

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES**

**UCC CAMPUS-LEON**



**COORDINACIÓN DE INGENIERIAS**

**Culminación de Pensum**

**Proyecto de Graduación para optar al título de grado en Ingeniero Industrial**

**PROPUESTA DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL CON MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LA EMPRESA ALMIDONES DE CENTROAMÉRICA S.A EN LA CIUDAD DE LEÓN, DE ENERO A JUNIO 2024.**

**ELABORADO POR:**

Br. Ludwin Jesús Hernández Pérez

Ingeniero Industrial

Lic. Samuel Francisco Jarquín Reyes

Ingeniero Industrial

Br. Nasser Esteban Mercado

Ingeniero Industrial

**TUTOR TÉCNICO:** Ing. Maxwell Altamirano.

**TUTORA METODOLÓGICA:** MSc. Patricia Aragón Benavides.

**León. 30 de Junio del 2024**

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES

## UCC – SEDE/CAMPUS



### COORDINACIÓN DE INGENIERÍAS

Curso de Culminación en Proyecto de Graduación para optar al título de grado en Ingeniería Industrial

#### AVAL DEL TUTOR:

Ing. Maxwell Enrique Altamirano Ramos tiene a bien:

#### CERTIFICAR

**Que:** El Proyecto de Graduación con el título: “**PROPUESTA DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL CON MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA FIABILIDAD, DE LA EMPRESA ALMIDONES DE CENTROAMÉRICA S.A EN LA CIUDAD DE LEÓN, DE ENERO A JUNIO 2024**”, elaborado por los estudiantes **Nasser Mercado, Ludwin Hernández y Samuel Jarquín**, ha sido dirigida por los suscritos.

Al haber cumplido con los requisitos académicos y metodológicos del Proyecto de Graduación, damos de conformidad a la presentación de dicho trabajo de culminación de estudios para proceder a su lectura y defensa, de acuerdo con la normativa vigente del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil y Reglamento de Investigación, Innovación y Transferencia.

Para que conste donde proceda, se firma la presente en UCC Campus León a 30 de junio del 2024

---

**Nombres y Apellidos**  
**Ing. Maxwell Altamirano**

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES

## UCC – SEDE/CAMPUS



### COORDINACIÓN DE INGENIERÍAS

**Curso de Culminación en Proyecto de Graduación para optar al título de grado en Ingeniería Industrial**

#### AVAL DEL TUTOR:

**MSc. Ana Patricia Aragón Benavides tiene a bien:**

#### CERTIFICAR

**Que:** El Proyecto de Graduación con el título: “**PROPUESTA DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL CON MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA FIABILIDAD, DE LA EMPRESA ALMIDONES DE CENTROAMÉRICA S.A EN LA CIUDAD DE LEÓN, DE ENERO A JUNIO 2024**”, elaborado por los estudiantes **Nasser Mercado, Ludwin Hernández y Samuel Jarquín**, ha sido dirigida por los suscritos.

Al haber cumplido con los requisitos académicos y metodológicos del Proyecto de Graduación, damos de conformidad a la presentación de dicho trabajo de culminación de estudios para proceder a su lectura y defensa, de acuerdo con la normativa vigente del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil y Reglamento de Investigación, Innovación y Transferencia.

Para que conste donde proceda, se firma la presente en UCC Campus León a 30 de junio del 2024

---

**Nombres y Apellidos**  
**MSc. Ana Aragón**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto está dedicado en primer lugar a Dios, quien nos ha brindado la fortaleza el entendimiento y la sabiduría necesaria para culminar con éxito este importante logro en nuestra carrera profesional.

A nuestros padres, les expresamos nuestra más profunda gratitud por su inquebrantable apoyo, amor y sacrificio a lo largo de estos años. Gracias a ellos, hemos logrado completar nuestra formación académica y convertirnos en profesionales capacitados.

Asimismo, extendemos nuestra gratitud a todas aquellas personas y familiares que han ofrecido su apoyo incondicional y han contribuido al éxito de este trabajo.

En especial, a aquellos que nos han abierto sus puertas y han compartido generosamente sus conocimientos con nosotros.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios principalmente por guiarnos hasta este momento que ha sido tan esperado en nuestras vidas su apoyo y misericordia no han permitido superar los desafíos y alcanzar los logros hasta el día de hoy.

Agradecemos también a nuestros padres por ser uno de los principales apoyos, gracias a su amor incondicional, por darnos aliento y guiarnos en los momentos difíciles, brindándonos su dedicación y sacrificios ya que son ellos nuestro pilar fundamental que nos ayudan a alcanzar nuestros sueños y anhelos. Le agradecemos profundamente su apoyo su fe y por brindarnos los recursos necesarios para nuestro crecimiento tanto personal como profesional.

También queremos extender nuestro agradecimiento y reconocer el apoyo de la directora académica Lic. Daysi Torrez por su apoyo incondicional, nuestros tutores, cuyos consejos y apoyos han sido fundamentales a lo largo de nuestro desarrollo académico, por compartir sus conocimientos. A nuestro tutor técnico Ing. Maxwell Altamirano, así mismo nuestra tutora metodológica MSc. Ana Patricia Aragón Benavides por guiarnos y orientarnos en nuestro proyecto de culminación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO .....	2
1.1.- Antecedentes y Contexto del Problema.....	2
1.1.1 Antecedentes Históricos.....	2
1.1.3 Antecedentes Regionales .....	4
1.1.4 Antecedentes Nacionales.....	5
1.1.5 Antecedentes Locales .....	7
1.2.- Objetivos .....	10
1.2.1 Objetivos General .....	10
1.2.2 Objetivos Específicos. ....	10
1.3.- Descripción del Problema.....	11
1.4.- Justificación.....	12
1.5.1 Alcances: .....	13
1.5.2 Limitaciones: .....	13
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL .....	14
2.1.- Marco conceptual .....	14
2.1.1 Mantenimiento. ....	14
2.1.2 Confiabilidad. ....	14
2.1.3 Mantenimiento productivo total (TPM).....	15
2.1.4 Evolución del mantenimiento. ....	15
2.1.5 Tipos de mantenimiento .....	16
2.1.6 Costos del mantenimiento correctivo y preventivo.....	18
2.1.7 Introducción al mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) .....	20
2.1.8 Metodología para la implementación del RCM. ....	20
2.1.9 Pilares del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) .....	21
2.1.10 Fórmulas matemáticas y estadísticas para determinar la confiabilidad. ....	21
2.1.11 Mantenimiento Industrial .....	23
2.1.12 ISO 55000, un conjunto de normas sobre Gestión de Activos.....	23
2.1.13 Sistemas de Gestión de Calidad .....	24
2.1.14 SAE JA1011 "Evaluación y mejora de los programas de mantenimiento centrado en la fiabilidad" .....	24
2.1.15 SAE JA1012 "Implementación del mantenimiento centrado en la fiabilidad .....	24

2.2.- Marco Legal .....	25
2.3.- Marco contextual .....	28
2.4 Marco institucional.....	28
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>35</b>
3.1.- Tipo de Proyecto .....	35
Según la procedencia del capital: .....	35
Según el sector.....	35
Según su ámbito de aplicación .....	35
Según su orientación: .....	35
Según área de influencia .....	36
3.2.- Métodos de estudio y unidades de análisis .....	36
3.2.1 Unidades de Análisis.....	36
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.3.1. Fuentes Primarias .....	37
3.3.2. Fuentes Secundarias .....	38
3.4.- Confiabilidad y validez de los instrumentos .....	38
<b>CAPÍTULO IV: DIAGNOSTICO SITUACIONAL .....</b>	<b>39</b>
4.1 Diagnóstico.....	39
4.1.1-Macro y Micro localización .....	39
4.1.2-Characterización del Entorno (natural o construido).....	40
4.1.3-Aspectos socioeconómicos / Aspecto económico: actividad de la empresa .....	40
<b>CAPÍTULO V: ESTUDIOS DE INGENIERIA .....</b>	<b>43</b>
5.1 Estudio de gestión del mantenimiento. ....	43
5.1 .1 Diagrama de Pareto .....	43
5.1 .2 Auditoria.....	43
5.1 .3 Diagrama de Ishikawa.....	44
5.1 .4 Gestión de mantenimiento .....	44
<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
6.1 Diagrama de Pareto. ....	46
6.2 Espina de Pescado (Ishikawa o Diagrama de Causa y Efecto): .....	47
6.3 Análisis de la Auditoria .....	70
6.4 Análisis de la Entrevistas.....	85
6.5 Estudio de gestión del mantenimiento. ....	87

6.6 PROPUESTA DE DISEÑO .....	112
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES .....	126
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES .....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	129

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Marco Legal .....	25
Tabla 2 Maquinarias .....	36
Tabla 3 Caracterización del espacio .....	40
Tabla 4 Referencia de Informantes .....	85
Tabla 5 Matriz de Interpretación .....	85
Tabla 6 Propuesta de Ficha .....	124

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Análisis de vibraciones de un motor en funcionamiento .....	17
Figura 2 Costo de mantenimiento .....	19
Figura 3 Costo asociado al mantenimiento .....	19
Figura 4 Características de la confiabilidad .....	21
Figura 5 Mantenimiento industrial Más utilizados .....	23
Figura 6 Datos de ALCASA .....	28
Figura 7 Organigrama General de ALCASA .....	31
Figura 8 Macro y Micro localización de ALCASA .....	39
Figura 9 Fallas semanales .....	46
Figura 10 Máquina de Tolva de Recepción .....	47
Figura 11 Máquina de Banda Transportadora .....	48
Figura 12 Lavador de Raíz .....	49
Figura 13 Banda de Inspección .....	50
Figura 14 Triturador .....	51
Figura 15 Colocho Vertical .....	52
Figura 16 Dosador .....	53
Figura 17 Cevaderia .....	54



Figura 18 GI Filtro Rotativo.....	55
Figura 19 Centrifuga.....	56
Figura 20 Hidrociclone.....	57
Figura 21 DC 2000 .....	58
Figura 22Revolvedor de Fécula .....	59
Figura 23 Helicoidal Transportador de Fécula.....	60
Figura 24 Esfarilador .....	61
Figura 25 Intercambiador de Calor .....	62
Figura 26 Exaustor .....	63
Figura 27 Válvula Rotativa .....	64
Figura 28 Cilo de Fécula .....	65
Figura 29 Colocho Big Bag.....	66
Figura 30 Clasificador.....	67
Figura 31 Colocho de Empaque .....	68
Figura 32 Maquina de Empaque .....	69
Figura 33 Criterio de Mano de Obra .....	70
Figura 34 Criterios de Medios Tecnicos .....	72
Figura 35 Criterio de Método de Trabajo.....	75
Figura 36 Criterio de Materiales .....	77
Figura 37 Criterio de Resultados Obtenidos.....	79
Figura 38 Criterio de Seguridad.....	81
Figura 39 Criterio de Medio Ambiente .....	83

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Cronograma de actividades .....	132
Anexo 2 Presupuesto o Recursos: humanos, materiales y financieros .....	133
Anexo 3 Validación de expertos.....	134
Anexo 4 Fallas semanales .....	136
Anexo 5 Auditoria.....	137
Anexo 6 Entrevista.....	146
Anexo 8 Imágenes de ALCASA .....	147

## RESUMEN

El presente documento refiere a la propuesta de sistema de mantenimiento productivo total, con mantenimiento centrado en la fiabilidad de la empresa Almidones de Centroamérica S.A en la ciudad de León, correspondiente de Enero a Junio 2024; cuyo propósito, es efectuar un diagnóstico sobre el tema en estudio, con el fin de mejorar la eficiencia operativa de la empresa e identificar los principales indicadores de mantenimiento, a través de un diagnóstico situacional y evaluar los indicadores claves, a fin de determinar las causas principales de la baja productividad y diseñar una propuesta de mejora del sistema de mantenimiento productivo con un enfoque en el mantenimiento centrado en la confiabilidad en Almidones de Centroamérica S.A. Este proyecto es de enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, representa una serie de procesos secuenciales debido al mantenimiento que se puede realizar en cada máquina, analizando los datos obtenidos para arrojar resultados estadísticos, contemplando una realidad objetiva única, se recolectan datos sobre las condiciones actuales de las máquinas de la empresa. El sistema de mantenimiento efectuado por la empresa ALCASA es un problema, ya que es poco confiable, no existe un sistema de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, puesto que trabajan por horas máquinas la durabilidad de sus componentes, no cuentan con una bitácora, ni ficha técnica para llevar un registro de averías y poder establecer mejoras. De acuerdo al análisis se utilizó el diagramas de Pareto y Ishikawa con el acompañamiento de una auditoría, lo que mostró como resultado que algunas de las fallas principales son la obstrucción de materiales y vibraciones, también gracias al diagrama de causa y efecto se detectó problemas en los rodamientos. En conclusión se propone elaborar una ficha técnica para poder obtener información de los equipos y crear un historial para poder efectuar los mantenimientos acertados.

**PALABRAS CLAVE:** Mantenimiento, confiabilidad, condiciones, maquinarias y componentes

## **ABSTRACT**

This document refers to the proposal for a total productive maintenance system, with maintenance focused on the reliability of the company Almidones de Centroamérica S.A in the city of León, corresponding from January to June 2024; whose purpose is to carry out a diagnosis on the topic under study, in order to improve the operational efficiency of the company and identify the main maintenance indicators, through a situational diagnosis and evaluate the key indicators, in order to determine the causes main reasons for low productivity and design a proposal to improve the productive maintenance system with a focus on maintenance focused on reliability in Almidones de Centroamérica S.A. This project has a quantitative descriptive approach, it represents a series of sequential processes due to the maintenance that can be carried out on each machine, analyzing the data obtained to provide statistical results, contemplating a unique objective reality, data is collected on the current conditions of the company's machines. The maintenance system carried out by the company ALCASA is a problem, since it is unreliable, there is no preventive, predictive and corrective maintenance system, since machines work for hours to ensure the durability of their components, they do not have a logbook, nor technical sheet to keep a record of breakdowns and be able to establish improvements. According to the analysis, the Pareto and Ishikawa diagrams were used with the accompaniment of an audit, which showed as a result that some of the main failures are the obstruction of materials and vibrations, also thanks to the cause and effect diagram, problems were detected in the bearings. In conclusion, it is proposed to prepare a technical sheet to obtain information about the equipment and create a history to be able to carry out the correct maintenance.

**KEYWORDS:** Maintenance, reliability, conditions, machinery and components



## **INTRODUCCIÓN**

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología que busca maximizar la eficiencia de los equipos; a través de la participación activa de todos los miembros de la organización. En este sentido, se propone la implementación de un sistema de mantenimiento productivo total con Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), que permita optimizar la gestión de los activos y mejorar la productividad de la empresa.

El RCM es una metodología que se enfoca en identificar y eliminar las fallas potenciales de los equipos, priorizando aquellas que pueden tener un mayor impacto en la operación de la planta. Para ello, se realiza un análisis detallado de los modos de falla de los activos, sus consecuencias y la mejor estrategia de mantenimiento a aplicar. (Sifonte, 2019)

El presente trabajo es una propuesta de sistema de mantenimiento productivo total, con mantenimiento centrado en la confiabilidad, de la empresa Almidones de Centroamérica S.A en la ciudad de León, en el período comprendido de Enero a Junio 2024, se pretende identificar los principales indicadores de mantenimiento en la empresa, luego evaluar los indicadores claves de manteniendo que está realizando la empresa para diseñar un sistema de retroalimentación y seguimiento de la efectividad del sistema combinado de mantenimiento y presentar la propuesta de mejora del sistema de mantenimiento productivo con un enfoque en el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Por otro lado, la metodología desarrollada es cuantitativa, el tipo de estudio según, el tiempo de ocurrencia con base al período y secuencia del estudio es transversal, se recolectaron datos en un momento de tiempo único de enero a junio del 2024. Con base al análisis y alcance es descriptivo, analítico, como método empírico se utiliza la observación y la síntesis, partiendo del método inductivo de premisas particulares para llegar a la generalización de la información. Se aplicaron



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

entrevistas estructuradas al personal sobre el número de fallas recurrentes a persona encargada del área de mantenimiento y un check list, aplicado al Ingeniero de planta, el procesamiento de la información se efectuó utilizando el Excel.

El trabajo está estructurado por capítulos en relación al capítulo I se refiere al planteamiento del proyecto, se encuentran los antecedentes, los objetivos del proyecto, descripción del problema y la pregunta del proyecto, la justificación alcance y limitaciones. Por otro lado, el capítulo II correspondiente al marco teórico, conceptual, legal leal institucional y el capítulo III comprende el diseño metodológico, se define el tipo de proyecto, métodos, área de estudio, unidades de análisis, técnicas e instrumentos de recolección de datos, confiabilidad y validez de los instrumentos, procesamiento de datos y análisis de la información y el capítulo IV: este capítulo aborda los aspectos del diagnóstico situacional, macro y micro localización, caracterización del entorno, aspectos socioeconómicos identificación de riesgos y afectaciones. En cuanto al capítulo V Estudios de Ingenierías estudio de mejora en operaciones Diagrama causa efecto, estudio de gestión de mantenimiento diagrama de Pareto y Auditoria. El capítulo VI análisis de resultados propuesta del diseño Sistema de Diseño combinado de TPM con RCM, el capítulo VII corresponde a las conclusiones el capítulo VIII recomendaciones, Referencias Bibliográfica y finalmente anexos



## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

### 1.1.- Antecedentes y Contexto del Problema

#### 1.1.1 Antecedentes Históricos

En 1978 por los Ing. Howard Heap y Stanley Nowlan de United Airlines para el departamento de defensa de EUA surge la Técnica de El mantenimiento centrado en la confiabilidad, también conocido como RCM por sus siglas en inglés es una técnica desarrollada en la industria de la aviación en los años 60's y 70's,

La primera versión del RCM conocida fue: MSG-1, se le atribuye haber reducido la cantidad de horas hombre de mantenimiento a los aviones Boeing 747 en un 85% en comparación con el modelo 707, a pesar de ser un avión mucho más espacioso que su antecesor. (Sifonte, 2019)

Las raíces del mantenimiento productivo TPM provienen de la Industria Japonesa aproximadamente durante la década de los 50's. La técnica evolucionó gradualmente desde los principios de mantenimiento utilizados desde mucho tiempo atrás. Las máquinas y los procesos se mantenían en funcionamiento hasta que se rompían. Esta forma de mantenimiento era conocida como “mantenimiento de roturas”.

Hubo una preocupación creciente acerca de la ineficiencia y la miopía de esta práctica y un presentimiento de que algo mejor se podía realizar. Escribiendo para la Harvard Business Review en 1968, JJ Wilkinson, un consultor de management con HB Maynard & Co sugirió que “la mayoría de las fábricas de hoy están en posición de reducir sus costos de mantenimiento a 1/3 o menos y mejorar significativamente los niveles de productividad”. (Amorelli, 2019)

#### 1.1.2 Antecedentes Internacionales.

La primera tesis encontrada con el título El mantenimiento preventivo como estrategia en la minimización de accidentes y aseguramiento de la calidad 2023 de la universidad Politécnica Salesiana, de Ecuador elaborado por Diego Enrique Veloz Vargas. El objetivo de este estudio se orientó a desarrollar un plan de mantenimiento



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

preventivo como estrategia en la minimización de accidentes y aseguramiento de la calidad. Para ello, se aplicó un enfoque mixto de tipo descriptivo bajo el método investigación-acción. Al implementar el plan de mantenimiento se logró aumentar el tiempo medio entre fallas siendo mayor a 95 horas, así mismo, se reducen los tiempos medios de reparación de fallas a 52 minutos de esta manera cumpliendo los objetivos establecidos por la empresa. La principal contribución del estudio fue mostrar que poner en funcionamiento diferentes herramientas de manera organizada, al igual que compartir información y responsabilidades con los trabajadores, puede ser de beneficio con un alto valor para las empresas y hacer que las funciones de mantenimiento sean más eficientes. (Vargas, 2023)

La segunda tesis encontrada a nivel internacional con el título: Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa Astaldi-Pirua 2020 de la universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo para obtener el título de ingeniero mecánico eléctrico, elaborado por Luis Enrique Bustamante Quintana; su objetivo es proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa Astaldi – Piura. Se aplicó el método abductivo mediante premisas particulares mediante la identificación de los problemas que se presentan en la planta chancadora, el análisis de modos y efectos de fallas y el análisis de criticidad de las máquinas utilizando el método de Weibull. Finalmente, se implementará el mantenimiento centrado en la confiabilidad con el fin de lograr incrementar la producción, la disponibilidad y la reducción de costos; obteniendo un ahorro significativo de recursos en las operaciones de la empresa Astaldi. (Fustamente, 2020)

La tercera tesis a nivel internacional con el título: Diseño de la propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento productivo total TPM para la Empresa Colombiana de Cementos S.A.S. en la región de Rio Claro – Antioquia 2020 de la universidad EAN de Colombia autor German Gabriel Anaya Vega. Su objetivo es diseñar una propuesta de implementación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM), para ello se aplicó una investigación del tipo cuantitativo, que permitió establecer variables verificables por medio de una



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

encuesta, definiendo así un plan maestro de acciones y como resultado del mismo, la garantía de aplicación del estudio quedó claras las fortalezas y debilidades que por parte de los trabajadores se tienen frente a cada uno de los pilares necesarios en la implementación de la metodología TPM. (Anaya, 2020)

### 1.1.3 Antecedentes Regionales

Se encontró a nivel regional la tesis con el título: “Optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un Plan de mantenimiento preventivo en la Fábrica de Harinas de Centroamérica, durante un período de 8 meses”-2021 Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, autores José Arcadio Loría Sánchez y Kerin Paola Quirós Ramírez. El presente estudio tuvo como objetivo general diseñar una propuesta de mantenimiento preventivo en la empresa FHACASA/ Fábrica de Harinas de Centroamérica, mediante la técnica RCM (Mantenimiento centrado en la fiabilidad), con el fin de maximizar el tiempo de operación de los equipos. Metodológicamente, la investigación se desarrolla con un enfoque mixto, dicha estructura consiste en la observación y en el análisis, lo cual hace referencia al método cualitativo. Se determinó la cantidad de mecanismos existentes, se extrajo un histórico de fallas del sistema GMA (Gestión de Manufactura Automatizado), de los 10 primeros meses del 2019, para posteriormente realizar un diagrama Pareto, que evidencie cuáles son los equipos que generan mayor problema en los procesos de la empresa y de esta forma poder analizarlos con una hoja de trabajo RCM, donde se estudia algunos aspectos importantes, como función, fallas funcionales, modos de falla, partes, subpartes, causas y acciones preventivas, para de esta forma generar rutinas de mantenimiento que prolonguen la vida útil de los equipos, prevenga su deterioro físico, garantice la seguridad de los trabajadores y la conservación del medio ambiente. (Sánchez & Quirós, 2021)

La segunda tesis encontrada a nivel regional con el título Diseño de investigación de un plan para la mejora de la productividad en empresa de logística y transporte pesado refrigerado ubicado en república de Guatemala a través del mantenimiento productivo total 2021 de la Universidad de San Carlos. Elaborada por Yorick Anthony Quiroz Castillo. El objetivo de esta investigación es diseñar el plan que





## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

permite a la empresa de transporte pesado realizar mantenimientos preventivos a sus unidades de forma constante y planificada. La metodología descrita está basada en un enfoque mixto, posee un alcance descriptivo y diseño no experimental la recolección de datos se clasifica como longitudinal. Se concluyó la viabilidad del trabajo de investigación con el fin de reducir las pérdidas, tiempos muertos los costos y gastos innecesario y aumentar la disponibilidad de los camiones mejorar su rendimiento y vida útil de los mismo. (Castillo, 2021)

La tercera tesis encontrada a nivel regional con el tema Propuesta de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM), en las líneas de producción de la empresa distribuidora américa comercial, Dacsa S.A. de la Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, 2021 elaborada por Luis Carlos Ochoa Sandoval. Su es objetivo es una propuesta de mantenimiento productivo total (TPM) para la empresa Distribuidora América Comercial S. A. (DACSA), con la finalidad de mejorar la eficiencia de sus máquinas garantizando la disponibilidad y fiabilidad, como también la reducción de pérdidas en la operación. Aplicando un método cuantitativo el cual describe diferentes análisis, diseños y resultados que están conformados en varias fases, servicio técnico profesional, investigación y docencia. En la fase de investigación, orientado en el TPM, la posible creación de un manual de mantenimiento industrial para el uso y cuidado de las máquinas de la empresa, aumentando tiempo de vida y la posibilidad de cómo utilizarlas y cuidarlas. (Sandoval, 2021)

### **1.1.4 Antecedentes Nacionales**

A nivel nacional se encontraron la primera tesis con el título Implementación de técnicas de análisis RCM en el turbogenerador de condensación de la planta eléctrica Monte Rosa 2020 de la Universidad Nacional de Ingeniería, elaborada por José Alejandro Reyes y Marcos Manuel Campos Bravo. Con el objetivo de Realizar estudio de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) en el turbogenerador de condensación #1 de la Planta Eléctrica Monte Rosa. Aplicando un método cuantitativo realizando recorridos en el sistema del turbogenerador, se logró identificar el flujo de energías, de esta forma se pudo plantear un diagrama de flujos



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

de este para lograr entender la operación; también se logró definir una función principal para el sistema, basándonos en la meta de venta de energías que tiene el ingenio como tal, tomando en cuenta la capacidad de las calderas y el principal negocio de la empresa. Una vez definida la función principal y funciones secundarias, se trató de identificar todos aquellos modos de fallas que hacen que la función principal o secundaria no se cumpla, también aquellos componentes que si tienen un fallo, afectan la función del sistema, durante este paso se tuvieron dificultades, debido que la base de datos de fallos no contenía los datos de manera correcta, se tuvo que realizar una investigación de la misma base de datos, ya que muchas fallas fueron declaradas como mantenimiento preventivo, otros incluso no fueron declarados. (Bravo, 2020)

La segunda tesis Propuesta de manual de Mantenimiento Industrial Basado en la fiabilidad (RCM) para el mejoramiento de la disponibilidad de máquinas y equipos de trabajo utilizados en el área de imprenta de SERFOSA Digital, J&M Artes Gráficas, segundo semestre 2019, UNAN Managua, elaborada por Jimmy Ramón Martínez Sequeira y Kenner Isaac Zapata Aburto, 2020. La tesis tiene como objetivo Proponer un plan de Mantenimiento Industrial Basado en la fiabilidad (RCM) para el mejoramiento de la disponibilidad de máquinas y equipos de trabajo utilizados en el área de imprenta de SERFOSA Digital, J&M Artes Gráficas. El tipo de enfoque de la investigación es mixto, ya que se realiza un análisis de variables cualitativas de forma y cuantitativas de fondo en cuanto al uso, manejo y disposición de las máquinas y equipos se consiguió introducir las tareas del plan de mantenimiento en el software renovefree para generar las órdenes de trabajo. La empresa Serfosa Digital logrará garantizar la prolongación de la vida útil de sus máquinas y equipos mediante la aplicación del plan de mantenimiento RCM propuesto. (Sequeira & Zapata, 2019)

La tercera tesis encontrada con el título: “Propuesta de guía metodológica para la aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en transformadores de potencia” trabajo monográfico para optar al título de ingeniero eléctrico de la Universidad Nacional de Ingeniería 2019 elaborado por Alex Alfredo Díaz Gómez.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Su objetivo es proponer una guía metodológica para la aplicación un plan de mantenimiento eficaz y eficiente; usando los principios del RCM, para los transformadores de potencia de las subestaciones eléctricas tomando como referencia el transformador de la Subestación “Mojón” del municipio de la Libertad. Se aplico un método de estudio descriptivo y la investigación de este trabajo se realizará orientada a la continuidad del suministro de energía eléctrica, refiriéndonos así a la confiabilidad del servicio. Cuando se analizan los equipos más críticos de una subestación eléctrica el transformador de potencia es el más importante, esto debido a su alto costo y a que su reemplazo inmediato es muy difícil, debido a sus características constructivas y su instalación; ocasionando así grandes pérdidas económicas del país. (Gómez, 2019)

### **1.1.5 Antecedentes Locales**

La primera tesis encontrada a nivel local con el título: Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento industrial para mejorar la eficiencia de los molinos del área de elaboración de compañía cervecera de nicaragua durante el período febrero - mayo del año 2022 de la Universidad de Ciencias Comerciales, elaborada por Heyson Moisés Herrera Cruz, Luis Enrique López y Jimmy Alexander Jarquín. El presente trabajo tiene como objetivo Proponer un modelo de Gestión del mantenimiento para los molinos en el área de Elaboración de Compañía Cervecería de Nicaragua que mejore la disponibilidad y la eficiencia general de los equipos, la investigación referida sobre herramientas utilizadas en la gestión del Mantenimiento en molinos del área de Elaboración de Compañía Cervecería de Nicaragua para el análisis y mejora de eficiencia se considera como una investigación de tipo descriptiva, orientada a analizar el comportamiento de la variable en el contexto de estudio. De acuerdo con los resultados obtenidos podemos determinar la importancia de implementar una serie de estrategias que ayude a mejorar la eficiencia de los molinos mediante los indicadores de disponibilidad y tiempo entre fallas, ya que los costos son elevados al no mejorar la gestión del mantenimiento dado que el costo por minuto de paro por molinos se aproxima a los U\$20 por minuto y U\$1,200 por hora, es decir que si reducimos al máximo los paros que obtuvimos



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

en los primeros 4 meses del año podríamos haber ahorrado al menos U\$7,200 dólares solo en la especialidad mecánica. (Herrera, 2022)

La segunda tesis encontrada a nivel local con el título: Propuesta de mejoras a la gestión del mantenimiento de equipo de transporte de carga pesada de la empresa comercializadora de maní s a ubicada en el departamento de Chinandega periodo comprendido de julio a noviembre del año 2023, Proyecto de Graduación para optar al Título de Grado en Ingeniero Industrial. UCC – CAMPUS LEON, elaborada por Goherin Wilfredo Valladares Medina, Silvio Vicente Narváez Narváez y Edwin Alejandro Armas Najares. El presente proyecto de investigación es una propuesta de mejora a la documentación para la gestión de mantenimiento de equipo de transporte pesado de la empresa COMASA ubicada en el departamento de Chinandega periodo de Julio a noviembre del año 2023 se centró en analizar la situación actual del área del servicio de taller para equipos de transporte pesado basado en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para determinar los puntos que no se están cumpliendo y los que se deben de mejorar por parte de la empresa para reducir la problemática de paros inesperados en los equipos de transporte. La metodología usada en el proyecto es de tipo descriptivo, cuantitativo. (Valladares, 2023)

La tercera tesis encontrada con el tema Plan de mantenimiento autónomo para mejorar la eficiencia general de los equipos sopladora y etiquetadora de la línea khs de “compañía cervecera de nicaragua”, managua julio noviembre 2023, elaborado Suárez Picado, Brenda María , Sáenz Hernández, Esther del Carmen y Lucas Reyes, Julio César, tiene como objetivos Implementar plan de mantenimiento autónomo para el mejoramiento de la eficiencia general de los equipos sopladora y etiquetadora de la línea KHS. Esta investigación corresponde a un estudio cuantitativo por indagar activamente en las dinámicas que reinciden en la empresa, haciéndose valer del análisis inductivo mediante herramientas como la entrevista y la observación. Los tiempos paros no programados iniciaron con 145.83 horas, luego de la implementación parcial del plan autónomo estas se han reducido en 104 horas, logrando que el personal operativo de los equipos tenga el conocimiento



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

suficiente para reportar las fallas adecuadamente, realizar ajustes y actividades básicas para reducir estos tiempos de paros. Por todo lo antes mencionado podemos determinar la importancia de implementar un plan de mantenimiento autónomo para que los equipos puedan funcionar en óptimas condiciones y tengan una alta disponibilidad. (Suárez, 2023)



## 1.2.- Objetivos

### 1.2.1 Objetivos General

Proponer un sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) con enfoque en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en Almidones de Centroamérica S.A. (ALCASA), con el fin de elaborar una propuesta y mejorar la eficiencia operativa.

### 1.2.2 Objetivos Específicos.

- Identificar los principales indicadores de mantenimiento en la empresa Almidones de Centroamérica aplicando un diagnóstico situacional a través de una auditoria.
- Evaluar los indicadores claves de manteniendo en la empresa Almidones de Centroamérica mediante las metodologías de TPM y RCM.
- Determinar las causas principales de fallas de los equipos mediante los diagramas Ishikawa y Pareto.
- Elaborar una propuesta de mejora del sistema de mantenimiento productivo con un enfoque en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en Almidones de Centroamérica S.A.



### 1.3.- Descripción del Problema

Los costos de mantenimiento representan una parte significativa de los costos totales de producción a nivel mundial, oscilando entre el 15% y el 40%. Cada dólar de mantenimiento diferido podría resultar en hasta cuatro dólares en costos de renovación de capital más adelante. Aunque el uso del mantenimiento predictivo ha aumentado, con un incremento del 47% en 2017 al 51% en 2018, el 80% del personal de mantenimiento sigue prefiriendo el mantenimiento preventivo. A pesar de su eficiencia, el mantenimiento predictivo sigue siendo subutilizado. Se estima que el análisis predictivo produce un retorno de la inversión diez veces mayor y genera un ahorro del 30%. (Dunn, 1987)

El problema de una gestión ineficiente del mantenimiento de la maquinaria es significativo debido a su impacto en la eficiencia operativa, los costos financieros y la seguridad de los trabajadores. Los altos costos de mantenimiento, los tiempos de inactividad no planificados y el riesgo de accidentes laborales son algunas de las consecuencias negativas. De acuerdo al análisis observacional se destaca que la empresa ALCASA no llevan un registro (bitácora) consecutivo de las fallas en las maquinarias

Por tanto, en la empresa Almidones de Centroamérica S.A. priorice la implementación de este Sistema de Mantenimiento Mejorado para maximizar la eficiencia operativa, reducir los costos financieros y garantizar la seguridad de sus empleados. Este enfoque no solo mejorará la disponibilidad de los equipos de la empresa, sino que también la confiabilidad de los mismos para enfrentar los desafíos futuros con mayor éxito.

El sistema de mantenimiento de la empresa ALCASA, está basado en horas, no es lo correcto, porque no se da seguimiento adecuado a los componentes, lo que incide en el funcionamiento eficaz de las máquinas, y actualmente las empresas aplican los mantenimientos más eficaces como son el preventivo, predictivo y correctivo.



#### 1.4.- Justificación

La implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) con mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa Almidones de Centroamérica S.A. en la ciudad de León, durante el periodo de enero a junio de 2024, este trabajo es crucial, debido a su impacto en la eficiencia operativa, la reducción de costos y la mejora de la calidad del producto.

Este enfoque combina la participación activa de los trabajadores en el mantenimiento de equipos, la optimización de actividades de mantenimiento preventivo, predictivo, y la gestión eficaz de recursos y repuestos. Los beneficios se extienden a trabajadores, técnicos, jefes de mantenimiento, jefes de producción, inversionistas, financieras, comunidad local e ingenieros industriales, incidiendo en los consumidores finales del producto almidones de yuca.

El TPM-RCM aumenta el sentido de responsabilidad y pertenencia de los trabajadores, mejora su capacitación y conocimiento técnico, y crea un entorno de trabajo más seguro y eficiente. Para los técnicos de mantenimiento, proporciona una metodología estructurada que les permite identificar y abordar proactivamente problemas, optimizando sus actividades y aumentando la vida útil de los equipos. Los jefes de mantenimiento pueden planificar y gestionar de manera más eficaz las actividades de mantenimiento, asignar recursos de manera óptima y, que reduce costos y mejora la disponibilidad de equipos.

En términos de producción, el TPM-RCM garantiza que los equipos estén en óptimas condiciones, reduciendo los tiempos de inactividad no planificados, aumentando la productividad y mejorando la calidad del producto final. Los inversionistas y financieras se benefician de una mejora en la rentabilidad de la empresa, ya que se reducen los costos de mantenimiento, se aumenta la eficiencia operativa.

A la universidad y a los futuros ingenieros industriales porque sirve como base, para otros estudios posteriores en relación al tema del proyecto de graduación.





### **1.5.1 Alcances:**

Este proyecto pretende tener un impacto positivo al proponer un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para reducir el tiempo de inactividad de la maquinaria y maximizar la disponibilidad de los equipos en la empresa.

El cual se está trabajando en la realización de una propuesta para la correcta aplicación de los mantenimientos mediante una ficha donde se elaborará un historial de los equipos que presenten averías y en futuros mantenimiento tener la información adecuada para realizar el trabajo pertinente.

### **1.5.2 Limitaciones:**

Disponibilidad de la información por arte de la empresa ALCASA, en esta etapa se encuentra en proceso de expansión de su infraestructura, por tanto, existe una restricción en el tiempo disponible para las visitas de campo.

Se está trabajando con información confidencial de la empresa y no permite expresar de manera total los hallazgos y evidenciar en el proyecto de graduación, dado que se debe respetar el derecho a la confidencialidad de la empresa preservando la privacidad de la misma en temas específicos.

La falta de información limita la fiabilidad del mantenimiento en cada maquinaria, ya que, no cuenta con la suficiente información de la ficha técnica para el mantenimiento preventivo.



## CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

### 2.1.- Marco conceptual

#### 2.1.1 Mantenimiento.

El mantenimiento industrial se creó básicamente para conservar la funcionalidad de los equipos, este identifica causas de las posibles fallas de los equipos y por ende la respectiva acción correctiva, el mantenimiento trata de realizar las actividades más eficaces para tratar de impedir la aparición de dichas causas de falla. (Huacuz, 2008)

El mantenimiento es un conjunto de actividades planificadas y sistemáticas dirigidas a garantizar el correcto funcionamiento, prolongar la vida útil y optimizar el rendimiento de equipos, maquinarias, infraestructuras o cualquier otro tipo de activo. Este proceso involucra inspecciones regulares, reparaciones, ajustes y sustituciones de componentes según sea necesario. Su objetivo principal es prevenir fallas o averías imprevistas, lo que a su vez reduce los tiempos de inactividad y los costos asociados.

#### 2.1.2 Confiabilidad.

La confiabilidad es directamente proporcional al estado de los componentes de un equipo, depende de las acciones preventivas y correctivas que se desarrollen en el mantenimiento, y también depende del modelo del equipo, durante mas nuevo el modelo su confiabilidad tiende a ser mayor, cuando se tiene en cuenta la confiabilidad de los equipos en mantenimiento se le llama, mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). (Vélez, 2015)

La confiabilidad en el mantenimiento se refiere a la capacidad de un sistema, equipo o activo para cumplir con su función de manera continua y consistente durante un periodo determinado, bajo las condiciones operativas específicas. Este concepto implica la minimización de fallas, averías y tiempos de inactividad no planificados, lo que garantiza la disponibilidad y el rendimiento óptimo de los activos.



### **2.1.3 Mantenimiento productivo total (TPM).**

El mantenimiento productivo total (TPM) es un programa de mantenimiento que involucra un concepto nuevo para maquinas o ítems. El objetivo del programa es incrementar la producción e incrementar la moral de todos los empleados de una compañía haciendo que se sientan valiosos, otorgándoles responsabilidades para que formen parte de un proceso de generación de bienes y servicios. (Venkatesh, 2008)

El TPM, es una filosofía de gestión que busca maximizar la eficiencia de los equipos industriales, eliminando pérdidas y optimizando los recursos. Se centra en la participación activa de todos los niveles de la organización, desde la alta dirección hasta el personal de producción, en la mejora continua de los procesos de mantenimiento.

### **2.1.4 Evolución del mantenimiento.**

Durante la revolución industrial una era comprendida entre el siglo XVIII y XIX se generaban necesidades de seguir avanzando mucho más aun con la demanda de reparaciones y de averías que se presentaban en máquinas como por ejemplo la máquina de vapor, es aquí donde la industria se da cuenta de que requiere personal que se ocupe de estos daños para poder seguir con el avance industrial que se estaba generando, esta idea parece ser demasiado obvia y lógica pero los diseños que se hacían en esa época carecían de facilidad para realizar una reparación de una máquina de esta época, es decir los diseñadores no tenían en cuenta el futuro de la máquina, pensaban que si se dañaba era más fácil cambiar la maquina por otra nueva o una pieza por otra pieza nueva y problema solucionado, en esta época donde el dinero sobraba y los empresarios solo querían la expansión no sentían los efectos que se generaban por no tener lo que hoy en día se conoce como el mantenimiento . (Nakajima, 1970)



### **2.1.5 Tipos de mantenimiento**

A continuación, se explicarán los tipos de mantenimientos que se presentan en la industria metalmecánica.

#### **2.1.5.1 Evaluación del Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es la práctica de realizar ciertas tareas con una frecuencia determinada la cual está determinada por una programación, este tipo de mantenimiento se realiza básicamente para evitar un paro inesperado en pleno tiraje de producción, así se da una mayor seguridad durante la producción y por supuesto mayor seguridad sobre la calidad del producto. (González, 2013)

La evaluación del mantenimiento preventivo es un proceso crucial dentro de la gestión de activos, donde se analiza la efectividad de las estrategias implementadas para prevenir averías y maximizar la disponibilidad de equipos y maquinarias.

#### **2.1.5.2 Evaluación Mantenimiento predictivo.**

En el mantenimiento predictivo al igual que el mantenimiento preventivo tiene como su objetivo final el aumento de la seguridad de que la maquina no falle en un tiraje de producción, solo que este tipo de mantenimiento puede ser ejecutado mientras la maquina está en funcionamiento.

La evaluación del mantenimiento predictivo implica el análisis de la efectividad de las técnicas utilizadas para predecir fallos y planificar intervenciones de mantenimiento antes de que ocurran averías

Figura 1

Análisis de vibraciones de un motor en funcionamiento.



Fuente: (Holek, “Tendencias del mantenimiento productivo”,)

### 2.1.5.3 Evaluación del mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo se desarrolla en muchas industrias, este se define como una reparación de un daño de una máquina que ocurrió inesperadamente, esto no es mantenimiento es reparación lo que equivocadamente se define como mantenimiento correctivo, esta reparación es el que genera la mayor pérdida de dinero en cuanto se refiere al proceso como tal, ya que en una línea de producción en serie su correcto funcionamiento depende de que todas las maquinas estén en óptimas condiciones electromecánicas.

La evaluación del mantenimiento correctivo es un proceso fundamental para entender y mejorar la gestión de activos en una organización. Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo en respuesta a averías o fallas imprevistas en equipos o sistemas, y su evaluación implica varios aspectos clave.



#### **2.1.5.4 Evaluación del mantenimiento proactivo.**

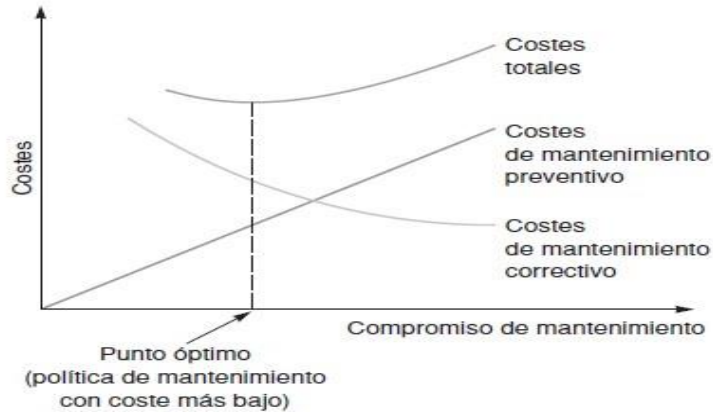
El mantenimiento proactivo es una estrategia que busca prevenir fallas y maximizar la eficiencia de los activos a través de la anticipación y la corrección de problemas potenciales antes de que ocurran.

Esta estrategia se basa en el análisis de datos históricos y en la implementación de técnicas como el monitoreo continuo de la condición de los activos, el análisis de tendencias y la aplicación de herramientas de análisis de riesgos. Además, el mantenimiento proactivo involucra la mejora de los procedimientos de mantenimiento preventivo y predictivo, así como la capacitación del personal para identificar y abordar posibles problemas.

#### **2.1.6 Costos del mantenimiento correctivo y preventivo.**

En mantenimiento se generan unos costos que se pueden controlar siempre y cuando exista una gestión que se ocupe de estos costos, entre el mantenimiento correctivo y preventivo puede existir un equilibrio este es el que en algunas empresas se busca como objetivo principal, en este aspecto se generan grandes inversiones en el mantenimiento preventivo para evitar averías o paros repentinos que afecten la continuidad de la producción, lo cual genera un descenso de los costos de los mantenimientos correctivos pero el aumento de los costos de los mantenimientos preventivos, y es aquí en donde se encuentra una falencia porque la curva de los costos totales de mantenimiento comienza a crecer, entonces se opta mejor por esperar a que la avería que parara la producción ocurra para poderla reparar y así evitar el crecimiento de la curva de costos totales. (Heizer B. R., 2008)

Figura 2  
 Costo de mantenimiento



(Heizer Jay, 2007)

Por otra parte, cuando se tienen en cuenta todos los costos asociados al mantenimiento y por supuesto todos los costos que se generan por las averías se puede realizar una mejor gestión, pero para llegar a este punto es necesario tener un histórico de fallos, las probabilidades de averías y los tiempos que se tomaron en cada reparación. Los modelos de mantenimiento que pueden suministrar esta información son el mantenimiento centrado en confiabilidad y TPM, estas curvas obtenidas en este modelo se aprecian en la figura.

Figura 3  
 Costo asociado al mantenimiento





(Heizer Jay, 2007)

### **2.1.7 Introducción al mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)**

El mantenimiento centrado en confiabilidad nació en 1960 pero fue utilizada en 1978 por Stanley Nowlan y Howard Montón para abordar los problemas técnicos que estaban pasando en la industria de la aérea, en la cual no se permiten fallos por los altos estándares de seguridad, y así poder tener un mejor control sobre las posibles fallas que se podrían presentar durante las horas de vuelo, el objetivo principal del mantenimiento centrado en confiabilidad es conservar la función del sistema antes de conservar la función de un equipo o parte de un equipo, es decir el RCM tiende a tener una mirada general del comportamiento de un sistema. (Torrez, 2008)

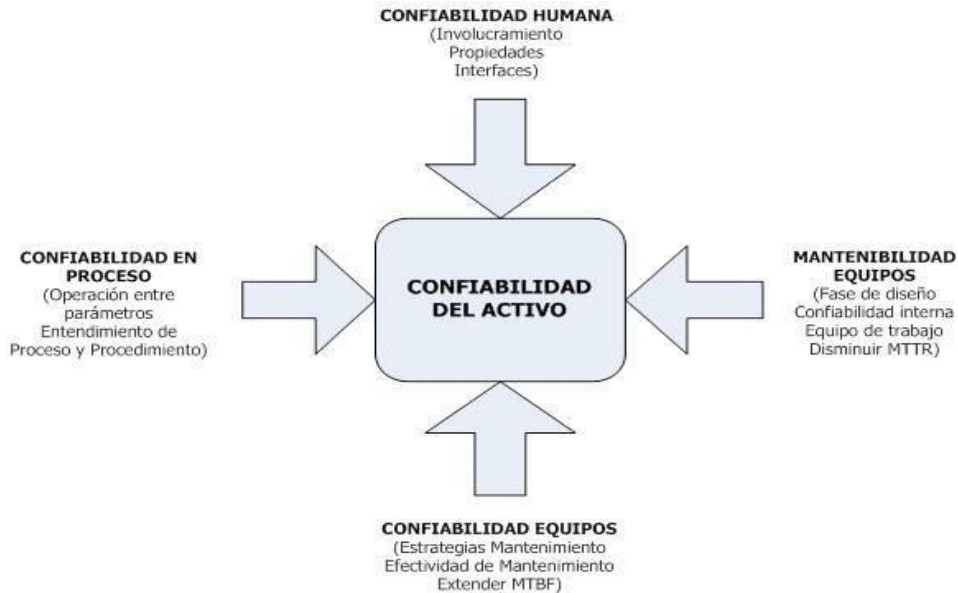
### **2.1.8 Metodología para la implementación del RCM.**

La metodología para llevar a cabo un mantenimiento centrado en confiabilidad se puede resumir básicamente cuando se logra identificar los sistemas de toda la compañía y definir sus funciones Hallar o identificar los principales fallos, de estos fallos se realiza una jerarquización de las necesidades funcionales de cada equipo del sistema, y así se determina la criticidad de los efectos de los fallos posteriormente analizados. (Stapelberg, 2009)

La implementación del RCM se basa en un enfoque sistemático para garantizar la funcionalidad de los sistemas mediante el análisis de fallos potenciales y sus efectos. Primero, se identifican los sistemas y componentes críticos. Luego, se analizan las posibles fallas y se determinan sus consecuencias. A continuación, se establecen estrategias de mantenimiento preventivo o correctivo basadas en el impacto y la probabilidad de las fallas. Finalmente, se monitorean y ajustan las estrategias implementadas para mejorar continuamente la confiabilidad y el rendimiento del sistema.



Figura 4  
Características de la confiabilidad



### 2.1.9 Pilares del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) se basa en pilares clave que incluyen la identificación de las funciones y rendimiento del sistema, el análisis de modos de falla, y la evaluación de sus efectos. Se clasifican las fallas según su criticidad y se desarrollan estrategias de mantenimiento adecuadas para prevenir o mitigar estas fallas. Además, se implementa un sistema de monitoreo y mejora continua para optimizar las estrategias de mantenimiento y garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los activos.

### 2.1.10 Fórmulas matemáticas y estadísticas para determinar la confiabilidad.

Para determinar la confiabilidad de una maquina es necesario tener una serie de datos tanto históricos como recién tomados, para poder hallar un número el cual va ser una probabilidad, esta probabilidad será la de que una maquina falle en un tiempo determinado.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Muchas veces el fabricante puede suministrar este dato el cual es el índice de tasa de fallos (FR) esta tasa nos proporciona el porcentaje de fallos entre el número total de los productos examinados (FR%) o el número total de fallos durante un determinado periodo de tiempo FR(N).

$$Fr(\%) = \frac{\text{Numero de fallos}}{\text{Numero de unidades probadas}} * 100\%$$

$$Fr(N) = \frac{\text{Numero de fallos}}{\text{Numero de horas en funcionamiento}}$$

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

Después de obtener el FR(N) podemos hallar el tiempo medio entre fallos (MTBF) el cual es la inversa del FR(N)

Índice de tiempo de reparación para fallos.

Para obtener un indicador del tiempo de respuesta en los fallos los cuales son mantenimientos correctivos se debe de tener en cuenta dos factores, el primero es la media del tiempo de fallo la cual cuenta dos tipos de tiempos, el primero es el tiempo que tarda mantenimiento en responder a una solicitud de fallo, el segundo es el tiempo que tarda mantenimiento en reparar el fallo en una maquina determinada, el segundo factor a considerar para realizar el indicador es la cantidad de numero de fallos que se han presentado en dicha maquina establecida, estos dos factores se dividen y se multiplica su resultado por 100 para obtener un porcentaje y así determinar cuál es el tiempo medio para la reparación (TMPR). (Render, 2014)

$$TMPR = \frac{\sum \text{tiempos de fallo}}{\text{Numero de fallos totales}} * 100\%$$

### 2.1.11 Mantenimiento Industrial

El mantenimiento industrial es un conjunto de prácticas y técnicas destinadas a conservar y optimizar el funcionamiento de equipos y sistemas en entornos industriales. Su objetivo principal es prevenir fallas, reducir tiempos de inactividad y prolongar la vida útil de los activos. Incluye diversos tipos de mantenimiento, como el preventivo, predictivo y correctivo. Además, emplea tecnologías avanzadas y análisis de datos para mejorar la eficiencia y la seguridad operativa. En resumen, el mantenimiento industrial es esencial para garantizar la continuidad y productividad de los procesos industriales.

Figura 5  
Mantenimiento industrial más utilizados



### 2.1.12 ISO 55000, un conjunto de normas sobre Gestión de Activos

La ISO 55000 es una norma internacional que establece los principios y la terminología para la gestión de activos, proporcionando un marco para la implementación eficaz de sistemas de gestión de activos.

Su objetivo es ayudar a las organizaciones a maximizar el valor de sus activos, gestionándolos de manera sostenible y eficiente a lo largo de su ciclo de vida. La



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

norma destaca la importancia de la integración de la gestión de activos con los objetivos estratégicos de la organización. Además, promueve la mejora continua y la toma de decisiones informadas basadas en datos y análisis de riesgos.

### **2.1.13 Sistemas de Gestión de Calidad**

Los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) son marcos estructurados que ayudan a las organizaciones a asegurar la calidad de sus productos y servicios mediante procesos estandarizados y controlados. Estos sistemas se basan en principios como la orientación al cliente, la mejora continua, la toma de decisiones basada en evidencia y la participación del personal. Implementar un SGC permite a las organizaciones aumentar la satisfacción del cliente, reducir costos operativos y mejorar la eficiencia. Además, facilita el cumplimiento de normativas y estándares internacionales, como la ISO 9001. En resumen, los SGC son esenciales para la competitividad y sostenibilidad empresarial.

### **2.1.14 SAE JA1011 "Evaluación y mejora de los programas de mantenimiento centrado en la fiabilidad"**

La norma SAE JA1011 establece los criterios para evaluar y mejorar los programas de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Proporciona directrices para asegurar que los procesos de RCM cumplan con un enfoque estructurado y efectivo en la identificación de modos de falla, evaluación de sus consecuencias y desarrollo de estrategias de mantenimiento adecuadas. La norma enfatiza la necesidad de un análisis sistemático y basado en datos para garantizar la fiabilidad y eficiencia de los activos. Además, promueve la mejora continua y la adaptación de las prácticas de mantenimiento según los resultados obtenidos.

### **2.1.15 SAE JA1012 "Implementación del mantenimiento centrado en la fiabilidad"**

La norma SAE JA1012 ofrece una guía detallada para la implementación efectiva del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Proporciona un marco paso a paso para identificar funciones críticas, analizar modos de falla y desarrollar estrategias de mantenimiento adecuadas. La norma destaca la importancia de la



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

participación del personal, el uso de datos históricos y la evaluación continua del rendimiento del mantenimiento. Su objetivo es mejorar la fiabilidad, seguridad y eficiencia de los activos, asegurando que los programas de RCM sean sostenibles y adaptables a las necesidades cambiantes de la organización.

### 2.2.- Marco Legal

Tabla 1

Marco Legal

Ley aplicada	Descripción / Artículos o incisos	Ente regulatorio
<b>Ley 185. Código del Trabajo</b>	<p>Ley 185. Código del trabajo. El Código del Trabajo es un instrumento jurídico de orden público mediante el cual el Estado regula las relaciones laborales. El presente código regula las relaciones de trabajo estableciendo los derechos y deberes mínimos de empleadores y trabajadores.</p> <p>CAPITULO IV OBLIGACIONES DE LOS EMPLEADORES</p> <p>Artículo 17.- Además de las obligaciones contenidas en otros artículos de este código, los empleadores están obligados a:</p> <p>a) Pagar el salario por el trabajo realizado en el modo y tiempo convenidos con el trabajador;</p> <p>b) Respetar el derecho a la libre elección de profesión u oficio y no exigir ni aceptar cualquier clase de pago para emplear al trabajador ni elaborar listas discriminatorias o realizar prácticas que restrinjan o excluyan las posibilidades de colocación de los trabajadores;</p> <p>d) Proporcionar oportunamente a los trabajadores los útiles, instrumentos y materiales necesarios y adecuados para ejecutar el trabajo convenido, sin perjuicio de que para MITRAB determinadas obras o trabajos de especial naturaleza el</p>	MITRAB



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

	<p>trabajador pueda acordar con el empleador el uso de sus propias herramientas;</p> <p>Artículo 50.- El día natural para los efectos del trabajo es el comprendido entre las seis de la mañana y las ocho de la noche. Trabajo nocturno es el que se presta entre las ocho de la noche y las seis de la mañana del día siguiente.</p> <p>Artículo 51.- La jornada ordinaria de trabajo efectivo diurno no debe ser mayor de ocho horas diarias ni exceder de un total de cuarenta y ocho horas a la semana.</p>	
<b>ISO 55000</b>	<p>ISO 55000 - Asset management — Overview, principles and terminology: Proporciona una introducción al propósito y beneficios de la gestión de activos. Establece un marco conceptual y la terminología estándar que será utilizada en las otras normas de la serie.</p> <p>ISO 55001 - Asset management — Management systems — Requirements: Es la norma central que define los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de activos. La gestión de activos no solo se refiere a la gestión física, sino que aborda también el ciclo de vida completo del activo, desde su adquisición, operación, mantenimiento, hasta su disposición.</p> <p>ISO 55002 - Asset management — Management systems — Guidelines for the application of ISO 55001: Brinda directrices y ejemplos para la aplicación de la ISO 55001. Ayuda a las organizaciones a comprender y aplicar sus cláusulas, además de proporciona información sobre técnicas y enfoques.</p>	Normas ISO
<b>ISO 13374 sobre Monitoreo de condición y</b>	El principal beneficio de la serie de normas ISO 13374 es que permite combinar una variedad de información, proveyendo formas unificadas e interoperables para el procesamiento, la comunicación y la	Norma ISO



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES**  
**CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN**

<b>diagnóstico de máquinas</b>	<p>presentación de los datos; a través de diferentes sistemas de mantenimiento, independientemente del proveedor.</p> <p>Se ocupa de la presentación de las pautas generales para comunicar y procesar los datos de manera correcta.</p> <p>Expone los requisitos de procesamiento de los datos.</p> <p>Especifica los requisitos de comunicación de los datos.</p> <p>Establece los requisitos de presentación de los datos</p>	
<b>Ley 1097. Ley de digesto jurídico nicaragüense de la materia empresa, industria y comercio</b>	<p>La ley no. 1097 de justicia constitucional en nicaragua constituye un avance significativo en la protección y garantía de los derechos fundamentales consagrados en la constitución del país. Al establecer mecanismos claros y eficaces como la tutela, el amparo y la revisión constitucional, esta ley fortalece el estado de derecho y el sistema de justicia, asegurando que las autoridades públicas actúen conforme a los principios constitucionales y que los ciudadanos tengan accesos a recursos legales rápidos y efectivos para la defensa de sus derechos.</p> <p>La implementación de esta ley es fundamental para promover la transparencia, la responsabilidad y la participación ciudadana en la protección de los derechos humanos. En definitiva, la ley no. 1097 refuerza la democracia y contribuye a la construcción de una sociedad más justa y equitativa en nicaragua, garantizando que los derechos y libertades de todos los ciudadanos sean protegidos y respetados de manera efectiva.</p>	

Fuente: Elaboración de Autores





### 2.3.- Marco contextual

ALCASA como empresa líder en la elaboración de almidón de yuca en Centroamérica no posee un sistema de mantenimiento adecuado para los equipos, lo cual esto conlleva a que los paros por averías en los equipos se prologuen más de lo planificado.

La empresa no posee en sus manos información detallada para dar respuestas con éxito en la reparación de los equipos ya que su proveedor principal no facilita toda la información de los equipos que entran en juego en la producción del almidón de yuca, lo que conlleva en ocasiones a tomar decisiones equivocadas para la reparación.

Con el fin de llevar una información ordenada de los daños de los equipos se está proponiendo a la empresa la elaboración de fichas técnicas para que con el tiempo recolectar los datos para poder programar mantenimientos más acertados y lo que también podrá llegar a elaborarse una bitácora.

### 2.4 Marco institucional

ALCASA

Almidones de Centroamérica S.A (ALCASA) es una empresa miembro de Grupo INVERCASA que inició operaciones en la ciudad de León, Nicaragua en el año 2012. Somos la primera y única fábrica de almidón de yuca de alta calidad con grado alimenticio en Centro América.

Figura 6  
Datos de ALCASA



(ALCASA, n.d.)





## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Contamos con la capacidad de producir 15,000 toneladas de almidón por año, grado alimenticio, grado industrial, yuca fresca, parafinada y sus derivados para alimentación de ganado y otros animales. ALCASA posee condiciones de siembra y cosecha durante todo el año de 3,500 hectáreas de yuca, con lo que se posiciona como la empresa líder en la industria de almidón de yuca en Centroamérica.

Gracias a la inversión en tecnología de punta y procesos sanos para el medio medioambiente, contamos con certificación FSSC 22000 lo que nos permite ofrecer un producto de alta calidad y de estándar internacional.

### Visión

Ser la empresa líder en producción y comercialización de almidón de yuca a nivel regional, reconocida por los precios competitivos, excelente calidad del producto, entrega estable a nuestros clientes, responsabilidad social y ambiental.

### Misión

Transformar la agroindustria de Nicaragua por medio de la producción de almidón de yuca y sus derivados, incorporando al pequeño y mediano productor para vincularlos a los mercados globales y la tecnología produciendo energía limpia.

### Política de inocuidad

En Almidones de Centroamérica, empresa dedicada a la producción de almidón de yuca, nos comprometemos a:

Cumplir con los requisitos de inocuidad de los alimentos aplicables, requisitos legales y reglamentarios, así como con los requisitos de nuestros clientes y otras partes interesadas.

Aumentar la satisfacción del cliente, basados en la entrega de un servicio oportuno, y de productos obtenidos bajo estándares de calidad e inocuidad.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Mantener un proceso de comunicación transparente y fluido, tanto interno como externo, que permita dar una respuesta oportuna a las necesidades relativas al sistema de gestión de calidad e inocuidad y a su vez logre el cumplimiento de los objetivos del SGIA.

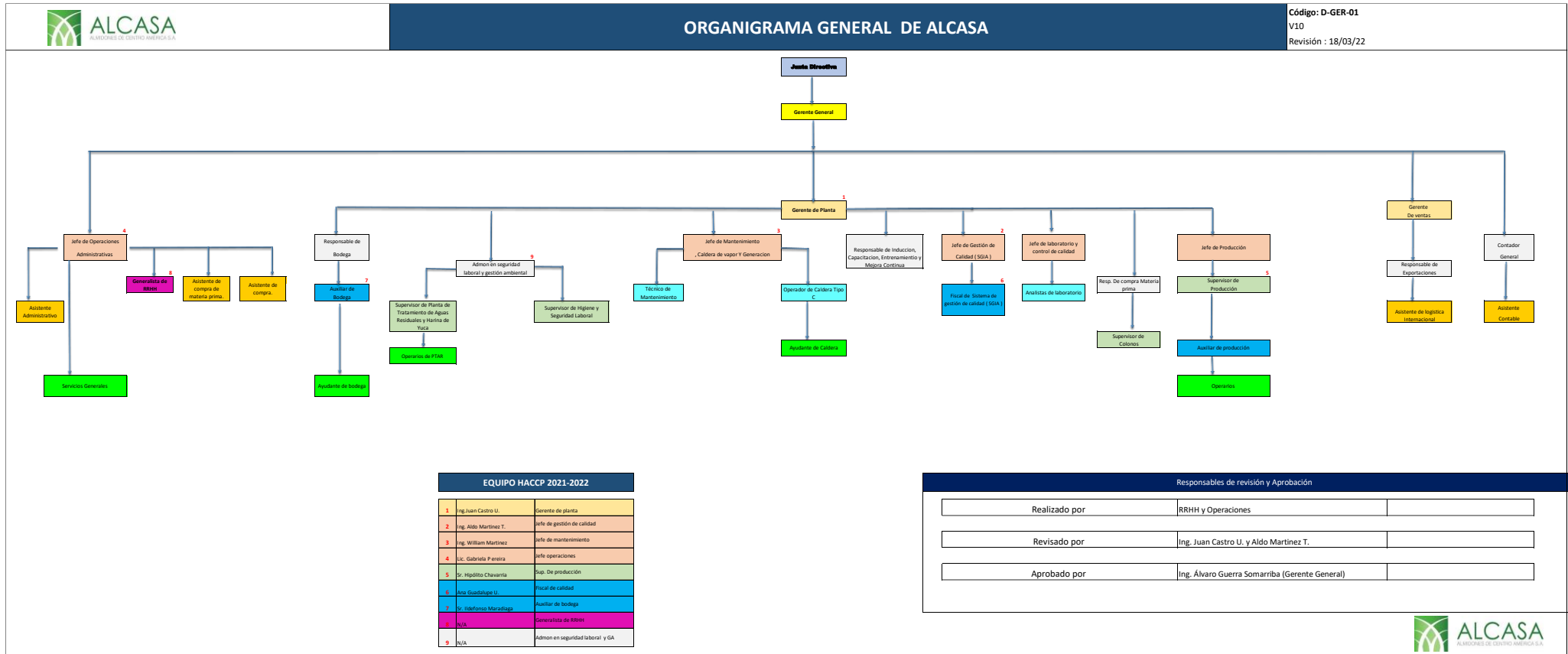
Favorecer la mejora continua del sistema de gestión de inocuidad de los alimentos, de acuerdo a las normas y reglamentaciones técnicas vigentes, y basados en los principios del Buenas Prácticas de Manufactura, Sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), y el esquema de certificación FSSC 22000.

Garantizar las competencias de nuestro personal en los temas de inocuidad alimentaria, a través de un proceso de desarrollo que fomente la cultura de inocuidad en todos los niveles de la organización.



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

**Figura 7**  
**Organigrama General de ALCASA**



(ALCASA, n.d.)

*Por nuestro Prestigio, Trayectoria y Calidad  
¡Somos la Universidad de la Gente que Triunfa*





## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Al respecto del marco institucional de la Universidad de Ciencias Comerciales, se destacan los siguientes aspectos:

### **Misión**

Formar profesionales integrales, éticos, con visión humanística, competitivos, emprendedores y con liderazgo, comprometidos con el desarrollo del país. Esta misión refleja el compromiso de la UCC con la formación de profesionales altamente capacitados y éticos que puedan contribuir al desarrollo del país.

### **Visión**

Ser reconocida como la Universidad con los más altos estándares de calidad de formación profesional, a fin de responder a las necesidades de la sociedad y al compromiso social de su proyecto educativo.

Esto implica un compromiso con la excelencia académica y la capacidad de adaptarse a las necesidades cambiantes de la sociedad y buscar alternativas de soluciones que permitan dar respuesta a la problemática del mantenimiento industrial en el caso particular ALCASA.

El desarrollo de proyectos técnicos puede contribuir a esta visión al mejorar las condiciones del manejo efectivo y eficaz de manera preventiva, lo que a su vez puede aumentar la productividad de la industria de almidones.

### **Valores**

Liderazgo; Ética Profesional; Creatividad; Calidad.

### **Principios:**

Libertad de Cátedra, investigación y estudios de acuerdo con la misión, visión y objetivos y el contenido y estatuto y reglamento específico de la universidad.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

La autonomía académica, administrativa y financiera se determina de conformidad al plan estratégico, el presupuesto oficial de la misma, las políticas y normativas académicas y administrativas que la universidad establezca al respecto.

La libertad de difusión del pensamiento, la creatividad, la producción, así como la creación artística, humanística, científica y técnica.

Igualdad ante la ley y la institución de todos los miembros de la comunidad universitaria, quienes no deben de ser objetos de discriminación política, social, religiosa y cultural o de cualquier otra índole.

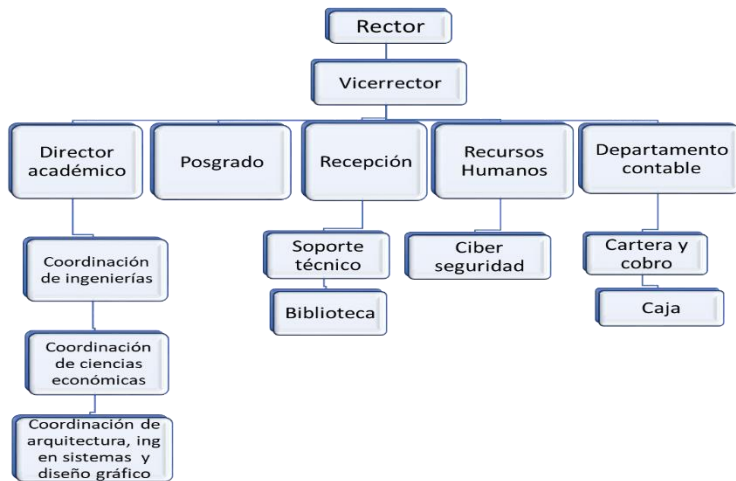
El derecho a la participación de los miembros de la comunidad en la labor común de los objetivos de la universidad, a través de los medios y mecanismos establecidos en el Estatutos y los Reglamentos específicos que determinen al respecto.

En las últimas décadas, el potencializar los valores humanos y desarrollar concepciones que permitan el liderazgo de los futuros profesionales en las empresas industriales, ser seres creativos con capacidad de resolver problemáticas de las empresas y con la calidad y ética profesional que caracteriza a un profesional de UCC.

### **Organigrama**



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN



Fuente: Organigrama UCC, Campus León



### CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1.- Tipo de Proyecto

El presente proyecto es de carácter industrial dirigido al área de las ingenierías de mantenimiento de maquinaria en ALCASA, un proyecto operativo cuyo propósito es una propuesta de sistema de mantenimiento productivo total con mantenimiento centrado en la confiabilidad de la empresa almidones de Centroamérica S.A en la ciudad de León, de enero a junio 2024”, para dar respuestas alternativas a la empresa.

Dadas las características e iniciativas propias del proyecto, se tiene la siguiente clasificación:

**Según la procedencia del capital:** El desarrollo de la propuesta de sistema de mantenimiento productivo total con mantenimiento centrado en la fiabilidad de la empresa Almidones de Centroamérica es un proyecto de capital privado, dado que nace como una alternativa de mejora dentro de la propia compañía y con financiamiento propio de socios a fin de fortalecer sus procesos para generar competitividad en mercado y retorna en forma de rentabilidad y sostenibilidad económica.

**Según el sector:** El proyecto se desarrolló en el sector industrial, más concretamente en la producción de almidón.

**Según su ámbito de aplicación:** El proyecto tiene un ámbito de aplicación de las ingenierías dado que el trabajo contempla el redimensionamiento de las características técnicas operativas de un equipo de asesores externos para nivelar el proceso productivo de la máquina de la empresa ALCASA.

**Según su orientación:** El proyecto tiene una orientación al área producción y de inversión, dado que consiste en el aumento de capacidad de un proceso para contrarrestar factores adversos por crecimiento de ventas y aumentos de costos;



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

objetando la ejecución de una inversión monetaria que será recuperada en un plazo determinado según indique el análisis de viabilidad económica a desarrollar.

**Según área de influencia:** El proyecto se limita al área local, en la empresa de Almidones de Centroamérica S.A.

### 3.2.- Métodos de estudio y unidades de análisis

#### 3.2.1 Unidades de Análisis

El área de estudio es la empresa Almidones de Centroamérica S.A y la unidad de análisis es el departamento de mantenimiento de la empresa.

La empresa Almidones de Centroamérica cuenta con las siguientes maquinarias:

Tabla 2

Maquinarias

No	Maquinarias
1	Tolva de recepción.
2	Banda transportadora.
3	Lavador de raíz.
4	Banda de inspección.
5	Triturador.
6	Colocho vertical
7	Dosador.
8	Cevadeira.
9	Gl filtro rotativo.
10	Centrífuga.
11	Hidrociclone.
12	Dc 2000.
13	Revolvedor de fécula.
14	Helicoidal transportador de fécula.
15	Esfarilador.
16	Intercambiador de calor.
17	Exaustor.
18	Válvula rotativa.
19	Cilo de fécula
20	Colocho big bag.
21	Clasificador
22	Colocho de empaque.
23	Máquina de empaque

Fuente: Elaboración de autores





### 3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El estudio se llevó a cabo mediante la utilización de fuentes tanto primarias como secundarias para recopilar la información necesaria.

#### 3.3.1. Fuentes Primarias

##### **Inventario de Equipos:**

- Lista detallada de todos los equipos relevantes para el proceso.
- Identificación de características clave de cada equipo (edad, capacidad, funcionalidades, etc.).
- Entrevista estructurada con 7 preguntas.

##### **Espina de Pescado (Ishikawa o Diagrama de Causa y Efecto):**

- Identificación de las posibles causas de tiempos perdidos en la operación de los equipos.
- Categorización de las causas en diferentes áreas como personas, procesos, equipos, materiales, entorno, etc.

##### **Diagrama de Pareto:**

- Análisis de los datos de tiempo perdido para identificar el 20% de las causas que generan el 80% de los problemas.
- Priorización de las áreas de mejora para centrarse en las causas más significativas.

##### **Cálculos de Confiabilidad, Costos y Disponibilidad:**

- Confiabilidad: Calcular la tasa de fallos, MTBF (tiempo medio entre fallos), MTTR (tiempo medio de reparación), etc.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Costos: Evaluar los costos asociados con el mantenimiento, reparación, tiempos de inactividad, piezas de repuesto, etc.
- Disponibilidad: Calcular la eficiencia global del equipo (OEE), que incluye disponibilidad, rendimiento y calidad.

### **Auditoria:**

- Realizar una auditoría exhaustiva del proceso de mantenimiento actual.
- Identificar posibles brechas entre las prácticas actuales y las mejores prácticas recomendadas por RCM y OEE.

### **3.3.2. Fuentes Secundarias**

En el transcurso del presente proyecto, se recurrió a diversas Tesis, entre las cuales se destacan:

- Monografías o tesis sobre Propuesta de mantenimiento preventivo y correctivo
- Artículos sobre mantenimiento y la confiabilidad.
- Normas, leyes y reglamentos aplicables al contexto del proyecto.

### **3.4.- Confiabilidad y validez de los instrumentos**

La validez se refiere a la precisión y exactitud con la que un método, una técnica o una prueba mide lo que pretende medir. En otras palabras, nos ayuda a determinar si estamos midiendo realmente aquello que nos interesa investigar, sin sesgos ni distorsiones.

Se llevó a cabo la validación por parte de expertos, específicamente Esp. Ing Maxwell Enrique Altamirano Ramos. Este especialista validó los criterios de evaluación mediante una auditoria dirigida a la Ing. Marlon Varela jefe de mantenimiento en la empresa ALCASA.

Obteniendo como resultado un puntaje global de 18.7 donde la puntuación es aceptable lo que indica la confiabilidad del instrumento aplicado. Ver anexo.

## CAPÍTULO IV: DIAGNOSTICO SITUACIONAL

### 4.1 Diagnóstico

La empresa Almidones de Centroamérica S.A se encuentra ubicada en el Km 78.6 carretera Izapa-León, municipio de León. Una localización que les permite la operación de sus actividades como importación y exportación debido al fácil acceso a las principales carreteras. También facilita la compra local a pequeños productores de yuca fresca, los cuales pueden acceder a llevar esta materia prima a la empresa sin ningún inconveniente.

#### 4.1.1-Macro y Micro localización

Figura 8

Macro y Micro localización de ALCASA



Fuente: Elaboración de los autores



#### 4.1.2- Caracterización del Entorno (natural o construido)

El área natural de la empresa de almidones en Centroamérica abarca los elementos naturales presentes en los alrededores de las instalaciones de la empresa. Esto incluye la vegetación nativa, como bosques y selvas, así como recursos hídricos como ríos. También puede comprender terrenos agrícolas circundantes y biodiversidad, que son importantes para la sostenibilidad ambiental y pueden influir en la operación de la empresa.

- Infraestructura, área construida, área verde.

Tabla 3

Caracterización del espacio

NOMBRE	M <sup>2</sup>	PORCENTAJE
Planta principal	1,885.84	17.54%
Caldera	194.00	1.80%
Oficinas	200.00	1.86%
Comedor	253.00	2.35%
Planta de Pelado	322.00	2.99%
Planta de Parafinado	568.00	5.28%
PTAR y Biodigestor	7,218.47	67.13%
Generadores	112.00	1.04%
Area Construida	10,753.31	100.00%
Area Planta ALCASA	94,474.84	11.38%

Fuente: Elaboración de los autores basado en información brindada por la empresa

#### 4.1.3- Aspectos socioeconómicos / Aspecto económico: actividad de la empresa

##### Actividades económicas

La actividad de la empresa Almidones de Centroamérica S.A se clasifica de la siguiente manera:



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- **Primaria:** Se recibí camiones con la materia prima el cual quedan acopiados en un área localizada en las cercanías de la tolva de recepción.
- **Secundaria:** El procesamiento comienza a la carga la tolva de recepción, pasa a la banda transportadora, lavador de raíz, banda de inspección hasta llegar al molino para pulverizar la yuca.
- **Industrial/Manufactura:** Después de todo el proceso pasa al área de empaque y posterior pasa a la bodega a la espera de efectuar el despacho del pedido realizado por el cliente.

### **Identificación de riesgos y afectaciones.**

Al igual que toda empresa ALCASA costa con varios tipos de riesgos que afectan al trabajador de diferente forma, por lo tanto, se divido de la siguiente forma para facilitar su comprensión:

- **Riesgo Ambiental**

En la empresa ALCASA principalmente en área de mantenimiento no se encuentran muchos riesgos ambientales, pero se pueden determinar: manejo de sustancias químicas y/o líquidos inflamables, aceites, gasolina y grasas, los cuales al entrar en contacto con puntos de calor se produciría un incendio que si no es controlado podría causar un incendio que se propagaría por la amplia zona verde que rodea a la empresa.

- **Riesgo Económico**

Este es uno de los factores muy delicados que la empresa no puede compartir, ya que el proyecto solo está enfocado en una, Propuesta de sistema de mantenimiento productivo total con mantenimiento centrado en la fiabilidad, por lo tanto, esta no debe de indagar en aspectos económicos de la empresa o el mismo trabajador.

- **Riesgo Social**

No se encontraron riesgo de este tipo, ya que esta información es confidencial, por parte de la empresa y de los trabajadores, por las políticas y normas establecidas.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- **Riesgo Laboral**

En la empresa como es el área de mantenimiento a maquinaria pesada esta cuenta con diversos riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores en los cuales se encuentran: riesgos eléctricos, caídas un mismo y distinto nivel, riesgo de corte; soldadura, contacto con superficiales calientes; con químicos, exposición a ruido; partículas; desplomé de objetos, quemaduras y lesiones graves y leves por manipulación de cargas.



## CAPÍTULO V: ESTUDIOS DE INGENIERIA

### 5.1 Estudio de gestión del mantenimiento.

#### 5.1 .1 Diagrama de Pareto

Es una representación gráfica de los datos obtenidos de la empresa ALCASA sobre las fallas semanales en 23 equipos. Este instrumento ayuda a identificar dichas fallas de manera clara.

El proceso de obtención de los datos se desarrolló mediante seis visitas a la empresa ALCASA. Utilizando como base una entrevista, se lograron determinar las causas de las fallas, registradas por el área de mantenimiento a cargo del Ing. Larry Domínguez. Según la información obtenida de los equipos, se pudo realizar un análisis detallado de las fallas presentadas.

#### 5.1 .2 Auditoria

El 19 de mayo se realizó una auditoría en ALCASA bajo la supervisión del Ing. Marlon Varela, abarcando 100 preguntas distribuidas en varias secciones críticas. La auditoría evaluó la eficiencia del personal, el cumplimiento de horarios y la capacitación en la sección de Mano de Obra; en medios técnicos se revisó la disponibilidad y el estado de los equipos y herramientas. Los métodos de trabajo se analizaron para identificar mejoras en los procedimientos operativos, la sección de criterio de materiales examinó la calidad y gestión de materiales, incluyendo sistemas de inventario. Los resultados obtenidos se centraron en indicadores como la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas. Finalmente, la auditoría evaluó las prácticas de seguridad y cumplimiento ambiental, asegurando operaciones seguras y responsables.



### 5.1 .3 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado, es una herramienta utilizada para identificar las causas raíz de un problema específico, organizándolas en categorías visuales que facilitan el análisis. En Almidones de Centroamérica, este diagrama se implementó para identificar las causas y efectos de problemas críticos en la producción. Se examinaron 23 máquinas, identificando 10 causas principales. Este análisis detallado mediante el diagrama de Ishikawa permitió identificar las causas raíz de los problemas, mejorando tanto la eficiencia como la calidad del proceso productivo.

### 5.1 .4 Gestión de mantenimiento

En mantenimiento industrial, es fundamental evaluar y asegurar la operatividad continua de los equipos críticos para la producción. Este análisis se enfoca en 23 máquinas clave dentro de una planta, con el objetivo de determinar su rendimiento en términos de disponibilidad, confiabilidad, y eficiencia de reparación. Las métricas utilizadas para este análisis incluyen el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), la disponibilidad y la confiabilidad a 100 horas.

Formulas Utilizadas.

- Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Total de Tiempo operativa}}{\text{Numero de Fallos}}$$

(El MTBF se calcula como el promedio de los tiempos operativos antes de cada fallo)

$$\text{Ejemplo MTBF: } = \frac{410 \text{ horas} + 350 \text{ horas} + 370 \text{ horas}}{3}$$





## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Total de Tiempo de reparacion}}{\text{Numero de reparacion}}$$

(El MTTR se calcula como el promedio de reparación)

$$MTTR = \frac{5 \text{ hora} + 3 \text{ hora} + 2 \text{ hora}}{3}$$

- Disponibilidad.

$$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

(Esta fórmula nos da la proporción del tiempo que una maquina está operativa)

- Confiabilidad

La confiabilidad para un tiempo T se calcula utilizando la formula exponencial:

$\lambda$  es la tasa de fallos, calculado como  $\lambda = \frac{1}{MTBF}$

t es el tiempo para el cual se calcula la confiabilidad, en este caso, 100 horas.

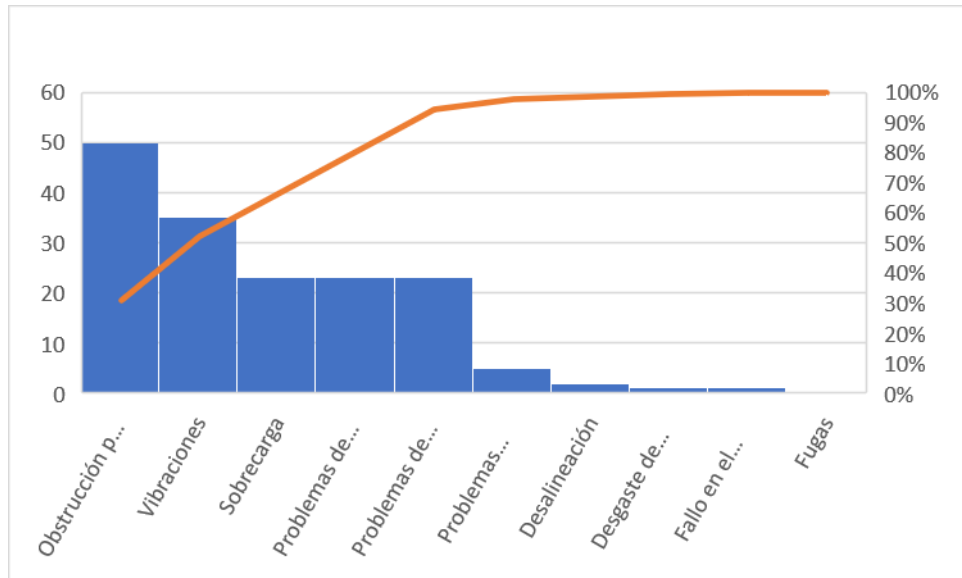


## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 Diagrama de Pareto.

Las maquinas existentes son 23 equipos por 10 causas y 163 frecuencias de fallas

Figura 9  
Fallas semanales

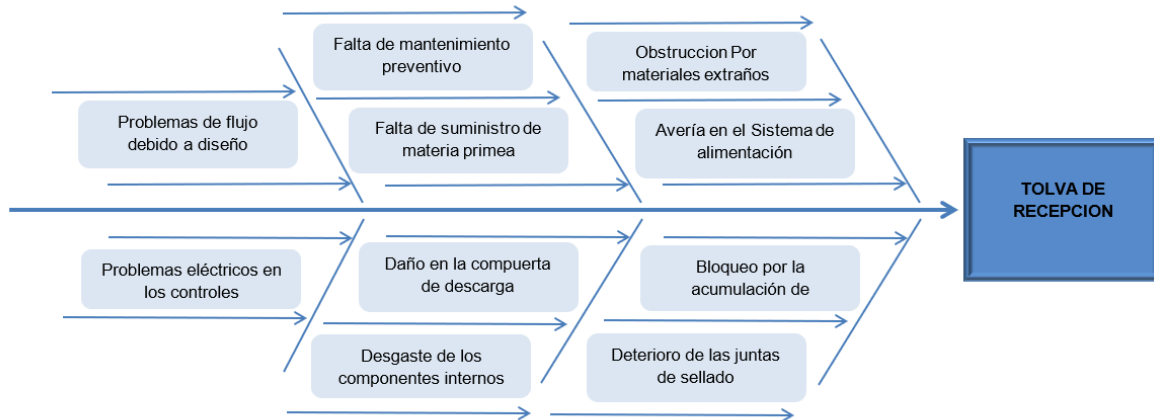


Fuente: Elaboración de autores

Las fallas semanales revelan que las principales causas son la obstrucción por material y las vibraciones, representando el 25% de las incidencias. Sobre carga y problemas de flujos o presión estas causas abarcan el 80% de las fallas. Las fallas menos frecuentes incluyen los problemas eléctricos, desgaste de componente, fallo en el sistema de control, delimitación y fugas representa el 20%.

**6.2 Espina de Pescado (Ishikawa o Diagrama de Causa y Efecto):**

Figura 10  
Máquina de Tolva de Recepción



Fuente: Elaboración de autores

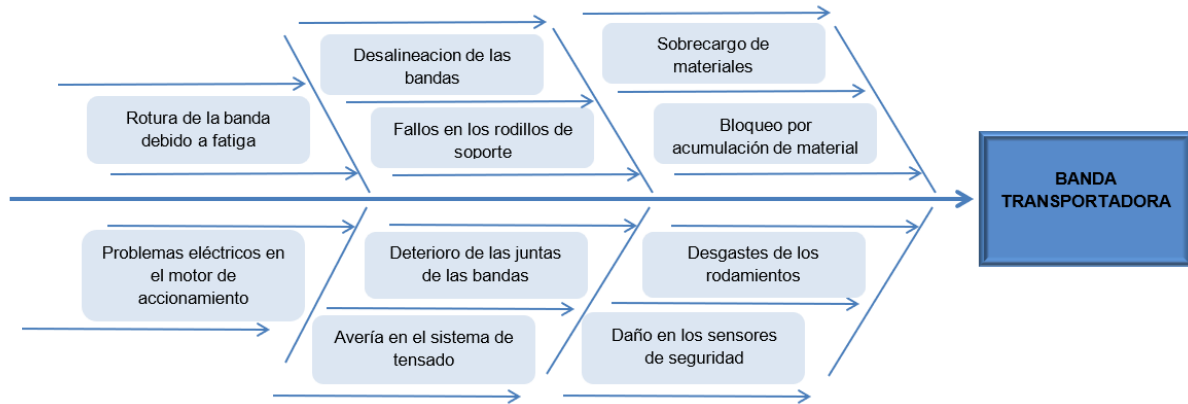
La tolva de recepción abarca diversos aspectos técnicos críticos que impactan la eficiencia operativa, causando averías inesperadas y una disminución de la vida útil de los componentes mecánicos. La obstrucción por materiales extraños provoca bloqueos en el flujo de materia prima, interrumpiendo la continuidad del proceso productivo. Un diseño inadecuado de la tolva genera problemas de flujo, causando cuellos de botella y reduciendo la eficiencia operativa. Las interrupciones en el

suministro de materia prima detienen la producción, mientras que las averías en el sistema de alimentación y los fallos eléctricos en los sistemas de control originan paradas operativas no planificadas.

El daño en la compuerta de descarga impide la evacuación eficiente de los materiales, ocasionando acumulaciones y retrasos. La acumulación de residuos dentro de la tolva bloquea el flujo de materiales, exacerbando las interrupciones en la operación. El desgaste natural de los componentes internos, debido al uso

continuo, incrementa la frecuencia de fallas y reduce la durabilidad de la tolva. Además, el deterioro de las juntas de sellado resulta en fugas y pérdidas de material, afectando la eficiencia operativa global.

Figura 11  
Máquina de Banda Transportadora

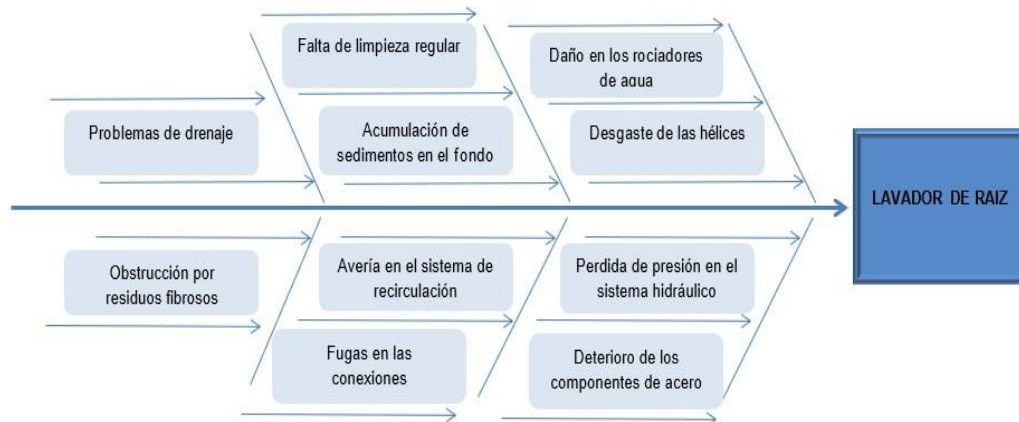


Fuente: Elaboración de autores

De acuerdo a la desalineación de la banda, resultado de ajustes deficientes o desgaste irregular, provoca un desgaste prematuro y una distribución ineficiente de la carga. La sobrecarga de material, excediendo la capacidad nominal de la banda, aumenta la tensión y puede resultar en deformación o rotura.

La rotura de la banda debido a fatiga, causada por cargas cíclicas o desgaste por fricción, compromete la integridad estructural y la seguridad del transporte. Los fallos en los rodillos de soporte, resultado de desgaste o falta de lubricación, pueden provocar bloqueos y detener el movimiento de la banda. La acumulación de material en la banda, causada por desechos o derrames, obstruye el flujo y puede provocar atascos o desgaste irregular. Problemas eléctricos en el motor de accionamiento, como cortocircuitos o sobrecargas, interrumpen el funcionamiento y pueden causar daños permanentes al sistema. El deterioro de las juntas de la banda, debido a la exposición a condiciones ambientales adversas o la falta de mantenimiento, provoca fugas de material y pérdida de eficiencia.

Figura 12  
Lavador de Raíz



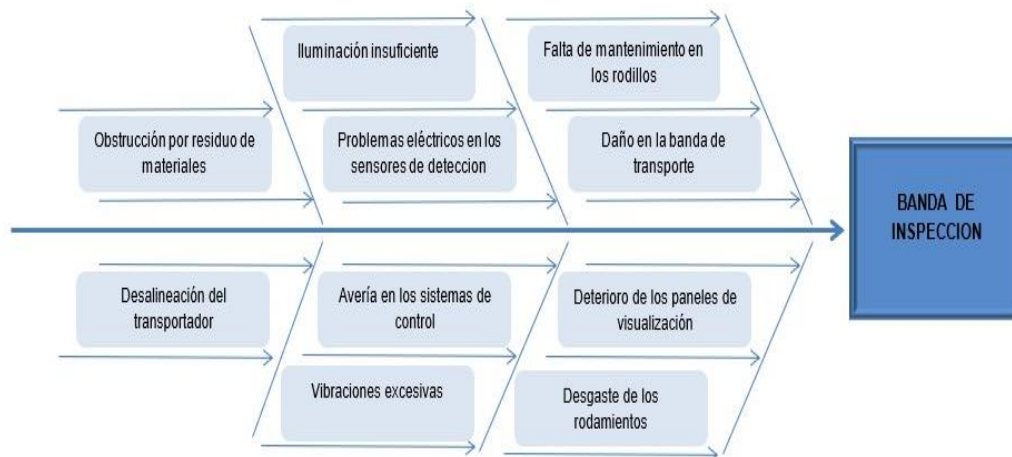
Fuente: Elaboración de autores

Presenta diversas fallas técnicas críticas que afectan su operatividad y eficiencia. La falta de limpieza regular conduce a la acumulación de residuos y sedimentos, lo que puede obstruir componentes esenciales. Los rociadores de agua dañados comprometen la distribución uniforme del agua, reduciendo la efectividad del lavado. Problemas en el drenaje, como obstrucciones, provocan la acumulación de agua sucia, afectando la calidad del proceso.

La acumulación de sedimentos en el fondo del lavador disminuye su capacidad operativa y acelera el desgaste de los componentes. El desgaste de las hélices, debido al uso continuo, reduce la eficiencia de agitación y mezcla. La obstrucción por residuos fibrosos impide el flujo adecuado de agua y materiales, mientras que las averías en el sistema de recirculación interrumpen el proceso, afectando la consistencia del lavado. La pérdida de presión en el sistema hidráulico, causada por fugas o fallos en los componentes, resulta en una insuficiente presión de agua.

Las fugas en las conexiones, debido a un mal ajuste o desgaste, provocan pérdidas de agua y presión. Finalmente, el deterioro de los componentes de acero, causado por corrosión y desgaste, reduce la vida útil del equipo y puede contaminar el proceso de lavado. Estas fallas técnicas, en conjunto, incrementan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y comprometen la eficiencia global del Lavador de Raíz.

Figura 13  
Banda de Inspección

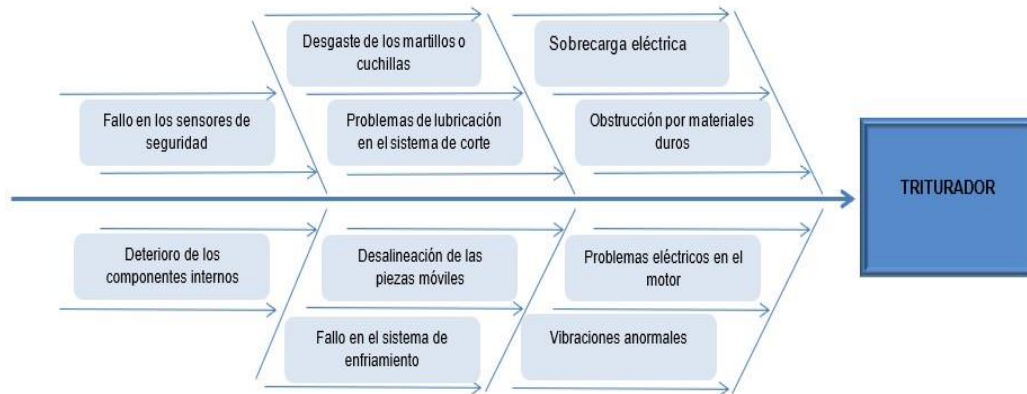


Fuente: Elaboración de autores

Presenta múltiples fallas técnicas que afectan su operatividad y eficiencia. La iluminación insuficiente compromete la visibilidad y la precisión de la inspección visual. La falta de mantenimiento en los rodillos y la obstrucción por residuos de material interrumpen el flujo y aumentan el desgaste. Problemas eléctricos en los sensores de detección y averías en los sistemas de control causan fallos en la detección y manejo de materiales.

El daño en la banda de transporte y la desalineación del transportador generan paradas frecuentes y reducción de la eficiencia. El deterioro de los paneles de visualización afecta la capacidad de monitoreo, mientras que las vibraciones excesivas y el desgaste de los rodamientos reducen la estabilidad y la vida útil de los componentes. Estas fallas técnicas combinadas resultan en tiempos de inactividad elevados, mayores costos de mantenimiento y una reducción significativa en la eficiencia operativa de la banda de inspección

Figura 14  
Triturador



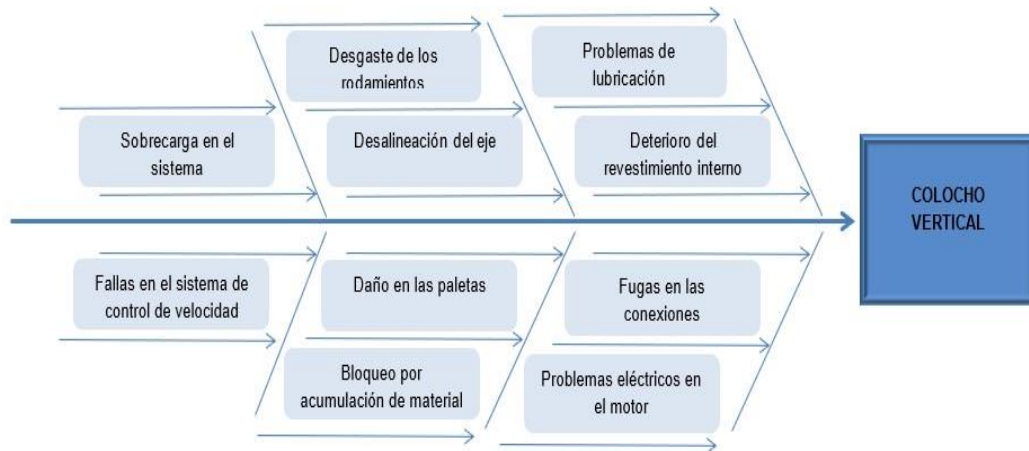
Fuente: Elaboración de autores

El desgaste de los martillos o cuchillas reduce la efectividad de corte, mientras que la sobrecarga eléctrica puede causar daños al sistema y paradas imprevistas. Los fallos en los sensores de seguridad comprometen la operación segura del equipo. Problemas de lubricación en el sistema de corte y la obstrucción por materiales duros aumentan el desgaste y el riesgo de averías.

El deterioro de los componentes internos y la desalineación de las piezas móviles disminuyen la precisión y la durabilidad del equipo. Problemas eléctricos en el motor y fallos en el sistema de enfriamiento pueden causar sobrecalentamiento y daños permanentes. Además, las vibraciones anormales indican posibles desajustes o

desequilibrios, afectando la estabilidad y la vida útil del triturador. Estas fallas técnicas combinadas resultan en una operación ineficiente, mayores costos de mantenimiento y tiempos de inactividad incrementados.

Figura 15  
Colocho Vertical



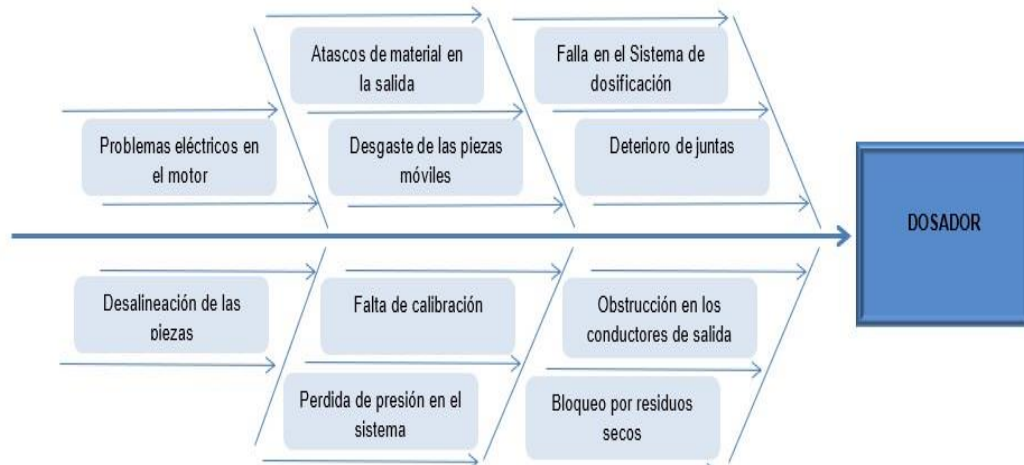
Fuente: Elaboración de autores

El desgaste de los rodamientos y problemas de lubricación incrementan la fricción y el riesgo de fallos mecánicos. La sobrecarga en el sistema y la desalineación del eje causan estrés excesivo en los componentes, reduciendo su vida útil.

El deterioro del revestimiento interno y el daño en las paletas afectan la integridad y eficiencia del equipo. Las fallas en el sistema de control de velocidad y los problemas eléctricos en el motor resultan en una operación inconsistente y posibles paradas. Las fugas en las conexiones y el bloqueo por acumulación de material interrumpen el flujo y la operación, mientras que la combinación de estos problemas técnicos incrementa los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y compromete la eficiencia general del Colocho Vertical.



Figura 16  
Dosador

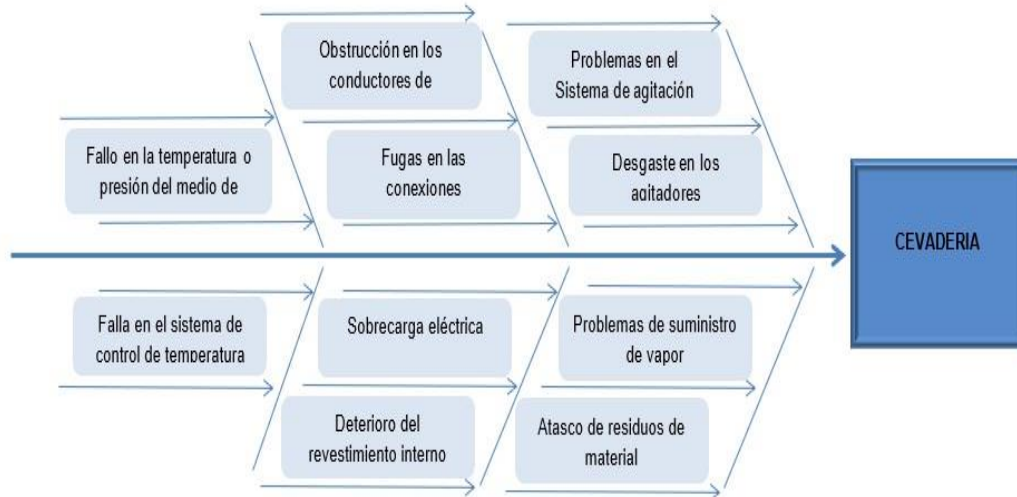


Fuente: Elaboración de autores

Los atascos de material en la salida y la obstrucción en los conductos de salida interrumpen el flujo constante, mientras que la falta de calibración compromete la exactitud de la dosificación. Los fallos en el sistema de dosificación y los problemas eléctricos en el motor provocan paradas inesperadas.

El desgaste de las piezas móviles y el deterioro de las juntas aumentan la frecuencia de mantenimiento y el riesgo de fugas. La desalineación de las piezas y la pérdida de presión en el sistema afectan la eficiencia operativa. Además, el bloqueo por residuos secos impide el correcto funcionamiento del dosador. Estas fallas combinadas resultan en una reducción de la eficiencia, mayores costos de mantenimiento y tiempos de inactividad incrementados.

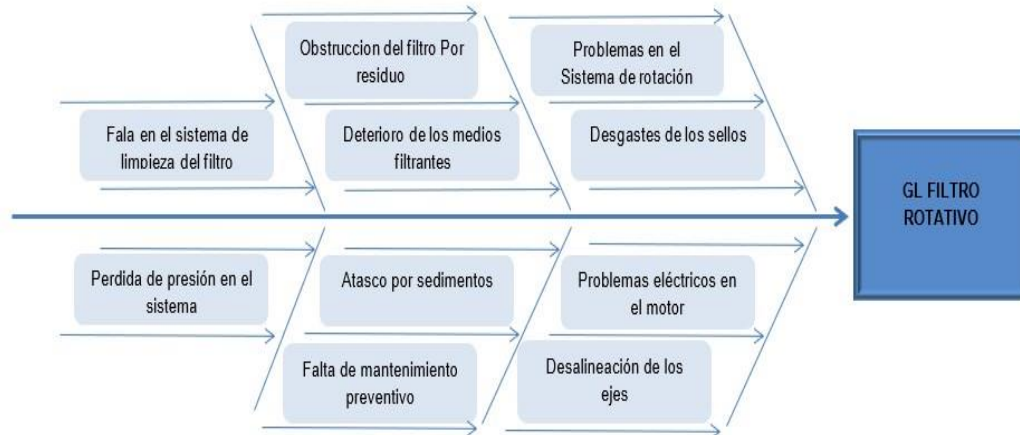
Figura 17  
Cevaderia



Fuente: Elaboración de autores

La obstrucción en los conductos de alimentación y el atasco de residuos de material interrumpen el flujo y proceso de producción. Problemas en el sistema de agitación y el desgaste de los agitadores reducen la eficiencia de mezcla. Fallos en la temperatura o presión del medio de cocción y en el sistema de control de temperatura afectan la calidad del producto final. El deterioro del revestimiento interno y las fugas en las conexiones provocan pérdidas y posibles contaminaciones. Sobrecargas eléctricas y problemas de suministro de vapor causan interrupciones en la operación. Estas fallas técnicas resultan en tiempos de inactividad, mayores costos de mantenimiento y una reducción significativa en la eficiencia operativa de la cevadería.

Figura 18  
GL Filtro Rotativo



Fuente: Elaboración de autores

La obstrucción del filtro por residuos y el atasco por sedimentos impiden el flujo adecuado de materiales, mientras que problemas en el sistema de rotación y la desalineación de los ejes comprometen la operación suave del equipo.

La falla en el sistema de limpieza del filtro y la falta de mantenimiento preventivo resultan en una acumulación de residuos y una disminución en la eficiencia de filtración. El deterioro de los medios filtrantes y el desgaste de los sellos provocan fugas y contaminaciones. La pérdida de presión en el sistema y problemas eléctricos en el motor afectan la consistencia y confiabilidad del proceso de filtración. Estas fallas técnicas combinadas incrementan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y reducen significativamente la eficiencia operativa del filtro rotativo.

Figura 19  
Centrifuga

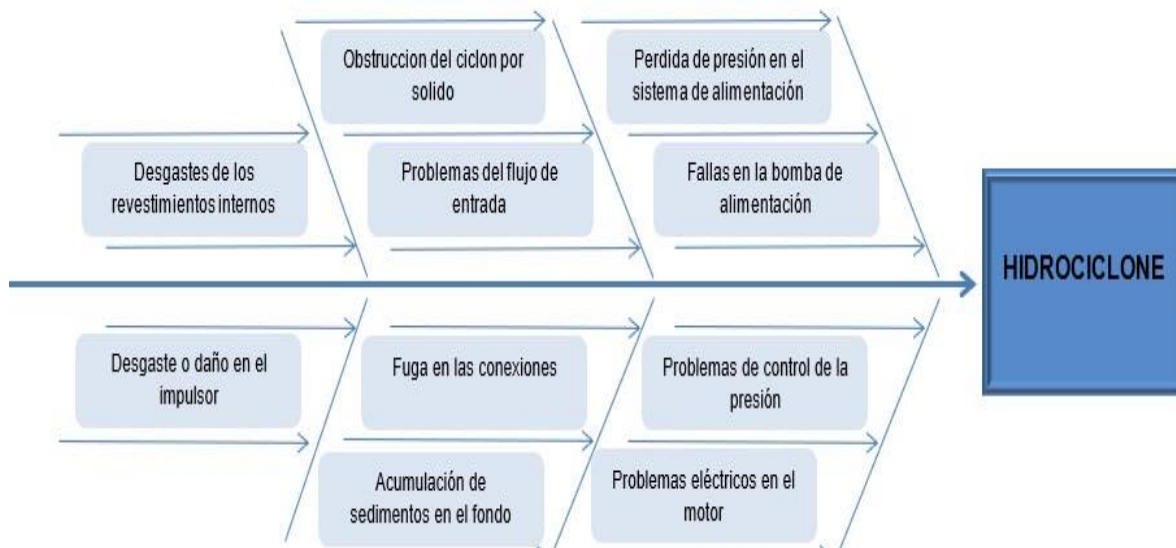


Fuente: Elaboración de autores

El desequilibrio en la carga y la desalineación de las partes móviles provocan vibraciones excesivas y esfuerzos irregulares, comprometiendo la estabilidad del equipo. Fallos en el sistema de rotación y problemas eléctricos en el motor interrumpen el funcionamiento continuo de la centrífuga.

El desgaste de los rodamientos y la falta de lubricación aumentan la fricción y el riesgo de fallos mecánicos. Daños en el tambor y obstrucciones en los conductos de entrada/salida impiden un procesamiento eficiente del material. Finalmente, las fugas en las conexiones pueden causar pérdidas de material y disminuir la eficiencia operativa. Estas fallas combinadas resultan en una operación ineficiente, tiempos de inactividad elevados y mayores costos de mantenimiento.

Figura 20  
Hidro ciclone

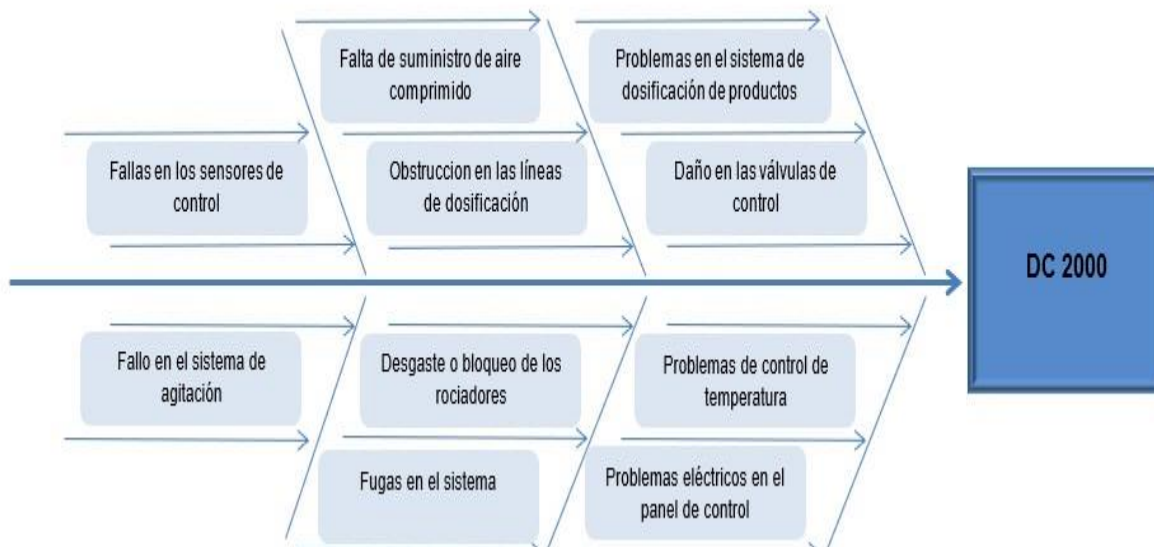


Fuente: Elaboración de autores

La obstrucción del ciclón por sólidos y la acumulación de sedimentos en el fondo interrumpen el flujo de material y reducen la capacidad de procesamiento. La pérdida de presión en el sistema de alimentación y problemas de control de presión afectan la eficiencia de separación. Fallas en la bomba de alimentación y problemas eléctricos en el motor provocan paradas imprevistas y operación inconsistente.

El desgaste de los revestimientos internos y del impulsor, junto con las fugas en las conexiones, comprometen la integridad y eficiencia del equipo. Problemas de flujo de entrada debido a un diseño inadecuado o ajustes incorrectos también afectan el rendimiento. Estas fallas técnicas combinadas resultan en una operación ineficiente, tiempos de inactividad elevados y mayores costos de mantenimiento, afectando significativamente la productividad del hidrociclón.

Figura 21  
DC 2000

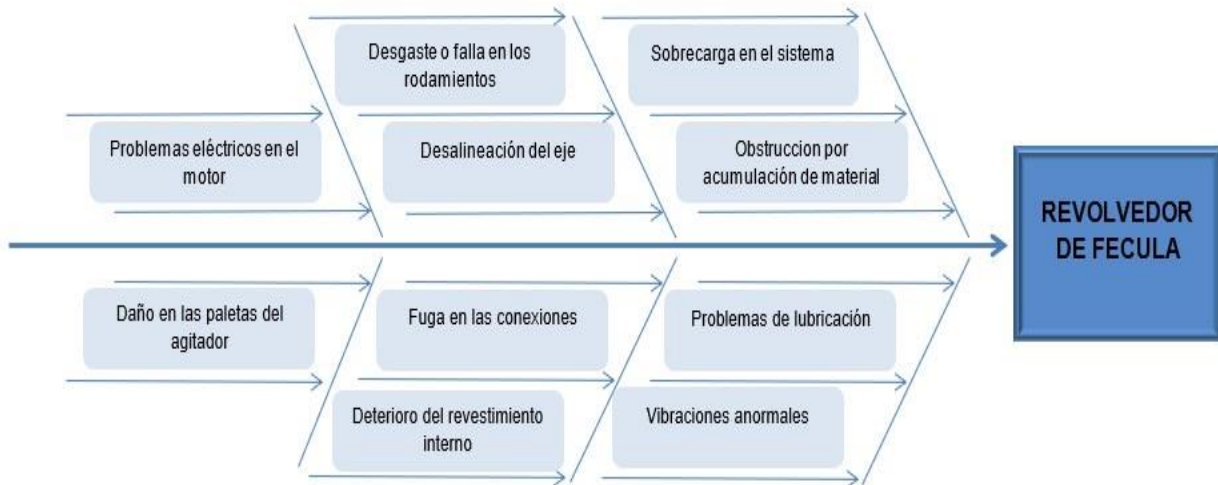


Fuente: Elaboración de autores

La falta de suministro de aire comprimido y los problemas en el sistema de dosificación de productos químicos impiden un funcionamiento eficiente. Fallas en los sensores de control y en el sistema de agitación afectan la precisión y uniformidad del proceso. Las obstrucciones en las líneas de dosificación y el desgaste o bloqueo de los rociadores dificultan la aplicación uniforme de los productos. Daños en las válvulas de control y problemas de control de temperatura comprometen la eficacia del sistema.

Las fugas en el sistema y los problemas eléctricos en el panel de control resultan en pérdidas y paradas frecuentes. Estas fallas técnicas combinadas incrementan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y reducen significativamente la eficiencia operativa del DC 2000.

Figura 22  
Revolvedor de Fécula



Fuente: Elaboración de autores

El desgaste o falla en los rodamientos y los problemas de lubricación incrementan la fricción y el riesgo de fallos mecánicos. La sobrecarga en el sistema y la desalineación del eje provocan estrés excesivo y vibraciones anormales, comprometiendo la estabilidad del equipo. Problemas eléctricos en el motor causan interrupciones en el funcionamiento.

La obstrucción por acumulación de material y el daño en las paletas del agitador reducen la eficacia del mezclado. Fugas en las conexiones y el deterioro del revestimiento interno pueden causar pérdidas de material y contaminación. Estas fallas técnicas combinadas resultan en una operación ineficiente, tiempos de inactividad elevados y mayores costos de mantenimiento, afectando significativamente la productividad del revolver de fécula.



Figura 23  
Helicoidal Transportador de Fécula



Fuente: Elaboración de autores

Los atascos de material en la salida y las obstrucciones en la entrada interrumpen el flujo adecuado de fécula. El desgaste o rotura del transportador compromete su capacidad de transporte, mientras que la desalineación y los problemas de alineación afectan su funcionamiento suave. Problemas eléctricos en el motor y sobrecarga en el sistema causan interrupciones en la operación.

El deterioro de las juntas de sellado y las fugas en las conexiones resultan en pérdida de material y contaminación. Además, el desgaste de los rodamientos reduce la vida útil del equipo. Estas fallas técnicas combinadas aumentan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y disminuyen la eficiencia operativa del transportador de fécula.



Figura 24  
Esfarilador



Fuente: Elaboración de autores

El desgaste o rotura de las cuchillas reduce su capacidad de trituración, mientras que los atascos de material en la entrada dificultan el proceso. Problemas eléctricos en el motor y desalineación de las piezas móviles pueden causar paradas inesperadas. La obstrucción por materiales duros y bloqueos por residuos fibrosos afectan el rendimiento del equipo. Vibraciones anormales indican posibles desequilibrios o fallos en los componentes.

La falta de lubricación aumenta el desgaste y la posibilidad de averías, mientras que el daño en el tamiz compromete la calidad del producto final. Finalmente, la sobrecarga en el sistema resulta en un funcionamiento ineficiente. Estas fallas técnicas combinadas incrementan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y reducen significativamente la eficiencia operativa del esfariador.

Figura 25  
Intercambiador de Calor

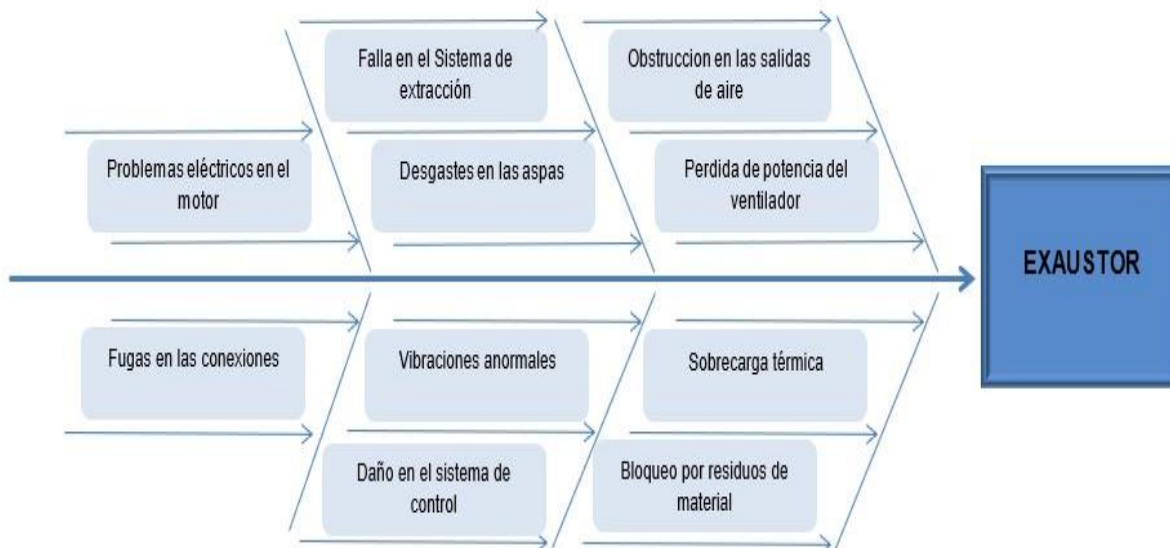


Fuente: Elaboración de autores

La obstrucción en los conductos de intercambio y el bloqueo por depósitos minerales reducen la transferencia de calor. Problemas en el suministro de fluidos y la pérdida de presión en el sistema afectan el proceso de intercambio térmico. Fallas en los sensores de temperatura y problemas de control de flujo comprometen la regulación adecuada de la temperatura. Fugas en las conexiones y corrosión en las tuberías resultan en pérdidas de fluido y riesgo de contaminación.

El deterioro de los intercambiadores y el daño en los aislantes térmicos disminuyen la eficiencia del intercambio. Estas fallas técnicas combinadas aumentan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y reducen significativamente la eficiencia operativa del intercambiador de calor.

Figura 26  
Exaustor



Fuente: Elaboración de autores

Las fallas en el sistema de extracción y las obstrucciones en las salidas de aire reducen la capacidad de ventilación. Problemas eléctricos en el motor y desgaste de las aspas pueden provocar paradas no planificadas. La pérdida de potencia del ventilador y las fugas en las conexiones disminuyen la eficiencia del sistema. Vibraciones anormales indican posibles desequilibrios o fallos en los componentes. La sobrecarga térmica y el daño en el sistema de control pueden comprometer la seguridad y estabilidad del equipo.

Además, el bloqueo por residuos de material afecta el flujo de aire. Estas fallas técnicas combinadas aumentan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y reducen significativamente la eficiencia operativa del exaustor.

Figura 27  
Válvula Rotativa

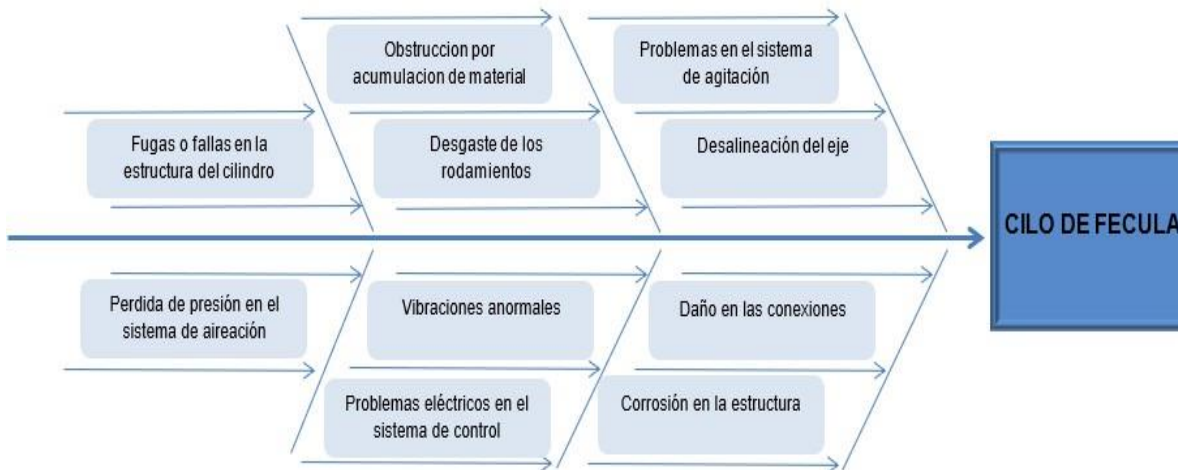


Fuente: Elaboración de autores

Los atascos de material en la válvula y la obstrucción en los conductos de entrada/salida interfieren con el flujo de materiales. Fallas en el sistema de accionamiento y problemas eléctricos en el motor pueden causar interrupciones en el proceso. Problemas de sellado y desgaste de los sellos pueden resultar en fugas y pérdida de presión en el sistema.

El desgaste de las paletas y la desalineación de los ejes comprometen la integridad estructural y la eficiencia del movimiento rotativo. Además, el bloqueo por acumulación de residuos reduce la capacidad de la válvula para funcionar correctamente. Estas fallas técnicas combinadas incrementan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y disminuyen la eficiencia operativa de la válvula rotativa.

Figura 28  
Cilo de Fécula

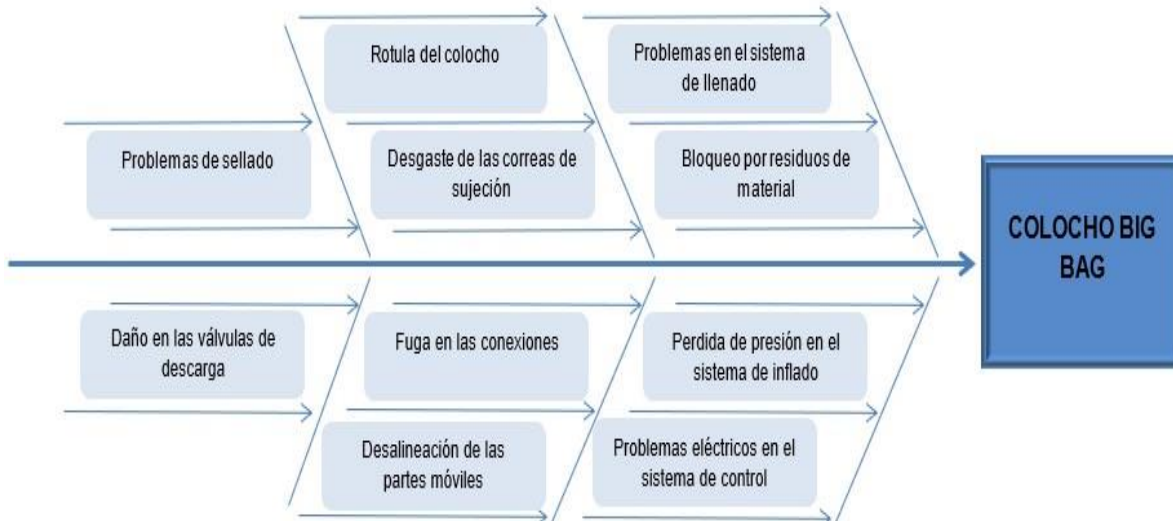


Fuente: Elaboración de autores

La obstrucción por acumulación de material y los problemas en el sistema de agitación interfieren con la homogeneidad del contenido. Fugas o fallos en la estructura del cilindro comprometen su integridad y pueden causar contaminación. El desgaste de los rodamientos y la desalineación del eje afectan la estabilidad y el movimiento rotativo del cilindro. La pérdida de presión en el sistema de aireación y las vibraciones anormales indican posibles problemas de funcionamiento. Daño en las conexiones y problemas eléctricos en el sistema de control pueden provocar interrupciones en el proceso.

Además, la corrosión en la estructura reduce la vida útil del cilindro y aumenta el riesgo de fallas. Estas fallas técnicas combinadas resultan en una operación ineficiente, tiempos de inactividad elevados y mayores costos de mantenimiento, afectando significativamente la productividad del silo de fécula.

Figura 29  
Colocho Big Bag



Fuente: Elaboración de autores

La rotura del colocho compromete la integridad del recipiente y puede resultar en la pérdida de material. Problemas en el sistema de llenado y de sellado afectan la eficacia del proceso de carga y retención del contenido. El desgaste de las correas de sujeción reduce su capacidad para asegurar adecuadamente el colocho. Bloqueos por residuos de material en la válvula de descarga obstaculizan la descarga del contenido. Pérdida de presión en el sistema de inflado puede provocar una inflación insuficiente del colocho, afectando su estabilidad.

Fugas en las conexiones pueden resultar en la pérdida de material y contaminación. Desalineación de las partes móviles y problemas eléctricos en el sistema de control pueden causar dificultades en la manipulación y control del colocho. Estas fallas técnicas combinadas incrementan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y reducen significativamente la eficiencia operativa del colocho Big Bag.

Figura 30  
Clasificador



Fuente: Elaboración de autores

El desgaste o rotura de los tamices compromete su capacidad de separación y precisión en la clasificación. Los atascos de material en la entrada/salida dificultan el flujo adecuado de materiales a través del equipo. Problemas eléctricos en el motor y pérdida de potencia pueden causar interrupciones en el funcionamiento del clasificador. La desalineación de los ejes y el daño en las conexiones afectan la integridad estructural y la estabilidad del equipo. La obstrucción por residuos y el deterioro del revestimiento interno reducen la eficiencia del proceso de clasificación. Además, el fallo en el sistema de vibración y las vibraciones anormales indican posibles problemas de funcionamiento y desequilibrio. Estas fallas técnicas combinadas aumentan los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y disminuyen la eficiencia operativa del clasificador.



Figura 31  
Colocho de Empaque

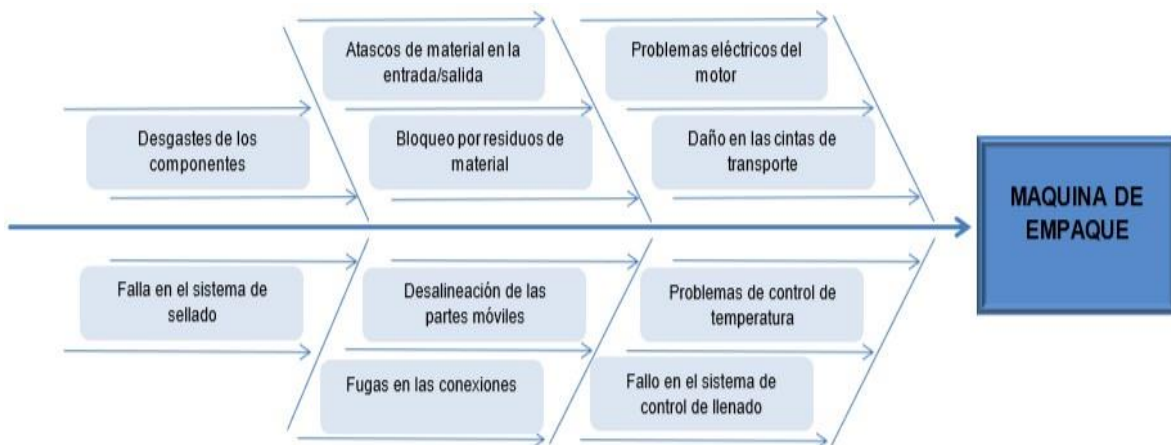


Fuente: Elaboración de autores

La rotura del colocho compromete su integridad estructural y puede resultar en la pérdida de material. Problemas en el sistema de sellado afectan la hermeticidad del colocho, aumentando el riesgo de contaminación o derrames. El desgaste de los componentes reduce la eficacia del sistema y puede afectar su vida útil. Bloqueos por residuos de material en las válvulas de descarga obstaculizan la descarga adecuada del contenido. La pérdida de presión en el sistema de inflado puede provocar una inflación insuficiente del colocho, comprometiendo su capacidad de contención. Fugas en las conexiones aumentan el riesgo de pérdida de material y contaminación. Desalineación de las partes móviles y problemas eléctricos en el sistema de control pueden causar dificultades en la manipulación y control del colocho. Además, la sobrecarga en el sistema puede resultar en daños adicionales y afectar su funcionamiento. Estas fallas técnicas combinadas pueden incrementar los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y reducir significativamente la eficiencia operativa del colocho de empaque.



Figura 32  
Máquina de Empaque

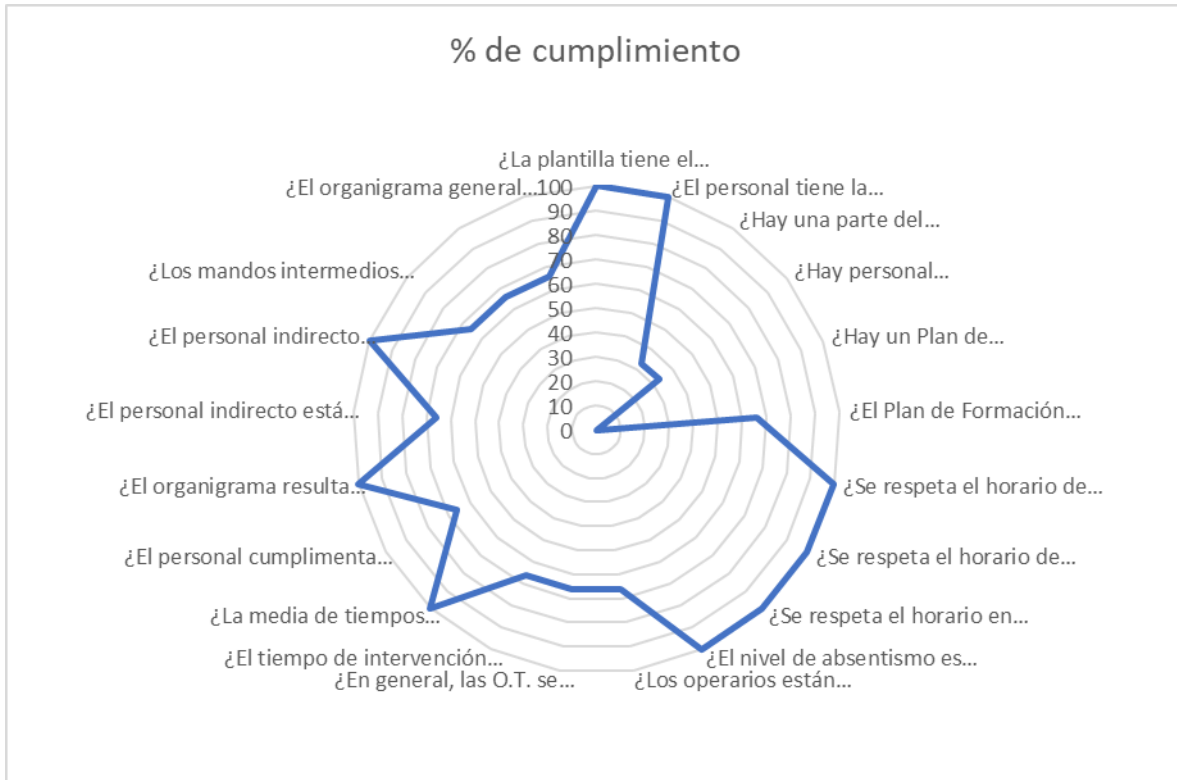


Fuente: Elaboración de autores

Los atascos de material en la entrada/salida interfieren con el flujo adecuado de materiales a través del equipo. Problemas eléctricos en el motor pueden causar interrupciones en el funcionamiento de la máquina. El desgaste de los componentes reduce la eficacia del sistema y puede afectar su durabilidad. Bloqueos por residuos de material y daño en las cintas de transporte pueden provocar obstrucciones en el proceso de empaque. Fallos en el sistema de sellado comprometen la hermeticidad de los paquetes, aumentando el riesgo de contaminación o pérdida de producto. Desalineación de las partes móviles y problemas de control de temperatura pueden afectar la calidad y consistencia del empaque. Además, fugas en las conexiones y fallos en el sistema de control de llenado pueden resultar en pérdidas de material y reducir la eficiencia del proceso. Estas fallas técnicas combinadas pueden incrementar los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y disminuir la eficiencia operativa de la máquina de empaque.

### 6.3 Análisis de la Auditoria

Figura 33  
Criterio de Mano de Obra



Fuente: Elaboración de autores

Mantenimiento de los mandos intermedios en la resolución de problemas:

El porcentaje de cumplimiento es del 85%, lo que sugiere un buen nivel de apoyo por parte de los líderes de equipo en la resolución de problemas. Esto indica una cultura organizacional en la que los mandos intermedios están activamente involucrados en la solución de problemas y brindan el apoyo necesario al personal.

Personal indirecto con el número adecuado:

El porcentaje de cumplimiento es del 70%, lo que indica que podría haber espacio para mejorar la asignación de personal indirecto. Una revisión podría ayudar a optimizar la cantidad de personal de apoyo o administrativo para garantizar una operación eficiente y sin problemas.

Cumplimiento del horario de trabajo:



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

El porcentaje de cumplimiento es del 92%, lo que indica un alto nivel de puntualidad por parte del personal. Esto es positivo ya que la puntualidad es crucial para mantener la eficiencia operativa y el flujo de trabajo sin interrupciones.

Registro correcto en la nómina:

El porcentaje de cumplimiento es del 98%, lo que indica una excelente gestión administrativa en cuanto a la precisión de los registros de nómina. Este alto nivel de cumplimiento evita errores en los pagos y refleja una sólida práctica de gestión de recursos humanos.

Tiempos muertos en producción:

El porcentaje de cumplimiento es del 75%, lo que sugiere que hay oportunidades para mejorar la eficiencia en la producción. Esto podría implicar identificar y abordar las causas de los tiempos muertos para minimizarlos y aumentar la productividad general.

Calidad del trabajo:

El porcentaje de cumplimiento es del 88%, lo que indica que la calidad del trabajo está en línea con los estándares establecidos. Este alto nivel de cumplimiento es esencial para garantizar la satisfacción del cliente y mantener una buena reputación para la organización.

Figura 34  
Criterios de Medios Técnicos



Fuente : Elaboracion de autores

Recogida y uso de experiencias en trabajos anteriores:

El porcentaje de cumplimiento es del 70%. Aunque se recopilan experiencias, hay oportunidades para mejorar la aplicación activa de estas lecciones aprendidas en trabajos actuales. Es crucial fomentar la retroalimentación y la transferencia de conocimientos para mejorar continuamente las prácticas de mantenimiento.

Análisis de riesgos:

El porcentaje de cumplimiento es del 90%, lo que indica una sólida práctica en la identificación y mitigación de riesgos en las tareas de mantenimiento. Este enfoque es esencial para garantizar la seguridad y la eficiencia en el lugar de trabajo.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Auditoría de calidad de los trabajos de mantenimiento:

El porcentaje de cumplimiento es del 80%. Si bien se realizan auditorías, hay margen para mejorar la calidad de los trabajos de mantenimiento. Identificar áreas específicas que requieren atención puede ayudar a mejorar la calidad general del servicio.

Existencia de un Plan de Mantenimiento:

Casi el 100% de cumplimiento indica una excelente práctica en la planificación y documentación de actividades de mantenimiento. Esto es fundamental para asegurar una organización eficiente y el mantenimiento adecuado de los equipos.

Planificación del mantenimiento:

El cumplimiento cercano al 100% en la planificación del mantenimiento es esencial para evitar interrupciones y garantizar la disponibilidad de recursos necesarios. Este aspecto refleja una gestión eficaz de los recursos y una atención adecuada a la programación de tareas.

Sistema de información para el stock del almacén de mantenimiento:

Aunque el cumplimiento es del 60%, podría requerir mejoras para un seguimiento más eficiente del inventario de mantenimiento. Un sistema de información mejorado puede ayudar a optimizar la gestión de existencias y evitar posibles interrupciones en el suministro de piezas y materiales.

Colaboración con proveedores en términos de calidad y tiempo:

Cerca del 80% de cumplimiento indica una buena colaboración con proveedores, aunque siempre se puede fortalecer para garantizar la calidad y la puntualidad en la entrega de suministros. Establecer relaciones sólidas con proveedores es clave para mantener la eficiencia del proceso de mantenimiento.

Procedimientos para compras relacionadas con el mantenimiento:

Aunque el cumplimiento es del 70%, se debe asegurar la correcta implementación de los procedimientos para una gestión eficiente de compras. Esto implica



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

establecer procesos claros y garantizar su cumplimiento para optimizar los recursos y evitar posibles problemas de suministro.

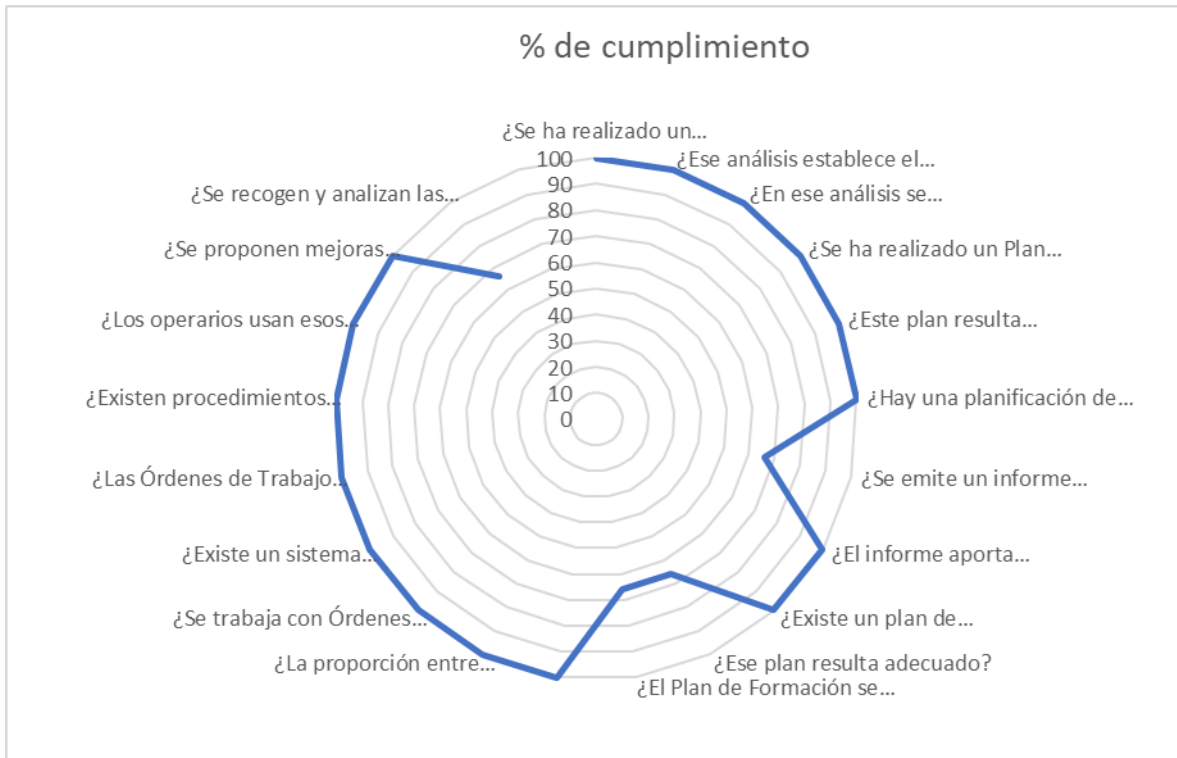
Seguimiento al cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo y correctivo:

Con un cumplimiento cercano al 90%, se demuestra un monitoreo regular y una evaluación de las actividades de mantenimiento. Esto es esencial para garantizar que se cumplan los planes establecidos y mantener la funcionalidad y seguridad de los equipos.

Responsables del seguimiento al cumplimiento del plan:

Con un cumplimiento del 80%, es importante asegurar que haya roles claros y responsables designados para el seguimiento y la ejecución del plan de mantenimiento. Esto garantiza una supervisión efectiva y una implementación adecuada de las actividades de mantenimiento.

Figura 35  
Criterio de Método de Trabajo.



Fuente : Elaboracion de autores

Recogida y uso de experiencias en trabajos anteriores:

El porcentaje de cumplimiento es del 70%. Aunque se recopilan experiencias, hay oportunidades para mejorar la aplicación activa de estas lecciones aprendidas en trabajos actuales. Es fundamental fomentar la retroalimentación y la transferencia de conocimientos para mejorar continuamente las prácticas de mantenimiento.

Análisis de riesgos:

El porcentaje de cumplimiento es del 90%, lo que sugiere que se da importancia a la identificación y mitigación de riesgos en las tareas de mantenimiento. Este enfoque es positivo para la seguridad y la eficiencia en el lugar de trabajo.

Entrenamiento directo en el puesto de trabajo:



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Con un cumplimiento del 80%, se reconoce la importancia del entrenamiento directo para que los operarios adquieran habilidades específicas. Es esencial seguir fortaleciendo esta práctica para asegurar un personal bien capacitado y competente.

Existencia de procedimientos estandarizados:

Casi el 100% de cumplimiento indica una excelente práctica en la existencia de procedimientos estandarizados. Esto es crucial para garantizar la coherencia y la calidad en las operaciones de mantenimiento, proporcionando un marco claro para los procedimientos a seguir.

Orden y disponibilidad de útiles de trabajo para la reparación:

Con un cumplimiento del 60%, se identifica la necesidad de mejorar el seguimiento del inventario de mantenimiento para garantizar la orden y disponibilidad de los útiles de trabajo. Es fundamental tener un sistema eficiente para garantizar que el personal pueda acceder rápidamente a los recursos necesarios para las reparaciones.

Programación del sistema de trabajo:

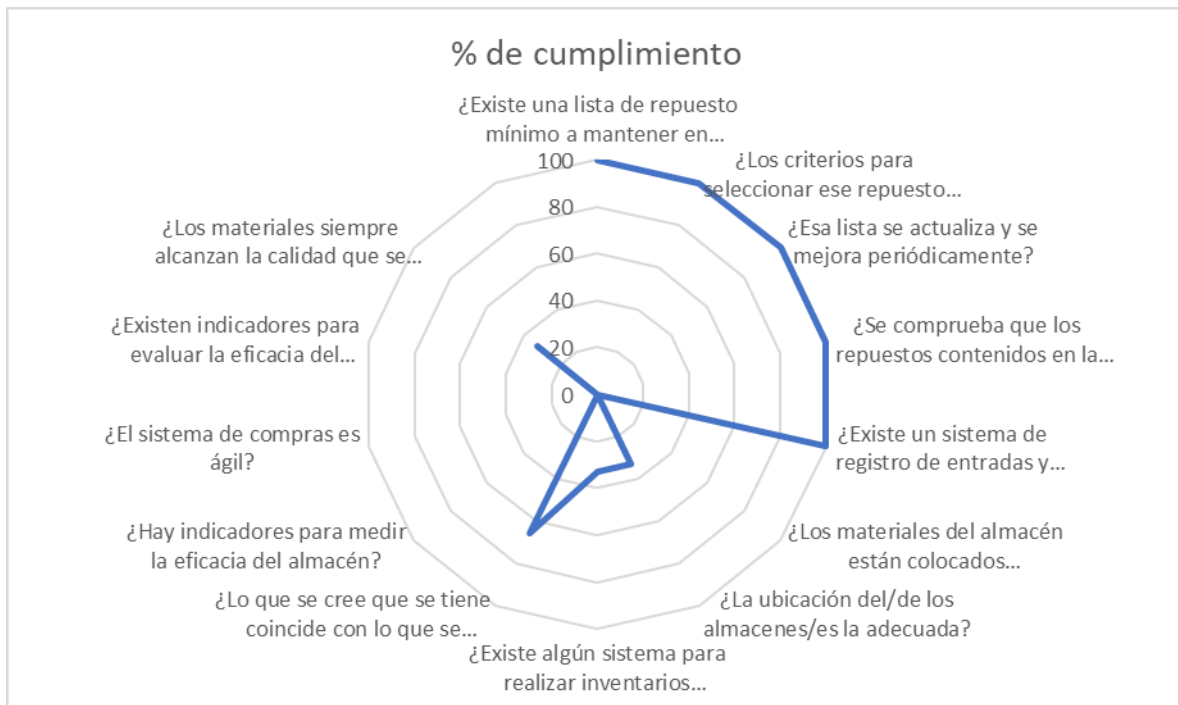
Cerca del 80% de cumplimiento indica que el sistema de trabajo está bien planificado y se ajusta a las necesidades específicas de mantenimiento. Sin embargo, se debe asegurar una planificación adecuada para evitar interrupciones y optimizar los recursos disponibles.

Actualización del plan de mantenimiento:

Con un cumplimiento del 90%, se demuestra un buen seguimiento y actualización regular del plan de mantenimiento según las necesidades cambiantes. Esto es esencial para garantizar que las actividades de mantenimiento estén alineadas con los requisitos actuales y se aborden de manera efectiva.



Figura 36  
Criterio de Materiales



Fuente : Elaboracion de autores

**Evolución del coste:**

El valor es alrededor del 20%, lo que sugiere un crecimiento moderado en los costos. Se debe investigar la causa detrás de este crecimiento y tomar medidas para controlarlo, ya sea mediante la identificación de áreas de gasto innecesario o la implementación de prácticas de gestión más eficientes.

**Coste total de las horas/hombre:**

Con un valor cercano al 30%, indica que el coste en términos de horas/hombre es relativamente bajo. Sin embargo, es importante evaluar si esto se debe a una eficiencia real en la gestión del tiempo o a una falta de recursos que podría afectar la calidad o la eficacia del trabajo realizado.

**Gastos en repuestos:**



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

El valor está alrededor del 70%, lo que sugiere que los gastos en repuestos están bajo control. Sin embargo, es crucial continuar monitoreando estos gastos para evitar aumentos innecesarios y garantizar una gestión eficiente de los recursos.

Evolución de las horas/hombre:

Con un valor alrededor del 20%, indica un crecimiento limitado en las horas/hombre. Se debe investigar la causa detrás de este crecimiento y considerar estrategias para optimizar el uso del tiempo, como la implementación de programas de capacitación o la mejora de los procesos de trabajo.

Número de averías:

Con un valor casi del 100%, sugiere que el número de averías es mínimo o inexistente. Esto es altamente positivo para la eficiencia y la disponibilidad de los equipos, lo que indica una gestión efectiva del mantenimiento preventivo y correctivo.

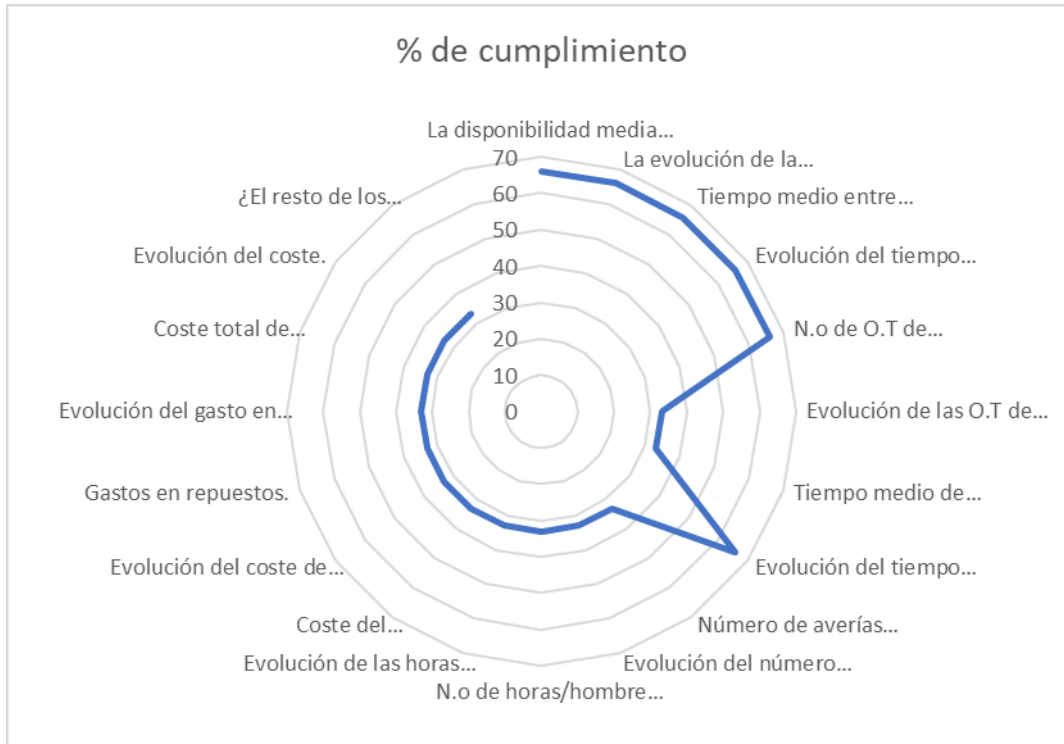
Tiempo medio de O.T. (Orden de Trabajo):

Con un valor alrededor del 70%, indica que el tiempo medio de las órdenes de trabajo está bajo control. Sin embargo, se debe continuar evaluando y ajustando este tiempo para mantener la eficiencia y minimizar los tiempos de inactividad.

% de cumplimiento medio:

Con un valor alrededor del 90%, sugiere un alto cumplimiento en el logro de los objetivos establecidos. Esto indica que se están alcanzando los estándares esperados y se está cumpliendo con las expectativas de rendimiento. Es importante seguir monitoreando y ajustando según sea necesario para mantener este alto nivel de cumplimiento.

Figura 37  
Criterio de Resultados Obtenidos



Fuente: Elaboración de autores

**Evolución del coste:**

Un valor alrededor de 20% indica un crecimiento moderado en los costos. Es importante investigar la causa detrás de este crecimiento y tomar medidas para controlarlo, como identificar áreas de gasto innecesario o implementar prácticas de gestión más eficientes.

**Coste total de las horas/hombre:**

Con un valor cercano al 30%, sugiere que el coste en términos de horas/hombre es relativamente bajo. Sin embargo, es crucial evaluar si esto se debe a una eficiencia real en la gestión del tiempo o a una falta de recursos que podría afectar la calidad o la eficacia del trabajo realizado.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

### Gastos en repuestos:

Un valor alrededor del 70% indica que los gastos en repuestos están bajo control. Es esencial seguir monitoreando estos gastos para evitar aumentos innecesarios y garantizar una gestión eficiente de los recursos.

### Evolución de las horas/hombre:

Con un valor alrededor de 20%, sugiere un crecimiento limitado en las horas/hombre. Investigar la causa detrás de este crecimiento y considerar estrategias para optimizar el uso del tiempo es fundamental para mantener la eficiencia.

### Número de averías:

Con un valor casi del 100%, indica un número mínimo o inexistente de averías. Esto es altamente positivo para la eficiencia y la disponibilidad de los equipos, lo que sugiere una efectiva gestión del mantenimiento preventivo y correctivo.

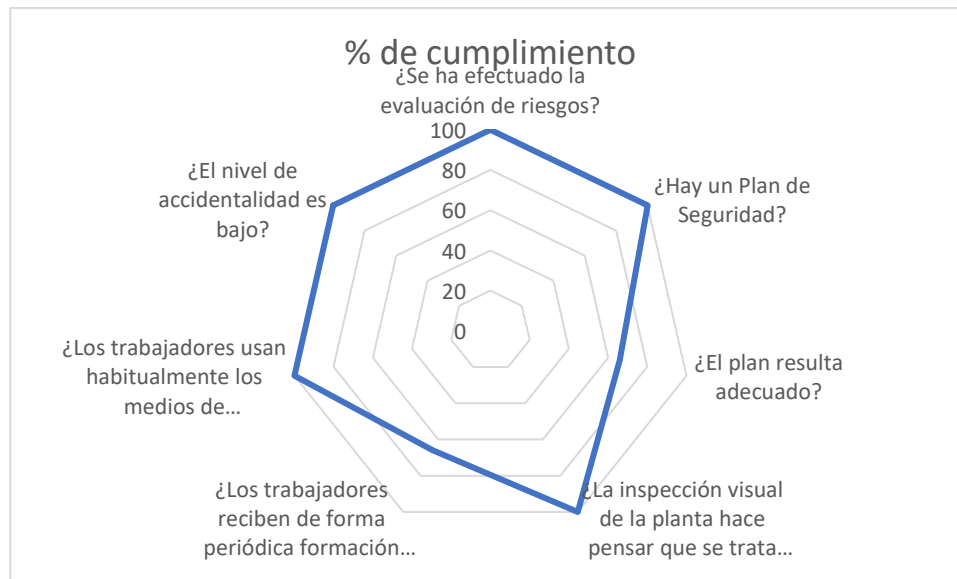
### Tiempo medio de O.T. (Orden de Trabajo):

Un valor alrededor de 70% indica que el tiempo medio de las órdenes de trabajo está bajo control. Es importante continuar evaluando y ajustando este tiempo para mantener la eficiencia y minimizar los tiempos de inactividad.

### % de cumplimiento medioambiental general:

Un valor casi del 100% es positivo, indicando que se están alcanzando los objetivos establecidos en términos de cumplimiento medioambiental. Este alto cumplimiento debe seguir siendo monitoreado y ajustado según sea necesario para mantener altos estándares ambientales.

Figura 38  
Criterio de Seguridad



Fuente: Elaboración de autores

### Análisis

#### Existencia de un Plan Ambiental:

Valor alrededor del 20: Este bajo valor sugiere que podría no haber un plan ambiental establecido o que no se está implementando adecuadamente. Se necesita una evaluación detallada para determinar la situación exacta y considerar la importancia de tener un plan para la sostenibilidad ambiental. Un plan ambiental sólido es fundamental para guiar las acciones de la empresa hacia prácticas más sostenibles.

#### Análisis adecuado de los aspectos medioambientales y su significación:

Valor cerca del 30%: Un valor bajo indica que se deben revisar los análisis de los aspectos medioambientales para comprender su impacto y tomar medidas preventivas o correctivas. Es esencial realizar análisis exhaustivos de los aspectos ambientales para identificar los riesgos y oportunidades de mejora en términos de sostenibilidad.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Correcta implementación del Plan Ambiental:

Valor alrededor del 70%: Este valor moderado sugiere que se está implementando el plan, pero se debe seguir monitoreando para garantizar su correcta ejecución. La implementación efectiva del plan ambiental es crucial para alcanzar los objetivos ambientales establecidos y mejorar el desempeño ambiental de la organización.

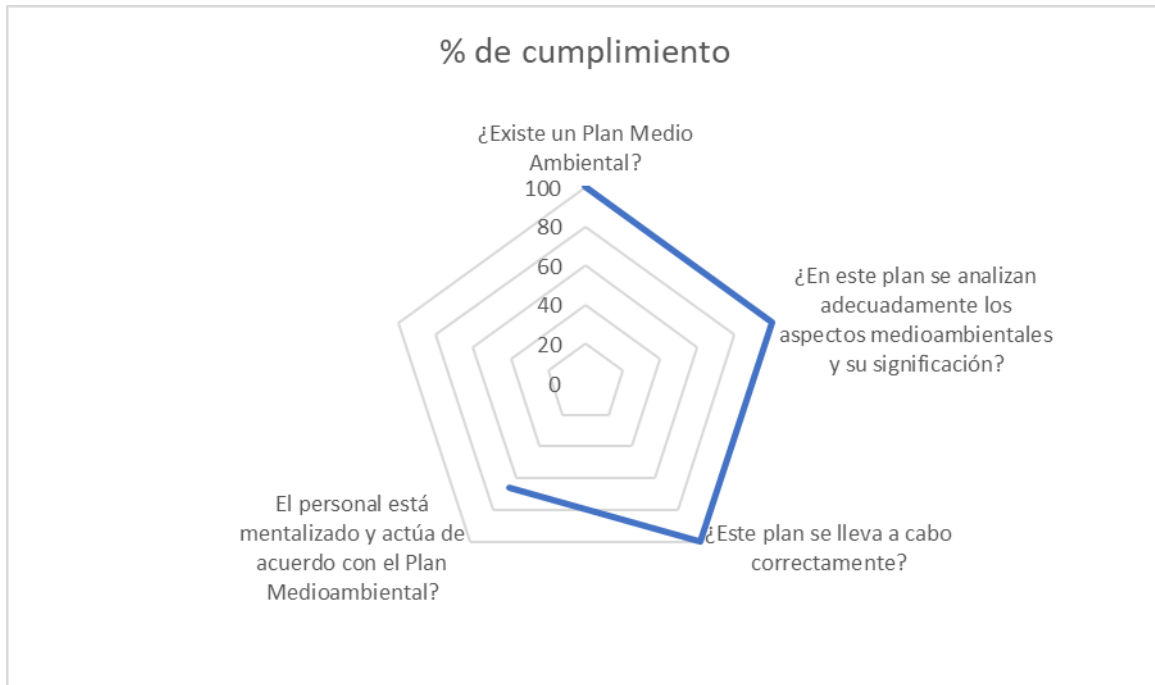
Concienciación y acción del personal según el Plan Ambiental:

Valor alrededor de 20%: Un bajo valor indica que podría haber falta de concienciación o cumplimiento por parte del personal. Se deben fortalecer las prácticas de sensibilización y formación para asegurar que todos los empleados comprendan la importancia del plan ambiental y estén comprometidos con su cumplimiento. La participación activa del personal es esencial para el éxito del plan ambiental.

Cumplimiento medioambiental general:

Valor casi del 100%: Este alto cumplimiento es positivo y sugiere que se están alcanzando los objetivos medioambientales establecidos. Sin embargo, es importante seguir monitoreando y ajustando las prácticas ambientales según sea necesario para mantener y mejorar continuamente el desempeño ambiental de la organización.

Figura 39  
Criterio de Medio Ambiente



Fuente: Elaboración de autores

### Análisis

#### Existencia de un Plan Ambiental:

Valor: Alrededor del 20%. Este bajo valor sugiere que podría haber problemas con la existencia o la implementación del plan ambiental. Se necesita una evaluación más profunda para determinar si existe un plan ambiental y si se está implementando adecuadamente. La falta de un plan ambiental o su implementación deficiente puede resultar en prácticas ambientales ineficaces y falta de dirección en términos de sostenibilidad.

#### Análisis adecuado de los aspectos medioambientales y su significación:

Valor: Cerca del 30%: Un valor bajo indica que se deben revisar los análisis de los aspectos medioambientales para comprender mejor su impacto. Es crucial comprender completamente los aspectos ambientales para identificar los riesgos y



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

oportunidades de mejora. La falta de un análisis adecuado puede llevar a una toma de decisiones inadecuada en materia ambiental.

Correcta implementación del Plan Ambiental:

Valor: Alrededor del 70%: Un valor moderado sugiere que se está implementando el plan, pero aún se necesita monitoreo para garantizar su ejecución adecuada. Aunque la implementación está en marcha, es importante mantener un seguimiento constante para asegurar que todas las medidas se apliquen de manera efectiva.

Concienciación y acción del personal según el Plan Ambiental:

Valor: Alrededor de 20%: El bajo valor indica una falta de concienciación o cumplimiento por parte del personal. Se deben intensificar las prácticas de sensibilización y formación para garantizar que todos los empleados comprendan y sigan el plan ambiental. El compromiso del personal es esencial para el éxito de las iniciativas ambientales.

Cumplimiento medioambiental general:

Valor: Casi 100%: Un alto cumplimiento es positivo y sugiere que se están alcanzando los objetivos ambientales establecidos. Sin embargo, es crucial seguir monitoreando y ajustando las prácticas ambientales según sea necesario para mantener y mejorar continuamente el desempeño ambiental de la organización.





### 6.4 Análisis de la Entrevistas

Tabla 4

Referencia de Informantes

Informante	Rol	Objetivo de la entrevista	Lugar Hora de la Entrevista
Entrevista: Ing. Larry Domínguez	E	Determinar los criterios del tiempo total y las fallas de la maquinaria	19-05-2024 Empresa ALCASA. León

Fuente: Elaboración de autores

### Matriz de Interpretación

Tabla 5

Matriz de Interpretación

Dimensión – Códigos temáticos	Definición operativa de los códigos	Lo expresado textual de los entrevistados
Tiempo promedio entre Fallas	Tiempo total de operaciones Numero de fallos	El equipo opero durante 19 horas antes de fallar. Normalmente no hay un historial de fallas que nos indique cada cuanto se produce la falla.
Tiempo promedio para reparar	Tiempo total de reparaciones Numero de reparaciones	El tiempo de reparación varía dependiendo de la complejidad de la falla.
Disponibilidad	Tiempo de operación Tiempo de inactividad	De las 19 horas de operaciones, hubo 5 horas de inactividad.
Confiabilidad	Tasa de fallos	La confiabilidad se mide en la tasa de fallos y tiempo



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

	Tiempo	alcanzado una producción de 8 toneladas.
Costo de mantenimiento por unidad de producción	Costo total de mantenimiento de Unidades producidas	El costo de mantenimiento por unidad de producción sería \$10 por tonelada de almidón.
Eficiencia del mantenimiento preventivo	Números de fallos evitados Número total de fallos potencial	Se evitaron 10 fallos potenciales gracias al mantenimiento preventivo, de un total de tres fallos ocurrido
Backlog de mantenimiento	Horas de trabajo pendientes Horas de trabajo semanales disponibles	El backlog de mantenimiento incluye 10 horas de trabajo pendientes, ajustando por el tiempo de red.

Fuente: Elaboración de autores

### Análisis de la entrevista.

Actualmente, el equipo operó durante 19 horas antes de fallar, con un tiempo de inactividad de 5 horas, lo que resulta en una disponibilidad del 79.2%. La confiabilidad de los equipos permite una producción de 8 toneladas antes de que ocurra una falla. El mantenimiento preventivo ha sido efectivo al evitar 10 fallos potenciales de un total de 3 fallos ocurridos. El costo de mantenimiento por unidad de producción es de \$10 por tonelada de almidón. Sin embargo, la falta de un historial de fallas detallado dificulta el análisis profundo de la frecuencia, existe un backlog de mantenimiento de 10 horas de trabajo pendientes. Para mejorar estos indicadores, es esencial optimizar las prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo, reducir el tiempo de inactividad y asegurar una planificación eficiente de las tareas de mantenimiento.



## 6.5 Estudio de gestión del mantenimiento.

### 1. Tolva de recepción.

- Tiempos de operación:

410 horas	400 horas	420 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

5 horas	4 horas	6 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{410+400+420}{3} = \frac{1230}{3} = 410 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{5+4+6}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{470}{410+5} = \frac{410}{415} \approx 0.9879 \text{ (98.79\%)}$$

Confiabilidad a 100 horas;

$$\lambda = \frac{1}{470} \approx 0.002439$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002439 \times 100} = e^{-0.2439} \approx 0.78,26$$

(78.26%)



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN**

2. Banda Transportadora.

- Tiempos de operación:

350 horas	340 horas	360 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

3 horas	2 horas	4 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{350+340+360}{3} = \frac{1050}{3} = 350 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{3+2+4}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{350}{350+3} = \frac{350}{353} \approx 0.9915 \text{ (99.15\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{350} \approx 0.002857$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002857 \times 100} = e^{-0.2857} \approx 0.7523$$

(75.23%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

3. Lavador de Raíz

- Tiempos de operación:

370 horas	360 horas	380 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

4 horas	3 horas	5 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{370+360+380}{3} = \frac{1110}{3} = 370 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{4+3+5}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{370}{370+4} = \frac{350}{374} \approx 0.9893 \text{ (98.93\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{370} \approx 0.002703$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002703 \times 100} = e^{-0.2703} \approx 0.7628$$

(76.28%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

4. Banda de inspección.

- Tiempos de operación:

360 horas	350 horas	370 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

3 horas	2 horas	4 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{360+350+370}{3} = \frac{1080}{3} = 360 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{3+2+4}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{360}{370+3} = \frac{360}{363} \approx 0.9908 \text{ (99.08\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{360} \approx 0.002778$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002778 \times 100} = e^{-0.2778} \approx 0.7574$$

(75.74%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

5. Triturador.

- Tiempos de operación:

390 horas	380 horas	400 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

5 horas	4 horas	6 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{390+380+400}{3} = \frac{1170}{3} = 390 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{5+4+6}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{390}{390+5} = \frac{390}{395} \approx 0.9873 \text{ (98.73\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{390} \approx 0.002564$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002564 \times 100} = e^{-0.2564} \approx 0.7722$$

(77.22%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

6. Colocho Vertical.

- Tiempos de operación:

380 horas	370 horas	390 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

4 horas	3 horas	5 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{380+370+390}{3} = \frac{1140}{3} = 380 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{4+3+5}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{380}{380+4} = \frac{380}{384} \approx 0.9896 \text{ (98,96\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{390} \approx 0.002632$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002632 \times 100} = e^{-0.2632} \approx 0.7685$$

(76.85%)





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

7. Dosador.

- Tiempos de operación:

360 horas	350 horas	370 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

3 horas	2 horas	4 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{360+350+370}{3} = \frac{1080}{3} = 360 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{3+2+4}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{360}{360+3} = \frac{360}{363} \approx 0.9908 \text{ (99,08\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{360} \approx 0.002778$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002778 \times 100} = e^{-0.2778} \approx 0.7574$$

(75.74%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

8. Cevaderia.

- Tiempos de operación:

380 horas	370 horas	390 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

4 horas	3 horas	5 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{380+370+390}{3} = \frac{1140}{3} = 380 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{4+3+5}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{380}{380+4} = \frac{380}{384} \approx 0.9896 \text{ (98,96\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{380} \approx 0.002632$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002632 \times 100} = e^{-0.2632} \approx 0.7685$$

(76.85%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

9. GL Filtro Rotativo.

- Tiempos de operación:

370 horas	360 horas	380 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

3 horas	2 horas	4 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{370+360+380}{3} = \frac{1110}{3} = 370 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{3+2+4}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{370}{370+3} = \frac{370}{373} \approx 0.9920 \text{ (99,20\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{370} \approx 0.002703$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002703 \times 100} = e^{-0.2708} \approx 0.7628$$

(76.28%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

10. Centrifuga.

- Tiempos de operación:

400 horas	390 horas	410 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

5 horas	4 horas	6 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{400+390+410}{3} = \frac{1200}{3} = 400 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{5+4+6}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{400}{400+5} = \frac{400}{405} \approx 0.9877 \text{ (98.77\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{400} \approx 0.0025$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.0025 \times 100} = e^{-0.25} \approx 0.7788$$

(77.88%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

11. Hidrociclón.

- Tiempos de operación:

380 horas	370 horas	390 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

4 horas	3 horas	5 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{380+370+390}{3} = \frac{1140}{3} = 380 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{4+3+5}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{380}{380+4} = \frac{380}{384} \approx 0.9896 \text{ (98.96\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{380} \approx 0.002632$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002632 \times 100} = e^{-0.2632} \approx 0.7685$$

(76.85%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

12.DC 200.

- Tiempos de operación:

390 horas	380 horas	400 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

4 horas	3 horas	5 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{390+380+400}{3} = \frac{1170}{3} = 390 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{4+3+5}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{390}{390+4} = \frac{390}{394} \approx 0.9898 \text{ (98.98\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{390} \approx 0.002564$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002564 \times 100} = e^{-0.2564} \approx 0.7722$$

(77.22%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

13. Revolvedor de Fécula.

- Tiempos de operación:

370 horas	360 horas	380 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

3 horas	2 horas	4 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{370+360+380}{3} = \frac{1110}{3} = 370 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{3+2+4}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{370}{370+4} = \frac{370}{374} \approx 0.9920 \text{ (99.20\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{370} \approx 0.002703$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002703 \times 100} = e^{-0.2703} \approx 0.7626$$

(76.28%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

14. Helicoidal Transportador de fécula.

- Tiempos de operación:

400 horas	390 horas	410 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

5 horas	4 horas	6 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{400+390+410}{3} = \frac{1200}{3} = 400 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{5+4+6}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{400}{400+5} = \frac{400}{405} \approx 0.9877 \text{ (98.77\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{400} \approx 0.0025$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.0025 \times 100} = e^{-0.25} \approx 0.7788$$

(77.88%)





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

15. Esfarilador.

- Tiempos de operación:

410 horas	400 horas	420 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

5 horas	4 horas	6 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{410+400+420}{3} = \frac{1230}{3} = 410 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{5+4+6}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{410}{410+5} = \frac{410}{415} \approx 0.9879 \text{ (98.79\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{400} \approx 0.002439$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002439 \times 100} = e^{-0.2439} \approx 0.7826$$

(78.26%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

16. Intercambiador de calor.

- Tiempos de operación:

380 horas	370 horas	390 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

4 horas	3 horas	5 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{380+370+390}{3} = \frac{1140}{3} = 380 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{4+3+5}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{380}{380+4} = \frac{380}{384} \approx 0.9896 \text{ (98.96\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{380} \approx 0.002632$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002632 \times 100} = e^{-0.2632} \approx 0.7685$$

(76.85%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

17. Exaustor.

- Tiempos de operación:

370 horas	360 horas	380 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

3 horas	2 horas	4 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{370+360+380}{3} = \frac{1110}{3} = 370 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{3+2+4}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{370}{370+3} = \frac{370}{373} \approx 0.9920 \text{ (99.20\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{370} \approx 0.002703$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002703 \times 100} = e^{-0.2703} \approx 0.7628$$

(76.28%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

18. Válvula Rotativa.

- Tiempos de operación:

360 horas	350 horas	370 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

3 horas	2 horas	4 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{360+350+370}{3} = \frac{1080}{3} = 360 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{3+2+4}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{360}{360+3} = \frac{360}{363} \approx 0.9908 \text{ (99.08\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{360} \approx 0.002778$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002778 \times 100} = e^{-0.2778} \approx 0.7574$$

(75.74%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

19. Ciclo de Fécula.

- Tiempos de operación:

390 horas	380 horas	400 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

4 horas	3 horas	5 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{390+380+400}{3} = \frac{1170}{3} = 390 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{4+3+5}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{390}{390+4} = \frac{390}{394} \approx 0.9898 \text{ (98.98\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{390} \approx 0.002564$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002564 \times 100} = e^{-0.2564} \approx 0.7722$$

(77.22%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

20. Colocho Big Bag.

- Tiempos de operación:

400 horas	390 horas	410 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

5 horas	4 horas	6 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{400+390+410}{3} = \frac{1200}{3} = 400 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{5+4+6}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{400}{400+5} = \frac{400}{405} \approx 0.9877 \text{ (98.77\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{400} \approx 0.0025$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.0025 \times 100} = e^{-0.25} \approx 0.7788$$

(77.88%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

21. Clasificador.

- Tiempos de operación:

410 horas	400 horas	420 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

5 horas	4 horas	6 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{410+400+420}{3} = \frac{1230}{3} = 410 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{5+4+6}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{410}{410+5} = \frac{410}{415} \approx 0.9879 \text{ (98.79\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{410} \approx 0.002439$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002439 \times 100} = e^{-0.2439} \approx 0.7826$$

(78.26%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

22. Colocho de empaque.

- Tiempos de operación:

380 horas	370 horas	390 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

4 horas	3 horas	5 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{380+370+390}{3} = \frac{1140}{3} = 380 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{4+3+5}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{380}{380+4} = \frac{380}{384} \approx 0.9896 \text{ (98.96\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{380} \approx 0.002632$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002632 \times 100} = e^{-0.2632} \approx 0.7685$$

(76.85%)





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

23. Colocho de empaque.

- Tiempos de operación:

370 horas	360 horas	380 horas
-----------	-----------	-----------

- Tiempos de Reparación:

3 horas	2 horas	4 horas
---------	---------	---------

$$MTBF = \frac{370+360+380}{3} = \frac{9}{3} = 370 \text{ horas}$$

$$MTTR = \frac{3+2+4}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ horas}$$

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{370}{370+3} = \frac{370}{374} \approx 0.9920 \text{ (99.20\%)}$$

$$\lambda = \frac{1}{370} \approx 0.002703$$

$$R(100) = e^{-\lambda \times 100} = e^{-0.002703 \times 100} = e^{-0.2703} \approx 0.7628$$

(76.28%)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Tabla 6

Consolidado de la gestión de mantenimiento Empresa ALCASA

Máquina	MTBF (horas)	MTTR (horas)	Disponibilidad	Confiabilidad (100 horas)
Tolva de recepción	410	5	98.79%	78.26%
Banda transportadora	350	3	99.15%	75.23%
Lavador de raíz	370	4	98.93%	76.28%
Banda de inspección	360	3	99.08%	75.74%
Triturador	390	5	98.73%	72.22%
Colocho vertical	380	4	98.96%	76.85%
Dosador	360	3	99.08%	75.74%
Cevadeira	380	4	98.96%	76.85%
GL filtro rotativo	370	3	99.20%	76.28%
Centrífuga	400	5	98.77%	77.88%
Hidrociclone	380	4	98.96%	76.85%
DC 2000	390	4	98.98%	77.22%
Revolvedor de fécula	370	3	99.20%	76.28%
Helicoidal transportd	400	5	98.77%	77.88%
Esfarilador	410	5	98.79%	78.26%
Intercambiador de calor	380	4	98.96%	76.85%
Exaustor	370	3	99.20%	76.28%
Válvula rotativa	360	3	99.08%	75.74%
Silo de fécula	390	4	98.98%	77.22%
Colocho big bag	400	5	98.77%	77.88%
Clasificador	410	5	98.79%	78.26%
Colocho de empaque	370	3	98.96%	76.85%
Lavador de canaleta	370	3	99.20%	76.28%

Total:	98.96%	76.66%
--------	--------	--------

Fuente: Elaborado por los autores.



- **Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF):**

Los MTBF de las máquinas varían entre 350 y 410 horas, indicando que las máquinas pueden operar durante largos periodos antes de fallar, lo cual es crucial para minimizar interrupciones en la producción.

- **Tiempo Medio de Reparación (MTTR):**

Los MTTR están en el rango de 3 a 5 horas, lo que refleja un proceso de reparación eficiente y rápido, permitiendo que las máquinas vuelvan a estar operativas en un tiempo mínimo.

- **Disponibilidad:**

La disponibilidad promedio de las máquinas es del 98.96%, indicando que las máquinas están operativas y disponibles para su uso casi todo el tiempo, lo cual es esencial para mantener la productividad de la planta.

- **Confiabilidad:**

La confiabilidad a 100 horas tiene un promedio del 76.66%, lo que significa que las máquinas tienen una alta probabilidad de funcionar sin fallos durante ese periodo, permitiendo una planificación eficiente de la producción.



## 6.6 PROPUESTA DE DISEÑO

### **Propuesta Detallada de Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) con Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM) para Almidones de Centroamérica S.A. - Enero a Junio 2024**

#### Introducción:

Se diseña una propuesta a la empresa Almidones de Centroamérica pionera en la elaboración de almidón grado alimenticio. En este contexto, se embarca con entusiasmo en un proyecto de transformación fundamental: la implementación de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) con un énfasis estratégico en el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM), con el fin de mejorar la confiabilidad en la maquinaria de producción, para ellos se elabora una ficha técnica que será aplicada para realizar un historial técnico de cada una de la máquinas y componente; cuyo propósito, será preveer las fallas frecuentes en los equipos.

#### Descripción del Proceso:

La empresa para disminuir tiempo de fallas en la línea de producción, deberá dar seguimiento utilizando como instrumento base una ficha técnica. Para ellos a cada una de las maquina se le va aplicar con el documento antes mencionado un diagnóstico acertado. Cada vez que una de las distinta maquina presente una avería se reportara en la ficha técnica el componente para realizar el historial de fallas.

#### Plan de Capacitación del TPM:

Objetivo: Familiarizar a los operarios con los conceptos básicos del TPM.

- Duración: 1 día
- Temas:
  - Conceptos y Principios del TPM:
    - Definición de TPM y sus objetivos.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Importancia del TPM en la reducción de tiempos de inactividad y mejora de la productividad.
- Beneficios del TPM:
  - Aumento de la eficiencia operativa.
  - Reducción de costos de mantenimiento.
  - Mejora de la moral y el involucramiento del personal.
- Implementación del TPM:
  - Pasos clave para la implementación.
  - Ejemplos de éxito en la industria alimenticia.
- Método: Presentaciones interactivas, videos educativos, discusión abierta.
- Instructores: Consultores expertos en TPM con experiencia en la industria alimenticia.

### 2. Formación en los Pilares del TPM

Objetivo: Capacitar a los operarios en los ocho pilares del TPM.

- Duración: 3 días
- Temas:
  - Mantenimiento Autónomo:
    - Actividades: Inspección, limpieza, lubricación y ajustes básicos realizados por los operarios.
    - Roles y Responsabilidades: Importancia de la participación activa de los operarios en el mantenimiento diario.
    - Procedimientos: Establecimiento de procedimientos estandarizados para el mantenimiento autónomo.
  - Mantenimiento Planificado:
    - Planificación: Desarrollo de planes de mantenimiento preventivo y predictivo.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Programación: Herramientas y técnicas para programar tareas de mantenimiento de manera eficiente.
- Seguimiento: Monitoreo y ajuste continuo de los planes de mantenimiento.
- Mejora Enfocada (Kaizen):
  - Identificación de Pérdidas: Técnicas para identificar y analizar pérdidas en los procesos de producción.
  - Eliminación de Pérdidas: Estrategias y herramientas para la mejora continua y la eliminación de desperdicios.
  - Proyectos Kaizen: Ejemplos prácticos y estudios de caso de proyectos de mejora enfocados.
- Gestión Temprana de Equipos:
  - Nuevos Equipos: Estrategias para la adquisición y puesta en marcha de nuevos equipos.
  - Reducción de Tiempos de Puesta en Marcha: Técnicas para minimizar el tiempo desde la instalación hasta la operación eficiente.
- Educación y Entrenamiento:
  - Desarrollo de Habilidades: Identificación de necesidades de formación y desarrollo de programas de capacitación técnica.
  - Capacitación Continua: Implementación de programas de capacitación continua para el personal.
- Gestión de Calidad:
  - Control de Calidad: Métodos para asegurar la calidad en cada etapa del proceso productivo.
  - Prevención de Defectos: Técnicas para identificar y prevenir defectos antes de que ocurran.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Seguridad, Higiene y Medio Ambiente:
  - Prácticas Seguras: Procedimientos para garantizar la seguridad en el entorno de trabajo.
  - Normativas Ambientales: Cumplimiento de regulaciones ambientales y prácticas sostenibles.
- TPM en Administración:
  - Aplicación en la Administración: Mejora de la eficiencia y la productividad en las áreas administrativas.
  - Integración de TPM en Procesos Administrativos: Estrategias para aplicar los principios del TPM en la administración.
- Método: Seminarios interactivos, talleres prácticos, estudios de caso, y simulaciones.
- Instructores: Especialistas en cada uno de los pilares del TPM con experiencia práctica en la industria.

### 3. Talleres Prácticos en Mantenimiento Autónomo y Mejora Enfocada

Objetivo: Desarrollar habilidades prácticas en el mantenimiento autónomo y las actividades de mejora continua.

- Duración: 2 días
- Temas:
  - Mantenimiento Autónomo:
    - Inspección y Limpieza: Técnicas y procedimientos para la inspección y limpieza regular de los equipos.
    - Lubricación: Procedimientos para la lubricación adecuada de los equipos para prevenir fallas.
    - Detección de Anomalías: Métodos para la detección temprana de problemas potenciales.
  - Mejora Enfocada:



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Herramientas de Mejora: Uso de herramientas como el análisis de causa raíz, 5S, y diagramas de Ishikawa.
- Proyectos Kaizen: Planificación e implementación de proyectos de mejora continua.
- Seguimiento de Resultados: Monitoreo y evaluación de los resultados de las mejoras implementadas.
- Método: Talleres prácticos, simulaciones en tiempo real, ejercicios de análisis y mejora.
- Instructores: Ingenieros de mantenimiento y consultores de mejora continua con experiencia en TPM.

#### 4. Capacitación en el Uso de Fichas Técnicas y Registros de Historial Técnico

Objetivo: Enseñar a los operarios cómo crear y mantener fichas técnicas y registros de historial técnico para cada máquina.

- Duración: 1 día
- Temas:
  - Fichas Técnicas:
    - Estructura y Contenido: Qué información debe incluir una ficha técnica.
    - Mantenimiento de Fichas: Cómo actualizar y mantener las fichas técnicas de manera efectiva.
  - Historial Técnico:
    - Importancia del Historial: Beneficios de mantener un historial técnico detallado.
    - Registro de Información: Cómo registrar y actualizar información sobre el mantenimiento y reparaciones de los equipos.
    - Análisis de Datos: Uso de la información del historial técnico para análisis de fallas y toma de decisiones.





## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Método: Instrucción en aula, ejemplos prácticos de fichas técnicas, ejercicios de documentación y análisis de datos.
- Instructores: Personal técnico y de ingeniería con experiencia en gestión de activos y documentación técnica.

### 5. Evaluación y Seguimiento

Objetivo: Evaluar el conocimiento adquirido y asegurar la aplicación efectiva de las prácticas de TPM.

- Duración: 1 día (seguimiento continuo)
- Método:
  - Evaluaciones: Pruebas teóricas y prácticas al final de cada módulo para evaluar el conocimiento y habilidades adquiridas.
  - Feedback: Sesiones de retroalimentación para identificar áreas de mejora y ajustar la capacitación según sea necesario.
  - Seguimiento Continuo: Monitoreo continuo de la aplicación de las prácticas de TPM en el trabajo diario, con asesoría y soporte técnico.
- Instructores: Coordinadores de capacitación y supervisores de mantenimiento con experiencia en TPM.
- Cronograma de capacitación.

<b>Etapas</b>	<b>Duración</b>	<b>Fechas</b>
Introducción al TPM	1 día	Día 1
Formación en los Pilares del TPM	3 días	Día 2-4
Talleres Prácticos	2 días	Día 5-6
Uso de Fichas Técnicas y Registros	1 día	Día 7
Evaluación y Seguimiento	1 día	Día 8 (seguimiento continuo)



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Plan de capacitación del RCM

Introducción al RCM

Objetivo: Familiarizar a los operarios con los conceptos básicos del RCM.

- Duración: 1 día
- Temas:
  - Conceptos y Principios del RCM:
    - Definición de RCM y sus objetivos.
    - Importancia del RCM en la reducción de fallos y mejora de la confiabilidad.
  - Beneficios del RCM:
    - Aumento de la vida útil de los equipos.
    - Reducción de costos de mantenimiento.
    - Mejora de la seguridad y calidad del producto.
  - Implementación del RCM:
    - Pasos clave para la implementación.
    - Ejemplos de éxito en la industria alimenticia.
- Método: Presentaciones interactivas, videos educativos, discusión abierta.
- Instructores: Consultores expertos en RCM con experiencia en la industria alimenticia.

### 2. Análisis de Modo y Efecto de Fallo (FMEA)

Objetivo: Capacitar a los operarios en el uso del FMEA para identificar y priorizar fallos potenciales.

- Duración: 2 días
- Temas:
  - Conceptos Básicos de FMEA:
    - Definición y objetivos del FMEA.
    - Tipos de FMEA: Diseño, Proceso y Equipos.
  - Proceso de FMEA:



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Identificación de modos de fallo.
- Análisis de causas y efectos de fallos.
- Priorización de fallos mediante el uso de índices de severidad, ocurrencia y detección.
- Documentación y Seguimiento:
  - Registro y documentación de análisis FMEA.
  - Seguimiento de acciones correctivas y preventivas.
- Método: Seminarios interactivos, talleres prácticos, estudios de caso, y simulaciones.
- Instructores: Especialistas en análisis de fiabilidad y mantenimiento con experiencia práctica en FMEA.

### 3. Estrategias de Mantenimiento Basadas en la Condición (CBM)

Objetivo: Enseñar a los operarios cómo implementar estrategias de mantenimiento basadas en la condición de los equipos.

- Duración: 2 días
- Temas:
  - Conceptos Básicos de CBM:
    - Definición y objetivos del CBM.
    - Importancia del monitoreo de condición en el RCM.
  - Técnicas de Monitoreo de Condición:
    - Análisis de vibraciones.
    - Termografía infrarroja.
    - Análisis de aceites y lubricantes.
    - Ultrasonido.
  - Implementación de CBM:
    - Selección de técnicas adecuadas.
    - Instalación y configuración de equipos de monitoreo.
    - Análisis e interpretación de datos.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Toma de decisiones basadas en datos de condición.
- Método: Talleres prácticos, simulaciones en tiempo real, ejercicios de análisis y mejora.
- Instructores: Ingenieros de mantenimiento y consultores de CBM con experiencia en la industria.

### 4. Desarrollo de Planes de Mantenimiento RCM

Objetivo: Capacitar a los operarios en el desarrollo y aplicación de planes de mantenimiento basados en el RCM.

- Duración: 2 días
- Temas:
  - Estructura de un Plan de Mantenimiento RCM:
    - Identificación de funciones y estándares de rendimiento de los equipos.
    - Identificación de fallos funcionales y modos de fallo.
    - Desarrollo de tareas de mantenimiento proactivas y predictivas.
  - Priorización y Programación:
    - Priorización de tareas de mantenimiento basadas en criticidad.
    - Programación eficiente de tareas de mantenimiento.
    - Integración con sistemas de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS).
  - Evaluación y Mejora Continua:
    - Monitoreo y evaluación de la efectividad del plan de mantenimiento.
    - Ajustes y mejoras continuas basadas en el análisis de datos y retroalimentación.
- Método: Instrucción en aula, ejemplos prácticos, ejercicios de documentación y análisis de datos.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Instructores: Personal técnico y de ingeniería con experiencia en RCM y gestión de activos.

### 5. Evaluación y Seguimiento

Objetivo: Evaluar el conocimiento adquirido y asegurar la aplicación efectiva de las prácticas de RCM.

- Duración: 1 día (seguimiento continuo)
- Método:
  - Evaluaciones: Pruebas teóricas y prácticas al final de cada módulo para evaluar el conocimiento y habilidades adquiridas.
  - Feedback: Sesiones de retroalimentación para identificar áreas de mejora y ajustar la capacitación según sea necesario.
  - Seguimiento Continuo: Monitoreo continuo de la aplicación de las prácticas de RCM en el trabajo diario, con asesoría y soporte técnico.
- Instructores: Coordinadores de capacitación y supervisores de mantenimiento con experiencia en RCM.

Cronograma de capacitaciones.

<b>Etapas</b>	<b>Duración</b>	<b>Fechas</b>
Introducción al RCM	1 día	Día 1
Análisis de Modo y Efecto de Fallo	2 días	Día 2-3
Estrategias de Mantenimiento CBM	2 días	Día 4-5
Desarrollo de Planes de Mantenimiento RCM	2 días	Día 6-7
Evaluación y Seguimiento	1 día	Día 8 (seguimiento continuo)

Fuente: Elaborado por autores

Selección:



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Se seleccionará el equipo que este presentando las averías, tomando en cuenta que en la empresa no existe una ficha técnica completa con historial registrado por lo tanto se surge una vez teniendo recopilada la información de los equipos elaborar una bitácora con toda la información de la ficha técnicas.

### Identificación de Puntos Críticos:

La identificación de puntos críticos en Almidones de Centroamérica S.A. inicia con un análisis exhaustivo de riesgos que evalúa tanto equipos como procesos en la planta. Este análisis busca detectar elementos cuyo fallo podría tener un impacto significativo en la producción. Se consideran factores como la criticidad del equipo, la frecuencia de uso y la interconexión con otras etapas del proceso. Equipos críticos como la banda transportadora, la cevadeira y la tolva de recepción son evaluados para determinar sus riesgos específicos, incluyendo desgaste y fatiga de materiales, problemas de lubricación y errores en la operación humana. Este enfoque proactivo permite priorizar los recursos de mantenimiento y planificar intervenciones preventivas de manera estratégica, asegurando así la operación continua y eficiente de la planta de Almidones de Centroamérica S.A.

### Desarrollo de Planes de Mantenimiento conjunto a la ficha técnica:

Para los equipos críticos en Almidones de Centroamérica S.A., como la banda transportadora, la cevadeira y la tolva de recepción, se propone desarrollar planes detallados de mantenimiento que integran las estrategias de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), conforme a la ficha técnica de cada equipo. Estos planes incluyen actividades preventivas, predictivas y correctivas adaptadas a las necesidades específicas de cada componente.

### Banda Transportadora:

- Mantenimiento Preventivo: Inspección regular de la tensión de la banda, lubricación de rodamientos y alineación.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Mantenimiento Predictivo: Monitoreo de vibraciones y termografía para detectar desgastes y problemas de fricción.
- Mantenimiento Correctivo: Procedimientos rápidos de reparación y disponibilidad de repuestos.

### Cevadeira:

- Mantenimiento Preventivo: Inspección de sistemas de llenado y sellado, ajuste de calibraciones.
- Mantenimiento Predictivo: Monitoreo de eficiencia mediante sensores y análisis de datos históricos.
- Mantenimiento Correctivo: Protocolos para resolver problemas de alimentación y ajustes de producción.

### Tolva de Recepción:

- Mantenimiento Preventivo: Inspección de estructuras y limpieza regular para evitar obstrucciones.
- Mantenimiento Predictivo: Monitoreo de niveles de llenado y análisis visual de desgaste.
- Mantenimiento Correctivo: Procedimientos de emergencia para el vaciado y limpieza rápida.

### Formación del Personal:


El recurso humano es esencial en la implementación exitosa de TPM y RCM. Se llevará a cabo un programa integral de formación para el personal encargado de las tareas de mantenimiento. Este programa abordará aspectos técnicos y prácticos relacionados con las nuevas prácticas y protocolos establecidos. Se incluirán sesiones de capacitación en nuevas tecnologías de monitoreo, técnicas de mantenimiento predictivo, y procedimientos de intervención efectiva. El objetivo es garantizar que el equipo esté debidamente preparado para maximizar la eficacia de los planes de mantenimiento.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Tabla 6

Propuesta de Ficha

 <b>ALCASA</b> ALMIDONES DE CENTRO AMÉRICA S.A.		<b>ALMIDONES DE CENTROAMERICA S.A.</b>			
<b>FICHA TECNICA</b>					
<b>Codigo</b>	<b>0585GL</b>	<b>Fecha</b>	<b>06/06/2024</b>	<b>Version</b>	
<b>Maquina</b>					
<b>Fabricante</b>					
<b>Modelo</b>					
<b>Marca</b>					
<b>DIMENSIONES</b>					
<b>Peso</b>		<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>	
				<b>Largo</b>	
<b>DATOS TECNICOS</b>					
<b>Motor</b>		<b>Intensidad</b>		<b>Voltios</b>	
				<b>Potencia</b>	
<b>ACCESORIOS</b>			<b>PARTES</b>		
<b>DATOS DEL FABRICANTE</b>					
<b>FUNCION</b>			<b>MANTENIMIENTO PROGRAMADO</b>		
<b>COMPONENTE AVERIADO</b>			<b>INTRUCCIONES DE RECAMBIO</b>		
<b>OBSERVACIONES</b>					

Fuente: Elaborado por autores





## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Instructivo. La ficha técnica está estructurada de la siguiente manera.

- En la primera celda izquierda tenemos el logo y a la derecha tenemos el nombre de la empresa, en la columna inferior tenemos número de maquinaria, fabricante de la máquina, modelo y marca.
- En la siguientes dimensiones encontramos peso, altura, ancho y largo.
- Datos técnicos, parámetro, motor, intensidad, voltio y potencia.
- Accesorio y partes.
- características generales.
- Funciones y mantenimiento programado.
- Componente averiado e instrucciones de recambios.
- Observaciones.

La implementación sinérgica de TPM y RCM en Almidones de Centroamérica S.A. no solo representa un avance significativo en la mejora de la confiabilidad de los equipos, sino también una estrategia integral para reducir los tiempos de inactividad y optimizar la producción de almidón de yuca. Al respaldar esta estrategia con indicadores clave de desempeño detallados, la empresa busca no solo alcanzar estándares más altos en eficiencia y calidad, sino también cultivar una cultura de mejora continua que promueva la excelencia en la producción y la satisfacción del cliente. Concluyendo que es necesario un respaldo histórico de fallas de cada máquina y mejora continuas de cada una de ellas mediante una ficha técnica que posea la información necesaria de los componentes con más daño frecuente con el fin de hacer el mantenimiento preventivo como primera línea para alargar la durabilidad de rodamientos, bujes especificando tiempos de fallos mediante un historial existente en las fichas técnicas de cada máquina, antes que suceda el fallo basándonos en la información recopilada.



## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

De acuerdo a las conclusiones del proyecto técnico sobre la propuesta de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total con Mantenimiento Centrado en la fiabilidad, de la empresa almidones de Centroamérica S.A en la ciudad de León, de Enero a Junio 2024, se determinan las siguientes conclusiones:

- Según el diagnóstico efectuado en la empresa ALCASA sobre un sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) con enfoque en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), se determinó que el nivel de confiabilidad es del 76.66%. Este resultado subraya la necesidad de implementar una propuesta para elevar este porcentaje en un 15%.
- Los indicadores de mantenimiento en ALCASA incluyen disponibilidad, confiabilidad, tiempo de operaciones y tiempo de reparación de las máquinas. Se evaluaron los indicadores clave de mantenimiento en la empresa Almidones de Centroamérica, utilizando las normativas de TPM y RCM. Considerando la operación de las máquinas y el tiempo de reparación, se determinó que la disponibilidad de las máquinas es del 98.96%.
- Por otro lado, la evaluación de los indicadores claves, fundamentada en el estudio de mantenimiento, reveló la ausencia de una ficha técnica para el mantenimiento. La confiabilidad de los equipos se encuentra en un 76.66%, lo cual es un indicador de que se requieren mejoras significativas.
- En cuanto a la auditoría del criterio de mano de obra, se observó que el horario de trabajo se respeta en un 92%. Las auditorías también mostraron que la actividad del trabajo se cumple en un 88%. Además, se determinó que la maquinaria está disponible para trabajar en un 99.7% del tiempo de producción necesario.
- Se recomienda una mejora del sistema de mantenimiento productivo con un enfoque en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Almidones de Centroamérica S.A., se logró incluir una propuesta que incluye como elementos esenciales la creación de una ficha técnica y el desarrollo de un historial de fallas



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

para las maquinarias, con el objetivo de prever y mitigar futuros inconvenientes durante los tiempos de producción debido a fallas de componentes.

### CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

Se recomienda con base a las conclusiones del diagnóstico efectuado en la empresa ALCASA a los siguientes actores:

A la empresa ALCASA:

- Retomar la propuesta de la ficha técnica para dar una repuesta técnica de una manera más eficaz obteniendo un historial de fallas para prevenir con anticipación averías repentinas en las máquinas en tiempo de producción.
- Capacitar a los colaboradores sobre Mantenimiento Productivo Total para dar el mantenimiento preventivo a las máquinas y no recurrir a un mantenimiento correctivo que es más costoso.
- Con la implementación de la ficha técnica elaborar una bitácora con reparaciones de las máquinas para poder tener un mejor control y una repuesta eficaz en futuros mantenimientos.
- El propósito de poner en marcha la propuesta permitirá mejorar la eficiencia productiva en un 15%, disminuyendo costos de inversión en el mantenimiento de los equipos y maquinarias.

A la Universidad d Ciencias Comerciales:

- Para dar continuidad a proyectos en mantenimiento y enriquecer el conocimiento en TPM y RCM, es crucial fomentar los proyectos académicos



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

y publicación de estudios de casos, además de aportar a la búsqueda de soluciones a problemas al sector industrial- empresarial.

A los estudiantes:

- Para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, se recomienda la realización de trabajos prácticos enfocados en la búsqueda de nuevas alternativas y soluciones innovadoras que contribuyan significativamente al área de mantenimiento de producción dependiente de maquinaria. Estos proyectos no solo mejoran el entendimiento teórico y práctico de los futuros ingenieros, sino que también aportan al desarrollo de estrategias más eficientes y efectivas en el mantenimiento y operación de equipos industriales.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (SAE), I. d. (2019).  
[https://www.cientifica.esimez.ipn.mx/manuscritos/V23N1\\_051\\_059.pdf](https://www.cientifica.esimez.ipn.mx/manuscritos/V23N1_051_059.pdf).
- (SAE), S. o. (1999).  
[https://www.cientifica.esimez.ipn.mx/manuscritos/V23N1\\_051\\_059.pdf](https://www.cientifica.esimez.ipn.mx/manuscritos/V23N1_051_059.pdf).
- Amorelli, S. (2019). *Historia del Mantenimiento y origen del TPM*. Obtenido de <https://tpmpro.com/historia-del-mantenimiento-y-origen-del-tpm/>
- Anaya, G. (2020). *Diseño de la propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento productivo total TPM para la Empresa Colombiana de Cementos S.A.S. en la región de Rio Claro - Antioquia*. Rio Claro - Antioquia.
- Avello, R., Rodríguez, P., Sosa, D., Companioni, B., & Rodríguez, R. (2019). ¿Por qué enunciar las limitaciones del estudio? *Medisur*, 17(1), 1-3. Recuperado el Junio de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2019000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2019000100010)
- Bravo, o. A. (2020). *implementación de técnicas de análisis RCM en el turbogenerador de condensación de la planta eléctrica Monte Rosa*. calidad, S. d. (ISO 9001:2015). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>.
- Campos, T. . (2019). *metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/61458265006.pdf>
- Carballo, M. y. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 140-150. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202016000100021](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021)
- CASTILLO, Y. A. (2021). *DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0297\\_ME.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0297_ME.pdf)
- Castillo, Y. A. (2021). *Diseño de investigación de un plan para la mejora de la productividad en empresa de logística y transporte pesado refrigerado ubicado en republica de Guatemala*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/>
- Dunn. (1987). *Measuring maintenance performance – in search for a maintenance productivity index*. Obtenido de



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092552739800245>

X

- Fustamente, L. (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa Astaldi-Piura*. Pirua.
- Gómez, A. A. (2019). "Propuesta de guía metodológica para la aplicación del mantenimiento. Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/3004/1/94308.pdf>
- González, G. (2013). "Como implementar un programa de mantenimiento preventivo". .
- Heizer Jay, R. B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones*.
- Heizer, B. R. (2008). "Dirección de la producción y de operaciones, decisiones tácticas",.
- Heizer, J. (2008). "Dirección de la producción y de operaciones, decisiones.
- Herrera, L. ,. (2022). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento industrial para mejorar la*. Obtenido de [repositorio.ucc.edu.ni/](https://repositorio.ucc.edu.ni/)
- Holek, S. (s.f.). "Tendencias del mantenimiento productivo",.
- Holek, S. (2013). "Tendencias del mantenimiento productivo",.
- <https://www.iso.org/standard/21832.html>. (2003).  
<https://www.iso.org/standard/21832.html>. Obtenido de ISO 13374.
- Huacuz, H. (2008). *Determinación de la frecuencia óptima de mantenimiento preventivo. Un enfoque práctico*. Disponible en virtual pro.
- José Arcadio Loría Sánchez. (2021). "Optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un Plan. Obtenido de <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams>
- Löfsten, 2., Muchiri et al., 2., & and, V. H. (s.f.).
- M, G., & Galeano, C. y. (2015). El Estado del arte: Una metodología de Investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2), 423-442 . Recuperado el Junio de 2021, de <file:///C:/Users/UCC-LEON/Downloads/Dialnet-EIEstadoDelArte-5212100.pdf>
- Nakajima, j. S. (1970). *gestión del mantenimiento*.
- Palencia, G. (2012). *modelo mixto de confiabilidad basado en estadística para la optimización del mantenimiento industrial*".
- Puig Novell. (2013). "Mantenimiento y ingeniería instalaciones industriales".
- Render, H. (2014). "Dirección de la producción y de operaciones, decisiones tácticas". Obtenido de "Dirección de la producción y de operaciones, decisiones tácticas".
- Sánchez, J. A., & Quirós, Q. P. (2021). "Optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un Plan. Obtenido de <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams>
- Sandoval, L. C. (2021). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM), EN LAS*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/16147/1/Luis%20Carlos%20Ochoa%20Sandoval.pdf>



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

- Sequeira, J. M., & Zapata, K. I. (2019). *Propuesta de manual de Mantenimiento Industrial Basado en la fiabilidad*. Obtenido de UNAN MANAGUA: <https://repositorio.unan.edu.ni/15273/1/15273.pdf>
- Sifonte, J. (2019). *Origen del RCM*. Obtenido de <https://esp.reliabilityconnect.com/origen-del-rcm/>
- Stapelberg, R. F. (2009). *Manual de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad en el diseño de ingeniería*.
- Suárez, B. (2023). *PLAN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA*. Obtenido de [http://repositorio.ucc.edu.ni/1267/1/tesis\\_al\\_dia\\_04122023.pdf](http://repositorio.ucc.edu.ni/1267/1/tesis_al_dia_04122023.pdf)
- Torrez, L. (2008). *Introducción al mantenimiento centrado en confiabilidad*. Disponible en virtual pro, año 2008 .
- Valladares, G. (2023). *PROPUESTA DE MEJORAS A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPO*. Obtenido de <http://repositorio.ucc.edu.ni/1318/1/proyecto%20final%20dic.pdf>
- Vargas, D. E. (2023). *el mantenimiento preventivo como estrategia en la minimización de accidentes y aseguramiento de la calidad*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24055>
- Vega, G. G. (2020). *propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento productivo total TPM para la Empresa Colombiana de Cementos S.A.S. en la región de Rio Claro – Antioquia*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10882/10058>
- Vélez, M. P. (2015). *MANTENIMIENTO BASADO EN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL Y*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/>
- Venkatesh, J. (2008). *“Una introducción al mantenimiento productivo total”*. [www.iso.org/standard/55088.html](http://www.iso.org/standard/55088.html). (s.f.). 2014.
- Yanez, D. (2020). *Antecedentes del problema: concepto y ejemplos*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/antecedentes-problema-trabajo-investigacion/>. Copiar



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN**

ANEXOS O APENDICES

**ANEXO 1 Cronograma de actividades**

ACTIVIDADES	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				
	4	11	18	25	3	10	17	24	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30
Definición del tema	■																				
Revisión y aprobación del tema		■																			
Elaboración y entrega del capítulo I. Planteamiento del proyecto		■	■																		
Elaboración y entrega del capítulo II. Marco Referencial			■	■																	
Revisión del capítulo I y II				■																	
Capitol III. Disney Metodológico				■	■																
Entrega de protocolo					■																
Elaboración y entrega del capítulo IV. Análisis de resultados						■	■	■	■	■	■	■	■	■							
Revisión del capítulo IV													■	■							
Elaboración y entrega del capítulo V. Conclusiones y futuras líneas de investigación													■	■	■	■	■				
Elaboración y entrega del capítulo VI. Conclusiones y futuras líneas de investigación														■	■	■	■				
Revisión del capítulo V y VI																	■	■			
Entrega y revisión del documento del trabajo de investigación																	■	■			
Preparación pre - defensa																		■			
Pre-defensa																			■		
Entrega de correcciones del trabajo																				■	
Defensa																					■





## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

### Anexo 2 Presupuesto o Recursos: humanos, materiales y financieros

Table 3 Presupuesto

PRESUPUESTO				
Nº	Descripcion	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Pago de mensualidad a universidad	3	C\$ 3.843,00	C\$ 11.529,00
2	Viatico para asistencia al curso de culminación	21	C\$ 400,00	C\$ 8.400,00
3	Viatico para visita a la empresa	3	C\$ 100,00	C\$ 300,00
4	Impresión de Protocolo	1	C\$ 300,00	C\$ 300,00
5	Copias de Protocolo	1	C\$ 250,00	C\$ 250,00
6	Engargolado de protocolo	1	C\$ 200,00	C\$ 200,00
7	Impresión informe final	1	C\$ 500,00	C\$ 500,00
8	Copias informe final	1	C\$ 350,00	C\$ 350,00
9	Engargolado de informe final	1	C\$ 200,00	C\$ 200,00
10	Gastos Varios	1	C\$ 500,00	C\$ 500,00
<b>Total</b>				<b>C\$ 22.529,00</b>



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

## Anexo 3 Validación de expertos

### Ficha de validación del instrumento de investigación juicio de experto

Validación de un Cuestionario de Auditoria

#### Datos generales

Nombres y apellidos del experto      Esp. Ing Maxwell Enrique Altamirano Ramos.  
Grado académico                              Ingeniero Industrial  
Institución donde labora                    Universidad de Ciencias Comerciales

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		(1-10)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
		1	2	3	4	5
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado				✓	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables					✓
3. Actualidad	Adecuado al avance de la investigación				✓	
4. Organización	Existe un constructo lógico en los ítem				✓	
5. Suficiencia	Valora las dimensiones en cantidad y calidad					✓
6. Intencionalidad	Adecuado para cumplir con los objetivos trazados					✓
7. Consistencia	Utiliza suficientes referentes bibliográficos				✓	
8. Coherencia	Entre hipótesis, dimensiones e indicadores				✓	



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

	Cumple con los lineamientos metodológicos					✓
9. Metodología						
10. Pertinencia	Es asertivo y funcional para la ciencia					✓
Sub total						
Total						

Fuente: Elaboración de los autores

### Interpretación de la validación:

Valoración Cuantitativa (Total/20)

Leyenda:

### Valoración

18.70/20

### Cualitativa

17-20 Aceptable

Lugar y fecha

Firma: \_\_\_\_\_

*Altamirano R*  
17 de Mayo 2024.

Fuente : Elaboración de autores



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

### Anexo 4 Fallas semanales

Causas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Problemas eléctricos	5	10%	10%
Obstrucción por material	50	10%	20%
Desgaste de componentes	1	10%	30%
Fallo en el sistema de control	1	10%	40%
Desalineación	2	10%	50%
Fugas	0	10%	60%
Sobrecarga	23	10%	70%
Problemas de mantenimiento	23	10%	80%
Problemas de flujo o presión	23	10%	90%
Vibraciones	35	10%	100%
TOTAL	163	100%	100%

Fuente: Elaboración de autores



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

Anexo 5 Auditoria

Nombre del Entrevistados -----

Cargo en la Empresa: -----

**CUESTIONARIO DE AUDITORÍA**

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
<b>MANO DE OBRA</b>					
1.	¿La plantilla tiene el personal que necesita?	En absoluto.	> 20% exceso o defecto.	Entre 10-20% de exceso o defecto.	Exactamente lo que se necesita.
2.	¿El personal tiene la formación adecuada?	En absoluto.	Carencias importantes.	Casi todos.	Sí.
3.	¿Hay una parte del personal polivalente?	0% polivalente.	< 10% polivalente.	10-40% polivalente.	> 40% polivante.
4.	¿Hay personal imprescindible?	> 25%.	Entre 25-15%.	< 15%.	0%.
5.	¿Hay un Plan de Formación para el personal?	No hay ningún plan.	Hay un plan, pero escaso e incompleto.	Se observan deficiencias subsanables.	Sí.
6.	¿El Plan de Formación resulta adecuado, y se lleva a cabo?	No a las dos preguntas.	No a una de las dos preguntas.	Se observan deficiencias subsanables.	Sí a las dos preguntas.
7.	¿Se respeta el horario de entrada?	> 30 minutos de pérdida.	10-30 minutos de pérdida.	< 10 min de pérdida.	Sí.
8.	¿Se respeta el horario de salida?	> 30 minutos de pérdida.	10-30 minutos de pérdida.	< 10 min de pérdida.	Sí.
9.	¿Se respeta el horario en los descansos?	> 30 minutos de pérdida.	10-30 minutos de pérdida.	< 10 min de pérdida.	Sí.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
10.	¿El nivel de absentismo es bajo?	> 5%.	3-5%.	1-3%.	< 1%.
11.	¿Los operarios están dispuestos a prolongar su jornada, acudir en festivos, noches, fuera de su turno, etc., en caso de necesidad?	En absoluto.	Poblemático.	Habitualmente sí.	Siempre.
12.	¿En general, las O.T. se resuelven cumpliendo el programa de mantenimiento?	No hay programación o no se cumple.	Más de un 50% de diferencia.	Se cumple en más de un 80%.	La programación se cumple exactamente.
13.	¿El tiempo de intervención está de acuerdo con las tablas de tiempo normales?	> del doble de tiempo del normal.	30-100% de diferencia.	10-30% de diferencia.	< 10% de diferencia.
14.	¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?	> 40%.	30-40%.	20-30%.	< 20%.
15.	¿El personal cumplimenta correctamente las O.T.?	No, nunca.	Siempre incompletas.	Habitualmente, sí.	Sí, siempre.
16.	¿El organigrama resulta adecuado?	No se ajusta en absoluto a las necesidades.	Deficiencias en el organigrama.	Falta o sobra algún puesto.	Sí.
17.	¿El personal indirecto está en número adecuado?	Exceso de personal.	Deficiencias importantes.	Optimizable.	Sí.
18.	¿El personal indirecto tiene la formación adecuada?	No conocen mantenimiento.	Carencias importantes.	Tienen algunas carencias.	Sí.
19.	¿Los mandos intermedios (encargados y jefes de equipo) intervienen en la resolución de ordenes de trabajo?	Solo organizan el trabajo.	Raramente intervienen.	Habitualmente lo hacen.	50% de su tiempo intervienen.
20.	¿El organigrama general del departamento es adecuado?	Le faltan o le sobran funciones clave.	Le falta o le sobra alguna función importante.	Mejorable.	Perfecto.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

MEDIOS TÉCNICOS					
21.	¿Los equipos de medida están calibrados?	Ninguno.	Muy pocos.	Casi todos.	Sí.
22.	¿Las herramientas para el mantenimiento mecánico se corresponden con lo que se necesita?	En absoluto.	Carencias importantes.	Falta algo.	Sí.
23.	¿Las herramientas para el mantenimiento eléctrico se corresponden con lo que se necesita?	En absoluto.	Carencias importantes.	Falta algo.	Sí.

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
24.	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	En absoluto.	Carencias importantes.	Falta algo.	Sí.
25.	¿Existe un inventario de las herramientas que se usan en el departamento?	No.	Mucha diferencia con lo que hay.	Sí, pero no es completo.	Sí
26.	¿Los equipos están limpios y en buen estado?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
27.	¿Los equipos están colocados adecuadamente en el taller, y debidamente señalizados?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
28.	¿El software de gestión o el sistema de información de mantenimiento es el adecuado?	En absoluto.	Carencias importantes.	Mejorable.	Sí.
29.	¿El sistema aporta información fiable?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
30.	¿Los operarios consultan alguna vez los datos contenidos en el sistema de información?	Nunca, no les es útil.	Rara vez.	A veces, pero no mucho.	Muy a menudo.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

31.	¿El número de horas invertido en introducir datos al sistema es bajo?	Muy alto.	Alto.	Adecuado.	Muy bajo.
32.	¿El taller de mantenimiento parece limpio y ordenado?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
33.	¿Está bien señalizado e identificado su interior?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
34.	¿Está situado en el lugar adecuado?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
35.	¿El taller cuenta con los medios adecuados al tipo de trabajo que se realiza?	En absoluto.	Carencias importantes.	Falta algo.	Sí.
36.	¿Las oficinas parecen limpias y ordenadas?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
37.	¿Se cuenta con los medios adecuados en la oficina (ordenadores, impresoras, faxes, teléfonos, etc.)?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.
<b>MÉTODOS DE TRABAJO</b>					
38.	¿Se ha realizado un análisis de equipos?	Nunca se ha estudiado.			Sí.
39.	¿Ese análisis establece el nivel de criticidad de cada equipo?	Nunca se ha estudiado.	Sí, pero con criterios incorrectos.	Sí, pero hay que reestudiarlo.	Sí, y está bien hecho.

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
40.	¿En ese análisis se determina el modelo de mantenimiento más adecuado para cada equipo?	Nunca se ha estudiado.	Sí, pero con criterios incorrectos.	Sí, pero hay que reestudiarlo.	Sí, y está bien hecho.
41.	¿Se ha realizado un Plan de Mantenimiento Programado?	No.	Abarca pocos equipos.	Sí, pero no es completo.	Sí.
42.	¿Este plan resulta adecuado?	No.	Preocupante.	Mejorable.	Sí.





**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN**

43.	¿Hay una planificación de mantenimiento?	No.			Sí.
44.	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No.	Sí, pero es inadecuado.	Sí, pero es mejorable.	Sí.
45.	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	No.	Muy poca utilidad.	Es mejorable.	Sí.
46.	¿Existe un plan de Formación?	No.			Sí.
47.	¿Ese plan resulta adecuado?	No.	Poco adecuado.	Es mejorable.	Sí.
48.	¿El Plan de Formación se lleva a cabo?	No.	Muy poco.	Se intenta cumplir.	Rigurosamente.
49.	¿La proporción entre mantenimiento programado y no programado es la adecuada?	< 20%.	20-50%.	50-70%.	> 70%.
50.	¿Se trabaja con Órdenes de Trabajo o sistemas similares?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
51.	¿Existe un sistema establecido para asignar prioridades a las O.T.?	No.	Existe pero sin criterio.	Sí, pero los criterios no están muy claros.	Sí.
52.	¿Las Órdenes de Trabajo se recopilan y analizan?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
53.	¿Existen procedimientos para las intervenciones más habituales?	No.	Muy pocos.	Muchos.	Casi toda sí.
54.	¿Los operarios usan esos procedimientos?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
55.	¿Se proponen mejoras desde el área de mantenimiento?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.
56.	¿Se recogen y analizan las mejoras que proponen los operarios?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.	
		0			3	
	<b>MATERIALES</b>	<b>MATERIALES</b>				
57.	¿Existe una lista de repuesto mínimo a mantener en stock?	No.	Sí, pero no es válida.	Sí, pero es incompleta.	Sí.	
58.	¿Los criterios para seleccionar ese repuesto mínimo son coherentes?	No.	Existe pero sin criterio.	Sí, pero los criterios no están muy claros.	Sí.	
59.	¿Esa lista se actualiza y se mejora periódicamente?	No.			Sí.	
60.	¿Se comprueba que los repuestos contenidos en la lista están realmente en la planta?	Nunca.	Raras ocasiones.	No siempre.	Sí.	
61.	¿Existe un sistema de registro de entradas y salidas del almacén que permita conocer los movimientos del almacén en un periodo determinado?	No.	Sí, pero es inadecuado.	Sí, pero es mejorable.	Sí.	
62.	¿Los materiales del almacén están colocados adecuadamente?	Es muy difícil encontrar algo.	Es preocupante.	Es mejorable.	Es muy fácil encontrar lo que se busca.	
63.	¿La ubicación del/de los almacenes/es la adecuada?	No.	Poco adecuada.	Es mejorable.	Sí.	
64.	¿Existe algún sistema para realizar inventarios periódicos?	No.	Poco adecuada.	Es mejorable.	Sí.	
65.	¿Lo que se cree que se tiene coincide con lo que se tiene realmente?	Más de 25% de desviaciones.	15-25% de desviaciones.	Menos de un 15% de desviaciones.	Coincide perfectamente.	
66.	¿Hay indicadores para medir la eficacia del almacén?	No.	Son insuficientes.	Sí, pero es mejorable.	Sí, y resultan adecuados.	



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

67.	¿El sistema de compras es ágil?	Demasiado lento.	Lento.	Sí, pero es mejorable.	Sistema muy ágil.
68.	¿Existen indicadores para evaluar la eficacia del sistema de compras?	No.	Son insuficientes.	Sí, pero es mejorable.	Sí, y resultan adecuados.
69.	¿Los materiales siempre alcanzan la calidad que se necesita?	No.	Son insuficientes.	Sí, pero es mejorable.	Sí, y resultan adecuados.

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>					
70.	La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada.	Mala.	Se aleja del óptimo.	Pequeñas desviaciones.	Buena.
71.	La evolución de la disponibilidad es buena.	Está disminuyendo.	Tendencia a disminuir.	Está estabilizada.	Está aumentando.
72.	Tiempo medio entre fallos en equipos significativos.	Malo.	Se aleja del óptimo.	Pequeñas desviaciones.	Buena.
73. 74.	Evolución del tiempo medio entre fallos. N.º de O.T de Emergencia o de prioridad máxima.	Está aumentando. Muy alto.	Tendencia a aumentar. Alto.	Está estabilizada. Bajo.	Está disminuyendo. Muy bajo.
75.	Evolución de las O.T de emergencia.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
76.	Tiempo medio de reparación.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
77.	Evolución del tiempo medio de reparación.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
78.	Número de averías repetitivas.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
79.	Evolución del número de averías repetitivas.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

80.	N.º de horas/hombre invertido en mantenimiento.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
81.	Evolución de las horas en los últimos 4 años.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
82.	Coste del Mantenimiento contratado a fabricantes.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
83.	Evolución del coste de mantenimiento contratado a fabricantes.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
84.	Gastos en repuestos.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
85.	Evolución del gasto en repuestos.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
86.	Coste total de mantenimiento.	Muy alto.	Alto.	Bajo.	Muy bajo.
87.	Evolución del coste.	Está aumentando.	Tendencia a aumentar.	Está estabilizada.	Está disminuyendo.
88.	¿El resto de los indicadores que se usan son adecuados?	No.	Grandes dudas.	Algunos no.	Sí.

N.º	Criterio	Desf.	1	2	Fav.
		0			3
89.	¿La evolución de todos ellos es positiva?	Todos van mal.	Algunos están empeorando.	Casi todos van bien.	Todos van bien.
<b>SEGURIDAD</b>		<b>SEGURIDAD</b>			
90.	¿Se ha efectuado la evaluación de riesgos?	No.	Sí, pero está mal hecha.	Sí, aunque es mejorable.	Sí.
91.	¿Hay un Plan de Seguridad?	No.	Sí, pero está mal hecha.	Sí, aunque es mejorable.	Sí.
92.	¿El plan resulta adecuado?	No.	Poco adecuado.	Es mejorable.	Sí.
93.	¿La inspección visual de la planta hace pensar que se trata de una instalación segura?	No.	Ofrece dudas.	Es mejorable.	Sí.



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN

94.	¿Los trabajadores reciben de forma periódica formación en seguridad?	No, nunca.	Rara vez.	Hay que aumentar la frecuencia.	Muy a menudo.
95.	¿Los trabajadores usan habitualmente los medios de protección individual?	No, nunca.	A veces.	No siempre.	Siempre.
96.	¿El nivel de accidentalidad es bajo?	Muy alto.	Preocupante.	Mejorable.	Muy bajo.
<b>MEDIO AMBIENTE</b>		<b>MEDIO AMBIENTE</b>			
97.	¿Existe un Plan Medio Ambiental?	No.	Sí, pero está mal hecha.	Sí, aunque es mejorable.	Sí.
98.	¿En este plan se analizan adecuadamente los aspectos medioambientales y su significación?	No.	Sí, pero está mal hecha.	Sí, aunque es mejorable.	Sí.
99.	¿Este plan se lleva a cabo correctamente?	No, nunca.	A veces.	Casi siempre.	Siempre.
100.	El personal está mentalizado y actúa de acuerdo con el Plan Medioambiental?	En absoluto.	Le dan poca importancia.	Sí, aunque a veces no.	Siempre.
<b>No de casillas marcadas con esa puntuación</b>					
<b>Puntos obtenidos</b>					
<b>CÁLCULOS:</b> Puntuación máxima posible = $100 \times 3 = 300$ Puntos obtenidos = _____ Índice = _____ / 300 = _____					
<b>ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = _____ %</b>					
<b>Observaciones:</b>   					



### Anexo 6 Entrevista

Somos egresados de la carrera de Ingeniería industrial de la Universidad de Ciencias Comerciales UCC-León, como parte del proyecto de Culminación para optar al título Propuesta de sistema de mantenimiento productivo total con mantenimiento centrado en la fiabilidad, de la empresa almidones de Centroamérica s.a en la ciudad de león, de enero a junio 2024.

1. ¿Cuál es el Tiempo promedio entre Fallas?
2. ¿Cuánto es el tiempo promedio para reparar?
3. ¿Cuál es el tiempo de Disponibilidad?
4. ¿Como se mide la Confiabilidad del mantenimiento?
5. ¿Cómo es el Costo de mtto por unidad de producción?
6. ¿Como se mide la Eficiencia del mtto preventivo?
7. ¿Qué es el Backlog de mtto?





Anexo 8 Imágenes de ALCASA



Fuente: Elaboración de autores.



Fuente: Elaboración de autores



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN**



Fuente: Elaboracion de autores



Fuente: Elaboracion de autores

*Por nuestro Prestigio, Trayectoria y Calidad  
¡Somos la Universidad de la Gente que Triunfa*





**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN**



Fuente: Elaboracion de autores



Fuente: Elaboracion de autores



Fuente: Elaboracion de autores



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN



Fuente: Elaboracion de autores



Fuente: Elaboracion de autores



## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES CULMINACIÓN DE PENSUM EN PROYECTO DE GRADUACIÓN



Fuente: Elaboracion de autores