac{\text{Número de fallos}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100$$

$$FR(\%) = \frac{7}{8} \times 100$$

$$FR(\%) = 87,5\%$$

La tasa de fallos para la fermentación es de 87,5%, el cual nos indica el porcentaje de fallas en esa etapa durante los 10 meses de funcionamiento en los años 2015 y 2016.

Como se mencionó, la tasa de fallos también se determina por el número de fallos en un determinado periodo de tiempo, para este caso también es importante el cálculo de esta tasa de tal manera que podamos obtener el tiempo medio entre fallos.

$$FR(N) = \frac{\text{Número de fallos}}{\text{Tiempo de funcionamiento}}$$

El número total de fallos en esta etapa es de 65, por lo tanto la tasa de fallos sería de:

$$FR(N) = \frac{65 \text{ fallos}}{(10\,800 - 145) \text{ horas}}$$

$$FR(N) = 0,00610 \text{ fallos/horas}$$

$$FR(N) = 0,15 \text{ fallos/día}$$

El índice de fallos nos indica que 0,15 fallas en promedio se realizaron al día, lo que nos facilita la obtención aproximada de fallas en el tiempo que se desearía obtener, sea al mes año, trimestre, etc.

El tiempo medio entre fallos nos indica el tiempo en que se dan las fallas con respecto a los que fallaron anteriormente. Este es la inversa de la tasa de fallas.

$$MTBF = \frac{1}{FR(N)}$$

$$MTBF = \frac{1}{0,15}$$

$$MTBF = 6,83 \text{ diasde funionamiento}$$

Este indicador nos facilita el tiempo que existe entre fallas, es decir al darse una falla, la siguiente se dio en promedio a los 6,73 días de funcionamiento. Todo ello nos sirve para la toma de decisiones.

4.2.2 Indicadores de Confiabilidad en la Etapa de Destilación

Área de Destilación

Al igual que la etapa de fermentación, se tomara la data histórica recopilada de la empresa y detallada en el diagnóstico del mantenimiento.

En la tabla N°17, se muestra el resumen de la data histórica de 10 meses; mostrando el número de fallos por equipo el tiempo total de paro.

Tabla 17

Resumen de la data histórica de fallas en el área de destilación.

Equipo	Número de Fallos	Total de Tiempo de Paro (horas)
Columna mostera	5	13
Bomba hechiza de mosto	16	60,5
Bomba 1 pedrollo de mosto	2	3,5
Columna rectificadora	2	2
Calentavinos	3	2,5
Condensador principal	3	1,5
Bomba de agua para condensadores	4	7,25
Total	35	90,25

Fuente: Fabrica de etanol

Según el diagnóstico, la etapa de destilación cuenta con 13 equipos importantes que hacen posible la realización de esta etapa y fallan 7 equipos de los 13 existentes; por lo tanto la tasa de fallos es:

$$FR(\%) = \frac{\text{Numero de fallos}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100$$

$$FR(\%) = \frac{7}{13} \times 100$$

$$FR(\%) = 53,83 \%$$

La tasa de fallos para I etapa de destilación es de 53,85%, el cual nos indica el porcentaje de fallas que se dan en esa etapa durante los 10 meses de funcionamiento.

Al igual que en la etapa de fermentación que se hizo el cálculo de las fallas en un determinado tiempo, en esta etapa se procederá a hacer dicho cálculo de tal manera que se pueda obtener también el tiempo promedio entre fallas.

$$FR(N) = \frac{\text{Número de fallos}}{\text{Tiempo de funcionamiento}}$$

El número total de fallos en esta etapa es de 35 y el tiempo de funcionamiento es el tiempo total de análisis menos el tiempo total de paro; por lo tanto la tasa de fallos sería de:

$$FR(N) = \frac{35 \text{ fallos}}{(10\,800 - 90,25) \text{ horas}}$$

$$FR(N) = 0,0033 \text{ fallos/hora}$$

$$FR(N) = 0,08 \text{ fallos/día}$$

El índice de fallos nos indica que el 0,08 fallas en promedio se realizaron al día, lo que nos facilita la obtención aproximada de fallas en el tiempo que se desearía obtener, sea al mes, al año, trimestres, etc.

El tiempo medio entre fallos nos indica el tiempo en que se dan las fallas con respecto a las que fallaron anteriormente. Este es la inversa de la tasa de fallas.

$$MTBF = \frac{1}{FR(N)}$$

$$MTBF = \frac{1}{0,08}$$

$$MTBF = 12,75 \text{ días de funcionamiento}$$

Este indicador nos facilita el tiempo que existe entre fallas, es decir al darse una falla, la siguiente se dará en promedio a los 12,75 días de funcionamiento.

Área de producción de vapor

Al igual que el área anterior, se tomara la data histórica recopilada de la empresa y detallada en el diagnóstico del mantenimiento.

En la tabla 18, se muestra el resumen de la tabla histórica, considerando los 10 meses de recopilación o equivalente a 7200 horas, mostrando el número de fallos por equipo y el tiempo total de paro.

Tabla 18

Resumen de la data histórica de fallas en el área de producción de vapor

Equipo	Numero de Fallos	Total de Tiempo de Paro (horas)
Ablandador 1	5	7,5
Ablandador 2	5	5,5
Ablandador 3	4	4
Bomba 1 de agua fría	4	8
Bomba 2 de agua fría	1	2
Bomba 1 de agua caliente	4	8
Bomba 2 de agua caliente	3	6
Caldero	6	14,25
Elevador de combustible	8	7,5
Alimentadores de combustible tipos tornillo	6	6
Ventilador de tiro forzado	6	5,5
Ventilador de tiro inducido	6	7,5
Sinfín extractor de ceniza	3	5,25
Elevador de ceniza	3	4
Total	64	91

Fuente: Fabrica de etanol

Según el diagnóstico, el área de producción de vapor cuenta con 18 equipos importantes que hacen posible la realización de esta etapa. Fallan 14 equipos de los 18 existentes y por la tasa de fallos es:

$$FR(\%) = \frac{\text{Número de fallos}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100$$

$$FR(\%) = \frac{14}{18} \times 100$$

$$FR(\%) = 77,78\%$$

La tasa de fallos para el área de producción de vapor es de 77,78%, el cual nos indica el porcentaje de fallas en esa etapa durante los 10 meses de funcionamiento.

Al igual que las etapas anteriores, se procederá a calcular el índice de fallas en un determinado tiempo, para luego obtener el tiempo medio entre fallas.

$$FR(N) = \frac{\text{Número de fallos}}{\text{Tiempo de funcionamiento}}$$

El número total de fallos en esta etapa es de 64 y el tiempo de funcionamiento es el tiempo total de análisis menos el tiempo total de paro; por lo tanto la tasa de fallos sería de:

$$FR(N) = \frac{64 \text{ fallos}}{(10\,800 - 91) \text{ horas}}$$

$$FR(N) = 0,006 \text{ fallos/hora}$$

$$FR(N) = 0,14 \text{ fallos/día}$$

El índice de fallos nos indica que el 0,14 fallas se realizaron al día, lo que nos facilita la obtención aproximada de fallas en el tiempo que se desearía obtener, sea al mes, al año, trimestres, etc.

El tiempo medio entre fallas en la etapa de producción de vapor, se calcula como sigue:

$$MTBF = \frac{1}{FR(N)}$$

$$MTBF = \frac{1}{0,14}$$

MTBF = 6,97 dias de funcionamiento

4.2.3 Confiabilidad de la etapa de fermentación y sus equipos.

Debido al incremento de la confiabilidad, los equipos realizaran su trabajo según su contexto operacional, haciendo que la etapa de fermentación no produzca situaciones perjudiciales en el proceso y pueda mejorar la productividad a través de la mejora del mantenimiento en esa etapa.

Para la determinación de la confiabilidad en los equipos

Tabla 19

Confiabilidad de la etapa de fermentación y sus equipos

Equipo	Numero de Fallos	de Probabilidad de falla	Confiabilidad
Enfriador plateado	9	0,14	0,86
Enfriador azul	12	0,18	0,82
Electrobomba del enfriador plateado	3	0,05	0,95
Electrobomba del enfriador azul	4	0,06	0,94
Bomba de recuperación de mosto	13	0,20	0,80
Tanque diluidor	14	0,21	0,79
Bomba de melaza	11	0,17	0,83
Total	66	1	0,33

Fuente: Fabrica de etanol

La confiabilidad como bien se dijo, es la probabilidad de que dicho sistema o equipo funcione correctamente durante un periodo de tiempo establecido bajo sus condiciones operacionales. Por lo tanto para hallar dicha confiabilidad se determinó la probabilidad en que el equipo no funcione correctamente o falle para

luego restarle a la unidad dicha probabilidad, obteniendo la confiabilidad del equipo.

Según vemos la confiabilidad resultante de la etapa de fermentación es de 33%, en relación a los equipos que fallan en esta etapa. Para hallar la confiabilidad resultante se empleó la siguiente fórmula;

$$R_S = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n$$

$$R_S = 0,86 \times 0,82 \times 0,94 \times 0,95 \times 0,80 \times 0,79 \times 0,83$$

$$R_S = 0,33$$

Donde R_1 , R_2 , R_n representan la confiabilidad de los diferentes equipos y R_s , la confiabilidad resultante. Todo ello nos será de mucha importancia en la elaboración de las propuestas de mejora para el mantenimiento, debido a que nos ayudara a tomar ciertas decisiones, como por ejemplo el proporcionar redundancia y rehabilitar equipos, para aumentar la confiabilidad en esta área.

4.2.4 Confiabilidad de la etapa de Destilación y sus equipos.

Confiabilidad del área de Destilación

Debido al incremento de la confiabilidad, los equipos realizan su trabajo según su contexto operacional, haciendo que el área de destilación nos produzca situaciones perjudiciales en el proceso y pueda mejorar la productividad a través de la mejora del mantenimiento en esta área.

Para la determinación de la confiabilidad en los equipos

Tabla 20

Confiabilidad en los equipos de la etapa de destilación

Equipo	Número de Fallos	Probabilidad de falla	Confiabilidad
Columna Mostera	5	0,14	0,86
Bomba hechiza de mosto	16	0,46	0,54
Bomba de mosto 1, pedrollo	2	0,06	0,94
Columna Rectificadora	2	0,06	0,94
Calentavinos	3	0,09	0,91
Condensador principal	3	0,09	0,91
Bomba de agua para condensadores	4	0,11	0,89
Total	35	1	0,30

Fuente: Fabrica de etanol

La confiabilidad como bien se dijo, es la probabilidad de que dicho equipo funcione correctamente durante un periodo de tiempo estableciendo condiciones operacionales. Por lo tanto para hallar dicha confiabilidad se determinó la probabilidad en que el equipo no funcione correctamente para luego restarle a la unidad dicha probabilidad, obteniendo la confiabilidad en dicho tiempo.

Según vemos la confiabilidad resultante del área de destilación es de 30 %, en relación a los equipos que faltan en esta área. Para hallar la confiabilidad resultante se empleó la siguiente fórmula.

$$R_S = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n$$

$$R_S = 0,86 \times 0,54 \times 0,94 \times 0,94 \times 0,91 \times 0,91 \times 0,89$$

$$R_S = 0,30$$

Donde R_1 , R_2 , R_n representan la confiabilidad de los diferentes equipos y R_s , la confiabilidad resultante. Todo ello nos será de mucha importancia en la elaboración de las propuestas de mejora para el mantenimiento, debido a que nos ayudara a tomar ciertas decisiones, como por ejemplo el proporcionar redundancia y rehabilitar equipos, para aumentar la confiabilidad en esta área.

Confiabilidad del área de Producción de Vapor

Debido al incremento de la confiabilidad, los equipos realizaran su trabajo según su contexto operacional, haciendo que el área de producción de vapor no

produzca situaciones perjudiciales en el proceso y pueda mejorar la productividad a través de la mejora del mantenimiento en esta área.

Tabla 21

Confiabilidad en los equipos del área de producción de vapor

Equipo	Número de Fallas	Probabilidad de Falla	Confiabilidad
Ablandador 1	5	0,08	0,92
Ablandador 2	5	0,08	0,92
Ablandador 3	4	0,06	0,94
Bomba 1 de agua fría	4	0,06	0,94
Bomba 2 de agua fría	1	0,02	0,98
Bomba 1 de agua caliente	4	0,06	0,94
Bomba 2 de agua caliente	3	0,05	0,95
caldero	6	0,09	0,91
Elevador de cascarilla de arroz	8	0,13	0,87
Alimentadores de combustible tipo tornillos	6	0,09	0,91
Ventilador de tiro forzado	6	0,09	0,91
Ventilador de tiro inducido	6	0,09	0,91
Sinfín extractor de ceniza	3	0,05	0,95
Elevador de ceniza	3	0,05	0,95
Total	64	1	0,35

Fuente: Fabrica de etanol

La confiabilidad como bien se dijo, es la probabilidad de que dicho equipo funcione correctamente durante un periodo de tiempo estableciendo condiciones operacionales. Por lo tanto para hallar dicha confiabilidad se determinó la probabilidad en que el equipo no funcione correctamente para luego restarle a la unidad dicha probabilidad, obteniendo la confiabilidad en dicho tiempo.

Según vemos la confiabilidad resultante del área de destilación es de 35 %, en relación a los equipos que faltan en esta área. Para hallar la confiabilidad resultante se empleó la siguiente fórmula.

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n$$

$$R_s = 0,92 \times 0,92 \times 0,94 \times 0,94 \times 0,98 \times 0,94 \times 0,95 \times 0,91 \\ \times 0,87 \times 0,91 \times 0,91 \times 0,91 \times 0,95 \times 0,95$$

$$R_s = 0,35$$

Donde R_1 , R_2 , R_n representan la confiabilidad de los diferentes equipos y R_s , la confiabilidad resultante. Todo ello nos será de mucha importancia en la elaboración de las propuestas de mejora para el mantenimiento, debido a que nos ayudara a tomar ciertas decisiones, como por ejemplo el proporcionar redundancia y rehabilitar equipos, para aumentar la confiabilidad en esta área.

Tabla 22*Cálculo de la productividad*

CALCULO DE LA PRODUCTIVIDAD						
MES	EQUIPO	N° FALLAS	PROBLEMA	CONSECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN (HORAS)	PRODUCCIÓN PERDIDA (LITROS)
Mes 1	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada del mosto	2,5	1 600
	Bomba de enfriador plateado	2	Paro de la bomba	Temperatura elevada	2	1 200
	Bomba de recuperación de mosto	3	Impulsor de la bomba sello mecánico	Variación en el flujo de mosto	1,5 2	400 1 500
	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada	2,5	1600
	Bomba de recuperación de mosto	1	Obstrucción de la bomba	Temperatura elevada	1	300
	Bomba de mezcla	2	Mal bombeo y ajuste de la cadena de transmisión	Parada de alimentación	1,5	960
	Tanque diluidor	2	Rotura del eje de transición	Problemas con faja de transmisión	6,5	2 000
Mes 2	Enfriador plateado	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Tanque	1	Falla de la válvula	Derrame de mosto	1,5	470

	diluidor		check			
	Bomba de recuperación de mosto	1	Desgaste de rodamientos	Paro de la bomba	2,5	300
	Ablandador 3 de agua	1	Deterioro de la válvula	Paro de la bomba	1	100
	caldero	2	Deterioro de la válvula y baja de presión por suciedad	Bajas de presión	5,25	1 900
Mes 3	Enfriador plateado	1	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Bomba de recuperación de mosto	1	Rodamientos malogrados	Temperatura elevada	2,5	850
	Bomba de mezcla	1	Rodamientos malogrados	Temperatura elevada	2,5	320
	Tanque diluidor	2	Falla en la válvula	Temperatura elevada	7	2 000
	Columna mostera	1	Desgaste del asbesto de la válvula de vapor	Parada de plata	2	1 400
	Condensador principal	1	Encalichamiento de la tubería de agua	Condensación inadecuada	0,25	400
	Ablandador 3 de agua	1	Bajas de presión	Perjuicios en el caldero	1	120
	Elevador de combustible	1	Ruptura de acoples	Mala alimentación de combustible	0,75	100
Mes 4	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Bomba del enfriador plateado	1	Fajas descentradas	Temperatura elevada	0,5	330
	Bomba de	1	Impulsor de voluta	Variación en el flujo de	1,5	400

	recuperación de mosto		mosto		
	Bomba de mezcla	1	Cadena de transmisión fallada	Paro en la línea de fermentación	1 640
	Tanque diluidor	1	No funciona la parte eléctrica	Parada de la línea de alimentación	2 640
	Bomba hechiza	2	Deterioro del retén y descentrado del eje	Bombeo de mosto no necesarios	6,5 800
	Columna rectificadora	1	Filtración por la tubería de flemaza	Para de producción	2 500
	Ablandador 2	1	Genero agua blanda	Perdió precisión del caldero	1 120
	Bomba de agua fría	1	Mal enfriamiento	Temperatura elevada	2,5 1 200
	Bomba del enfriador plateado	1	Fajas descentradas	Temperatura elevada	1 300
Mes 5	Enfriador plateado	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada	2,5 600
	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada	2,5 1 600
	Bomba de recuperación de mosto	1	Obstrucción en la bomba	Para de producción	1 300
	Tanque diluidor	1	No funciona la parte eléctrica	Parada de la línea de alimentación	6 1 800
	Bomba hechiza	3	Falla en rodamientos	Cantidad de alcohol no llega a lo necesario	14,5 1 800
	calentavinos	1	Obstrucción	Mal ingreso de mosto	0,5 150
	Condensador principal	1	Problema de la válvula	Salida de alcohol innecesario	1 650
	ablandador	1	Genero agua blanda	Perdió precisión del caldero	1 120
	Ventiladores	2	Cajas de transmisión	Inadecuada transmisión	2,5 1 250

	inducido y forzado					
	Bomba de agua caliente 2	1	Por redundancia	Parada de producción	0,5	200
	Alimentadores de combustible	1	Falta de engrase a los rodamientos	Parada de producción	0,5	200
Mes 6	Enfriador plateado	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Bomba de melaza	2	Cadena de transmisión fallada	Paro en la línea de fermentación	4	2 200
	Tanque diluidor	1	Fuga de mosto	Parada en la línea de alimentación	2	620
	Bomba hechiza	1	Descentro el eje de la bomba	Paro en la producción	6	750
	Bomba de agua para condensadores	1	Fuga de agua por sello mecánico	Paro en la producción	2	1 300
	Alimentadores de combustible	2	Falta de engrase a los rodamientos	Bajas de presión en el caldero	3	900
	Elevador de combustible	1	Mal funcionamiento del motoreductor	Transporte inadecuado	1	130
	caldero	1	Válvula check	Escape de vapor	1	700
	Sinfín extractor de ceniza	1	Perdida de presión	Paro de producción	1,25	200
	Mes 7	Enfriador plateado	2	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada	5
Enfriador azul		2	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada	5	1 600
Bomba de recuperación de mosto		1	Sello mecánico	Problemas en el flujo de mosto	2	550
Bomba de		1	Cadena de	Paro en la línea de	0,5	280

	melaza		transmisión fallada	fermentación		
	Tanque diluidor	1	Eje roto del tanque	Paro de producción	6	1 800
	Columna mostera	1	Excesiva suciedad	Mala destilación	4,5	3 000
	Bomba hechiza	1	Descentrado del eje	Paro de producción	12	1 500
	Condensador principal	1	Problema de la válvula	Salida de alcohol innecesario	0,25	380
	Ablandador 1	2	Genero agua blanda	Perdió precisión del caldero	3,5	420
	Ablandador 2	1	Genero agua blanda	Perdió precisión del caldero	1	120
	Elevador de combustible	1	Ruptura de acoples	Paro de producción	0,75	100
	Elevador de ceniza	1	Mal funcionamiento del motoreductor	Transporte inadecuado	0,5	150
Mes 8	Bomba plateado	1	Desgaste de rodamientos	Paro de producción	2,5	1 600
	Bomba del enfriador azul	1	Desgaste de fajas de transmisión	Temperatura elevada	0,5	330
	Bomba de recuperación de mosto	2	Mal bombeo y desgaste de rodamientos	Variación del flujo	4	1 100
	Tanque diluidor	1	Eje roto del tanque	Paro de producción	1	300
	Bomba hechiza de mosto	1	Desgaste de rodamientos	Mal bombeo de mosto	8,5	1 100
	Bomba de agua para condensadoras	1	Rodamientos mal estado	Paro de producción	2,5	1 600
	Ablandador 1	1	Genero agua blanda	Perdió precisión del caldero	1	120

	Elevador de combustible	1	Deterioro de chumaceras	Paro de producción	2	400
	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Bomba del enfriado azul	1	No trabaja adecuadamente	Temperaturas elevadas	2	1 200
	Bomba de recuperación de mosto	1	Obstrucción en la bomba	Paro de producción	1	300
	Bomba de melaza	1	Mal ajuste de asbesto	Paro de producción	1	500
	Columna mostera	1	Obstrucción en la salida de vinaza	Paro de producción	1	180
	Bomba hechiza	1	Descentrado del eje	Temperatura elevada	6	750
	calentavinos	1	Deterioro de tubería	Temperatura elevada	1	200
	Ablandador 2	1	Rompimiento de tubería	Perdió precisión del caldero	1,5	170
	ventilador	1	Cajas de transmisión	Inadecuada transmisión	0,5	200
	caldero	2	Válvula check	Escape de vapor	5,25	2 800
Mes 9	Enfriador plateado	1	Mal enfriamiento de mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Tanque diluidor	2	Eje roto y faja de transmisión	Paro de producción	6,5	2 000
	Columna mostera	1	Encalichamiento de la válvula de salida de vinaza	Paro de producción	1	180
	Ablandador 2	1	Aparición de Resina	Mal ablandamiento	2	120
	Ablandador 3	1	Aparición de Resina	Mal ablandamiento	2	120
	Ventilador de tiro forzado	1	Desgaste de las fajas del motor	Desbalance del ventilador	1	300
	Elevador de combustible	1	Deterioro de chumaceras	Paro de producción	1	130

	Sinfín extractor de ceniza	1	Desgaste de chumaceras	Transporte inadecuado	2	250
	Enfriador azul	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Bomba de melaza	1	Deterioro del asbesto	Mal bombeo y paro en la alimentación de mosto	2	1 920
	Bomba hechiza de mosto	1	Descentrado del eje	Paro de producción	0,5	100
	Columna rectificadora	1	Filtración de la tubería de salida de flamazo	Paro de producción	1	500
	Ablandador de agua 1	1	Aparición de Resina	Mal ablandamiento	2	250
	Ventilador de tiro inducido	1	Desbalance del flujo	Paro de producción	1	200
	Alimentadores de combustible	1	Falta de engrase de rodamientos	Paro de producción	0,5	400
	Elevador de combustible	1	Ruptura de acoples	Paro de producción	0,75	100
	Enfriador plateado	1	Mal enfriamiento	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Bomba del enfriador azul	1	Desgaste de rodamientos	Temperatura elevada	2,5	1 600
	Tanque diluidor	1	Eje roto	Paro de producción	6	1 900
	Ventilador de tiro inducido	1	Desgaste de rodamientos	Paro de producción	1	1 200
Mes 10	Bomba de recuperación de mosto	1	Obstrucción en dicha bomba	Paro de producción	2	300
	Bomba de melaza	1	Válvula check malograda	Mal bombeo	1	700
	Tanque	1	Tuberia deteriorada	Parada de alimentación	2	700

diluidor		del flujo			
Columna mostera	1	Encalichamiento de la válvula de salida de vinaza	Paro de producción	4,5	3 000
Bomba hechiza	1	Descentrado del eje	Paro de producción	1	160
Ablandador de agua 3	1	Aparición de Resina	Mal ablandamiento	1	130
Ventilador de tiro inducido	1	Desgaste de rodamientos	Paro de producción	1	460
Elevador de combustible	1	Deterioro de chumaceras	Paro de producción	0,5	100
Extractor de ceniza	1	Deterioro de chumaceras	Paro de producción	2	250
Enfriador azul	1	Mal enfriamiento del mosto	Temperatura elevada del mosto	2,5	1 600
Bomba de enfriador plateado	1	Descentrado de fajas de transmisión	Temperatura elevada	0,5	320
Bomba de recuperación de mosto	3	Sello mecanico, rodamientos malogrados,	Flujo de mosto desnivelado	4,5	1 060
Bomba de melaza	1	Cadena de transmisión	Paro de producción	1	900
Bomba hechiza	1	Descentrado del eje	Paro de producción	3	380
calentavinos	1	Deterioro de tubería	Temperatura elevada	1	150
Bomba de agua para condensadores	1	Rodamientos mal estado	Paro de producción	2,5	1 600
Ventilador de tiro inducido	1	Desgaste de rodamientos	Paro de producción	0,5	300
Alimentadores de combustible	1	Falta de engrase de rodamientos	Paro de producción	1	450

Elevador de combustible	1	Ruptura de acoples	Paro de producción	0,75	100
Elevador de ceniza	1	Recalentamiento del motoreductor	Transporte inadecuado	1,5	350

En total la pérdida de producción en el mes de marzo del 2016 fue de 7 410 litros de alcohol.

Habiendo obtenido la pérdida de producción por el mes podemos hallar la pérdida de alcohol en el periodo de los 10 meses, la cual sería de:

$$PP = (4\,700 + 7\,440 + 5\,970 + 8\,390 + 6\,530 + 9\,970 + 10\,000 + 14\,700 + 6\,540 + 7\,900 + 5\,000 + 5\,070 + 6\,300 + 5\,780 + 7\,410) \text{ litros de alcohol.}$$

$$PP = 111\,700 \text{ litros de alcohol}$$

Según el diagnóstico, la producción promedio por mes es de 408 000 litros de alcohol; por lo tanto la producción promedio en el periodo de 10 meses sería de:

$$P = (408\,000 * 15) \text{ litros de alcohol}$$

$$P = 6\,120\,000 \text{ litros de alcohol}$$

Productividad en relación con la materia prima

El consumo de melaza al mes es aproximadamente de 1 500 toneladas, en el cual en el periodo de 10 meses el consumo sería de:

$$C = (1\,500 * 15) \text{ toneladas de melaza}$$

$$c = 22\,500 \text{ toneladas de melaza}$$

Ahora se procederá a hacer el cálculo de la productividad con relación a la materia prima durante el periodo de los 10 meses. La productividad sería de:

$$\text{Productividad} = \frac{P - PP}{C}$$

$$\text{Productividad} = \frac{6\,120\,000 - 111\,700}{22\,500} \text{ litros de alcohol/mes}$$

$$\text{Productividad} = 267 \text{ litros de alcohol/tonelada de melaza}$$

La productividad en los 10 meses fue de 267 litros por tonelada de melaza; esta productividad se puede mejorar a través de la mejora del mantenimiento de las

etapas de fermentación y destilación, por ello se desea proponer mejoras de tal manera que se cumpla lo que se desea proponer con respecto a la productividad.

Productividad en relación con el recurso tiempo

El tiempo base para el cálculo de la productividad será por mes, por tanto como el periodo es de 10 meses. La productividad con relación al tiempo sería de:

$$Productividad = \frac{P - PP}{T}$$

$$Productividad = \frac{6\,120\,000 - 111\,740}{15} \text{ litros de alcohol/mes}$$

$$Productivad = 400\,550,67 \text{ litros de alcohol/mes}$$

La productividad en relación al tiempo fue de 400 550, 67 litros de alcohol por mes; esta productividad se puede mejorar a través de la mejora del mantenimiento en las etapas de fermentación y destilación, por ello se desea proponer mejoras de tal manera que se cumpla lo que se desea proponer con respecto a la productividad.

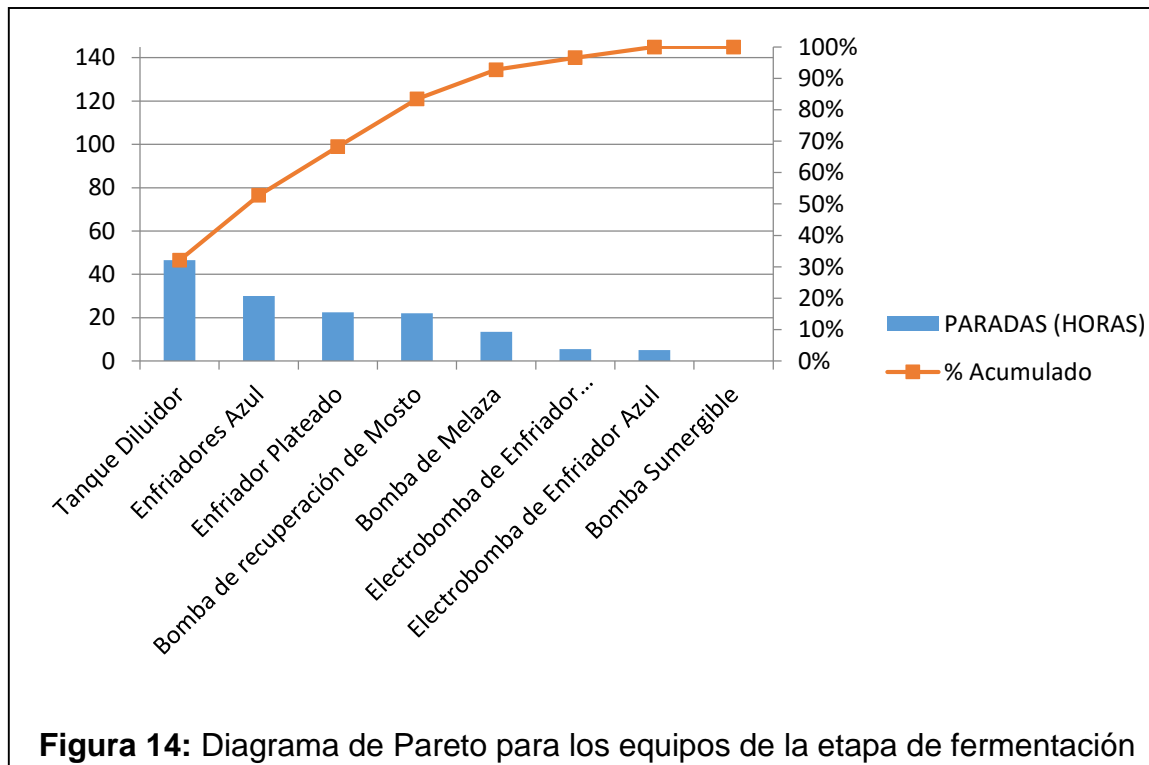
CAPITULO V
PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

5.1. Propuesta del plan de manteniendo preventivo para las etapas de fermentación y destilación.

El equipo de trabajo ha elaborado diagramas de Pareto para cada área con ello identificaremos los equipos con mayor número de horas de parada máquina por un mal mantenimiento lo que se observa en las figuras 14 hasta 16

5.1.1. Etapa de Fermentación

En I en la figura 14 se observan los 8 equipos que intervienen en la etapa de fermentación



Podemos observar que los equipos con mayor horas de parada máquina son 5 el que juntos son el 93% de las Hora máquinas paradas.

5.1.2. Etapa de Destilación

Área de Destilación

Para el proceso realizamos un análisis tiempo total de paro de los 13 equipos, a continuación se muestra la figura 15 detallando el tiempo.

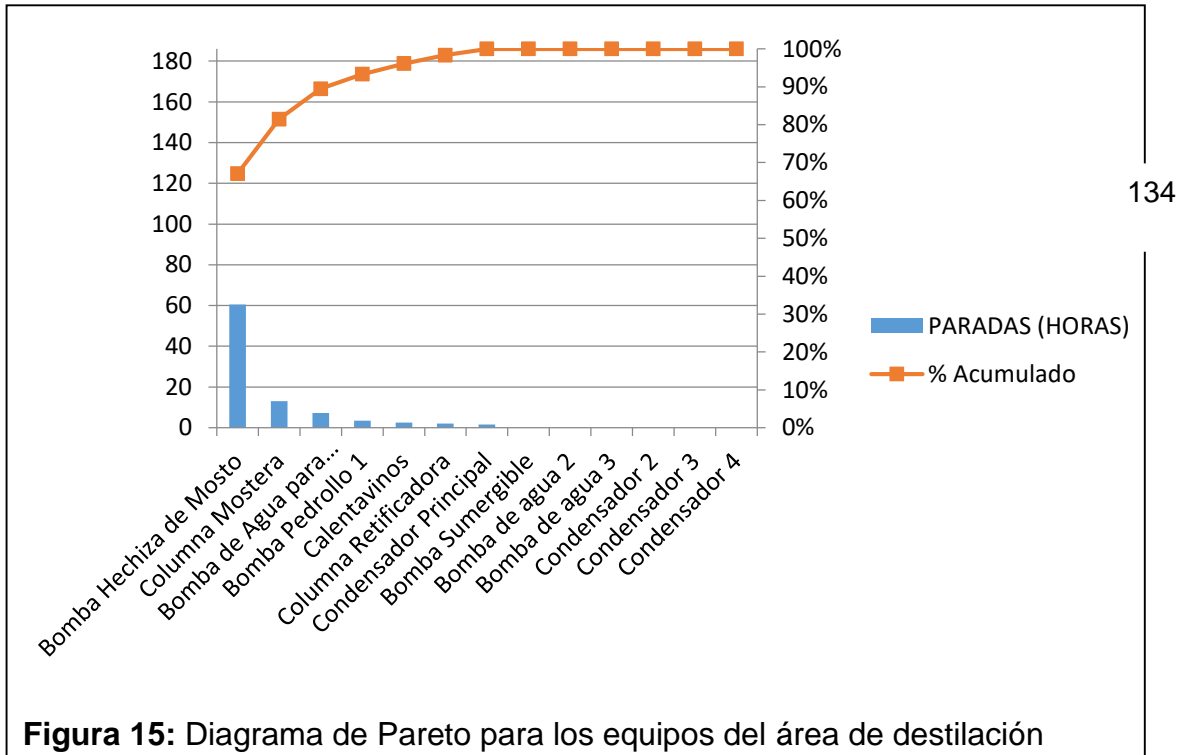
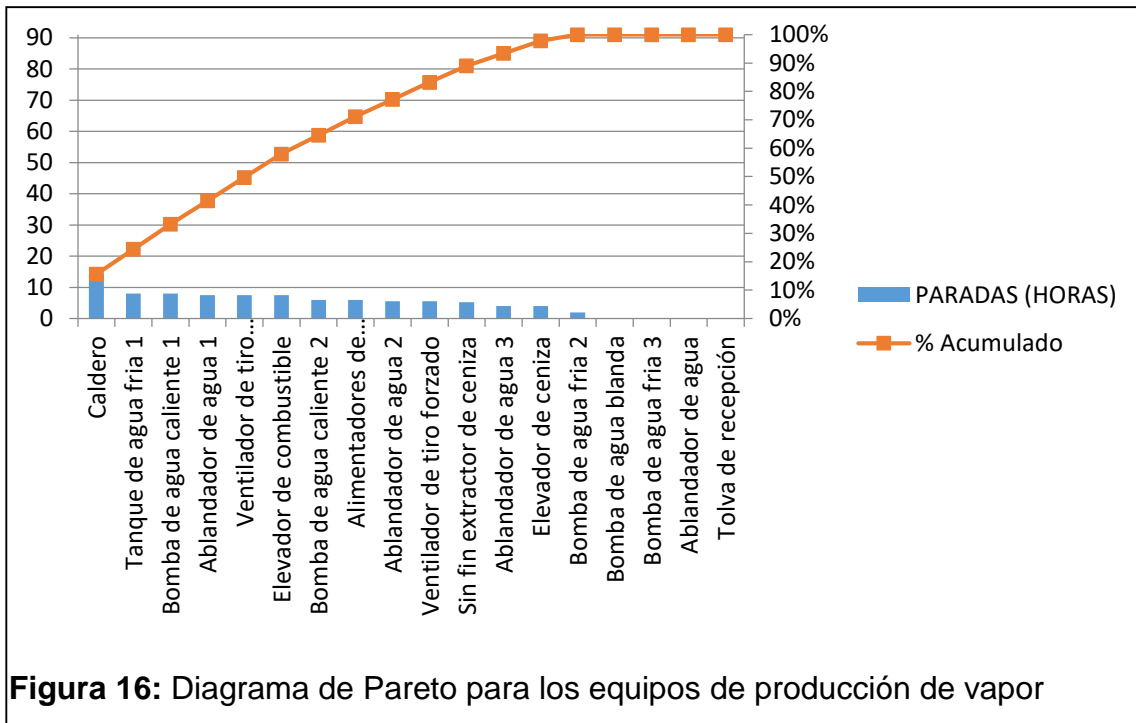


Figura 15: Diagrama de Pareto para los equipos del área de destilación

Podemos observar en la figura 15 se observa solo interviniendo en 3 equipos podemos mejorar hasta un 89% las paradas de los equipos.

Área de Producción de vapor



En la Figura 16 podemos darnos cuenta que de los 18 equipos que cuenta esta área tan solo con los 1 equipo podemos mejorar un 16%

Tabla 24

Cantidad de herramientas o repuestos a utilizar

ETAPA	AREA	Maquina	Tipo de actividad	Actividad	Herramientas o Repuestos	Cantidad anual
ETAPA DE DESTILACIÓN	Area de destilación	Bomba hechiza de mosto	Redundancia	Cambio de rodamientos.	Rodamientos	4 unidades
					Lubricante	1 litro
					Kit de herramientas	1 unidad
				Centrado del eje.	Kit de herramientas	1 unidad
					Lubricante	1 unidad
		Bomba de agua para condensadores	Redundancia	Limpieza de tuberías.	Agua	
					Alineamiento de faja	Kit de herramientas
				Limpieza de tubería de agua.	Agua	
				Cambio de sello mecánico.	Kit de herramientas	1 unidad
					Sello mecanico	2 unidades
	Cambio de rodamientos	Rodamientos	4 unidades			
	Columna mostera	Mantenimiento	Cambio de valvula	kit de herramientas	1 unidad	
				Valvula Check	2 unidades	
				Cambio de asbesto.	asbesto	2 unidades
	Area de producción de vapor	Caldero	Mantenimiento	Cambio de valvula Check	Kit de herramientas	1 unidad
					Valvula Check	4 unidades
				Cambio de Valvula de gases	Valvula Check	2 unidades
kit de herramientas					1 unidad	
Limpieza	Agua					
ETAPA DE FERMENTACIÓN	Area de Fermentación	Enfriador plateado	Mantenimiento	Cambio de sello mecánico.	kit de herramientas	1 unidad
					sello mecanico	1 unidad
				Centrado de faja de trasmisión.	kit de herramientas	1 unidad
					lubricante	2 litros
				Cambio de rodamientos.	Rodamientos	4 unidades
		Lubricante	1 litro			
		Kit de herramientas	1 unidad			
		Enfriador azul	Redundancia	Centrado de fajas de trasmisión.	Kit de herramientas	1 unidad
					Lubricante	2 litros
				Cambio de sello mecánico.	Kit de herramientas	1 unidad
					Sello mecanico	1 unidad
		Cambio de rodamientos	Rodamientos	2 unidades		
			Lubricante	1 litro		
			Kit de herramientas	1 unidad		
		Bomba de recuperación de mosto	Redundancia	Limpieza al impulsor.	Kit de herramientas	1 unidad
	Lubricante				1 litros	
	Cambio de sello mecánico.			Kit de herramientas	1 unidad	
				Sello mecanico	2 unidades	
	Cambio de rodamientos.			Rodamientos	2 unidades	
	Lubricante	1 litro				
	Tanque diluidor	Mantenimiento	Cambio del eje.	Lubricante	12 litros	
				Kit de herramientas	1 unidad	
				Eje	12 unidades	
			Limpieza de la válvula check.	Kit de herramientas	1 unidad	
			Limpieza de la tubería de alimentación.	Kit de herramientas	1 unidad	
			Revisión de las fajas de trasmisión.	Kit de herramientas	1 unidad	
			Limpieza de válvula de desagüe.	Kit de herramientas	1 unidad	
	Bomba de melaza	Redundancia	Limpieza de la válvula check.	Kit de herramientas	1 unidad	
				Kit de herramientas	1 unidad	
			Cambio de asbesto.	asbesto	4 unidades	
Ajustar asbesto			Kit de herramientas	1 unidad		
Limpieza de la cadena de trasmisión			Kit de herramientas	1 unidad		
Agua						

Tabla 25

Resumen de repuestos Y Herramientas a utilizar.

Herramientas y repuestos a utilizar	Cantidad
Rodamientos	28 Unidades
Lubricante	30 Litros
Kit de herramientas	36 Unidades
Sello mecánico	28 Unidades
Valvula Check	20 Unidades
Asbesto	12 Unidades

Proporcionar redundancia para mejora de la confiabilidad en las etapas de fermentación y destilación.

Una de las propuestas en el mantenimiento preventivo que se establecen, es proporcionar redundancia para mejora de la confiabilidad. La redundancia se añade para aumentar la confiabilidad de los sistemas, respaldando los componentes con componentes adicionales en paralelo.

Para proporcionar redundancia, se analizaran los equipos existentes determinando los más críticos, de tal manera que se asigne equipos que realizan la misma función y por si algún motivo los equipos fallaran o colapsa resultarán, la redundancia realizaría las tareas de los anteriores.

Confiabilidad resultante = (probabilidad de que el primer componente funcione) + [(Probabilidad de que el segundo componente funcione)] X (probabilidad de necesitar el segundo componente)

Para determinar los sistemas más críticos, se utilizará el análisis de mejorabilidad, analizando cuatro factores: costos de reparación, impacto en la producción, seguridad y ambiente de trabajo, para luego determinar el impacto anual del equipo que debe ser determinado por el criterio del grupo de trabajo; para ello se utilizara ciertas cualidades mostradas en la tabla 25, con sus pesos de tal manera que se evalúen los factores a analizar. Este análisis se desarrollará por etapa como sigue:

Tabla 25

Cualidades para evaluar los factores de mejorabilidad.

Cualidad	Peso
Alto	5
Medio alto	4
Medio	3
Medio bajo	2
Bajo	1
Ninguno	0

Fuente: Zavala, 2015

5.1.1. Etapa de Fermentación

En la etapa de fermentación se cuenta con 7 equipos que presentan fallas, los cuales son:

- Enfriador plateado.
- Enfriador azul.
- Electrobomba del enfriador plateado.
- Electrobomba del enfriador azul.
- Electrobomba de recuperación de mosto.
- Tanque diluidor.
- Bomba de melaza.

Cada uno de los equipos será analizado por el grupo de trabajo, bajo el enfoque de mejorabilidad a través de los cuatro factores ya mencionados, proporcionando el impacto anual de los equipos, que nos ayudará a identificar los equipos más críticos, como se muestra en la tabla 26.

De acuerdo al criterio del grupo de trabajo establecido para realizar la mejora, se puede observar en la tabla 26, la determinación de los equipos críticos, tomando para esta etapa al enfoque de los equipos: Enfriador azul, electrobomba de recuperación de mosto y electrobomba de melaza; de acuerdo al impacto anual mayor a 100. Según el criterio del grupo de trabajo, se prefirió no tomar en cuenta

al tanque diluidor, debido a que la redundancia sería el colocar otro tanque diluidor, cuando la confiabilidad de este puede aumentar con una rehabilitación, evitando así los costos elevados.

Habiendo obtenido los equipos críticos, se procede a realizar un árbol de fallas para cada uno de estos, de tal manera que se pueda observar las causas que originan las fallas; luego de ello se obtendrá la confiabilidad resultante según la redundancia aplicada a cada equipo

Tabla 26*Análisis de Mejorabilidad aplicado a la Etapa de Fermentación*

ETAPA DE FERMENTACIÓN	IMPACTOS (Evaluación por Cualidades)					Suma de Impactos	Riesgo
Análisis de mejorabilidad	F	R	P	S	A	C	F x C
Sistema	Frecuencia (10 meses)	Costo de Reparación	Impacto en la Producción	Seguridad	Ambiente	Consecuencias (R + P + S + A)	Impacto Anual
Enfriador plateado.	9	4	5	0	2	11	99
Enfriador azul.	12	5	5	0	2	12	144
Electrobomba del enfriador plateado.	4	2	4	1	2	9	36
Electrobomba del enfriador azul.	3	2	4	1	2	9	27
Electrobomba de recuperación de mosto.	13	3	5	3	3	14	189
Tanque diluidor.	14	2	5	2	0	9	126
Electrobomba de melaza.	11	4	5	3	1	13	143

Fuente: Autores

Enfriador azul:

Las causas que originaron las fallas en este equipo, se puede observar en la figura 14

La confiabilidad resultante aplicando la redundancia, se obtiene como sigue:

Confiabilidad Resultante

$$\begin{aligned} &= (\text{Probabilidad de que el primer componente funcione}) \\ &+ [(\text{Probabilidad de que el segundo componente funcione}) \\ &X (\text{Probabilidad de necesitar el segundo componente})] \end{aligned}$$

$$R= 0,82+ [0,82 X (1-0,82)]$$

$$R= 0,968$$

Podemos ver el aumento de la confiabilidad del enfriador azul, lo cual indica que la probabilidad de que este equipo trabaje como debe ser en su contexto operacional sería del 96,8%.

Con esta finalidad en este sistema, podemos asegurar que los fermentadores podrían trabajar con la temperatura entre 30 a 34°C, lo cual está establecido para que se dé una buena fermentación y por lo tanto obtener el porcentaje de alcohol deseado y no se generen pérdidas de producción.

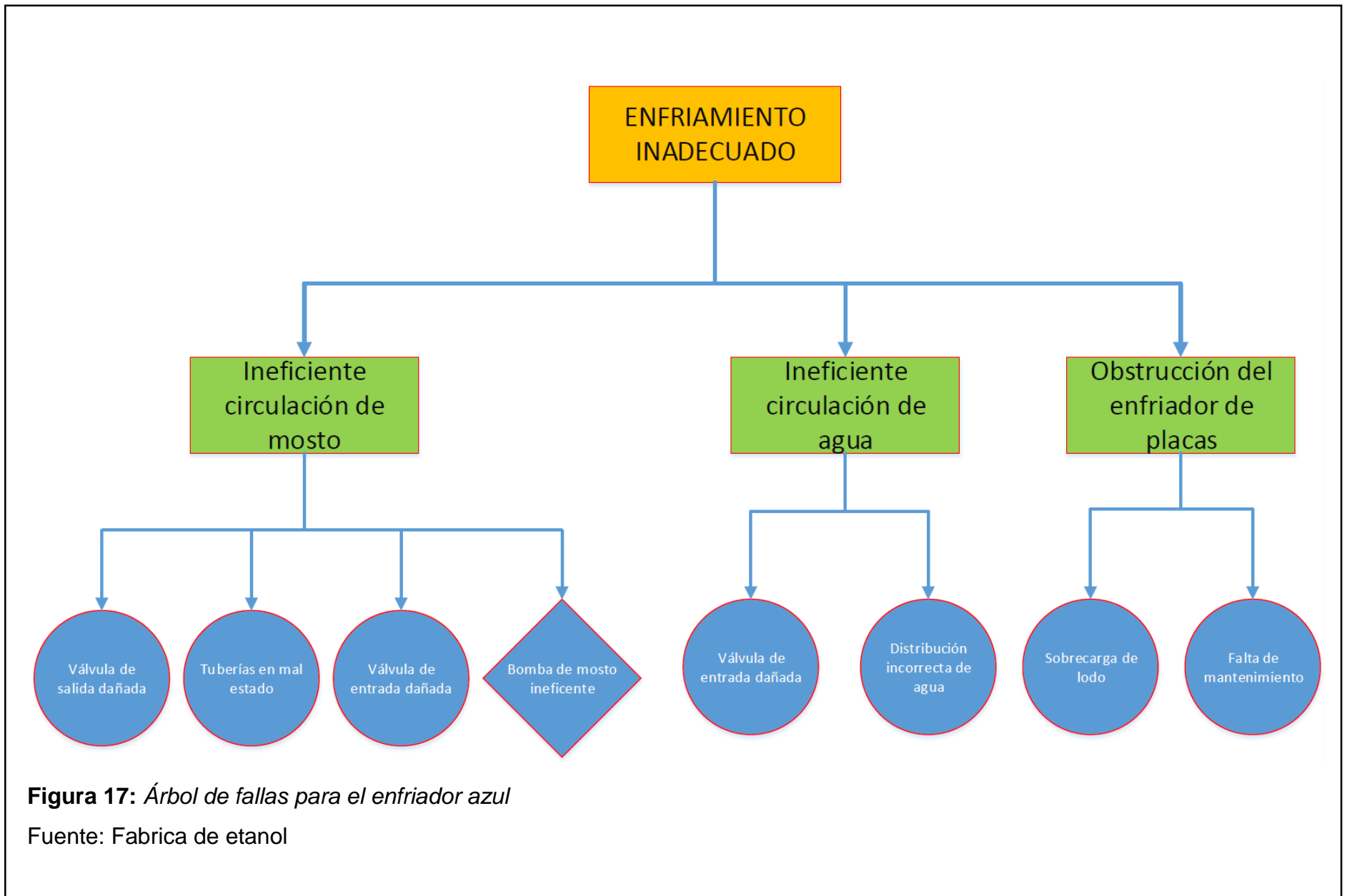


Figura 17: *Árbol de fallas para el enfriador azul*

Fuente: Fabrica de etanol

Electrobomba de recuperación de mosto:

Las causas que originaron las fallas en este equipo, se puede observar en la figura 15.

La confiabilidad resultante aplicando la redundancia, se obtiene como sigue:

Confiabilidad Resultante

$$\begin{aligned} &= (\text{Probabilidad de que el primer componente funcione}) \\ &+ [(\text{Probabilidad de que el segundo componente funcione}) \\ &X (\text{Probabilidad de necesitar el segundo componente})] \end{aligned}$$

$$R= 0,80+ [0,80 X (1-0,80)]$$

$$R= 0,96$$

Este equipo tenía un 80% de probabilidad de operar adecuadamente, pero al proporcionarle una redundancia vemos el aumento de la confiabilidad de este equipo, lo cual indica que la probabilidad de que trabaje como debe ser en su contexto operacional será del 96%, evitando el convertirse en un sistema crítico si es que hubiera fallado y hubiera provocando una parada del proceso por falta de abastecimiento de mosto hacia el fermentador pulmón que pasa a ser destilado.

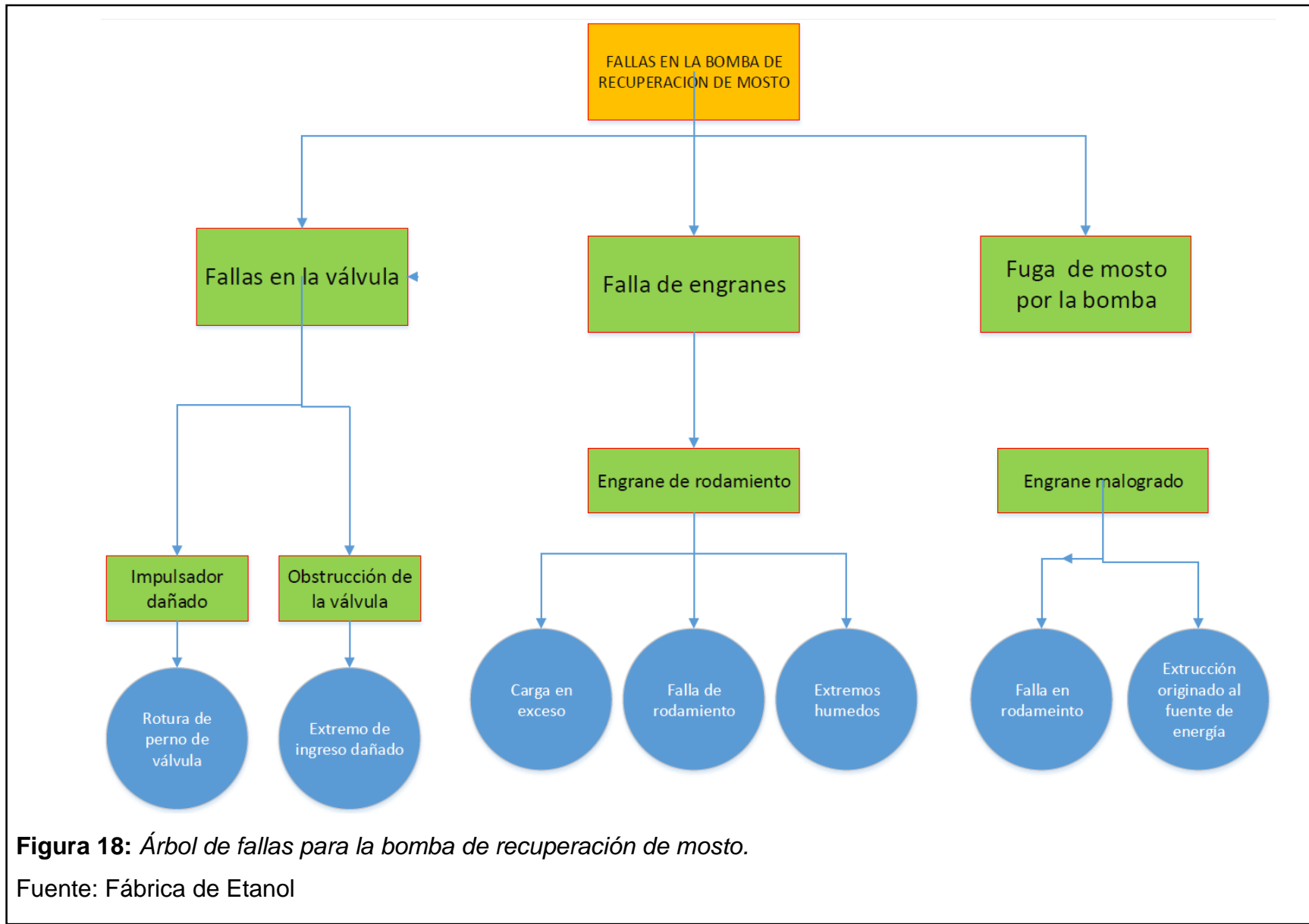


Figura 18: *Árbol de fallas para la bomba de recuperación de mosto.*

Fuente: Fábrica de Etanol

Electrobomba de melaza:

Las causas que originaron las fallas en este equipo, se puede observar en la figura 16

La confiabilidad resultante aplicando la redundancia, se obtiene como sigue:

Confiabilidad Resultante = *(Probabilidad de que el primer componente funcione)*

+ *[(Probabilidad de que el segundo componente funcione)*

X (Probabilidad de necesitar el segundo componente)]

$$R = 0,83 + [0,83 \times (1 - 0,83)]$$

$$R = 0,971$$

Al igual que los equipos anteriores, podemos ver el aumento de la confiabilidad, lo cual implica que la electrobomba de melaza trabajará adecuadamente en un 97,1%, evitando paradas de alimentación de mosto a los fermentadores y así estos puedan obtener el porcentaje de alcohol.

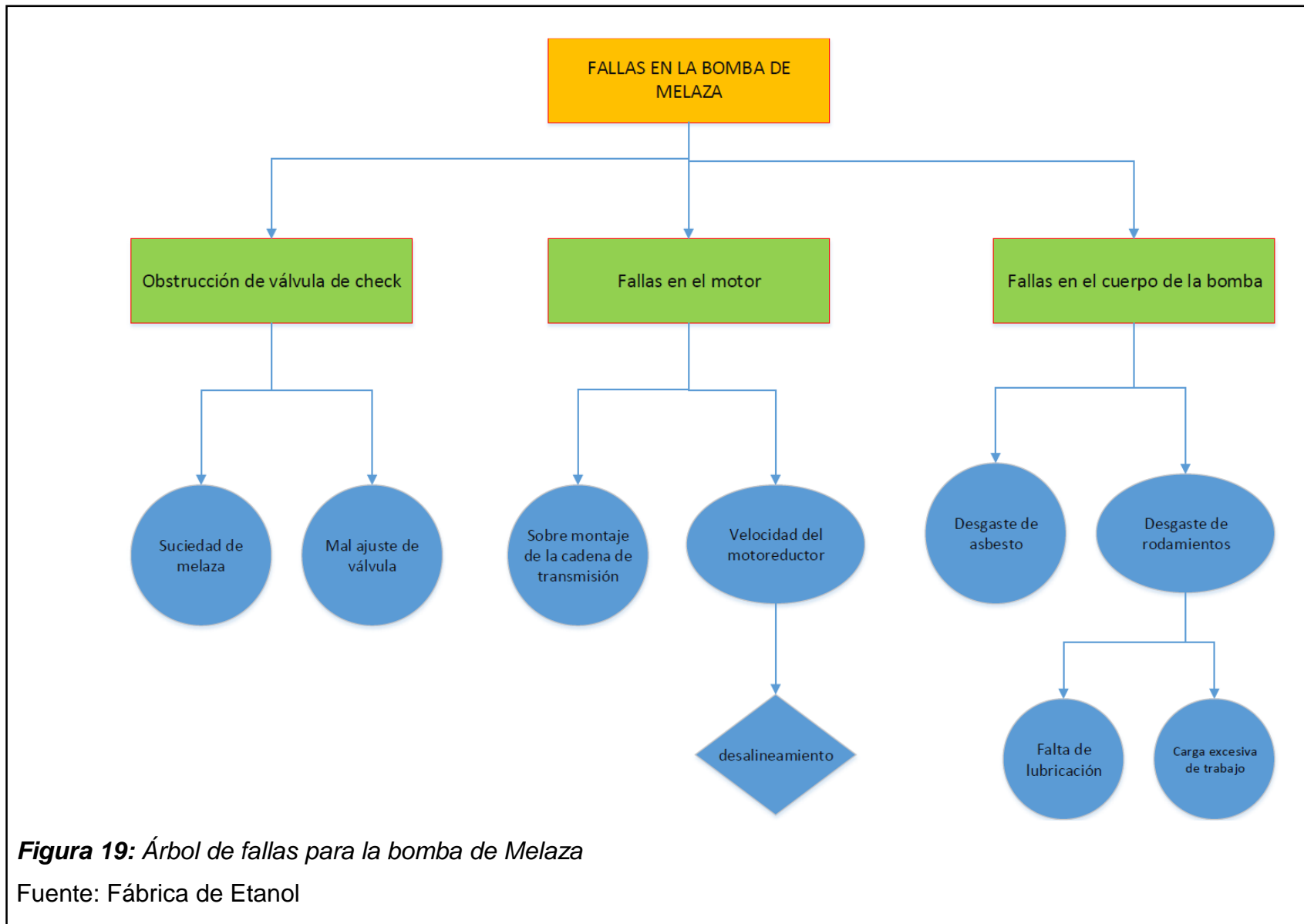


Figura 19: *Árbol de fallas para la bomba de Melaza*

Fuente: Fábrica de Etanol

5.1.2. Etapa de destilería

5.1.2.1. Área de Destilación

En esa área se cuenta con 7 equipos que presentan falla, los cuales son:

- a. Columna Mostera.
- b. Electrobomba hechiza de mosto.
- c. Electrobomba de mosto 1. Pedrollo.
- d. Columna rectificadora.
- e. Calentavinos.
- f. Condensador principal.
- g. Electrobomba de agua para condensadores.

Cada uno de los equipos será analizando por el equipo de trabajo de acuerdo con el análisis de mejorabilidad, evaluando los cuatro factores correspondiente al análisis para identificar los equipos críticos en el área de destilación de acuerdo al impacto anual de los equipos que deben tener un puntaje mayor a 50. Ello se puede observar en la tabla 27.

Al igual que la etapa de fermentación, de acuerdo al criterio del equipo de trabajar que se ha establecido para realizar la mejora de ésta área, se determinaron los equipos críticos, siendo estos: la electrobomba hechiza de mosto y la electrobomba de agua para condensadores, a los cuales se les debería proporcionar redundancia. También vemos que la columna mostera tiene un impacto anual de 75%, el cual está dentro del límite, pero por lógica, el grupo de trabajo estableció que no se le asigne una redundancia, pero sí que se pueda incrementar la confiabilidad de este equipo a través de una rehabilitación al que el tanque diluidor que fue descrito en la etapa de fermentación.

Habiendo obtenido los equipos críticos, se procede a realizar un árbol de fallas para cada uno de estos, de tal manera que se pueda observar las causas que originan las fallas; luego de ello se le proporcionará redundancia a la electrobomba hechiza de mosto y a la electrobomba de agua para condensadores, de tal manera que aumente la confiabilidad.

Tabla 27*Análisis de Mejorabilidad aplicado a la Etapa de Destilación*

ETAPA DE FERMENTACIÓN	IMPACTOS (Evaluación por Cualidades)					Suma de Impactos	Riesgo
Análisis de mejorabilidad	F	R	P	S	A	C	F x C
Sistema	Frecuencia (10 meses)	Costo de Reparación	Impacto en la Producción	Seguridad	Ambiente	Consecuencias (R + P + S + A)	Impacto Anual
Columna Mostera.	5	2	5	3	5	15	75
Electrobomba hechiza de mosto.	16	3	5	3	4	15	240
Electrobomba de mosto 1. Pedrollo.	2	4	2	0	0	6	12
Columna rectificadora.	2	2	5	3	5	15	30
Calentavinos.	3	1	5	1	1	8	24
Condensador principal.	3	2	5	1	0	8	24
Electrobomba de agua para condensadores.	4	5	5	2	3	15	60

Fuente: Autores

Electrobomba hechiza de mosto:

Las causas que originaron las fallas en este equipo, se puede observar en la figura 17

La confiabilidad resultante aplicado la redundancia, se obtiene como sigue:

Confiabilidad resultante

$$\begin{aligned} &=(\text{probabilidad de que el primer componente funcione}) \\ &+[(\text{probabilidad de que el segundo componente funcione})] \\ &X (\text{probabilidad de necesitar el segundo componente}) \end{aligned}$$

$$R= 0,54+ [0,54 X (1-0,54)]$$

$$R= 0,79$$

Este equipo tenía un 54% de probabilidad de operar adecuadamente, pero al proporcionarle una redundancia vemos el aumento de la confiabilidad de este equipo, lo cual indica que la probabilidad de que trabaje como debe ser en su contexto operacional será del 79%, evitando el convertirse en un sistema crítico si es que hubiera fallado y hubiera provocado una parada del proceso por falta de abastecimiento de mosto hacia la columna mostera.

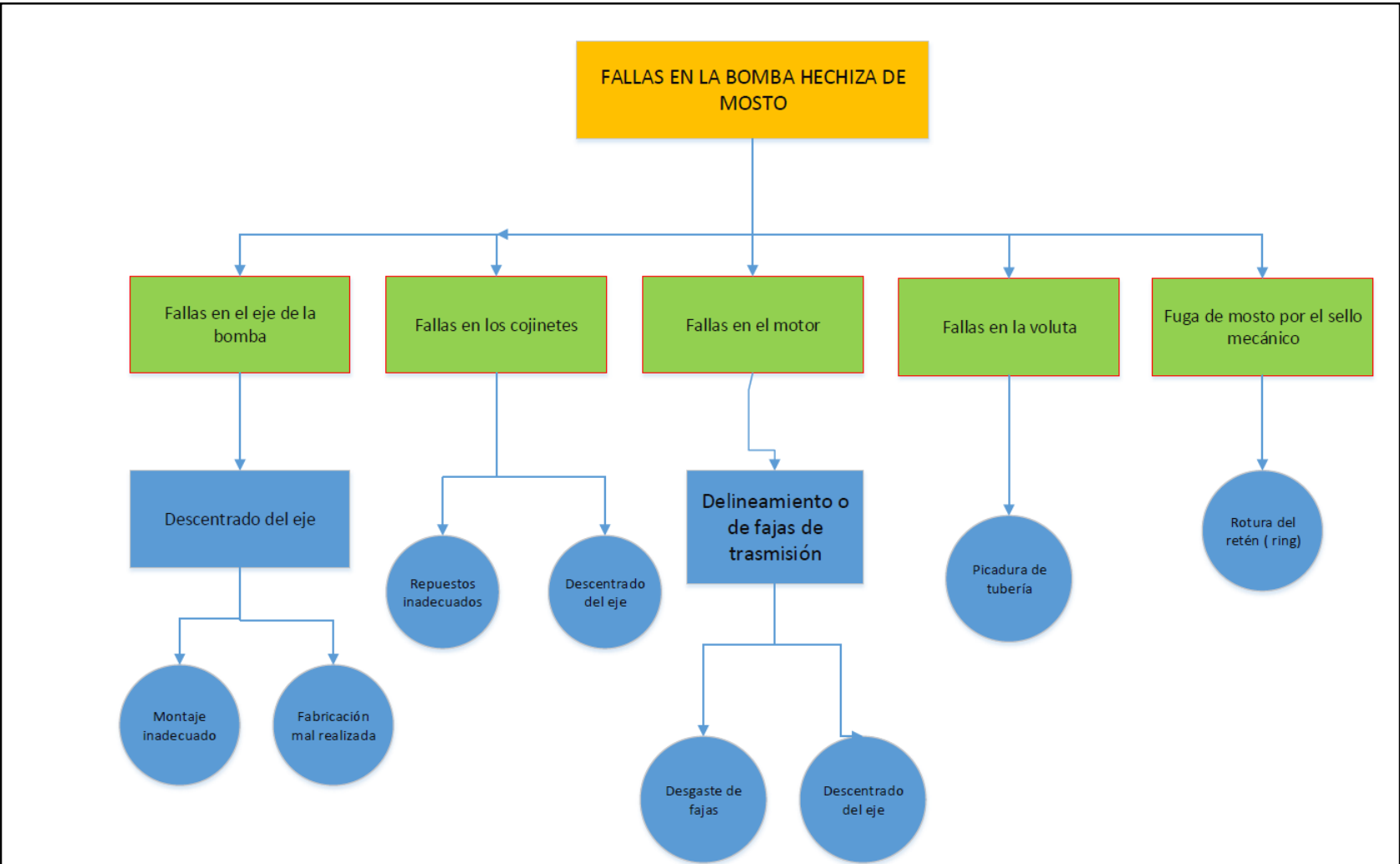


Figura 20: *Árbol de fallas para la bomba hechiza de mosto*

Fuente: Fábrica de Etanol

Electrobomba de agua para condensadores:

Las causas que originaron las fallas en este equipo, se puede observar en la figura 18.

La confiabilidad resultante aplicando la redundancia, se obtiene como sigue:

Confiabilidad resultante = (probabilidad de que el primer componente funcione)

+ [(Probabilidad de que el segundo componente funcione)]

X (probabilidad de necesitar el segundo componente)

$$R = 0,89 + [0,89 \times (1 - 0,89)]$$

$$R = 0,988$$

Este equipo tenía un 89% de probabilidad de operar adecuadamente, pero al proporcionarle una redundancia vemos el aumento de la confiabilidad de este equipo, lo cual indica que la probabilidad de que trabaje como debe ser en su contexto operacional será del 98,8%, evitando el convertirse en un sistema crítico si es que hubiera fallado y hubiera provocado una parada del proceso por falta de agua en los condensadores.

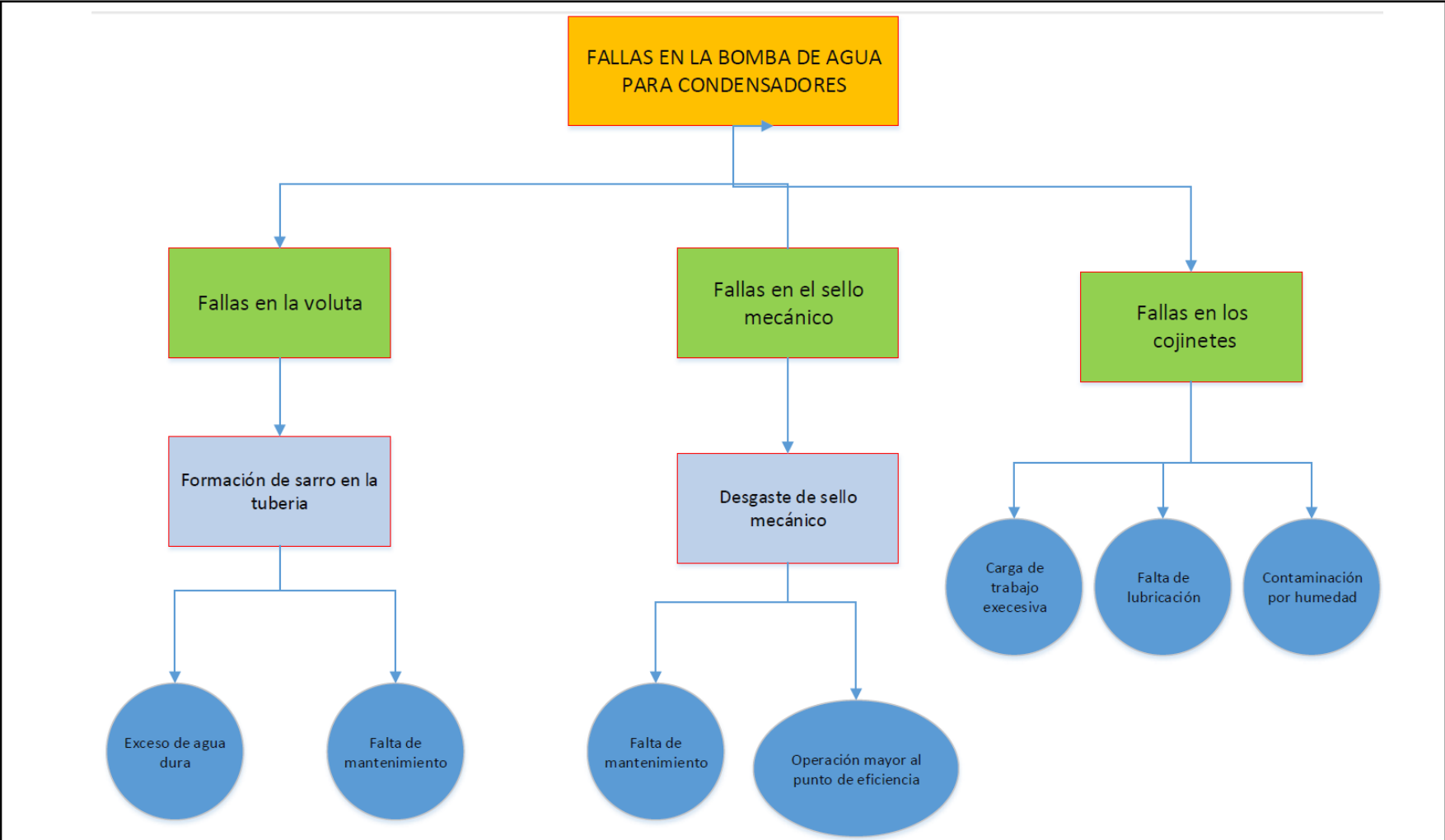


Figura 21: *Árbol de fallas en la bomba de agua para condensadores*

Fuente: Fábrica de Etanol

Área de Producción de Vapor

En esta área se encuentra con 14 equipos que presentan fallas, los cuales son:

- a. Ablandador 1
- b. Ablandador 2
- c. Ablandador 3
- d. Electrobomba de agua fría 1
- e. Electrobomba de agua fría 2
- f. Electrobomba de agua caliente 1
- g. Electrobomba de agua caliente 2
- h. Caldero
- i. Elevador de cascarilla de arroz
- j. Alimentadores de combustible tipo tornillo
- k. Ventilador de tiro forzado
- l. Ventilador de tiro inducido
- m. Sinfín extractor de ceniza
- n. Elevador de ceniza

Al igual que las etapas anteriores, de acuerdo al criterio del equipo de trabajo, se debe determinar los equipos críticos, en la que para este caso ninguno debería contar con una redundancia, debido a que se puede incurrir en costos

Tabla 28

Jerarquización de los factores universales para el enfriador plateado

Factor	% de confiabilidad del equipo ideal	% de confiabilidad del equipo rehabilitado
Edad del equipo.	10	10
Medio ambiente de trabajo.	15	13
Carga de trabajo	40	37
Apariencia física	15	15
Pruebas de funcionamiento	20	20
Total	100	95

Fuente: Fabrica de etanol

En la tabla 28 se puede observar que los factores a determinar la confiabilidad del enfriador plateado, son el medio ambiente de trabajo, debido a que este enfriador trabaja a temperaturas mayores a 34°C debido al mosto, a la disipación de calor de los fermentadores y otros equipos; también el factor a considerar es la carga de trabajo, a causa de la bomba de este enfriador que origina el trabajo al máximo de la capacidad de este equipo, e incluso el mosto que se bombea posee todo lo debido a la fermentación, ocasionando una obstrucción en el enfriador.

Tanque Diluidor:

En la tabla 29, se muestra la jerarquización de los factores universales del tanque diluidor, que serán analizados sobre su importancia relativa, para luego determinar la confiabilidad del equipo rehabilitado.

Tabla 29: Jerarquización de los factores universales para el tanque diluidor.

Factor	% de confiabilidad del equipo ideal	% de confiabilidad del equipo rehabilitado
Edad del equipo.	8	8
Medio ambiente de trabajo.	7	6
Carga de trabajo	25	23
Apariencia física	40	40
Pruebas de funcionamiento	20	17
Total	100	94

Fuente: Fabrica de etanol

En la tabla 29, se puede observar que los factores que determinan la confiabilidad del tanque diluidor son el medio ambiente de trabajo, la carga de trabajo y las pruebas de funcionamiento.

Con respecto al medio ambiente, el tanque diluidor trabaja en condiciones donde se emiten vibraciones, siendo obstáculo del buen funcionamiento del equipo. Respecto a la carga de trabajo, este equipo trabaja a toda su capacidad y generando un esfuerzo elevado para el eje mezclador que muchas veces se descentra, debido a que se debe mezclar la melaza que es un producto muy viscoso y el motor genera velocidades altas provocando el descentrado del eje, como también el desgaste de las fajas de transmisión.

Las pruebas de funcionamiento son la medida de la velocidad del motor, la resistencia de las fajas de transmisión, filtraciones en el tanque diluidor, funcionamiento adecuado de los filtros.

5.1.2. Etapa de destilación.

Área de destilación.

Para esta área, nos enfocaremos en la columna mostera con el impacto anual de 75, sabemos que el equipo tiene un impacto mayor a 50 y por ello se debería considerar un equipo crítico; pero por el criterio del equipo de trabajo, será sometido a una rehabilitación, de tal manera que no se incurra en el exceso de

costos por la compra de una columna nueva. Con esta propuesta también se puede aumentar su confiabilidad y se espera que trabaje de la mejor manera en su contexto operacional.

No se tomó en cuenta el resto de equipos pertenecientes al área de destilación, debido a que poseen un impacto anual bajo según lo especificado en el análisis de mejorabilidad; por tanto ya no es necesaria la rehabilitación de estos equipos.

Columna mostera:

En la tabla 30 se muestra la jerarquización de los factores universales para la columna mostrada, que serán analizados sobre su importancia relativa para luego determinar la confiabilidad del equipo rehabilitado.

Tabla 30

Jerarquización de los factores universales para la columna mostera

Factor	% de confiabilidad del equipo ideal	% de confiabilidad del equipo rehabilitado
Edad del equipo.	8	8
Medio ambiente de trabajo.	30	30
Carga de trabajo	32	29
Apariencia física	12	12
Pruebas de funcionamiento	18	15
Total	100	94

Fuente: Fabrica de etanol

Como podemos observar en la tabla 30, los factores que determinan la confiabilidad de la columna mostera son las cargas de trabajo y las pruebas de funcionamiento. La carga de trabajo para la columna mostera puede ser elevada al introducirle una mayor cantidad de mosto, para ello la cantidad de vapor será mayor afectando a este equipo con aumento de presión, desfogue de mosto, deterioro de empaquetaduras, etc.; además el mosto contiene lodos por lo que las bajantes en un momento se ven sobrecargadas generando un mal funcionamiento del equipo.

Con respecto a las pruebas de funcionamiento, después de cada parada del proceso sea por un mantenimiento programado o por un mantenimiento correctivo, el arranque para la columna mostera es complicado, debido a la manipulación manual, a las elevadas presiones, al mal ajuste de tapas, la mala limpieza que se puede dar, etc.

Área de Producción de Vapor

Para esta área, nos enfocaremos en el caldero, el elevador de cascarilla de arroz, los alimentos de combustible, el ventilador de tiro forzado y el ventilador de tiro inducido. Sabemos que estos equipos no fueron determinados como críticos según el análisis de mejorabilidad realizado, pero el equipo de trabajo realizó una evaluación en la que considera que estos equipos deben tener una rehabilitación a causa del impacto de la producción y por ello se pretende aumentar la confiabilidad para que estos equipos trabajen adecuadamente dentro de su contexto ocupacional.

Si se toma en cuenta el resto de equipos pertenecientes a esta área tales como los ablandadores de agua, las electrobombas de agua fría, las electrobombas de agua caliente, el sinfín extractor de ceniza y el elevador de ceniza, debido a que poseen un impacto anual bajo y no es necesaria la rehabilitación.

Caldero

En la tabla 31 se muestra la jerarquización de los factores universales para el caldero, que serán analizados sobre su importancia relativa, para luego determinar la confiabilidad del equipo rehabilitado.

Tabla 31

Jerarquización de los factores universales para el caldero

Factor	% de confiabilidad del equipo ideal	% de confiabilidad del equipo rehabilitado
Edad del equipo.	10	10
Medio ambiente de trabajo.	20	20
Carga de trabajo	20	18
Apariencia física	30	30
Pruebas de funcionamiento	20	19
Total	100	97

Fuente: Fabrica de etanol

Como se puede observar en la tabla 59 los factores que determinan la confiabilidad del caldero son la carga de trabajo y las pruebas de funcionamiento.

La carga de trabajo del caldero es un aspecto importante debido a que en la fábrica de etanol el trabajo que se realiza es el manual, con respecto a la alimentación de combustible en el hogar del caldero, un operario es el encargado de arrumar la cascarilla de arroz de tal manera que la tolva de recepción cuente siempre con combustible y el calderista pueda efectuar la alimentación hacia el lugar, lo que provoca muchas veces la sobrealimentación. Otro punto en la carga del trabajo del caldero es el mal ablandamiento de agua, provocando subidas y bajadas de presión por el ingreso de agua dura a los tubos, afectando a la destilación

Con respecto a las pruebas de funcionamiento, se verifica que llegue a la presión deseada, esto cuando se realiza una parada por mantenimiento correctivo o por mantenimiento programado

Ventilador de Tiro Forzado

En la tabla 32, se muestra la jerarquización de los factores universales para el ventilador de tiro forzado, que serán analizados sobre su importancia relativa para luego determinar la confiabilidad del equipo rehabilitado.

Tabla 32*Jerarquización de los factores universales para el ventilador de tiro forzado*

Factor	% de confiabilidad del equipo ideal	% de confiabilidad del equipo rehabilitado
Edad del equipo.	10	10
Medio ambiente de trabajo.	15	13
Carga de trabajo	25	23
Apariencia física	25	25
Pruebas de funcionamiento	25	25
Total	100	96

Fuente: Fabrica de etanol

Como se puede observar en la tabla 60, los factores que determinan la confiabilidad del caldero son la carga de trabajo y el medio ambiente de trabajo. La carga de trabajo del ventilador de tiro forzado, es un aspecto importante debido a que este quipo es muy importante para la combustión del caldero y la manipulación de este es manual, por lo que el operario debe tener en cuenta los parámetro de uso de tal manera que el trabajo sea adecuado y no sufra daños, perdida de eficiencia, etc.; con respecto al medio ambiente de trabajo, este quipo no se encuentra del todo protegido contra cualquier situación en la que pueda causar daños y por tanto se debe tener en cuenta el cuidado el lugar donde se opera de tal manera que no sufra daños.

Ventilador de Tiro Inducido

En la tabla 33 se muestra la jerarquización de los factores universales para el ventilador de tiro inducido, que serán analizados sobre su importancia relativa, para luego determinar la confiabilidad del equipo rehabilitado

Tabla 33

Jerarquización de los factores universales para el ventilador de tiro inducido

Factor	% de confiabilidad del equipo ideal	% de confiabilidad del equipo rehabilitado
Edad del equipo.	10	10
Medio ambiente de trabajo.	15	13
Carga de trabajo	25	23
Apariencia física	25	25
Pruebas de funcionamiento	25	25
Total	100	96

Fuente: Fabrica de etanol

Como se puede observar en la tabla 33, los factores que determinan la confiabilidad del caldero son la carga de trabajo y el medio ambiente de trabajo. La carga de trabajo del ventilador es un aspecto importante debido a que este equipo es muy importante para la extracción de los gases de combustión del caldero, por ello se debe tener en cuenta que la carga de trabajo es muy importante debido a que puede afectar directamente a la producción, en especial a la destilación de alcohol, el medio ambiente donde opera este ventilador no está con las medidas de precaución para este equipo, por ello con la rehabilitación se le recomienda el cuidado de ello de tal manera que pueda trabajar adecuadamente.

Elevador de combustible

En la tabla 34, se muestra la jerarquización para los factores universales para el elevador de cascarilla de arroz que serán analizados sobre su importancia relativa, para luego determinar la confiabilidad del equipo rehabilitado.

Como vemos en la tabla 35, solo existe un factor que determina la confiabilidad en el elevador de cascarilla de arroz, la carga de trabajo. El resto no se considera debido a que la fábrica cuenta con un medio ambiente adecuado para este equipo, la apariencia física será corregida por la rehabilitación. Las pruebas o mediciones son necesarias para obtener un nivel de funcionamiento, pero no se

toma en cuenta porque no tiene la complejidad como los equipos anteriores; y la edad del equipo se deprecia al igual que la mayoría de las maquinas que es unos 10 años aproximadamente.

Tabla 34

Jerarquización de los factores universales para elevador de combustible

Factor	% de confiabilidad del equipo ideal	% de confiabilidad del equipo rehabilitado
Edad del equipo.	10	10
Medio ambiente de trabajo.	18	18
Carga de trabajo	32	30
Apariencia física	25	25
Pruebas de funcionamiento	15	15
Total	100	98

Fuente: Fabrica de etanol

La carga de trabajo para el elevador de cascarilla de arroz, se debe a que el trabajo para arrumar la cascarilla de arroz es manual, donde el operario provoca muchas veces un atascamiento del elevador ocasionando rupturas de los acoples, genera esfuerzos grandes para los equipos que lo conforman deteriorando este equipo en general.

Alimentadores de combustible

En la tabla 35, se muestra la jerarquización de los factores universales para los alimentadores de cascarilla de arroz, que serán analizados sobre su importancia relativa, para luego determinar la confiabilidad del equipo rehabilitado.

Tabla 35*Jerarquización de los factores universales de los alimentadores de combustible*

Factor	% de confiabilidad del equipo ideal	% de confiabilidad del equipo rehabilitado
Edad del equipo.	10	10
Medio ambiente de trabajo.	15	14
Carga de trabajo	25	23
Apariencia física	25	25
Pruebas de funcionamiento	25	25
Total	100	97

Fuente: Fabrica de etanol

Para los alimentadores de combustible, la confiabilidad estará confirmada por el medio ambiente de trabajo, en el cual muchas veces no se cuenta con los medios adecuados que puedan proteger a estos alimentadores, todo ello puede ocasionar daños, también están expuestos a temperaturas altas provenientes del hogar del caldero. El otro factor que determina la confiabilidad, es la carga de trabajo, en la cual muchas veces existe sobrecarga en los alimento provocando que estos se atoren, generando problemas en el caldero.

5.1.3. Mejora de la Confiabilidad de las etapas del proceso productivo y sus equipos

Habiendo utilizado los métodos de mejora de la Confiabilidad en los equipos de las etapas de fermentación y destilación, veremos cómo mejora la confiabilidad total en estas etapas. Ahora se procederá a resumir la confiabilidad por equipo de tal manera que se puede calcular la confiabilidad total de las etapas de fermentación y destilación, todo ello debido a la redundancia y rehabilitación de equipos.

Etapa de Fermentación

En la tabla 36, se muestran las confiabilidades de los equipos del área de fermentación, aplicando la redundancia y la rehabilitación de equipos.

Tabla 36*Confiabilidad de la etapa de fermentación y sus equipos*

Equipo	Confiabilidad
Enfriador Plateado	0,95
Enfriador Azul	0,968
Electrobomba del enfriador plateado	0,94
Electrobomba del enfriador azul	0,95
Bomba de recuperación de mosto	0,96
Tanque diluidor	0,94
Bomba de melaza	0,971
Total	0,72

Fuente: Fabrica de etanol

Según vemos la confiabilidad resultante de la etapa de fermentación mejoro de 33% a 72% aplicando la redundancia y la rehabilitación de los equipos para hallar la confiabilidad resultante se empleó la siguiente formula:

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n$$

$$R_s = 0,95 \times 0,968 \times 0,94 \times 0,95 \times 0,96 \times 0,94 \times 0,971$$

$$R_s = 0,72$$

La etapa de fermentación ahora tiene una probabilidad del 72% de trabajar como se debe en su contexto operacional, todo ello implica que la cantidad de fallas disminuirán, evitando paradas de proceso o pérdidas para la empresa y por lo tanto una mejor en la productividad.

Etapa de destilación

Área de destilación

En la tabla 37 se muestran las confiabilidades de los equipos del área de destilación, aplicando la redundancia y la rehabilitación de los equipos.

Tabla 37*Confiabilidad de la etapa de destilación y sus equipos*

Equipo	Confiabilidad
Columna Mostera	0,94
Bomba hechiza de Mosto	0,79
Bomba de mosto 1, pedrollo	0,94
Columna rectificadora	0,94
Calentavinos	0,91
Condensador principal	0,91
Bomba de agua para condensadores	0,988
Total	0,54

Fuente: Fabrica de etanol

Según vemos la confiabilidad resultante de la etapa de destilación mejoro de 30% a 54% con la aplicación de las propuestas de mejora, para hallar la confiabilidad resultante se empleó la siguiente formula:

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n$$

$$R_s = 0,94 \times 0,79 \times 0,94 \times 0,94 \times 0,91 \times 0,91 \times 0,988$$

$$R_s = 0,54$$

La etapa de destilación ahora tiene una probabilidad de 54% de trabajar como se debe en su contexto operacional, todo ello implica que la cantidad de fallas disminuirán, evitando paradas de proceso o perdidas de la empresa.

Área de Producción de Vapor

En la tabla 38, se muestran las confiabilidades de los equipos de área de producción de vapor, aplicando la redundancia y la rehabilitación de equipos.

Según vemos la confiabilidad resultante del área de producción de vapor, aplicando la redundancia y la rehabilitación de equipo.

Según vemos la confiabilidad resultante se empleó en la siguiente fórmula:

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n$$

R_s

$$= 0,92 \times 0,92 \times 0,94 \times 0,94 \times 0,98 \times 0,94 \times 0,95 \times 0,97 \times 0,98 \times 0,97 \times 0,96 \times 0,96 \times 0,95 \times 0,95$$

$$R_s = 0,50$$

Tabla 38

Confiabilidad en los equipos del área de producción de vapor

Equipo	Confiabilidad
Ablandador 1	0,92
Ablandador 2	0,92
Ablandador 3	0,94
Bomba 1 de agua fría	0,94
Bomba 2 de agua fría	0,98
Bomba 1 de agua caliente	0,94
Bomba 2 de agua caliente	0,95
Caldero	0,97
Elevador de la cascarilla de Arroz	0,98
Alimentadores de combustible	0,97
Ventilador de tiro forzado	0,96
Ventilador de tiro inducido	0,96
Sinfín extractor de Ceniza	0,95
Elevador de ceniza	0,95
Total	0,50

Fuente: Fabrica de etanol

El área de producción de vapor ahora tiene una probabilidad del 50% de trabajar como se debe en su contexto ocupacional, todo ello implica que la cantidad de fallas disminuirán, evitando paradas de proceso o pérdidas para la empresa.

5.1.4. Estimación de la productividad mejorada en la fábrica de etanol.

Para estimar la nueva productividad, primero se analizara con el equipo de trabajo, las fallas que se eliminaran después de haber aplicado todas las propuestas de mejora en el mantenimiento de las etapas del proceso productivo. Todo ello se analizara por equipos, de tal manera que se reduzca la perdida de producción y así la productividad mejore.

Etapa de Fermentación

Enfriador Plateado

Para el enfriador plateado, el equipo de trabajo pudo determinar que las fallas se eliminarían, debido a que con la rehabilitación de este equipo y la redundancia aplicada al otro enfriador, es más que suficiente que se pueda realizar un mantenimiento a los enfriadores cuando al menos dos de ellos puedan trabajar y así se evitara el exceso de temperatura; es por ello que para este equipo las fallas que se puedan generar, se eliminarían y se le podría aplicar un mantenimiento preventivo.

Enfriador Azul

El equipo de trabajo pudo determinar al igual que el equipo anterior, la total eliminación de las fallas presentadas debido a que las conexiones a los fermentadores ya no serían a dos enfriadores sino a tres, es más gracias a la rehabilitación del enfriador plateado se cuenta con un mejor funcionamiento. Es por ello que las fallas se eliminarían y se podría aplicar un mantenimiento preventivo al enfriador mientras dos de ellos funcionen en el determinado momento.

Electrobomba del Enfriador Plateado

Para este equipo, al igual que los anteriores también se llegó a la conclusión de eliminar las fallas, debido a que como es un equipo que ayuda al enfriador plateado, mientras se le haga un mantenimiento al enfriador también debería analizarse si se le debe hacer un mantenimiento a la bomba y así evitar los daños

mientras las otras bombas y los otros enfriadores trabajan sin causar daños. También se llegó a la conclusión de que cuando pueda fallar la bomba se pueda hacer un mantenimiento preventivo al enfriador y así seguir preservando el equipo generando una buena fiabilidad en la fermentación.

Electrobomba del Enfriador Azul

El equipo de trabajo determinó lo mismo con respecto a la bomba del enfriador plateado debido a que seguirá la misma mecánica del sistema; por lo tanto se eliminaron todas las fallas.

Electrobomba de Recuperación del Mosto

Para este equipo se determinó la eliminación total de las fallas también; debido a que con la redundancia que se le aplicara, este equipo no genera pérdidas de producción, mientras se le aplique un mantenimiento preventivo o un mantenimiento correctivo, la redundancia hará la función del equipo y la producción no se verá afectada.

Electrobomba de Melaza

Al igual que la electrobomba de recuperación de mosto, las fallas de este equipo se eliminarán gracias a la aplicación que se le realizara; mientras se le haga un mantenimiento preventivo o correctivo a la falla, la redundancia hará el trabajo por el otro equipo y así la producción no se verá afectada.

Tanque Diluidor

Al tanque diluidor no se le aplicó redundancia debido a que el equipo de trabajo determinó que los costos incluidos en la compra, serían elevados y también el mantenimiento del equipo; por lo tanto se le aplicó una rehabilitación la cual ayudó al incremento de su confiabilidad. El equipo de trabajo determinó que las fallas se reducirán más pero no se eliminarán por completo, es por eso que se aproximó a que las fallas se reduzcan por mes con el tiempo de paro de 0,5 horas generando una pérdida de 140 litros de alcohol. En total sería una pérdida de 1820 litros de alcohol.

Etapa de Destilación

Área de Destilación

Columna Mostera

Como bien se mostró en la rehabilitación de la columna mostera, su confiabilidad depende de las pruebas de funcionamiento y de la carga de trabajo; debido al incremento de confiabilidad, este equipo trabajara mejor con todos sus factores, pero el equipo de trabajo determino que al menos se pueden generar pequeñas perdidas de alcohol como un aproximado de 100 litros mensuales, debido a subidas y bajas de presión, en total sería una pérdida de 500 litros de alcohol.

Bomba Hechiza de Mosto

Para este equipo se eliminaran por completo las fallas debido a que se cuenta con una redundancia que puede reemplazar a este equipo en caso de que falle.

Bomba de Mosto marca Pedrollo

El equipo de trabajo debido al análisis que se ha determinado en los equipos en relación a las fallas, se determinó que este equipo se le dé de baja en el área de destilación, debido a que no tiene la capacidad de bombeo que se requiere en la columna y genera pérdidas en la producción en caso de que la bomba hechiza de mosto deje de funcionar.

Columna Rectificadora

Este equipo no debería rehabilitarse ni proporcionarse redundancia debido a las pocas fallas que este presenta, por lo tanto se le considera la misma pérdida de producción. En total sería un aproximado de 1000 litros de perdida de la producción.

Calentavinos

Según la aplicación de las propuestas de mejora, este equipo no debería rehabilitarse ni proporcionarse redundancia debido a las pocas fallas que este presenta, por lo tanto se le considera la misma pérdida de producción. En total sería un aproximado de 500 litros de pérdida de producción.

Condensador Principal

Se determinó que este equipo no debería rehabilitarse ni proporcionarse redundancia debido a las pocas fallas que este presenta, por lo tanto se le considera la misma pérdida de producción. En total sería aun aproximado de 1000 litros de pérdida de producción.

Electrobomba de Agua para condensadores

Este equipo es muy importante debido a que influye directamente en la pérdida de producción, es decir incurre en la compra de una bomba con las mismas características, por lo tanto las fallas se eliminarán por completo.

Área de producción de vapor

Ablandador de Agua número 1

Según la aplicación de las propuestas de mejora, este equipo no debería rehabilitarse ni proporcionarse redundancia debido a las pocas fallas que este presenta. Por lo tanto se le considera la misma pérdida de producción. En total sería un aproximado de 800 litros de pérdida de producción.

Ablandador de Agua número 2

Este equipo no debería rehabilitarse ni proporcionarse redundancia debido a las pocas fallas que este presenta por lo tanto se le considera la misma pérdida de producción. En total sería un aproximado de 500 litros de producción.

Ablandador de Agua número 3

Este equipo, según las propuestas de mejora no deberían rehabilitarse ni proporcionarle redundancia debido a las pocas fallas que este presenta, por lo tanto se le considera la misma pérdida de producción. En total sería un aproximado de 500 litros de pérdida de producción.

Bomba de Agua Fría número 1

Como bien se explicó al estimar la pérdida de producción sabemos que este equipo no influye en la pérdida directa de alcohol, debido a que cuenta con otra bomba que la reemplace en caso de que esta falte.

Bomba de Agua Fría número 2

Este equipo es el reemplazo de la bomba número 1 en caso de que fallara o viceversa por tanto tampoco se considera pérdida de alcohol.

Ventilador de Tiro Forzado

A este equipo se le proporciona una rehabilitación en la cual el equipo de trabajo estimo que este equipo puede generar 100 litros de pérdida de alcohol por mes, debido abajas de presión por algún desbalance. En total sería un aproximado de 600 litros de pérdida de producción.

Ventilador de Tiro Inducido

A este equipo se le proporciono una rehabilitación, en la cual el equipo de trabajo, estimo que este equipo puede generar 180 litros de pérdida de alcohol por mes, debido a bajas de presión por problemas de extracción. En total sería un aproximado de 1000 litros de pérdida de producción.

Bomba de Agua Caliente numero 1

Como bien se explicó al estimar la pérdida de producción, sabemos que este equipo no influye en la pérdida directa de alcohol, debido a que cuenta con otra bomba en caso de que esta falle.

Bomba de Agua Caliente numero 2

Este equipo es el reemplazo de la bomba número 1 en caso de que fallara o viceversa por tanto tampoco se considera perdida de alcohol.

Alimentadores de Combustible tipo Tornillo

Este equipo necesita una rehabilitación, incrementando su confiabilidad y poder trabajar adecuadamente sin presentar fallas y por lo tanto no presentar perdidas en la producción; el equipo de trabajo estimo una pérdida de 80 litros de alcohol por mes, en la cual puede fallar por mes, el cual puede fallar por algo mínimo. Por tanto en total sería una pérdida de 640 litros de alcohol.

Caldero

Este equipo es muy importante debido a que influye directamente en la producción; puede producir paradas largas o cortas; pero gracias al incremento de la confiabilidad, este equipo podrá trabajar adecuadamente; el equipo de trabajo estimo que solo las pérdidas se darían por problemas de manipulación con una pérdida de 150 litros por mes. Por tanto seria en total una pérdida de 900 litros de alcohol.

Elevador de Ceniza

Según la aplicación de las propuestas de mejora, este equipo no debería rehabilitarse ni proporcionarse redundancia debido a las pocas fallas que este presenta, por lo tanto se considera la misma pérdida de producción.

Sinfín Extractor de Ceniza

Este equipo no debería rehabilitarse ni proporcionarse redundancia debido a las pocas fallas que este presenta, por lo tanto se le considera la misma pérdida de producción. En total sería un aproximado de 900 litros de pérdida de producción.

Habiendo eliminado las fallas de los equipos gracias a las propuestas de mejora, se puede obtener la nueva pérdida de producción en el periodo de quince meses, la cual sería de:

$$PP' = (1\ 820 + 500 + 1\ 000 + 500 + 1\ 000 + 800 + 500 + 500 + 600 + 1\ 000 + 720 + 640 + 900) \text{ litros de alcohol}$$

$$PP' = 11\ 880 \text{ litros de alcohol}$$

Según el diagnóstico, la producción promedio por mes es de 408 000 litros alcohol; por lo tanto la producción promedio en el periodo de 10 meses sería de:

$$P' = (408\ 000 * 15) \text{ litros de alcohol}$$

$$P' = 6\ 120\ 000 \text{ litros de alcohol}$$

Ahora podemos calcular la nueva productividad con relación a la materia prima y en relación al tiempo.

Productividad en relación con la materia prima

De acuerdo con el objetivo anterior, donde calculo la productividad con relación a la materia prima, vemos que el consumo de melaza en los 10 meses es de 22 500 toneladas por lo tanto ya teniendo la producción en el periodo de 10 meses y también la nueva pérdida de producción en ese periodo, la nueva productividad sería de:

$$\text{Productividad} = \frac{P - PP'}{C}$$

$$\text{Productividad} = \frac{6\ 120\ 000 - 11\ 880'}{22\ 500} \text{ litros de alcohol/tonelada}$$

$$\text{Productividad} = 271 \text{ litros de alcohol/tonelada}$$

Productividad en relación con el recurso tiempo

El tiempo base para el cálculo de la productividad será por mes, por tanto como el periodo es de 10 meses. La productividad con relación al tiempo sería de:

$$Productividad = \frac{P - PP}{T}$$

$$Productividad = \frac{6\,120\,000 - 11880'}{15} \text{ litros de alcohol/mes}$$

$$Productivad = 407\,208 \text{ litros de alcohol/mes}$$

La productividad en relación al tiempo fue de 407 280 litros de alcohol por mes; esta productividad se puede mejoro través de la mejora del mantenimiento en las etapas de fermentación y destilación.

5.2. Realizar el análisis Costo – Beneficio de las propuestas de mejora del Mantenimiento

Ya habiendo propuesto los métodos de mejora para la etapa de fermentación de tal manera que mejore la productividad, se procederá a realizar el análisis costo – beneficio para determinar la rentabilidad de las propuestas. Para ello se determinara la inversión total en la mejora y el costo que incurre el no haber realizado la mejora.

5.3.1. Inversión

Para determinar la inversión a nivel total, se obtendrá la inversión fija y el capital de trabajo.

Inversión Fija

Para obtener la inversión fija, se tomara en la inversión tangible el costo de los equipos nuevos materiales y accesorios para instalación y transporte de las maquinas; para la inversión intangible se tomaran los gastos operativos, las capacitaciones y el transporte.

Inversión Tangible

Equipos Nuevos

La adquisición de equipos nuevos, según el proporcionar redundancia y rehabilitación, tienen los costos siguientes que se muestran en la tabla 39.

Tabla 39

Costos de adquisición de equipos nuevos

Equipos Nuevos	Cantidad	Costos de Equipo (S/.)
Enfriador de Placas	1	27 200
Bomba Centrifuga de Bronce	3	10 200
Bomba de Desplazamiento Positivo	1	13 600
Bomba Centrifuga para Agua	1	4 896
Moto Reductor	2	5 800
Total		61 696

Fuente: Fabrica de etanol

En la tabla anterior se muestran los costos que incurren la nueva compra de estos equipos. Estos costos fueron obtenidos con información actual del mercado.

Materiales y Accesorios

En esta parte se tiene en cuenta todos los materiales y accesorios como la instalación eléctrica para los equipos nuevos y los equipos que necesitan rehabilitación. Estos costos se muestran en la tabla 40.

Tabla 40*Costos de Materiales y Accesorios*

Material, Accesorio, Instalación	Cantidad	Unidad	Costo (S/.)
Valvula de Compuerta 32"	10	Unidades	2,257.60
Tuberia de 3"	40	Metros	21,889.76
Tubería de 2"	86	Metros	18,127.97
Valvula de compuerta 2"	8	Unidades	1,305.60
Valvula check	3	Unidades	1,500.00
Soldadura Acero Inoxidable	10	Kilogramos	1,200.00
Manguera de Lona	25	Metros	500.00
Sello mecánico	5	Unidades	250.00
Eje de 1 ½" de acero inoxidable	1	Unidades	300.00
Empaquetadura para enfriador	300	Unidades	12,000.00
Chumacera de pie 2 ½"	2	Unidades	600.00
Chumacera de pared 2 ½"	2	Unidades	200.00
Rodamientos	4	Unidades	240.00
Bocina de Bronce	3	Unidades	240.00
Reten para motorreductor	4	Unidades	60.00
Instalación eléctrica	-	-	3,500.00
Otros	-	-	500.00
Total	-	-	64,670.93

Fuente: Fabrica de etanol

La instalación eléctrica, fue determinada por el electricista de la fábrica, quien pertenece al grupo de trabajo establecido, debido a su conocimiento pudo determinar este costo. El ítem otros, se refiere a la compra de accesorios pequeños como pernos, cinta y alguna herramienta con que no cuente el almacén.

Para el transporte de las maquinas, la fábrica cuenta con movilidad particular, la cual se dedica al transporte del personal y a la compra de materiales, con respecto a los materiales y equipos, excepto el enfriador de placas, la bomba de desplazamiento positivo y la bomba de agua para condensadores, el costo de transporte es aproximadamente unos trescientos soles (S/. 300.00). El costo del

flete para traer los equipos ya mencionados, los cuales se compran en la ciudad de Lima, suman un total de seiscientos soles (S/. 600.00).

Inversión Intangible

Para la inversión intangible, se tomaran en cuenta las capacitaciones para el grupo de trabajo, las comunicaciones que se tenga que realizar para la adquisición de equipos y materiales; y los gastos operativos necesarios para realizar las instalaciones, compras, etc. Todo ello se muestra en la tabla 41.

Tabla 41

<i>Inversión Intangible</i>	
Requerimiento	Costo (S/.)
Capacitaciones	2 500
Comunicaciones	150
Gastos Operativos	100
Total	2 750

Fuente: Fabrica de etanol

En la tabla 42, se muestra el total de la inversión fija, en la cual es el total de la inversión tangible e intangible.

Tabla 42

Inversión Fija

Requerimiento	Costo (S/.)
Equipos Nuevos	61 696.00
Materiales Nuevos	64 970.93
Transporte y Flete	900.00
Capacitaciones	2 500.00
Comunicaciones	150.00
Gastos Operativos	100.00
Total	130 316.93

Fuente: Fabrica de etanol

Capital de Trabajo

El capital de trabajo en la empresa para este equipo de trabajos, se determina por la disponibilidad de la caja, la cual es de un aproximado de 50 000 soles con los que la empresa desea invertir para poder empezar con el proyecto en caso de que desee ejecutar.

En la tabla 43, se muestra la inversión total que será invertida por la empresa en cualquier caso de ejecutar el proyecto; incluye el 10% de imprevistos en caso de cualquier restricción

Tabla 43

Inversión Total

Descripción	Inversión Total (S/.)
Equipos Nuevos	61 696
Materiales y Accesorios	64 670,93
Transporte y Flete	900
Capacitaciones	2 500
Comunicaciones	150
Gastos Operativos	100
Sub Total de Inversión Fija	130 016,93
Imprevistos (10%)	13 031,69
Total Inversión Fija	143 048,62
Total	192 998,62

Fuente: Fabrica de etanol

5.2.2. Costo de no realizar las propuestas

Para la obtención del costo de no realizar la propuesta, se realizó una reunión con el equipo de trabajo para determinar los costos de mantenimiento correctivo por el equipo durante el periodo de quince meses, en las cuales ocurrieron mis fallas, no se cuenta la cuenta la pérdida del producto terminado debido a que eso se vio con el objetivo anterior donde existe un ahorro de costos que se le asignara al beneficio obtenido por el ahorro de costos por mantenimiento.

Según la tabla 45, vemos que el costo de no emplear la mejora del mantenimiento, fuera de lo que pierde en producto terminado, es de veinte mil ochocientos ochenta soles (S/.20,880.00), la inversión que debe emplear la empresa para emplear el mantenimiento preventivo, es de 193 348,62 soles. El costo de no realizar las propuestas, está dado en un periodo de quince meses y la inversión que debe aportar la empresa se tomó como criterio del grupo de trabajo, la cantidad de años en la que un equipo se pueda depreciar, el cual es un periodo de diez años; por lo tanto en un periodo de quince meses, la inversión sería de 24 168.58 soles. El beneficio bruto de la propuesta se calculó de la siguiente manera:

$$\textit{Beneficio Bruto} = (20880 - 24\ 168,58) \textit{ soles}$$

$$\textit{Beneficio Bruto} = -3\ 288,58 \textit{ soles}$$

Podemos ver que el beneficio es de -3 288,58 soles; este beneficio no tiene incluido el ahorro de costos que se obtuvo por no depreciar producto terminado, monto que se obtuvo en objetivo número 3 al calcular la productividad; por lo tanto el beneficio total de emplear el RCM en la fábrica de etanol para mejorar la productividad sería de:

$$\textit{Beneficio} = \textit{Beneficio Bruto} + \textit{Beneficio por Ahorro de producto terminado}$$

$$\textit{Beneficio} = 246\ 361,42 \textit{ nuevos soles}$$

Tabla 44*Coste de Realizar Mantenimiento Correctivo*

Equipo	Costo (S/.)
Enfriador Plateado	3,645.00
Enfriador Azul	6,060.00
Electrobomba de enfriador Plateado	280.00
.Electrobomba del enfriador Azul	180.00
Bomba de Recuperación de Mosto	300.00
Electrobomba de Melaza	170.00
Tanque Diluidor	2,500.00
Columna Mostera	280.00
Bomba Hechiza de Mosto	1,600.00
Bomba de Mosto número 1 Marca Pedrollo	250.00
Columna Rectificadora	75.00
Calentaivinos	50.00
Condensador Principal	200.00
Bomba de Agua para Condensadores	150.00
Ablandador de Agua número 1	500.00
Ablandador de Agua número 2	580.00
Ablandador de Agua número 3	600.00
Bomba de Agua Fría número 1	330.00
Bomba de Agua Fría número 2	40.00
Ventilador de Tiro	200.00
Ventilador de Tiro	250.00
Bomba de Agua Caliente número 1	470.00
Bomba de Agua Caliente número 2	420.00
Alimentadores de Combustible	200.00
Elevadores de Combustible	250.00
Caldero	700.00
Elevador de Ceniza	420.00
Sinfín Extractor de Ceniza	180.00
Total	20,880.00

Fuente: Fabrica de etanol

La relación del beneficio con el costo, se puede calcular de la siguiente manera:

$$\frac{B}{C} = \frac{246\,361,42 \text{ nuevos soles}}{24\,168,58 \text{ nuevos soles}}$$

$$\frac{B}{C} = 10,19$$

El resultado fue de 10,19; esto quiere decir que por 1 nuevo sol de inversión, obtengo un beneficio de 10,19 soles, por lo tanto decimos que el proponer el Mantenimiento preventivo para la fábrica de etano, es rentable.

5.3. Planes de Acción para las Mejoras

Plan de Acción para la Proposición de Redundancia en las etapas de proceso

La redundancia implica en la compra de equipos nuevo, para que las etapas del proceso productivo puedan trabajar de una mejor manera dentro de su contexto operacional. Las actividades para incurrir en la compra de ello son las siguientes:

Compra de electrobomba hechiza y bomba centrifugado agua

Estos equipos son para el bombeo de mosto a la columna de destilación y el segundo para el bombeo de agua a los condensadores; estos equipos se compraran primero a que la destilación es en el cuello de botella.

Compra de bomba de desplazamiento positivo, motorreductor de 5HP, enfriador de placas

El primero sirve para el bombeo de la mezcla y pueda alimentarse en fermentación, el segundo es para la adaptación a la bomba de melaza y el tercero es para enfriar el mosto y no se generen pérdidas por evaporación de alcohol e infección de levadura. Estos estos equipos se comparan a la par con los primeros debido a que el fabricante de los equipos es el mismo, excepto el enfriador de placas.

Compra de electrobomba hechiza de bronce, motorreductor de 5HP y repuestos para la instalación de los equipos nuevos

Por último se compraran estos equipos junto con los materiales y repuestos necesarios para la instalación de estos; se tomó la decisión de la compra posterior, debido a que son equipos de mayor accesibilidad de compra.

Plan de Acción para la Rehabilitación de Equipos de las etapas de Proceso

Todos los materiales y accesorios, son de fácil adquisición para la empresa.

Compra de materiales y accesorios necesarios para la rehabilitación de equipos del área de producción de vapor

Estos materiales incurren en la primera compra, debido a que la etapa de destilación es el cuello de la botella y el vapor sudado es esencial para la destilación.

Compra de materiales y accesorios necesarios para la rehabilitación de equipos del área de destilación

Estos materiales también son importantes para que la destilación no pierda su eficiencia y no genere cuellos de botella.

Compra de materiales y accesorios necesarios para la rehabilitación de equipos del área de fermentación

Esta área es importante dentro de la empresa, debido a que también puede generar pérdidas del producto terminado, pero al no ser el cuello de botella, no se tiene mucha preferencia para la compra de sus materiales.

5.4. Discusión de resultados

En la actualidad la gran mayoría de las empresas industrial presentan problemas con el mantenimiento de sus equipos, perdiendo gran cantidad de dinero en mantenimiento correctivo, la solución para esto es el mantenimiento preventivo. En esta investigación se concluye que teniendo los equipos en correcto funcionamiento ayuda a mejorar la productividad de la línea de producción, lo que

comparte con nuestros resultados Pesántez (2012), en su tesis “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón”

Con la elaboración de un plan de mantenimiento se puede dar un seguimiento de cada máquina, que en este caso se realizó de las más críticas, ayudando a mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos quien también comparte Páez (2011), quien realizó un “Desarrollo De Un Sistema De Información Para La Planificación Y Control Del Mantenimiento Preventivo Aplicado A Una Planta Agroindustrial”, también, Costta (2015), en la tesis “Elaboración de un plan de mejora para el mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de telefónica del Perú zonal norte, basado en la metodología Ishikawa - Pareto” llegando a concluir en lo mismo.

Aplicando las técnicas de mantenimiento preventivo llegamos a tener como resultado de que por 1 nuevo sol de inversión, obtengo un beneficio de 10,19 soles, por lo tanto decimos que el proponer el RCM para la fábrica de etano, es rentable logrando así incrementar sus beneficios en el ámbito económico. Quien también comparte, Sánchez (2013) donde realizó una tesis sobre “Mejora de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en el área de lavandería industrial de la empresas & servicios generales S.A.C”, en la Universidad Privada Del Norte, que utilizando las técnicas de mantenimiento ayuda a mejorar la confiabilidad de los equipos de dicha área y también mejora económicamente.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Objetivo general

Elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para la empresa Destilería Naylamp - Chiclayo.

Se llegó a elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo para los 39 equipos, las que intervienen en el proceso de producción.

Objetivos específicos

a) Elaborar el diagnóstico de la gestión actual del mantenimiento

Se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa con respecto al mantenimiento correctivo que se realiza y se pudo obtener la cantidad de fallas y averías en las máquinas, siendo de 65 fallas en la etapa de fermentación, 35 en el área de destilación y 64 en el área de producción de vapor durante el periodo de quince meses.

b) Identificar los puntos críticos a mejorar

También se observó que la planta cuenta con un total de 39 equipos, de las cuales 28 de ellas presentan fallas, de acuerdo con los indicadores de confiabilidad el 71.79% de las maquinas fallan con una tasa de 0,378 fallas/día y el tiempo medio entre fallas (MTFB) de 2,64 días.

Los tiempos de paro en las etapas de proceso productivo, fueron de 145 horas en la etapa de fermentación, 90,25 horas en el área de destilación y 91 horas en área de producción de vapor, concluyendo que fueron de mucha importancia para la determinación del MTBF, siendo este uno de los indicadores de la confiabilidad que ayudaron en la determinación de las etapas críticas.

c) Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la empresa

Determinar las actividades de mantenimiento preventivo para los equipos de la fábrica productora de etanol.

Se determinó las actividades a desarrollar cada máquina según el periodo de mantenimiento que se puede dar y también las capacitaciones.

Los resultado que se obtuvieron de los indicadores de mantenimiento para cada etapa, fueron: la tasa de fallas, con 87,50% para la etapa de fermentación, 53,85% para el área de destilación y 77,78% para el área de producción de vapor; el tiempo medio entre fallos, de 6,73 días para la etapa de fermentación, 12,75 días para el área de destilación y 6,97 días para el área de producción de vapor. Todo ello ayudó a poder concluir en que todas las etapas del proceso fueron críticas.

Con estos métodos que se propusieron, lograron mejorar el proceso, incrementando la productividad de la planta de 267 litros/tonelada de melaza a 271,5 toneladas de melaza; con respecto recurso tiempo la productividad aumenta de 400 550,67 litros/mes a 407 208 litros/mes; ello quiere decir que al mejorar el mantenimiento industrial, también mejora el proceso en la fábrica de etanol.

d) Evaluar el beneficio/costo de la propuesta.

Se concluye que al mejorar el mantenimiento la fábrica de etanol resulto rentable, debido a que la empresa puede obtener un saldo económico de 246 361,42 soles, obteniendo un beneficio de 10 soles al invertir 1 sol.

6.2. Recomendaciones

- La empresa debe realizar capacitaciones para el personal del área de mantenimiento, para que a través de un mejor conocimiento, puedan colaborar con la minimización de fallas en los equipos.
- La dirección de la empresa, debe estar comprometida en comunicar a todo el personal, acerca de los beneficios futuros que ofrece la filosofía de mantenimiento preventivo, para la mejora de la planta.
- Habiendo aplicado el RCM en la fábrica de etanol; esta empresa debe poner en práctica el mantenimiento preventivo a través del personal que recibió capacitación, planificando el trabajo de mantenimiento; de tal manera que los equipos se conserven a través del tiempo.
- Una vez hecha la compra de equipos nuevos y repuestos, la empresa debe seguir las indicaciones de mantenimiento de estos equipos, realizando un mantenimiento preventivo o correctivo según la cantidad de horas establecidas por los fabricantes.
- La empresa debe mejorar el ambiente de trabajo de los equipos asegurándose que estos trabajen en un ambiente con temperatura adecuada, humedad, exposición a daños, etc.; ello aportara también a la conservación de los equipos.

REFERENCIAS

- Admin (2015) *Tipos de productividad empresarial y factores de influencia*. Recuperado de <http://goo.gl/rZb442>.
- Álvarez, K. (2014) Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 125-138.
- Álvaro, J. (2015). *Propuesta de un Sistema de Mantenimiento Preventivo y de Mantenimiento para Firth Industries Perú S.A.* Lima: UPC.
- Ángel, R. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia
- Benavides, C (2012). *Calidad y Productividad en el sector Hotelero Andaluz* (tesis de doctorado) Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga. Málaga, España.
- Benavides, L (2011). *Gestión, liderazgo y valores en la administración de la unidad educativa "San Juan De Bucay" del Cantón General Antonio Elizalde (Bucay)*.(Tesis de posgrado), Universidad técnica Particular de Loja, Ecuador. Recuperado de <http://goo.gl/9BCSFu>.
- Bona, J. (2011). *La gestión del mantenimiento: Guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones; criterios para la subcontratación*. Madrid: FC editorial.
- Carlos, B. (2012). *Mantenimiento Industrial*. Córdoba, Argentina: Editorial Científica Universitaria.
- Cedeño, J. (2013). *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en la norma Covenín 3049-93 para la planta de mezcla de fluidos de perforación en la empresa Proamsa Maturín estado Monagas* (Tesis de pregrado).

Instituto Universitario Politécnico Santiago Nariño, Venezuela.

Chávez, V. (2012). *Sistema de Información para el control, seguimiento y Mantenimiento del Equipamiento Hospitalario* (tesis de pregrado) Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

Costta, G, & Guevara, J. (2015). *Elaboración De Un Plan De Mejora Para El Mantenimiento Preventivo En Los Sistemas De Aire Acondicionado De La Red De Telefónica Del Perú Zonal Norte, Basado En La Metodología Ishikawa – Pareto* (tesis de pregrado) Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú

E-resources (2012) *Mantenimiento Industrial* .Recuperado de. <http://goo.gl/Hw3cOI>.

García, M. (2011). *Las Claves de la Publicidad*. (Séptima edición).España: Esic Editorial

García. (2015) *Definición e implementación de un plan de mantenimiento industrial*. Recuperado de <http://goo.gl/KdcOzp>.

González, R. (2013). *Plan de mantenimiento preventivo para equipos rotativos en instalaciones de centros comerciales tipo mall* (Tesis de pregrado). Universidad de Zulia, Venezuela.

Granada, M. (2013) *Tecnología del mantenimiento industrial*. Murcia:

Hernández, R. (2014) *Metodología de la investigación*. Mexico: editorial McGraw-Hill Education, 2014

Huertas, O. (2012). *El Mantenimiento en el Desarrollo de la Gestión Empresarial*. Colombia: Editorial Científyc.

López, J. (2012). *Productividad*. Estados Unidos: Editorial Palibrio.

Matos, M. & Torres F. (2013) *Aplicación de técnicas de lubricación en Grupos*

Electr6genos en la organizaci3n y gesti3n Integral de Mantenimiento.
Espa1a: Ediciones D1az de Santos S.A.

Matos, M. (2014). *Mantenimiento industrial: Manual De Operaci3n y Administraci3n*, M6xico: Editorial Trillas Sa De Cv.

Niebles, J, (2015) *Proceso Contable*. Recuperado de <http://goo.gl/BW67sF>.

Oliverio Garc1a, P. (2012). *Gesti3n de Mantenimiento Moderna del Mantenimiento Industrial*. Bogot1, Colombia: Ediciones de la U.

Parrales, V. & Tamayo, J (2012). *Dise1o de un modelo de gesti3n estrat6gico para el mejoramiento de la productividad y calidad aplicado a una planta procesadora de alimentos balanceados* (tesis del grado de magister). Escuela Superior Polit6cnica Del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Pes1ntez, L. (2012). *Elaboraci3n de un plan de mantenimiento preventivo en funci3n de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empaadora de camar3n* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Polit6cnica de Litoral, Ecuador.

P1rela (2012) *Mantenimiento Preventivo Para Los Tornos Convencionales En El Departamento De Mec1nica Del IUTO*. Recuperado de <file:///D:/ciclo%20VIII/Dialnet-mantenimientoPreventivoParaLosTornosConvencionales-3934669.pdf>.

Rey, A. (2011). *Sistema de C1lculo de Indicadores para el Mantenimiento*. Club de mantenimiento. Espa1a: Ediciones D1az de Santos S.A.

Rivero, L. (2014). *El proceso administrativo* (Monograf1a). Recuperado de: <http://goo.gl/igrNz4>

Rodr1guez, M (2012) *Propuesta de Mejora de la Gesti3n de Mantenimiento basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de*

Cajamarca (Tesis de pregrado) Universidad Privada Del Norte. Cajamarca, Perú

Sánchez, F (2013). *Mejora de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en el área de lavandería industrial de la empresa S&E servicios generales S.A.C.* (Tesis de pregrado) Universidad Privada Del Norte. Cajamarca, Perú

Tamariz, L. (2014). *Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa de Mirasol S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.

Torres, F. (2014) *El mantenimiento preventivo y predictivo, fuente de beneficios.* París: LES EDITIONS

Valdivieso, J. (2011) *Contabilidad de costos: enfoque gerencial y de gestión.* Bogotá: Quebecor World Bogotá S.A.

Zavala, A. (2015). *Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de overall equipment efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa hilados Richard's S.A.C* (Tesis de pregrado). Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.


ANEXOS

ANEXO Nº 01: FICHA DE REGISTRO DEL HISTORIAL DE MAQUINARIA

EMPRESA DESTILERIA NAYLAMP EIRL									
FICHA DE REGISTRO DEL HISTORIAL DE MAQUINARIA									
CODIGO:			MODELO MOTOR:						
DESCRIPCION:			AÑO:						
UBICACIÓN:			MARCA:						
FECHA	Nº ORDEN DE TRABAJO	HOROMETRO	PROBLEMA	SOLUCION	REPUESTOS EMPLEADOS	MECANICO	TIEMPO	OBSERV.	

Fuente: Adaptado de Maldonado, H. y Sigüenza M. (2014)

ANEXO Nº 02: FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA				 DESTILERIA NAYLAMP S			
REALIZADO POR:				FECHA:			
MAQUINA-EQUIPO				UBICACIÓN:			
FABRICANTE:				SECCION:			
MODELO:				CODIGO INVENTARIO			
MARCA:							
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO:				ALTURA:			
				ANCHO:			
						LARGO:	
CARACTERISTICAS TECNICAS				FOTO DE LA MAQUINARIA-EQUIPO			
FUNCION:							
FECHA DE MANTENIMIENTO:							


Fuente: Autores

ANEXO Nº 03: SOLICITUD DE REPUESTOS

 DESTILERIA NAYLAMP S.A.					
SOLICITUD DE REPUESTOS					
ORDEN DE PEDIDO					
MAQUINA : FECHA : SILICITANTE : HORA : PARTES DE MAQUINA: MECANICA : ELECTRICA :					
Repuesto/ pieza/ disp.. eletrico7 lubricante7 otros.	CANT.	CÖDIGO	MARCA	OBSERVACION	PROVEEDOR (almacén- tienda)

Fuente: Adaptado de Zavala, A. (2015)

**ANEXO Nº 04: CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA
DE DESTILACIÓN DE ALCOHOL**

		CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA DE DESTILACIÓN DE ALCOHOL NAYLAMP			
Área:		PROCESO:			
MÁQUINA:		MARCA:			
FECHA	HORA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN	FECHA PRÓXIMO MANTENIMIENTO	MECÁNICO RESPONSABLE


Fuente: Adaptado de Autores

ANEXO N° 05: CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

 CONTROL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA MÁQUINA DE PLANTA												
FECHA	HORA (INICIO - FIN)	DESCRIPCION/ REPARACION	PROVEEDOR	PIEZA/ RESPUESTA/DISP. ELECTRICO/LUBRICA NTE/ OTROS	CODIGO	MARCA	CANT.	N° DE SOLICITUD	MECANICO/ ELECTRICISTA		ENCARGADO/ TURNO	OFICINA: SOPORTE MECANICO
									NOMBRE	FIRMA		


Fuente: Adaptado de Zavala, A (2015)

ANEXO N° 06: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.								
SEMANA DE ACTIVIDADES	1er SEMANA	2do SEMANA	3er SEMANA	4to SEMANA	5to SEMANA	6to SEMANA	7mo SEMANA	8vo SEMANA
CAPACITACION								
CHARLAS								
INFORME								


Fuente: Adaptado de Zavala, A (2015)

ANEXO Nº 07: TABLA DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO DE CADA MÁQUINA MENSUAL

		TABLA DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO DE CADA MÁQUINA - MES:												
Nº DE MÁQUINA	MÁQUINA	HORAS TEORICAS	HORAS TRABAJADAS	Nº DE AVERIAS	PRODUCCION	PRODUCCION IDEAL	MERMAS	DISPONIBILIDAD	TASA DE EJECUCION	CALIDAD	MTBF	CONFIABILIDAD	COSTO DE PERSONAL	OEE
1														
2														
3														
4														
5														
Observaciones:														


Fuente: Adaptado de Zavala, A. (2015)

**ANEXO N° 08: FICHA DEL INFORME DEL MECANICO DEL MANTENIMIENTO
(MOF)**

 DESTILERIA NAYLAMP S.A.		FICHA DEL INFORME DEL MECANICO DEL MANTENIMIENTO (MOF)	
DENOMINACION DEL PUESTO:		JEFE INMEDIATO:	
REPORTAN:		N° DE EMPLEADOS A CARGO:	
FUNCIONES:			
NOTA:			

Fuente: Adaptado de Zavala, A. (2015)

ANEXO N° 09: GUÍA DE OBSERVACIÓN

 DESTILERIA NAYLAMP				
GUÍA DE OBSERVACIÓN				
ELEMENTO A OBSERVAR	ESTADO			OBSERVACIONES
	BUENO	REGULAR	MALO	

Fuente: Autores.

ANEXO Nº 10: FORMATO DE ENTREVISTA AL ENCARGADO DEL AREA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA DESTILERÍA NAYLAMP EIRL. PARA EL DIAGNOSTICO DE MANTENIMIENTO EN LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN

El objetivo de este cuestionario es diagnosticar la situación actual del mantenimiento preventivo en las máquinas y equipos que intervienen en la producción.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuánto tiempo tiene laborando en el área de mantenimiento?

2. ¿Qué tipo de mantenimiento se realiza en esta área y cada qué tiempo?

3. ¿Qué funciones realiza Ud. con mayor frecuencia?

4. ¿Qué máquinas son las que con mayor frecuencia presentan fallas?

5. ¿Los repuestos para dichas máquinas se encuentran en almacén?

6. ¿Qué tiempo demora la adquisición después que usted hace un requerimiento de repuestos?

7. ¿Cada qué tiempo se producen paradas de máquinas que detienen el proceso de producción de alcohol?

8. ¿Qué tiempo promedio se demora en arreglar una máquina?

9. ¿Usted considera que el tiempo que se le asigna para reparar dichas máquinas es el correcto?

10. ¿Le parece a Ud. que el personal existente en su área es suficiente?

11. ¿Tiene un registro del mantenimiento?
