



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA EMPRESA AVIESA UBICADA EN EL SECTOR LOS SAUCES, CANTÓN PELILEO.</p>
--

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Industrial

AUTORES:

Joel David Aguilar Camacho
Jefferson Alfonso Arteaga Moreno

TUTOR:

MsC. Cristian Ivan Eugenio Pilliza

LATAACUNGA, FEBRERO 2025

Latacunga, febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Aguilar Camacho Joel David y Arteaga Moreno Jefferson declaro ser autor del proyecto de titulación **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA EMPRESA AVIESA UBICADA EN EL SECTOR LOS SAUCES, CANTÓN PELILEO"**, siendo el Ing. Cristian Iván Eugenio Pilliza, Mg. tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Aguilar Camacho Joel David
CC. 120796573-0



Arteaga Moreno Jefferson Arteaga
CC. 172645989-2

Latacunga, febrero 2025

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA EMPRESA AVIESA UBICADA EN EL SECTOR LOS SAUCES, CANTÓN PELILEO”**, propuesto por los estudiantes Aguilar Camacho Joel David y Arteaga Moreno Jefferson Alfonso de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Cristian Iván Eugenio Pilliza, Mg.
C.C. 172372747-3
TUTOR


Latacunga, febrero 2025

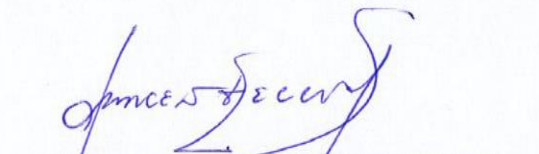
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

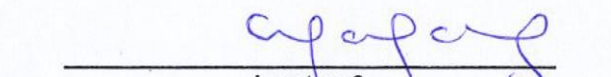
Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA EMPRESA AVIESA UBICADA EN EL SECTOR LOS SAUCES, CANTÓN PELILEO"**, propuesto por los estudiantes Aguilar Camacho Joel David y Arteaga Moreno Jefferson Arteaga de la Carrera de Ingeniería Industrial, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad **Proyecto de Investigación** en virtud de lo cual los postulantes puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,


Lector 1 (Presidente)
Ing. Diana del Carmen Marín
Vélez, Mg.
CC:120414450-3


Lector 2
Ing. Ángel Marcelo Tello Condor, Mg.
CC:050151855-9


Lector 3
Ing. Jaime Hernán Acurio Masabanda, Mg.
CC:050257424-7

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a dios Por guiarme en cada paso de este camino, darme la fuerza en los momentos difíciles y la claridad para seguir adelante para poder cumplir con una meta más en mi vida, a mi familia por estar siempre a mi lado apoyándome y haber creído en mí siempre dándome un ejemplo de superación, humildad y sacrificio.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, mi alma máter; por brindarme el conocimiento, las herramientas y el espacio para crecer no solo como profesional, sino también como persona.

Al Ing. MSc. Cristian Eugenio, por su constante guía y orientación a lo largo de este proceso.

Joel Aguilar

AGRADECIMIENTO

Este logro es el reflejo de años de esfuerzo, sacrificio y amor incondicional de quienes han estado a mi lado en este camino. Hoy, al cerrar esta etapa, solo puedo sentir una gratitud profunda hacia cada persona que dejó una huella en mi vida y en mi formación.

Agradezco a mi ex jefa, Sra. Tatiana Narváez, por su apoyo tanto en lo laboral como en lo personal, por brindarme siempre la confianza y las oportunidades para crecer. Su orientación fue esencial para mi desarrollo profesional y personal.

A la Sra. Amparo Cando, por estar siempre presente, ofreciéndome su apoyo y motivación en cada etapa de este proceso. Su ayuda fue invaluable, y siempre recordaré su generosidad y dedicación.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, mi alma máter, por brindarme el conocimiento, las herramientas y el espacio para crecer no solo como profesional, sino también como persona.

A todos los profesores que marcaron mi camino, especialmente al Ing. MSc. Cristian Eugenio, por su constante guía y orientación a lo largo de este proceso.

A todos los que, de una u otra manera, fueron parte de este proceso, gracias. Este no es solo un final, sino el comienzo

*de un nuevo capítulo, y en cada página
estarán ustedes.*

Jefferson Arteaga

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de investigación a mis amados padres, Sra. Enma Camacho y Sr. Nelson Aguilar, por ser mi mayor inspiración y fortaleza. Gracias por su amor incondicional, sus sacrificios y su apoyo en cada paso de mi vida. Este logro es también suyo, porque sin ustedes, este camino no habría sido posible.

A mi hermana por brindarme su apoyo e inspirarme a seguir adelante.

A mi primo hermano Kevin Camacho y Paul Barrionuevo por su apoyo en los peores momentos y a mi todos mis demás primos que han sido un pilar fundamental para este logro.

A E.O cuyo amor y apoyo incondicional me han dado fuerza en cada paso de este camino

A mi amiga Nicol Tamayo, por su amistad sincera, por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional. A todos mis amigos, quienes han sido pilares fundamentales en este proceso, su compañía y aliento me han dado la fuerza necesaria para llegar hasta aquí.

Joel Aguilar

DEDICATORIA

A mis padres, Enma Moreno y Segundo Arteaga, por ser mi refugio y mi razón de ser. Por cada sacrificio silencioso, por cada desvelo, por las veces que callaron su cansancio solo para darme alas. Este sueño es tan suyo como mío, porque sin su amor infinito, jamás habría llegado hasta aquí.

A mis hermanos, primos y familia, porque en cada uno de ustedes encontré un motivo para seguir adelante. Gracias por su apoyo inquebrantable, por sus palabras de aliento y por recordarme siempre que pertenezco a un hogar donde el amor nunca falta.

A mi querido abuelito Hugo, que ya no está físicamente, pero vive en cada recuerdo, en cada enseñanza, en cada latido de mi corazón. Extraño su voz, su mirada llena de orgullo, su presencia que lo hacía todo más cálido. Ojalá pudiera mostrarle este logro, ojalá pudiera abrazarlo y decirle que su legado sigue vivo en mí. Pero sé que, de alguna manera, él me ve, me acompaña y sonrío con ese amor inmenso que siempre me dio. Este triunfo es para él, con todo mi corazón.

A mis amigos, Jhon, Teo, Pris, Nicole, Alaniz, Pao, Daniel y Jorge, por ser mi familia elegida. Por ser luz en mis días

oscuros, por sostenerme cuando sentí que no podía más, por cada risa que me devolvió la esperanza. No sé qué haría sin ustedes, pero sí sé que cada uno de mis logros lleva un pedazo de ustedes en su historia.

A todos los que han caminado a mi lado, a los que nunca soltaron mi mano, gracias. Este no es solo mi triunfo, es el reflejo del amor y la fe que todos ustedes depositaron en mí.

Con todo mi amor, con toda mi alma, con toda mi gratitud eterna.

Espero que esta dedicatoria toque el corazón como lo deseas

Jefferson Arteaga

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA EMPRESA AVIESA UBICADA EN EL SECTOR LOS SAUCES, CANTÓN PELILEO".

Autores:

Aguilar Camacho Joel David
Arteaga Moreno Jefferson Alfonso

RESUMEN

En esta investigación se presenta el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la empresa AVIESA, dedicada a la producción de aves de corral y huevos, la empresa se encuentra ubicada en el sector los Sauces, cantón Pelileo. El estudio surge de la necesidad de reducir los tiempos de parada ocurridos por daños no planificados y mejorar la confiabilidad de los equipos de producción de balanceado, debido a que son antiguos y no poseen una documentación técnica de sus equipos y carecen de un plan de mantenimiento programado lo que provoca que el encargado de esta área solo ejecute intervenciones de mantenimiento cuando estos fallan. El estudio sigue un enfoque que se basa en una investigación mixta, que combina métodos cualitativos y cuantitativos, incluyendo una investigación de campo dentro del área de producción, entrevista con el personal que opera la maquinaria y un análisis de criticidad para determinar el nivel de importancia de los equipos y basándose en la metodología RCM, se obtiene como resultado una propuesta de actividades programadas de mantenimiento diario, mensual y anual a seguir para cumplir los objetivos, que a través de la aplicación de indicadores claves de desempeño (KPI) demuestran que un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología propuesta puede mejorar significativamente la disponibilidad con un 4,1% y confiabilidad de 11,49% de las maquinas, así como también minimizar los tiempos de inactividad y el tiempo medio entre fallas. El estudio concluye aplicando una mejora continua de los procesos de mantenimiento de producción, proponiendo un plan de mantenimiento programado estructurado y la integración del software de gestión de mantenimiento MaintainX que permitirá la organización de la documentación recolectada.

Palabras clave: Gestión de mantenimiento, RCM, confiabilidad de Equipos, disponibilidad de equipos, Software MaintainX.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: "DESIGN OF A MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM
BASED ON RCM FOR THE AVIESA COMPANY LOCATED IN 'LOS
SAUCES' SECTOR, PELILEO CANTON."**

Authors:

Aguilar Camacho Joel David
Arteaga Moreno Jefferson Alfonso

ABSTRACT

This research study presents the design of a maintenance management system based on Reliability-Centered Maintenance (RCM) for the company AVIESA, which is dedicated to the production of poultry and eggs, located in 'Los Sauces' sector, Pelileo Canton. The study arose from the need to reduce downtime caused by unplanned failures and to improve the reliability of feed production equipment. These machines are old, do not have technical documentation, and lack a scheduled maintenance plan, which means that the personnel in charge of this area only performs maintenance work when failures occur. The study follows a mixed research approach, combining qualitative and quantitative methods, including field research within the production area, interviews with machinery operators, and a criticality analysis to determine the importance level of the equipment. Based on the RCM methodology, the study results in a proposal for scheduled maintenance activities on a daily, monthly, and annual basis to achieve the objectives. The application of key performance indicators (KPIs) demonstrates that a maintenance management system based on the proposed methodology can significantly improve machine availability and reliability, as well as minimize downtime and the mean time between failures. The study concludes by applying continuous improvement to the production maintenance processes, proposing a structured scheduled maintenance plan, and integrating the MaintainX maintenance management software, which will facilitate the organization of the collected documentation.

Keywords: Maintenance management, Reliability-Centered Maintenance (RCM), equipment reliability, equipment availability, MaintainX software.

ÍNDICE GENERAL

1	INFORMACIÓN GENERAL	19
2	INTRODUCCIÓN.....	20
2.1	Situación problemática	21
2.2	Formulación del problema	22
2.3	Objeto y Campo de Acción	22
2.3.1	Objeto de Investigación:.....	22
2.3.2	Campo de Acción:	22
2.4	BENEFICIARIOS	22
2.4.1	Directos.....	22
2.4.2	Indirectos	23
2.5	JUSTIFICACIÓN	24
2.6	OBJETIVOS	25
2.6.1	Objetivo General.....	25
2.6.2	Objetivos Específicos	25
2.6.3	Sistemas de tareas.....	26
3	MARCO TEÓRICO	27
3.1	Antecedentes.....	27
3.2	Estado del arte.....	27
3.3	Contextualización y marco teórico	32
3.3.1	Requerimientos nutricionales del pollo	32
3.3.2	Descripción del proceso productivo	34
3.3.3	El Mantenimiento	39
3.3.4	Gestión de mantenimiento	40
3.3.5	ventajas de RCM	42
3.3.6	Importancia del RCM dentro de la Ingeniería de mantenimiento	43

3.3.7	Plan de mantenimiento	43
3.4	KPI.....	55
3.4.1	MTTR (tiempo medio para reparación).....	55
3.4.2	MTBF (tiempo medio entre fallas).....	55
3.4.3	Disponibilidad y Confiabilidad	56
3.5	Software para planimetría	56
3.5.1	Smartdraw.....	56
3.1	Técnicas de ponderación.....	57
3.1.1	Ponderación basada en la probabilidad	57
3.1.2	Ponderación no basada en la probabilidad	57
3.1.3	Ponderación posterior a la estratificación.....	58
3.1.4	Ponderación del borde	58
3.2	Software de gestión de mantenimiento preventivo.....	58
3.2.1	MaintainX.....	58
4	HIPÓTESIS	60
5	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	60
6	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	60
6.1	Métodos	60
6.1.1	Tipo de investigación.....	60
6.1.2	Diseño de investigación.....	61
6.1.3	Enfoque metodológico.....	61
6.2	Procedimientos.....	61
6.2.1	Población y muestra	61
6.2.2	Instrumentos de recolección de datos.....	61
6.2.3	Proceso de recolección	62
6.2.4	Procedimiento de análisis de datos-	

6.3	Desarrollo del Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en RCM.....	62
6.3.1	Análisis Inicial.....	62
6.3.2	Implementación del RCM	62
7	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
7.1	Desarrollo de diagrama de procesos	63
7.2	Descripción de áreas	64
7.3	Descripción de equipos	64
7.1	Elaboración de layout	66
7.2	Selección de la metodología de mantenimiento.....	66
7.3	Análisis de equipos por niveles	69
7.4	Estudio de criticidad de los equipos	72
7.5	Establecimiento del modelo de mantenimiento por equipo	73
7.6	Codificación de equipos.....	74
7.7	Codificación de elementos.....	75
7.8	Determinación Fallos funcionales, técnicos y tipos de fallos.....	78
7.9	Elaboración de fichas técnicas de equipos.....	80
7.9.1	Hoja de resumen de datos de mantenimiento	81
7.9.2	Identificación de medidas preventivas	84
7.9.3	Mejoras y/o modificaciones de la instalación.....	84
7.10	Planificación de las tareas de mantenimiento	84
7.11	(KPI) antes de utilizar tareas de mantenimiento	86
7.12	(KPI) despues de utilizar tareas de mantenimiento.....	88
7.13	Tablas de resultados de indicadores	89
7.14	Cuadro comparativo de softwares de mantenimiento	91
7.14.1	Ponderación de cuadro comparativo.....	94
8	CONCLUSIONES	

9	RECOMENDACIONES	97
10	REFERENCIAS	98
11	ANEXOS	103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Códigos UNESCO Para campos de la ciencia.....	22
Tabla 2:	Beneficiarios Directos.	22
Tabla 3:	Beneficiarios Indirectos	23
Tabla 4:	Sistema de Tareas	26
Tabla 5:	Revisión de la Literatura.....	27
Tabla 6:	Requerimientos nutricionales de pollos de engorde [6].....	33
Tabla 7:	Requerimientos Nutricionales de Gallinas Ponedoras [6].	34
Tabla 8:	Tabla de Formulación.	37
Tabla 9:	Formulación.....	38
Tabla 10:	Formulación.....	38
Tabla 11:	Formulación.	39
Tabla 12:	Análisis de Equipos por Niveles	44
Tabla 13:	Sistemas de Codificación.....	44
Tabla 14:	Niveles de Criticidad [22].....	46
Tabla 15:	Factores de Freceuncia y Consecuencia.	47
Tabla 16:	Código de colores.	48
Tabla 17:	Modelo a Seguir de Tipos de Fallos.....	54
Tabla 18:	Presupuesto Referencial.....	60
Tabla 19:	Descripción de Áreas.....	64
Tabla 20:	Descripción de Equipos a Analizar.	65
Tabla 21:	Ventajas y Desventajas de las Metodologías.	67
Tabla 22:	Resultado de Criticad de Equipos.....	73
Tabla 23:	Modelos de Mantenimiento.	74
Tabla 24:	Códigos de Equipos y Sistemas.....	75
Tabla 25:	Codificación de Elementos que Integra Cada Equipo.	76
Tabla 26	Fallos Funcionales, Técnicos y Tipos de Fallos.....	78

Tabla 27: Hoja de Resumen de Mantenimiento.....	82
Tabla 28: Planificación de Tareas de Mantenimiento Molino.	85
Tabla 29: Tabla de Disponibilidad.....	89
Tabla 30: Tabla de Confiabilidad.....	89
Tabla 31: Tabla de MBTF	90
Tabla 32: Tabla de MTTR.....	90
Tabla 33: Tabla de Significados de las Siglas.....	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama causa-efecto del área de producción “AVIESA”.....	22
Figura 2: Proceso de elaboración de balanceados.	36
Figura 3: Siete pasos para realizar un análisis RCM [13].	42
Figura 4: Codificación para equipos [20].	44
Figura 5: Codificación para elementos [20].	45
Figura 6: descripción breve de los tipos de mantenimientos.....	45
Figura 7: matriz de criticidad [23]......	48
Figura 8: diagrama para selección de modelo de mantenimiento [24].	49
Figura 9: Modelo de ficha técnica para la empresa “AVIESA”.	51
Figura 10: Esquema de planificación de mantenimiento.....	52
Figura 11: Definición y características de tipos de fallos.....	52
Figura 12: Modo de fallo definición y características.	53
Figura 13: Definición y características de los tipos de tareas de mantenimiento.....	54
Figura 14: diagrama de procesos de la empresa AVIESA.	63
Figura 15: Layout del área de producción de la empresa AVIESA.	66
Figura 16: comparación del antes y después de la primera versión del RCM [33]......	68
figura 17: Datos de RCM en la aviacion	69
figura 18: Análisis de criticidad.....	74
Figura 19: Ficha técnica del molino.	81

ÍNDICE DE ECUACIONES

(4. 1)	47
(4. 2)	47
(4. 3)	55
(4. 4)	55
(4. 5)	56
(4. 6)	56

1 INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para la empresa Aviesa. ubicada en el sector los Sauces, cantón Pelileo.

Modalidad de titulación: Proyecto de investigación

Carrera: Ingeniería Industrial

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: transformación digital: el impacto de las tecnologías 4.0 en la industria y la academia

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Tutor: Ing. MsC. Cristian Iván Eugenio Pilliza

- N° de Cédula: 1723727473
- Teléfono: 0998535554
- Correo electrónico: cristian.eugenio@utc.edu.ec

Estudiante Investigador: Joel David Aguilar Camacho

- N° de Cédula: 1207965730
- Teléfono: 0994927602
- Correo electrónico: Joel.aguilar5730@utc.edu.ec

Estudiante Investigador: Jefferson Alfonso Arteaga Moreno

- N° de Cédula: 1726459892
- Teléfono: 0958861317
- Correo electrónico: jefferson.arteaga9892@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

07. Industria, Ingeniería y Construcción

Línea de investigación:

Tecnología Industrial, gestión de la producción riesgo y seguridad laboral

Sub líneas de investigación de la carrera:

Administración y gestión de la producción

2 INTRODUCCIÓN

En la provincia de Tungurahua, específicamente en el cantón Pelileo, la producción avícola está compuesta por 1,425,018 aves, y existen 26 granjas avícolas distribuidas por todo el cantón, según la Asociación Avícola Costalo (Asavico). Este suministro representa el 25% de la producción nacional.

“Aviesa” Ubicada en el sector de Los Sauces, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua; con 1 año de presencia en el mercado de alimentos para aves. El alimento consiste en granos de maíz mezclados con aceite de palma. El equipo de la línea de producción de alimentos está compuesto por 5 piezas principales, antiguas y sin un plan de mantenimiento definido por la empresa.

A lo largo de los años, las empresas han avanzado y, a nivel mundial, la experiencia en la industria ha guiado a reducir los costos de producción al mínimo posible para aumentar las ganancias. Existen muchas maneras de reducir costos en una empresa, una de las cuales es la intervención directa en el proceso de producción. Aquí es donde interviene el mantenimiento preventivo, para minimizar la pérdida de tiempo por paros y organizar la producción de manera más eficiente [1].

A medida que la Industria 4.0 ha transformado el mundo industrial, los avances en investigación y tecnología también han revolucionado el mundo del trabajo automatizado. Se espera que surjan nuevas teorías, metodologías y fundamentos sobre mantenimiento, que se consideran más avanzados, por lo cual hoy existen varios tipos de mantenimiento; sin embargo, todos tienen el mismo objetivo, que es evitar en lo posible que ocurra cualquier daño inesperado a los equipos utilizados en los procesos de producción. Al implementar un plan de mantenimiento, este es un objetivo claro [2].

Los diferentes tipos de mantenimiento se utilizan ampliamente en la industria avícola. Su implementación se realiza principalmente en las plantas de procesamiento de empresas donde se instala la mayor parte de maquinaria avícola; sin embargo, algunos sectores igualmente importantes han sido ignorados. Por ejemplo, la sección donde comienza el procesamiento de alimentos para aves de la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento.

Debido a la gran importancia del área de producción de alimentos para la empresa, esta investigación propone, basada en la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), un plan de mantenimiento preventivo, que permitirá una mejora en el proceso productivo de la empresa.

2.1 Situación problemática

Una de las principales cosas que se debe hacer para garantizar que la empresa avícola AVIESA funcione es que su maquinaria esté en condiciones óptimas, ya que esto evita paradas en las líneas de producción que no están planificadas.

AVIESA fue una empresa durante muchos años que recientemente reabrió su mercado tras un año de inactividad y, por lo tanto, no tiene un registro de mantenimiento de su equipamiento, lo cual ayuda a rastrear el estado del equipo, diagnosticar y resolver problemas antes de que se conviertan en fallos mayores, lo que también reduce las paradas no planificadas.

Otro problema frecuente es que el mantenimiento correctivo se realiza solo cuando falla algún equipo. Eso provoca paradas y, por lo tanto, retrasa la alimentación avícola porque no hay un plan de mantenimiento para un buen control de su equipamiento, y la maquinaria obsoleta requiere mucho más control y no existe un plan de mantenimiento numérico que permita lograrlo.

Por lo tanto, este proyecto de investigación propone el estudio de alternativas para reducir estas fallas, que involucran la aplicación de estrategias de optimización del mantenimiento, como el Parámetro de la Relación de Días de Mantenimiento y los Beneficios para la Estandarización del Mantenimiento (RCM).

El problema se puede representar visualmente mediante un diagrama de Ishikawa como se muestra en la figura 1.

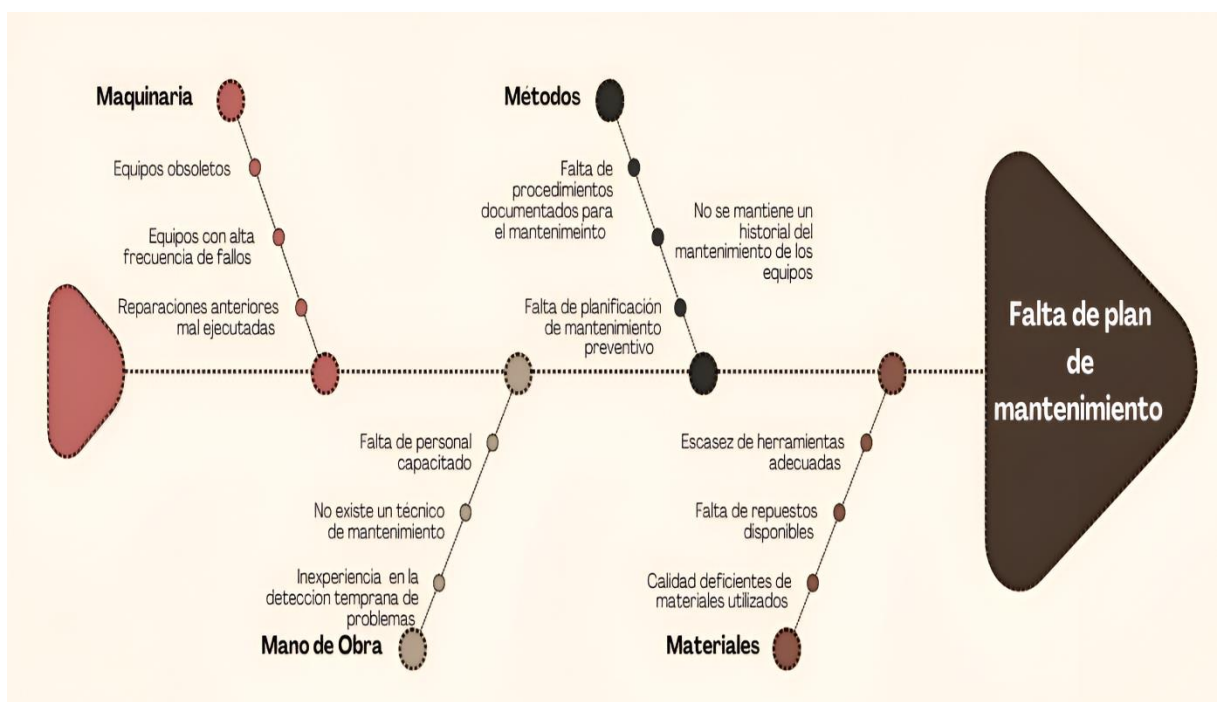


Figura 1: Diagrama causa-efecto del área de producción “AVIESA”.

2.2 Formulación del problema

La falta de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa “AVIESA” ha provocado problemas en sus operaciones en la línea de producción de balanceado por esta razón, se plantea la propuesta de un plan de gestión de mantenimiento que permita mejorar la confiabilidad y disponibilidad.

2.3 Objeto y Campo de Acción

2.3.1 Objeto de Investigación:

Empresa avícola “Aviesa” ubicada en el sector Los Sauces, cantón Pelileo.

2.3.2 Campo de Acción:

Tabla 1: Códigos UNESCO Para campos de la ciencia.

330000 ciencias tecnológicas	3310 tecnología industrial	3310.02 Maquinaria industrial
		3310.04 Ingeniería de Mantenimiento

Nota: Esta tabla muestra el código basado en la UNESCO que se usará para definir nuestro campo de acción para la tesis [3].

2.4 BENEFICIARIOS

2.4.1 Directos

En la tabla 2 se encuentran los beneficiarios considerados directos, ya que tienen una relación directa con las actividades, resultados y decisiones tomadas en el proyecto de investigación.

Tabla 2: Beneficiarios Directos.

BENEFICIARIOS	
DIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Representante legal	1
Gerente general	1
Trabajadores (operarios)	15
Contabilidad	1
Total	18

Nota: Elaboración propia a partir de la empresa “AVIESA”.

2.4.2 Indirectos

En la tabla 3 se encuentran los beneficiarios considerados como indirectos, ya que, a pesar de no formar parte directa de la empresa, se ven beneficiados de manera positiva por los resultados del proyecto investigativo.

Tabla 3: Beneficiarios Indirectos

BENEFICIARIOS	
INDIRECTOS	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Clientes	100
Proveedores	5
total	105

Nota: Elaboración propia a partir de la empresa AVIESA”.

2.5 JUSTIFICACIÓN

El informe se basa en datos obtenidos de 1819 granjas avícolas en Ecuador. En Perú, el sector avícola crea aproximadamente 32,000 empleos directos, 220,000 empleos indirectos y genera casi 2 mil millones de dólares anualmente (16% del PIB agrícola) [4].

Según el artículo publicado en la revista Avinwes [5], antes de la industrialización de la producción avícola en Ecuador, se estimaba que la producción del país estaba entre 230 y 250 millones de pollos de engorde al año, pero hoy en día la avicultura industrializada en Ecuador cuenta con varias empresas que han mejorado la forma en que alimentan a las aves.

Por lo tanto, es imperativo tener control sobre todo el equipo, lo cual es crucial para la producción, y cualquier parada no deseada en la producción conduciría a pérdidas económicas. A través de investigaciones de campo en la empresa "AVIESA", se detectó que había algunos retos importantes en el manejo del mantenimiento de su equipo. Así que aplicar un sistema de gestión de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) a esta empresa proporcionará soluciones efectivas debido a los problemas diagnosticados, mejorando la confiabilidad y la disponibilidad.

Los motivos de estas indagaciones están informados por una variedad de factores: personales, académicos, profesionales y sociales. La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM en la empresa avícola AVIESA se presenta como una gran oportunidad para aplicar y expandir conocimientos a nivel teórico y metodológico, lo cual contribuye de manera positiva tanto a la empresa como a la sociedad; un compromiso con la mejora continua y la innovación en la ingeniería de mantenimiento y una fuerte disposición a contribuir de manera eficiente en la industria avícola.

Es por esta razón que las empresas deben contar con un plan de mantenimiento, donde se puedan definir las actividades de mantenimiento para la operación del equipo. Esto significa que todos los empleados, proveedores y clientes ganan, lo que trae un impacto positivo a la organización. La gestión adecuada del plan de mantenimiento también beneficia las áreas financieras y productivas, minimizando paradas inesperadas, proporcionando calidad de producto para satisfacer la demanda y reforzando la reputación de la empresa en el mercado. Este plan de mantenimiento, la adición de la prevención de interrupciones no anticipadas de procesos, que conducen a reparaciones, aumentará la confiabilidad del equipo, lo que en conjunto incrementará la competitividad de la empresa.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM en la empresa "AVIESA" para el aumento de la disponibilidad de los equipos en el área de producción de alimento de aves de corral.

2.6.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico de los equipos existentes dentro de la línea de producción, mediante el levantamiento de información para el posterior registro del área de estudio.
- Seleccionar la metodología de mantenimiento más adecuada mediante la investigación documental, que permita a la empresa aumentar su nivel de confiabilidad en los equipos.
- Elaborar la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento basado en RCM para el aumento de la disponibilidad de los equipos en la empresa.

2.6.3 Sistemas de tareas

Tabla 4: Sistema de Tareas

Objetivos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, medios e instrumentos	
<ul style="list-style-type: none"> Realizar el diagnóstico de los equipos existentes dentro de la línea de producción, mediante el levantamiento de información para el posterior registro del área de estudio. 	Identificación de los procesos productivos de la empresa "AVIESA".	Diagrama de procesos	Visita insitu Investigación de Campo Software Bizagi Modeler	
	Descripción de áreas de la empresa Aviesa	Tabla de levantamiento de información de las áreas	Investigación de campo Levantamiento de información	
	Identificación de los equipos del área de producción	Elaboración de un layout de distribución actual de los equipos.	Uso de software de diseño smartdraw Investigación de Campo Levantamiento de información	
	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar la metodología de mantenimiento más adecuada mediante la investigación documental, que permita a la empresa aumentar su nivel de confiabilidad en los equipos. 	Análisis de las metodologías RCM, TPM, y RBM	Tabla de ventajas y desventajas de las metodologías	Investigación documental
		Revisión y análisis de revistas, artículos y tesis relacionados con la metodología	Recopilación de información veraz para constatar la funcionalidad de la metodología RCM	Análisis y registro de información
	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento basado en RCM para el aumento de la disponibilidad de los equipos de la empresa. 	Clasificación de equipos	Tabla de análisis de equipos por niveles	Investigación de campo
Identificación del nivel de importancia de los equipos		Entrevista de criticidad de los equipos	Entrevista	
Análisis y codificación de los equipos y elementos encontrados en la línea de producción.		Tablas de equipos y elementos codificados	codificación significativa	
Fichas Técnicas de Equipos		Recopilación de información de los equipos	registro de información	
Elaboración del instructivo de las tareas de mantenimiento a ejecutarse en cada equipo.		Tabla de planificación de tareas	Investigación de Campo levantamiento de información.	
Cálculo de indicadores de mantenimiento: tiempo de reparación, tiempo medio entre fallos, disponibilidad y confiabilidad		Tabla de resultados de indicadores	Registro de información	
Análisis de selección de software de mantenimiento.		Tabla de ponderación de software de mantenimiento	Método de puntuación ponderada	
Manual de Usuario del uso de software.		Identificar las principales funciones del software de mantenimiento	Documentación directa	

Nota: Fuente de elaboración propia

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Avícola Erazo Sánchez (AVIESA) es una empresa líder en el mercado local y nacional en la producción de productos avícolas, reconocida por la excelencia y el compromiso por entregar un producto sano, natural y de la más alta calidad, garantizando la satisfacción y confianza de sus clientes. Aspirando siempre a ser un referente en la industria avícola, impulsando prácticas sostenibles y responsables que contribuyan al bienestar de la comunidad y al desarrollo del sector alimentario. El sector avícola cada día va creciendo, por lo que es necesario y fundamental proveer de excelente maquinaria para la alimentación de las aves para garantizar los productos de la empresa “AVIESA”.

Para poder plantear el proyecto de plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para la empresa avícola “AVIESA”, se indagó completamente sobre la información de la empresa y su estructura organizativa, mostrándose su información en los anexos A Y B, se investigó en varias fuentes bibliográficas dentro de la misma línea de investigación del sector avícola, ya que el empleo de estos métodos ha llevado a beneficiosos resultados a través de procedimientos y habilidades sobre el mantenimiento y sus formas de utilizarlas.

3.2 Estado del arte

Tabla 5: Revisión de la Literatura

Año	Autor(es)	Título	Tipo	Contribuciones
2017	Marco Antonio Zavala Gaibor	“Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno fgwilson -300 de las granjas avícolas de la	Proyecto de Investigación y Desarrollo	Reducción de fallos implementando estrategias como el monitoreo y el análisis de sistemas críticos para la reducción de fallos en un 36%en comparación al año 2014.

		empresa procesadora nacional de alimentos zona Bucay”		
2018	Omar Campos López Guilibaldo Tolentino Eslava Miguel Toledo Velázquez	Metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.	Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.	La recopilación de información relevante sobre el activo crucial para el análisis de RCM esto incluye planos, diagramas, manuales, bitácoras de operación mantenimiento y entrevistas con el personal de operación, producción y mantenimiento.
2018	Espín Barahona Hugo Israel	El RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) de los equipos de área húmeda y acabados de cuero de la empresa Tenería Diaz Cia. Ltda.	Proyecto de Investigación	Estrategias de mantenimiento se basa en la capacidad de la empresa ya sea para procurar un buen plan de mantenimiento o simplemente esperar que el quipo falle y reemplazarlo de inmediato.
2019	Dorian Armando Castrillón Carmona	Diseño de plan preventivo basado en la filosofía RCM	Monografía	Actividades programadas diarias, semanales, mensuales, trimestrales y anuales

	Ricardo Byron Gallego Lozano	(Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para los equipos de la empresa de confecciones Jonley S.A.S		para diferentes tipos de máquinas. Se abordan conceptos de mantenimiento industrial, tipos de máquinas de coser y se destaca la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo en la industria textil.
2020	Meyli Nickol Calderon Ortecho	Propuesta de implementación de un mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir los costos operativos de una empresa de manufacturera de calzado.	Tesis de Grado	La aplicación del plan RCM mejora la gestión de activos y reduce los costes de explotación al identificar y priorizar las causas clave de los problemas de mantenimiento.
2021	Andrade Solorzano Carlos Luis Herrera Suárez Miguel	Análisis de la situación actual del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	Revista Científica "INGENIAR" "ingeniería Tecnología e Investigación Vol. 4.	Se destaca que la confiabilidad operacional se logra a través que buscan la mejora continua de la producción industrial utilizando herramientas de diagnóstico, metodologías y

				estrategias enfocadas en la optimización.
2022	Yauli Achachi Miller Omar	Aplicación de metodología RCM para la gestión de los equipos industriales en la empresa Engineering CIA. LTDA.	Tesis de Grado	Los fallos se clasifican en dos categorías: fallos funcionales (que impiden que el equipo funcione) y fallos técnicos (que no impiden que el equipo funcione, pero no funcionan correctamente).
2022	David Enrique Alemán Rivadeneira	Diseño de un plan de gestión de mantenimiento basado en RCM, para la nueva línea de bebidas alcohólicas carbonatadas en la planta de producción de Licor en la ciudad de Ibarra	Tesis de Grado	Medidas de control eficaces, se menciona la importancia de tener en cuenta los acontecimientos pasados para la mejorar la gestión del mantenimiento y aumentar la productividad.
2023	Pacheco Oviedo Abraham Arturo	Diseñar un plan de mantenimiento basado en RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para equipos Críticos en una	Tesis de Grado	Los equipos, sistemas y componentes se clasificarán en función de su criticidad identificando aquellos que podían afectar a las operaciones.

		cementera del sur del país.		
--	--	--------------------------------	--	--

Nota: Fuente de elaboración propia

Esto resultó en una reducción del tiempo de inactividad en tareas relacionadas con el mantenimiento correctivo en un 96% debido a:

(una mejor disponibilidad gracias a la planificación de mantenimiento basada en inspecciones por condición;

Al desarrollo de un gabinete en el que las piezas de repuesto de alta rotación están organizadas, con un estudio comparativo de costos [1] que indica que los costos se redujeron en un 32% en comparación con el mantenimiento correctivo tradicional.

El último paso en este proceso es la ejecución del plan de mantenimiento, que es esencial para que el equipo continúe funcionando según los supuestos utilizados. El mantenimiento basado en condiciones y los planes de reparación de componentes deben formar parte del plan de mantenimiento general [2].

El control adecuado de los diversos equipos adquiridos por la planta, tales como clasificación, registro, historial e inventarios de repuestos, se logra mediante la gestión de equipos y se realiza de manera debidamente agrupada y codificada de acuerdo con sus criterios de grupo, familia, plantas e instalaciones. Un criterio para establecer una criticidad para determinar niveles de mantenimiento y prioridades potenciales para varios equipos de planta [3].

Para actualizar lo necesario para garantizar la disponibilidad de equipos y ayudar a optimizar la producción, ahorrar costos, promover la seguridad en el trabajo y evitar daños o efectos colaterales que afecten al medio ambiente.

Además de algunas funciones específicas del técnico de mantenimiento, se considera adecuado generar varios formatos de órdenes de trabajo, así como documentación sobre el ciclo de vida del equipo relacionado [4].

Un conocimiento profundo de tales prácticas, herramientas, procesos y filosofías en mercados empresariales exigentes es crítico para la competitividad de una empresa, y las prácticas efectivas de gestión del mantenimiento son cruciales para maximizar el retorno de las inversiones realizadas en activos industriales. Evidencias de otros estudios sobre la metodología RCM indican su efectividad para reducir los costos operativos y aumentar la eficiencia en plantas industriales [5].

Identificar y lograr los objetivos previamente enmarcados de manera rápida y beneficiosa para la operación técnica, la seguridad y el medio ambiente (en este último grupo podemos diferenciar dos clases: una es la seguridad ocupacional y la otra es la protección ambiental [6]).

En el contexto del mantenimiento centrado en la confiabilidad, muchos de los criterios enfatizan no solo las variables técnicas, sino también la seguridad ecológica y ocupacional en las decisiones de actividades de mantenimiento [6]. Las fallas impactan de dos formas: las fallas a evitar impactan profundamente en la naturaleza y las fallas a amortiguar, que tienen impactos menores. Se designaron cuatro medidas preventivas:

- Acciones de mantenimiento,
- Mejoras o modificaciones de instalaciones,
- Modificaciones de procesos operativos,
- Modificaciones de procedimientos de mantenimiento [7].

Se presentan las implicaciones de integrar planes de mantenimiento preventivo para alcanzar la disponibilidad y confiabilidad del equipo y se detallan recomendaciones prácticas para integrar planes de mantenimiento deseables invirtiendo en un sistema de gestión de mantenimiento informatizado (CMMS) que permita que los procesos de mantenimiento sean eficientes sin interrupciones en las operaciones [8].

Se habla sobre el nivel de análisis descriptivo y correlacional; las características descriptivas y el ordenamiento se predicen para un hecho o dato a pesar de la escasa información [9].

3.3 Contextualización y marco teórico

3.3.1 Requerimientos nutricionales del pollo

Los pollos presentan características fisiológicas que hacen que sus requerimientos nutricionales respondan a una serie de necesidades específicas para lograr un desarrollo óptimo. Se debe tener en cuenta que los procesos digestivos, circulatorios y respiratorios son más rápidos en esta especie, además de presentar un crecimiento rápido, el cual está directamente influenciado por los cambios ambientales. La dieta debe ser rica en proteínas, vitaminas y minerales, variando sus concentraciones en dependencia de la etapa de desarrollo del animal, por lo que los animales destinados a la producción de huevos deben contar con dietas ricas en minerales y proteínas, mientras que los que estén destinados al crecimiento y ceba deben recibir una mayor concentración de grasas en la

dieta, en ambos casos y en todas las etapas de desarrollo es imprescindible que cuenten con abundante agua.

Pollos de engorde: Se dividen en la práctica en tres etapas: la de iniciación, la de crecimiento y la de finalización. La primera consiste en proporcionar una fuente de calor, cama limpia y seca, agua y alimentación de 20 a 23 % de proteína. Una vez terminada la primera etapa, los pollitos reciben el alimento de crecimiento con 20 % de proteína, posteriormente se emplea una alimentación con 18 % de proteína que corresponde a la etapa de finalización [6].

Tabla 6: Requerimientos nutricionales de pollos de engorde [6].

ESTADO FISIOLÓGICO	INICIACIÓN		CRECIMIENTO	FINALIZACIÓN
Semanas de vida	0-2	03-05	06-08	09-12
Peso Vivo (kg)	0,31	1,08	1,93	2,76
Materia Seca (%)	90	90	90	90
Concentración Energética (Kcal. EM/kg)				
- Intervalo de variación	2 900-3 085	3 000-3 200	3 000-3 200	3 000-3 200
- Concentración media	3 000	3 100	3 100	3 100
Proteína Bruta (%alimento)				
- Contenido máximo	23,00	21,00	20,00	18,00
- Contenido mínimo	21,00	20,00	18,00	17,00
Fibra bruta (%alimento)				
- Contenido máximo	4.0	4.0	4.5	4.5
- Contenido mínimo	3.0	3.0	3.5	3.5

Nota: Fuente de elaboración propia

Gallinas ponedoras: La fase productiva de la gallina ponedora dura aproximadamente 60 semanas, de la 22 a las 82 semanas de edad, se divide en tres fases de 20 semanas cada una y se expresa en la tabla 7 el requerimiento nutricional.

Tabla 7: Requerimientos Nutricionales de Gallinas Ponedoras [6].

ESTADO FISIOLÓGICO	INICIACIÓN	CRECIMIENTO		POSTURA
Semanas	0-6	06-12	13-22	22-82
Materia Seca (%)	90	90	90	90
Concentración Energética (Kcal. EM/kg)				
- Intervalo de variación	< 2 900	< 2 900	< 2 900	2 500-2 800
- Concentración media	2 854	2 800	2 600-2 800	2 800
Proteína Bruta (%alimento)				
- Contenido máximo	20,00	18,00	16,00	15,00
- Contenido mínimo	18,00	16,00	14,50	13,00
Anti-coccidiosicos	Cantidades Maximias			Can. normal ¹
Vitaminas Minerales	Se recomienda las mismas cantidades			

Nota: Fuente de elaboración propia

- Primera: etapa de importancia en factor nutricional, debido que la producción debe incrementar de 0 a 85 %, aumentando peso corporal y peso del huevo.
- Segunda: las gallinas alcanzan su peso máximo en (42 semanas de edad) hasta alcanzar un porcentaje de postura del 65 %.
- Tercera: la producción continúa hasta que las aves alcanzan las 82 semanas de edad, donde sufre un descenso en la producción entonces ocurre la muda [6].

3.3.2 Descripción del proceso productivo

3.3.2.1 Adquisición de materia primas para la elaboración de balanceado

La compra de materia prima se realiza de manera local para productos como maíz nacional, aceite de palma africana, torta de soya, afrecho de trigo, núcleo, calcio fino, fosfato 21/17, sal, OSMEQ140, Inactivador P, complejo enzimático

Maíz nacional, por lo general tiene que ser maíz duro el porcentaje de humedad tiene que ser baja para poder fabricar el balanceado.

Aceite de palma africana, es una grasa especial para alimentos balanceados de animales.

Torta de soya, es finamente triturada y posee proteína de origen vegetal.

Afrecho de trigo, este aporta energía de la fibra y poco almidón.

Núcleo, corrector vitamínico mineral para la etapa de crecimiento.

Calcio fino, ayuda a las aves a moler y triturar bien el alimento mejorando su digestión.

Fosfato 21/17, se utiliza como fuente de fósforo y calcio.

Sal, se utiliza sal refinada de consumo humano

OSMEQ140, es una fuente de sodio libre de cloro que promueve un adecuado balance de electrolitos en la ración.

Inactivados P, para la preservación de alimentos.

Complejo enzimático, elimina los factores anti nutricionales.

3.3.2.2 Análisis de nutrientes

Cada una de las materias primas requiere para la elaboración del balanceado se analiza para verificar su contenido nutricional y descartar problemas de deterioro de la misma y son específicos de cada materia prima.

Los principales análisis que se realizaron de forma rutinaria por materia prima según las normas INEN 540:81 son los siguientes: contenido de proteína bruta (% PB), análisis de grasa (% G), contenido de fibra bruta (% FB), contenido de fósforo (% P), calcio (% Ca), contenido de sal.

3.3.2.3 Formulación

La formulación consiste en determinar las cantidades requeridas de cada ingrediente o materia prima según su contenido nutricional en cuanto a niveles de proteína, energía, grasas, fibra y minerales para cubrir las necesidades de los pollos y cada una de sus etapas [7].

3.3.2.4 Proceso de producción

El proceso de elaboración del balanceado se esquematiza en el siguiente gráfico y se describe a continuación.

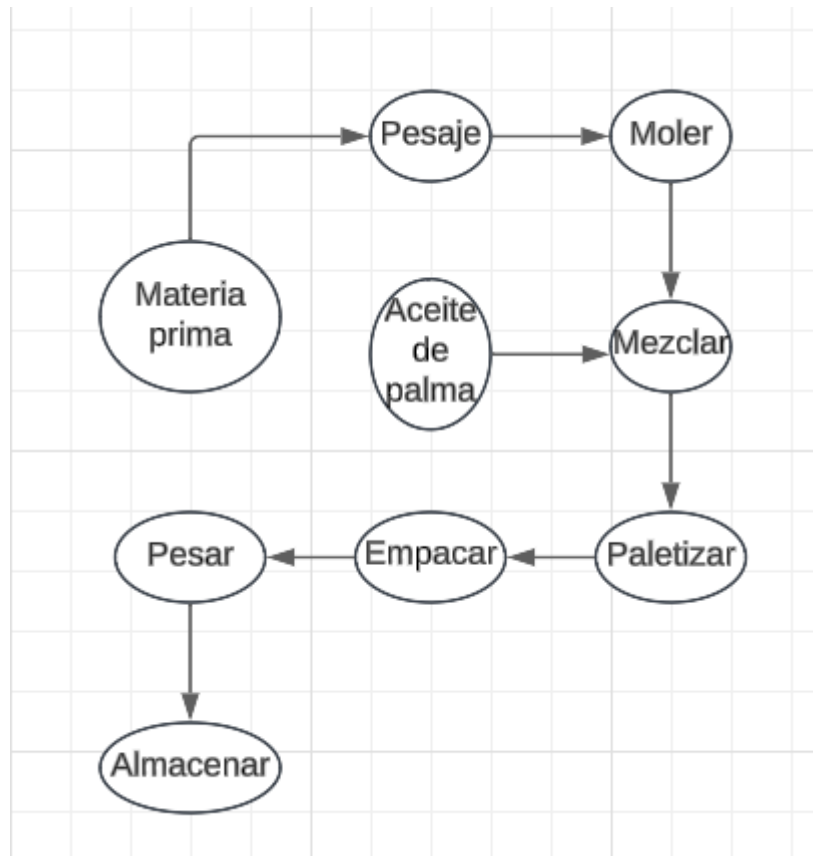


Figura 2: Proceso de elaboración de balanceados.

3.3.2.5 Molienda

Es la ruptura de las partículas al tamaño que favorece su mejor y más efectivo uso por parte de los animales, y debe adaptarse a la especie a la que está destinada, permitiendo una mezcla adecuada para su homogeneización [8].

3.3.2.6 Mezclado

Los mezcladores pueden ser utilizados de muchas formas, los que se usan son mezcladores de cinta vertical (simple o doble) que garantizan la homogeneidad de la mezcla del producto [8].

3.3.2.7 Producto terminado

Cuando el producto está listo, se envía a un almacén de producto terminado, que tiene una característica de almacenamiento diferente del material crudo. Su implementación requiere la

participación de todos los departamentos de la empresa de alimentos para animales para garantizar que el producto cumpla con las condiciones de calidad [8].

3.3.2.8 Balance de materiales

El cuidado especial de las materias primas utilizadas para la fabricación de alimentos balanceados es muy importante para evitar la contaminación. Deben mantenerse en condiciones adecuadas, con la protección necesaria para evitar la contaminación por humedad, roedores y suciedad en los sitios. El requisito de materia prima para 1 quintal de alimento balanceado (45 kg de alimento balanceado) (Tablas 8, 9, 10 y 11).

1.1.1.1.1 Balanceado LOHMANN PRE-POSTURA

Tabla 8: Tabla de Formulación.

Materias primas	Kg.	Lb.
Maíz nacional	553.939	1.218.800
Torta de soya	223.954	492.500
Afrecho de trigo	140.135	308.500
Calcio grueso 38%	25.095	55.000
Calcio fino 38%	25.000	55.000
Aceite de palma	14.000	31.000
Fosfato 21/17	8.030	17.500
Núcleo ponedoras TADEC	5.000	11.000
Sal	2.348	5.000
OSMEQ 140	1.500	3.500
Inactivador P	0.500	1.100
Metionina 99%	0.400	0.880
Complejo enzimático	0.100	0.220

Nota: Elaboración propia a partir de la empresa AVIESA.

1.1.1.1.2 *Balanceado LOHMANN pollita levante 11-18 semanas*

Tabla 9: Formulación.

Materias primas	Kg.	Lb.
Maíz nacional	558.400	1.228.480
Torta de soya	149.500	329.00
Afrecho de trigo	251.000	551.500
Calcio fino 38%	16.500	36.500
Aceite de palma	10.000	22.000
Fosfato 21/17	4.000	9.000
Núcleo levante pollitas TADEC	6.000	13.200
Sal	2.500	5.500
OSMEQ 140	1.500	3.500
Inactivador P	0.500	1.100
Complejo enzimático	0.100	0.220

Nota: Elaboración propia a partir de la empresa AVIESA.

1.1.1.1.3 *LOHMANN PICK POSTURA (inicio de postura – 60 semanas)*

Tabla 10: Formulación.

Materias primas	Kg.	Lb.
Maíz nacional	556.400	1229.989
Torta de soya	258.500	568.500
Afrecho de trigo	48.500	107.000
Calcio grueso 38%	68.000	150.000
Calcio fino 38%	29.000	64.000
Aceite de palma	19.000	42.000
Fosfato 21/17	10.000	22.000
Núcleo ponedoras TADEC	5.000	11.000
Metionina 99%	1.000	2.200
Sal	2.000	4.500
OSMEQ 140	2.000	4.500
Inactivador P	0.500	1.100
Complejo enzimático	0.100	0.220

Nota: Elaboración propia a partir de la empresa AVIESA.

1.1.1.1.4 LOHMANN POSTURA 1 (de 61 semanas en adelante)

Tabla 11: Formulación.

Materias primas	Kg.	Lb.
Maíz nacional	566.400	1.245.980
Torta de soya	242.000	532.000
Afrecho de trigo	51.500	113.000
Calcio grueso 38%	81.000	45.000
Calcio fino 38%	20.500	45.000
Aceite de palma	19.000	42.000
Fosfato 21/17	9.000	20.000
Núcleo ponedoras TADEC	5.000	11.000
Metionina 99%	1.000	2.200
Sal	2.000	4.500
OSMEQ 140	2.000	4.500
Inactivador P	0.500	1.100
Complejo enzimático	0.100	0.220

Nota: Elaboración propia a partir de la empresa AVIESA.

3.3.3 El Mantenimiento

Referencia de uno de los manuales más extensos que existen en el sector: "Organización y gestión integral de mantenimiento" de Santiago García Garrido, 2003. Estos son los pasos por los cuales el mantenimiento ha evolucionado a lo largo de los años.

El mantenimiento comenzó durante la Primera Revolución Industrial, un período que, comenzando en la segunda mitad del siglo XVIII en Gran Bretaña, se extendió unas décadas después a la mayor parte de Europa Occidental y América Anglosajona y, finalmente, terminó entre 1820 y 1840. Al principio, estas tareas de mantenimiento eran realizadas por los propios operarios, ya que no se contaba con personal dedicado única y exclusivamente a esta actividad. A medida que las máquinas se volvieron más avanzadas, surgió la necesidad de establecer un departamento de mantenimiento especializado en las fábricas.

Nació el concepto de fiabilidad: la probabilidad de que el equipo funcione correctamente durante el período y bajo las condiciones de operación (presión, temperatura, velocidad, tensión, nivel de vibración, etc.) definidas. Esto permite al departamento de mantenimiento no solo realizar acciones correctivas, sino también acciones preventivas.

El mantenimiento preventivo es también la base para otros conceptos de mantenimiento como el predictivo, proactivo, CMMS (sistemas de gestión de mantenimiento computarizado) o RCM (mantenimiento centrado en la fiabilidad).

La aparición de estos avances y nuevos conceptos implica que el departamento de mantenimiento requiere personal cada vez más cualificado con estudios específicos. Este hecho sugiere que el costo y la profesionalización del departamento aumentarán.

En la década de 1980 se observa un retorno al origen a través del TPM (mantenimiento productivo total) de algunas funciones de mantenimiento hacia el personal de producción. El TPM se combinó entonces con el RCM. Esto define qué se necesita hacer y quién hace qué (mantenimiento o producción).

En los últimos años, con el desarrollo de software de digitalización de procesos y la introducción de nuevas tecnologías, como los teléfonos móviles en el entorno laboral, han surgido herramientas de movilidad que son los mejores complementos para cualquier CMMS [9].

3.3.3.1 Ventajas del mantenimiento

Las empresas pueden beneficiarse en diversas áreas, incluido lograr la satisfacción del cliente por la entrega a tiempo, eliminar accidentes laborales causados por el mal estado del equipo, proteger las máquinas de daños irreparables, preparar presupuestos basados en las necesidades de la empresa, reducir costos incurridos por paradas inesperadas de producción y extender la vida útil de cada equipo. [9].

3.3.4 Gestión de mantenimiento

La gestión del mantenimiento industrial es el proceso de mantener los recursos de una empresa para ejecutar el nivel de producción sin desperdiciar dinero en los procesos de trabajo. Existen varios programas de software para ayudar en esto, así como algunos objetivos que un gerente de mantenimiento debería aspirar a alcanzar. Tales objetivos incluyen: controlar costos;

programar el trabajo de manera adecuada y eficiente; y asegúrese de que la empresa cumpla con todas las regulaciones.

Lo primero es que la gestión del mantenimiento es bastante significativa en una organización. De hecho, esto tiene un impacto a largo plazo en la empresa porque, si no se gestiona bien, los recursos detendrán la operación de la corporación y terminarán perdiendo dinero.

Así, la gestión del mantenimiento está relacionada con la planificación y el despliegue de diversos recursos con el propósito de mantener la disponibilidad y el rendimiento de la unidad industrial en un cierto nivel.

Esto ayuda a las empresas a mantener sus recursos y controlar el tiempo y los costos para lograr la eficiencia óptima del proceso de fabricación y las instalaciones asociadas. [10].

3.3.4.1 Sistemas de gestión de mantenimiento

1.1.1.1.5 RCM

RCM Mantenimiento (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). Esta metodología, conocida como mantenimiento centrado en la confiabilidad, se enfoca en identificar fallos potenciales en el equipo más crítico. Se propone expandirse desde esta base, desarrollar varias formas de control, prevención y capacidades de soporte utilizadas para mitigar fallos que podrían paralizar la fábrica y llevar a su fallo.

Si una instalación depende del flujo de agua para su enfriamiento, ese tipo de mantenimiento se encarga de implementar un esquema especializado y sistemas de respaldo para que no ocurra una avería crítica en medio del proceso que pueda impedir el flujo [11].

1.1.1.1.6 TPM

Desarrollado en Japón, esta forma de mantenimiento enfatiza la fortaleza del equipo. Esto hace que todos los miembros de la organización trabajen juntos para dar lo mejor de sí mismos y mantener la maquinaria en las mejores condiciones operativas, lo que conduzca al mínimo número de incidentes y paradas de productividad posibles. Para ello, se requiere la capacitación de los empleados y la necesidad de una comunicación interdepartamental efectiva. El objetivo es un proceso productivo casi perfecto. [11].

1.1.1.1.7 RBM

El mantenimiento basado en riesgo o RBM es un mantenimiento que se centra en los sistemas y maquinaria que son más susceptibles al riesgo. Aunque tiene mucho sentido, el mantenimiento basado en riesgo no es el subgrupo de mantenimiento más conocido y es aún menos popular fuera de la comunidad de mantenimiento. No se define necesariamente a primera vista comparada con el mantenimiento preventivo o programado. Esto no se aplica al mantenimiento diferido o de emergencia. [12].

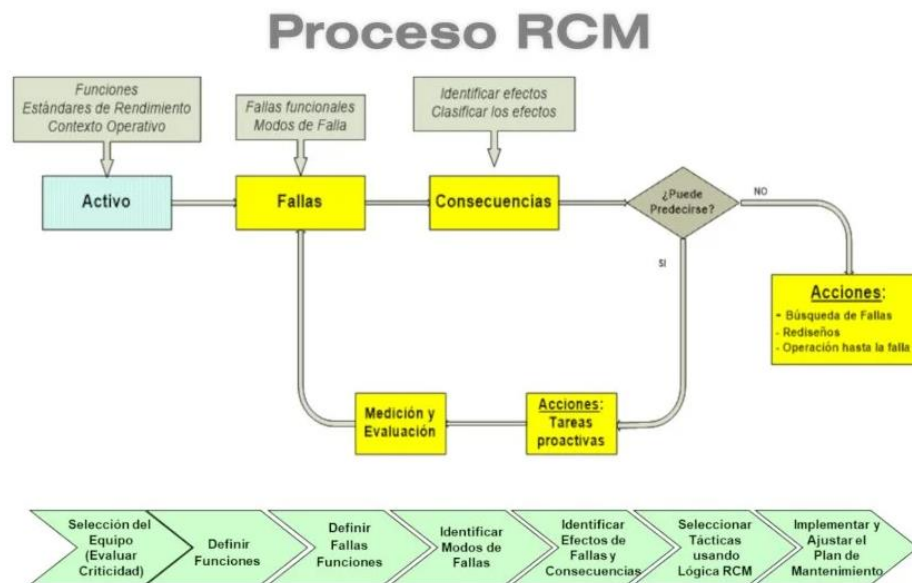


Figura 3: Siete pasos para realizar un análisis RCM [13].

3.3.5 ventajas de RCM

- Optimización del plan de mantenimiento.
- Optimización de la estrategia de piezas de recambio.
- Aumento de la producción.
- Reducción de riesgos.
- Reducción de los defectos de calidad.
- Prolongación de la vida útil de los activos.
- Mejora de los índices de seguridad y medioambientales.
- El plazo de amortización de la inversión realizada ronda 1 año y en muchos proyectos menos [14].

3.3.6 Importancia del RCM dentro de la Ingeniería de mantenimiento

RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) es muy importante para los ingenieros y profesionales del mantenimiento porque tiene muchas ventajas. RCM mejora la confiabilidad de los activos al gestionar proactivamente los modos de falla que pueden afectar la seguridad, la producción y el costo. Utilizando percepciones predictivas derivadas de los datos, las organizaciones pueden optimizar las prácticas de mantenimiento, minimizar los tiempos de inactividad inesperados, maximizar la disponibilidad de los activos y mejorar la eficiencia operativa. [15].

3.3.7 Plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento es un documento que incluye la lista de trabajos de mantenimiento periódico que deben realizarse en una planta para mantener los niveles de disponibilidad estipulados porque es un documento vivo que se actualiza constantemente con base en los eventos que ocurren en la planta.

Tiene múltiples pasos para crear un plan de mantenimiento. Los primeros pasos que ya hemos visto son zonificar las plantas, hacer las listas de equipos, desglosar cada uno de ellos en sistemas y componentes, codificar y asignar el modelo de mantenimiento que se ajusta a las características y funciones del equipo del sistema de producción de la planta. Una vez realizado este trabajo, podemos comenzar a esbozar el plan de mantenimiento y el camino a seguir. [16].

3.3.7.1 Análisis de equipos

Entendemos las características personales de los miembros del equipo mediante el análisis de equipos: ¿dónde se encuentran en este momento con respecto al propósito que cumplen en la organización y en su lugar de trabajo asignado? Los diferentes equipos parecen tener procesos industriales diferentes, los equipos tienen un carácter que los hace diferentes entre sí, incluso de equipos similares [17].

3.3.7.2 Lista de equipos

Uno de los principales problemas de realizar un análisis de equipos es establecer una lista ordenada de los mismos. Un inventario de equipos dentro de una planta debe ser lo más útil posible, lo cual se logra confeccionando la lista de equipos en un formato de estructura de árbol.

Tabla 12: Análisis de Equipos por Niveles

Tabla de análisis de equipos por niveles				
"AVIESA"				
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Planta	Área	Equipo	Sistemas	Elementos

Nota: Niveles para evaluar equipos [18].

3.3.7.3 Codificación de equipos

Una vez que se crea la lista de equipos, cada equipo debe ser identificado por un código único que se utilizará para rastrear dónde se encuentra todo el equipo. Además, esto ayudará a localizarlo, referenciarlo en órdenes de trabajo, en planos, permitiendo el registro de historial de averías, intervenciones y facilitando el cálculo de indicadores, relacionando el área base, el equipo, sistemas, elementos, etc., y, básicamente, el control de costos. [19] muestra dos posibilidades de código como un bloque de código Tabla 13.

Tabla 13: Sistemas de Codificación

Sistema de codificación no significativo	Asignación de un numero o código a un elemento que no aporta ninguna información adicional.
Sistema de codificación significativo	Código que porta valiosa información sobre el equipo, como el tipo de equipo, área, familia.

Nota: Fuente de elaboración propia

3.3.7.4 Código para equipos

Como se indica en la figura 4, el área en la que se encuentra ubicado el equipo estaría definida por dos caracteres alfanuméricos, el tipo de equipo por dos caracteres alfabéticos y el número correlativo por dos caracteres numéricos.

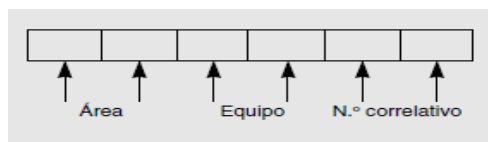


Figura 4: Codificación para equipos [20].

3.3.7.5 Código para elementos

Este ejemplo tiene un total de 17 caracteres para un elemento, como se ve en la Figura 5.

Cada elemento se compone de lo siguiente:

- Los primeros 6 clasifican definitivamente el equipo.
- La representación alfabética identifica la familia.
- Los siguientes tres caracteres son el identificador del sistema.
- Los siguientes caracteres describen las características del elemento.
- El último carácter se utiliza solo en casos de redundancia.

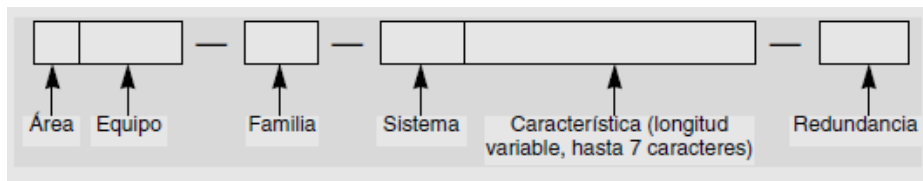


Figura 5: Codificación para elementos [20].

3.3.7.6 Tipos de mantenimientos

En la figura 6, se presentan los diferentes tipos de mantenimientos que se puede asignar a cualquier equipos o maquinaria dependiendo de la necesidad de cada equipo.

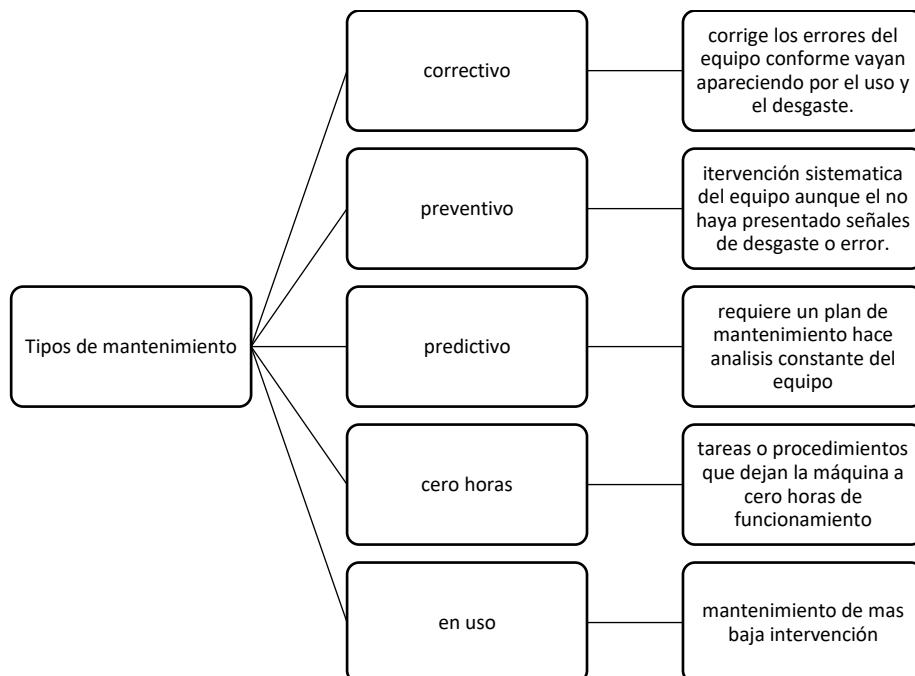


Figura 6: Descripción breve de los tipos de mantenimientos.

3.3.7.7 Análisis de criticidad de equipos

La criticidad del equipo es un indicador que señala en función de cuánto riesgo representa el dispositivo para su empresa, ayudando a priorizar aquellos que necesitan mantenimiento. Por lo tanto, una medida utilizada para priorizar los activos para la planificación de mantenimiento es analizar la criticidad del equipo.

Bajo este contexto, sobre la base de estudios de riesgo, confiabilidad del proyecto y la importancia de la herramienta y sus plantas en operación, se clasifica el efecto y los riesgos que el equipo defectuoso puede causar. En una planta no todo el equipo tiene el mismo peso, es decir, algunos equipos son más importantes que otros.

En consecuencia, este análisis clasifica el equipo en tres niveles de importancia, respectivamente mostrados en la Tabla 14, con el fin de determinar qué modelo de mantenimiento deberíamos adoptar [21].

Tabla 14: Niveles de Criticidad [22].

TIPO DE EQUIPO	SEGURIDAD	PRODUCCIÓN	CALIDAD	MANTENIMIENTO
CRITICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al plan de producción	Es calve para la calidad del producto	Alto coste de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales)		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos	Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado			Consume una parte de importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales)
IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas anuales	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al plan de producción)	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático	Coste medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave pero las posibilidades son remotas			
PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad	Poca influencia en producción	No afecta a la calidad	Bajo coste de mantenimiento

Nota: Fuente de elaboración propia.

1.1.1.1.8 *Fórmula para el cálculo de criticidad*

$$\text{Criticidad} = FF * \text{Consecuencia} \quad (4.1)$$

$$\text{Consecuencia} = IO + FO + CM + IS + IMA \quad (4.2)$$

Tabla 15: Factores de Frecuencia y Consecuencia.

Frecuencia de falla FF	Representa el número de veces que falla cualquier equipo produciendo la pérdida de función.
Impacto operacional IO	Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja obtener (por mes), debido a fallas ocurridas.
Flexibilidad operacional FO	Es la facilidad que tiene la operación de adaptarse a los cambios inesperados, sin recaer en el aumento de costos o Pérdidas.
Costos de mantenimiento CM	Son los gastos que implica la tarea de mantenimiento, sin incluir los costos producidos por la falla de producción.
Impacto de medio ambiente IMA y de seguridad IS	Representa la posibilidad de que sucedan eventos que ocasionen daños a equipos e instalaciones en los cuales una persona pueda salir lesionada o produciendo alguna violación de cualquier regulación ambiental

Nota: Fuente de elaboración propia

Esto se realiza utilizando factores de frecuencia y consecuencias. El procedimiento siguiente se basa en la suma de la frecuencia y la ponderación de las consecuencias (IO + FO + CM + IS + IMA) de acuerdo con el número de fallas que presenta el equipo, lo cual luego se correlaciona con la matriz de criticidad figura 7.

		CRITICIDAD																								
FRECUENCIA (FF)	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125				
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100				
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75				
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50				
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
		CONSECUENCIAS (CO)																								
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				

Figura 7: Matriz de criticidad [23].

Para identificar el nivel de criticidad que tiene cada equipo una vez que se identifica el valor dentro de la matriz de criticidad, se debe considerar el significado de cada color como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16: Código de colores.

CÓDIGO DE COLORES		
ROJO		CRITICO
AMARILLO		IMPORTANTE
VERDE		PRESCINDIBLE

Nota: Fuente de elaboración propia

Los modelos de mantenimiento se clasifican en programados y no programados. Entre los modelos planificados se encuentran el modelo sistemático, el modelo condicional y el modelo de alta disponibilidad, que también puede incluir tipos de mantenimiento como preventivo, predictivo, mantenimiento de horas cero y mantenimiento productivo total (TPM). en inglés), mantenimiento enfocado a la confiabilidad y modernización; Por otro lado, el modelo no programado está vinculado al mantenimiento correctivo, que generalmente es el más sencillo de implementar. A modo de resumen como se identifica en la figura 8 se muestra la ruta de selección del modelo de mantenimiento según su criticidad [23].

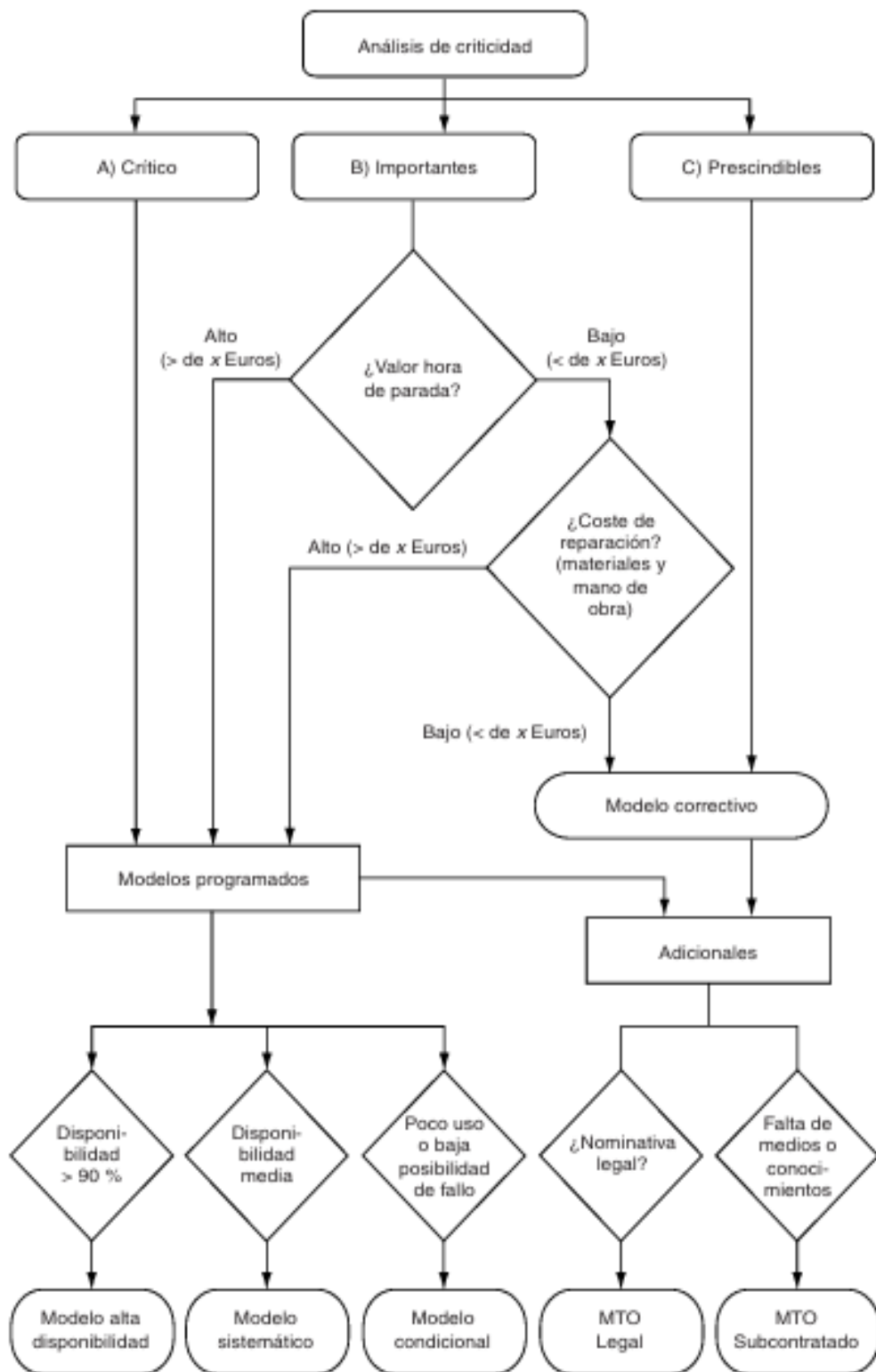



Figura 8: Diagrama para selección de modelo de mantenimiento [24].

3.3.7.8 Fichas técnicas del equipo

Por lo tanto, el inventario del equipo que constituye la planta es un atributo crítico para posteriormente elegir el modelo de mantenimiento requerido por cada pieza de equipo. Una vez que este inventario esté listo, se puede crear una ficha técnica específica para cada uno.

• Para preparar una ficha, lo básico siempre viene primero, así que aquí están los datos o elementos preliminares que deben estar presentes en una ficha:

- Código y descripción del equipo
- Información general
- Especificaciones clave
- Valores de referencia
- Análisis de criticidad del equipo
- Modelo de mantenimiento recomendado
- Si necesita algún mantenimiento legal
- Si necesita subcontratar a fabricantes
- Repuestos que son críticos y no pueden estar fuera de stock
- Repuestos bajo la suposición de que el equipo los utilizar durante 5 años
- Materiales renovables (lubricantes, filtros, etc.)
- Pasos de capacitación que se considerarán necesarios para corregir el mantenimiento debido [25].

	AVICOLA ERAZO SANCHEZ " AVIESA "
---	---

EQUIPO:		CÓDIGO(S):
DATOS DEL EQUIPO:		
PROVEEDOR :	AÑO:	IMÁGEN DEL EQUIPO
DIRECCIÓN:		
TELÉFONOS:		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:		
VALORES DE REFERENCIA:		

ANÁLISIS DE CRITICIDAD:	TIPO DE EQUIPO: CRÍTICO
--------------------------------	--------------------------------

MODELO DE MANTENIMIENTO	¿MTO LEGAL?	SUBCONTRATOS NESESARIOS
CORRECTIVO	SI	PREVENTIVO
CONDICIONAL	NO	CORRECTIVO
SISTEMÁTICO		INSPECCIONES
ALTA DISPONIBILIDAD		OVERHAUL

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES

RESPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA
REPUESTOS QUE SE PREVEEN
HERRAMIENTAS
FORMACIÓN NECESARIA
OBSERVACIÓN

Figura 9: Modelo de ficha técnica para la empresa "AVIESA".

3.3.7.9 Planificación de mantenimiento

Es una matriz, donde el calendario de ejecución de rutas y rangos anuales, mensuales o diarios puede realizarse según la frecuencia establecida dentro de un período. Figura 9, Matriz de Empresa.


 AVICOLA ERAZO SANCHEZ " AVIESA "						
PLAN DE MANTENIMIENTO						
Equipo	sistema	tipo de fallo	tarea de mantenimiento	diario	mensual	anual

Figura 10: Esquema de planificación de mantenimiento.

3.3.7.10 tipos de fallos

El único hecho que impide a un equipo moverse de acuerdo con los parámetros requeridos es algún tipo de falla. Para aplicar la herramienta adecuada sobre cómo gestionar una falla, es importante identificar qué fallas podrían ocurrir. A nivel de comportamiento y nivel de detrás de la pantalla, también está ocurriendo un comportamiento de ejecución (figura 12).

- Se determinan las condiciones para el desastre.
- A continuación, se examinarán las condiciones que podrían llevarse a cabo al fallo de la maquinaria. [25].

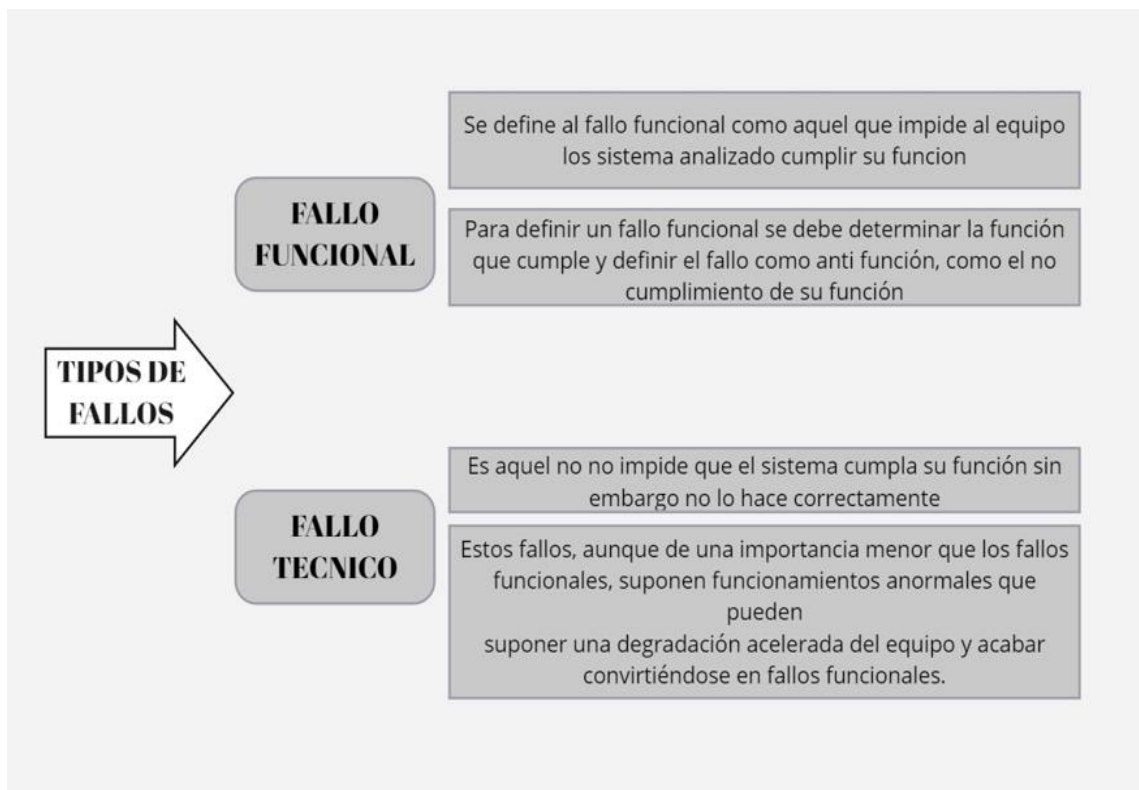


Figura 11: Definición y características de tipos de fallos.

3.3.7.11 Modo de fallo

Entre cada uno de los fallos funcionales, se identifican sus modos de fallo, y también Múltiples modos de fallo pueden dar lugar al fallo funcional. Deberíamos poder vincular una determinada tarea de mantenimiento (que aquí representa una acción de prevención y/o mitigación de riesgos) a un modo de fallo con una granularidad lo suficientemente detallada. Por lo tanto, el modo de fallo tiene que ser inequívoco, probable de ocurrir o que ya ha ocurrido anteriormente, en la instalación o en una similar, y podría volver a ocurrir en el futuro [25].

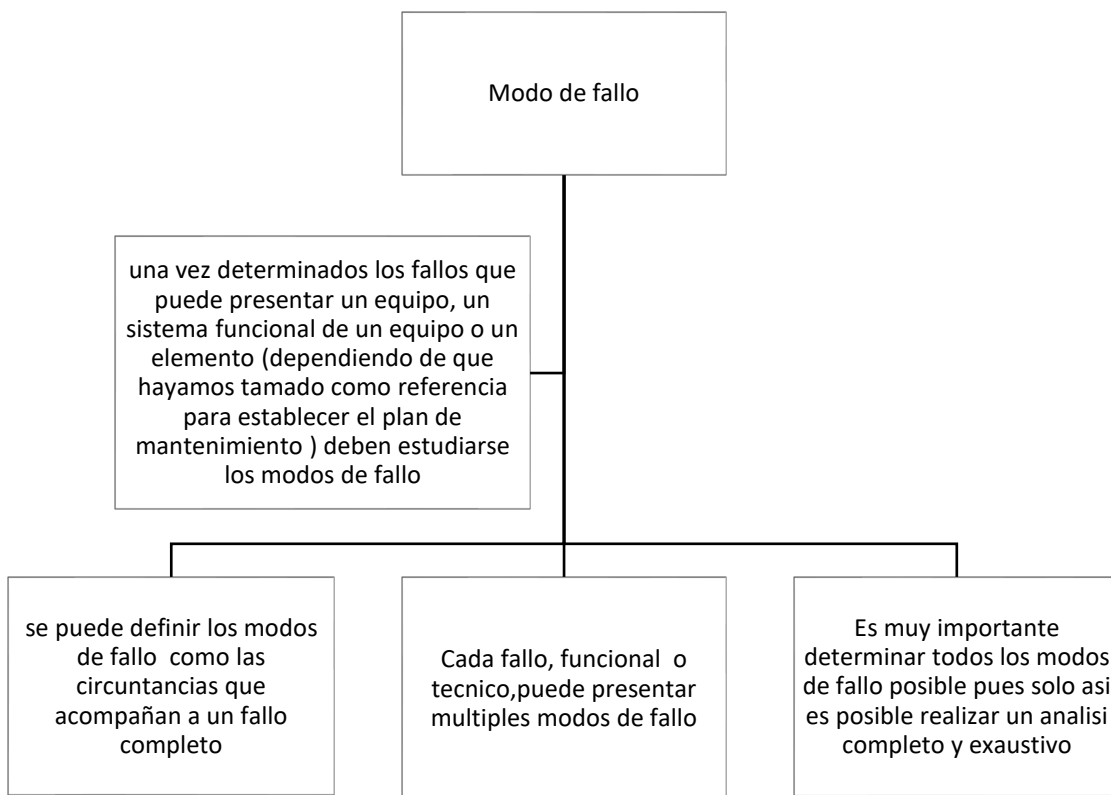


Figura 12: Modo de fallo definición y características.

A continuación, se indica el modelo a seguir dentro del análisis y determinación de tipos y modos de fallo

Tabla 17: Modelo a Seguir de Tipos de Fallos.

EQUIPO	SISTEMA	TIPO DE FALLO	DESCRIPCION DE FALLO	DESCRIPCION DE MODO DE FALLO	CLASIFICACION
--------	---------	---------------	----------------------	------------------------------	---------------

Nota: Fuente de elaboración propia

3.3.7.12 Tareas de mantenimiento

Con la finalidad de evitar o minimizar el efecto de fallo en los equipos se realizan tareas de mantenimiento, en la figura 12 se presentan las tareas más comunes.

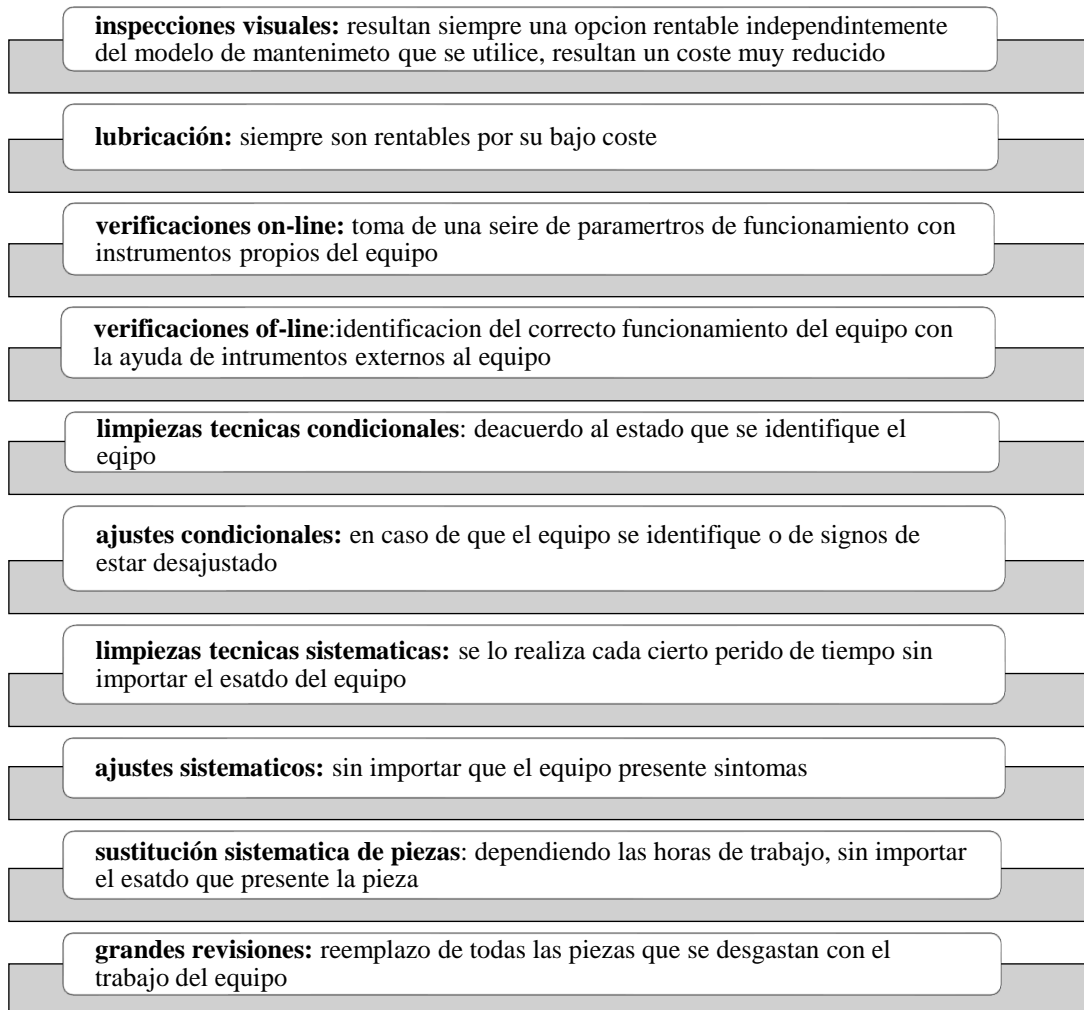


Figura 13: Definición y características de los tipos de tareas de mantenimiento.

3.4 KPI

Un indicador clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés) es el impulsor cualitativo (o medio de medir estos impulsos) que se puede medir, probar y aprovechar para demostrar la productividad de los procesos y el trabajo de una empresa. Las empresas necesitan KPI para medir sus estrategias. Se trata de medir cosas y resultados en números para proporcionar información real para tomar decisiones y no percepciones y conjeturas. [26].

3.4.1 MTTR (tiempo medio para reparación)

El tiempo medio de reparación (MTTR, por sus siglas en inglés) es uno de los indicadores clave de rendimiento utilizados para determinar el tiempo promedio que se tarda en reparar un activo después de una falla. Es particularmente importante para reducir el tiempo de inactividad y hacer que las reparaciones sean más eficientes. Un MTTR relativamente bajo significa que el trabajo de reparación se realiza de manera oportuna y efectiva para que los activos vuelvan a estar operativos lo antes posible. [27].

3.4.1.1 Formula (MTTR).

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}} \quad (4.3)$$

3.4.2 MTBF (tiempo medio entre fallas)

Otra métrica que va de la mano con el MTTR es el tiempo medio entre fallos (MTBF, por sus siglas en inglés), que estima el tiempo promedio que un activo funciona sin problemas. Cuanto mayor sea el MTBF, mayor será la confiabilidad y menores las probabilidades de fallo. [27].

3.4.2.1 Formula (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}} \quad (4.4)$$

3.4.3 Disponibilidad y Confiabilidad

Son métricas importantes que ayudan a asegurar que los activos operen adecuadamente y que el rendimiento sea monitoreado. La disponibilidad es la disponibilidad de los activos y su preparación para la operación. La alta disponibilidad de activos resulta en su disponibilidad en el momento en que se necesitan, lo que lleva a una disminución del tiempo de inactividad no planificada y un aumento en la eficiencia operativa. La confiabilidad, en cambio, es la medida de la probabilidad de que un activo no falle en su desempeño durante un período determinado. Alta confiabilidad significa que es menos probable que los activos funcionen incorrectamente o caídos. [27].

3.4.3.1 Formula de disponibilidad

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 \quad (4.5)$$

3.4.3.2 Formula de confiabilidad

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda * t} \quad (4.6)$$

3.5 Software para planimetría

El software de planos de planta son herramientas gráficas utilizadas para dibujar representaciones 2D de conceptos de diseño y espacio. Además, el software de planos de planta ha superado la limitación de su representación bidimensional al ofrecer a sus usuarios una perspectiva tridimensional realista que representa los valores de cualquier esquema de diseño de manera más distintiva. Los planos de planta permiten a los diseñadores y participantes comprender cómo los elementos interactúan en un espacio y tener una anticipación del impacto visual de las decisiones. [28].

3.5.1 Smartdraw

Una colaboración basada en la nube de visualización que integra diagramas, pizarras y la creación de contenido visual impulsada por los datos. Esto es utilizado por equipos para crear

diagramas de flujo, organigramas, mapas mentales, diagramas de proyectos y otros diagramas empresariales. [29].

3.1 Técnicas de ponderación

Esto puede resultar en un error de muestreo, por lo que se utilizan técnicas de ponderación para minimizar tales errores, que se usan en encuestas o estudios. Y es por eso que los investigadores utilizan estas técnicas, simplemente para minimizar el error de muestreo, un problema inevitable en cualquier investigación. Por lo tanto, uno de los principales objetivos de estas técnicas es asegurar que la muestra en recopilación sea representativa de la población. Los investigadores utilizan diversos métodos de ponderación, pero cuál utilizar depende del dato y de la pregunta de investigación. Algunas técnicas de ponderación utilizadas por los investigadores.

3.1.1 Ponderación basada en la probabilidad

Este enfoque se aplica cuando se utilizan métodos de muestreo probabilístico en la recopilación de la muestra. En el muestreo probabilístico, cada miembro de la población tiene una oportunidad igual de ser seleccionado. Nuestras respuestas se ponderan con tales pesos dados basados en la probabilidad de selección del encuestado. Si a una cierta familia destinada a ser seleccionada tiene un 50% de probabilidades de recibirla, se le da un peso de 2 (lo que significa las probabilidades correctas de esa familia particular en la población) [30].

3.1.2 Ponderación no basada en la probabilidad

Este método se aplica cuando se utiliza el muestreo de conveniencia en la recolección de la muestra. Los miembros de la población no tienen las mismas oportunidades de ser seleccionados en el muestreo no probabilístico. La técnica utiliza la demografía de cada encuestado para ponderar la respuesta.

Si participan más mujeres que hombres en la muestra, entonces los hombres recibirán un peso mayor durante el proceso de estimación, para compensar el menor número de hombres participantes (y viceversa). [31].

3.1.3 Ponderación posterior a la estratificación

Esto se aplica cuando la muestra no es representativa respecto a algunas variables como edad, sexo o raza de la población. Este método estratifica la población según estas variables y pondera la muestra para que tenga la proporción adecuada de la población en estas variables. Así, si la población es 40% masculina y 60% femenina, pero nuestra muestra resulta ser 30% masculina y 70% femenina, reduciríamos la significación de los hombres en la muestra para que reflejen adecuadamente la población de interés. [31].

3.1.4 Ponderación del borde

Esto es particularmente útil con muestras pequeñas para las cuales hacer muchas variables puede debilitar el efecto de la ponderación. Esto se realiza estableciendo algunas variables en la población con totales conocidos, mientras que las otras variables se estiman con base en los datos de la muestra. Si el tamaño de la muestra es pequeño y se conoce la distribución de ingresos de la población, ajustaremos la distribución de ingresos en la muestra para que coincida con la distribución conocida de la población. [31].

3.2 Software de gestión de mantenimiento preventivo

El área de mantenimiento es un área de trabajo donde existe un software conocido como software de gestión de mantenimiento. Este software es una herramienta de tecnología de la información (TI) que gestiona y controla las tareas de mantenimiento. El software se utiliza para planificar una acción y realizar un seguimiento de las órdenes de servicio para permitir una gestión eficiente. [31].

3.2.1 MaintainX

Una plataforma móvil de gestión de activos y mantenimiento para la nueva fuerza laboral industrial. Permite a los equipos de línea de frente gestionar mejor las órdenes de trabajo, los activos, el inventario de piezas de repuesto y las órdenes de compra, lo que reduce el tiempo de inactividad no planificado y el costo de mantenimiento. MaintainX impulsa la excelencia operativa para más de 8.000 clientes en sectores industriales basados en activos físicos. [31].

3.2.1.1 Funcionalidades

1.1.1.1.9 Gestión de órdenes de trabajo

Con MaintainX, administrar las órdenes de trabajo nunca ha sido tan sencillo. La plataforma permite a los equipos recibir, asignar y actualizar el progreso de sus tareas en tiempo real, asegurando que todos estén informados y alineados.

1.1.1.1.10 Creación y seguimiento de órdenes de trabajo.

Actualizaciones en tiempo real para todos los miembros del equipo.

Historial de mantenimiento accesible desde cualquier dispositivo.

1.1.1.1.11 Colaboración y comunicación en equipo

MaintainX fomenta un entorno colaborativo donde los equipos pueden comunicarse de manera eficiente, minimizando el tiempo inactivo y mejorando la resolución de problemas.

1.1.1.1.12 Mensajería instantánea dentro de la aplicación para discutir tareas.

Compartir fotos y documentos directamente en las órdenes de trabajo.

Notificaciones automáticas para actualizaciones críticas.

1.1.1.1.13 Auditorías y cumplimiento de normativas

La funcionalidad de auditorías de MaintainX permite a las empresas mantenerse alineadas con las regulaciones de la industria, garantizando la calidad y el cumplimiento en sus operaciones diarias.

1.1.1.1.14 Plantillas de auditoría personalizables.

Informes automatizados para un seguimiento detallado.

Cumplimiento de normativas gracias a registros organizados.

1.1.1.1.15 Analíticas y reportes

Descubre patrones de mantenimiento y mejora continuamente con las herramientas de analíticas avanzadas de MaintainX.

1.1.1.1.16 Informes detallados sobre el rendimiento del equipo.

Identificación de áreas para mejorar la eficiencia.

Generar análisis de datos históricos para toma de decisiones.

Con estas funcionalidades [32].

4 HIPÓTESIS

La propuesta del diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en RCM ayudara a la empresa "Aviesa" a incrementar la confiabilidad en la maquinaria para cumplir con sus procesos productivos de alimento para aves.

5 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Tabla 18: Presupuesto Referencial.

PRESUPUESTO				
Recursos de Software				
N°	Descripción	Unidades	Precio U	Total
1	MaintainX	1	192/año	\$192,00
1	Google One	12	1.99/mes	\$23,88
SUMA				\$215,88
Recursos Humanos				
N°	Descripción	Unidades	Precio U	Total
1	Capacitación uso de software	1	\$80,00	\$80,00
SUMA				\$ 80,00
PRESUPUESTO				\$295,88

Nota: Fuente de elaboración propia

6 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

6.1 Métodos

6.1.1 Tipo de investigación

La recopilación de datos para este estudio es mixta, tanto cuantitativa como cualitativa, lo que permite procesar los detalles y proporciona una visión completa y clara del objeto de estudio. Esta investigación se ocupa de cómo los datos están conectados dentro del estudio de investigación y basados en lo que se adquiere a través de la observación, métodos de estudio de caso y datos de encuestas. Esto permite una descripción e identificación precisa de los componentes, elementos y características del estudio que desempeñarán un papel en nuestro análisis de los resultados.

6.1.2 Diseño de investigación

Este es un diseño no experimental y transversal, ya que los datos se recogerán en un momento en el tiempo y no se manipularán variables. Se realizará una revisión exhaustiva de los procesos de mantenimiento actuales en Aviesa, y se creará un sistema basado en RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). Como primer paso, se realizó una visita in situ para estudiar el proceso de producción de alimento para aves, los tipos de maquinaria necesarios para ello y también el nivel de composición del equipo para la empresa. También se realizaron entrevistas con el operador de maquinaria (que también está familiarizado con la maquinaria en la línea de producción de alimentos para aves) para detectar el nivel de importancia de cada máquina en este proceso de línea de producción.

6.1.3 Enfoque metodológico

Tomaremos un enfoque mixto, cualitativo y cuantitativo. El estudio cualitativo ayudará a comprender qué piensa el personal técnico sobre el mantenimiento en curso, y el enfoque cuantitativo analizará los datos de fallas y niveles de criticidad.

6.2 Procedimientos

6.2.1 Población y muestra

Población: Hay un técnico de mantenimiento en el personal.

Muestra: En este caso, se seleccionará a toda la población, denotando el técnico de mantenimiento que controla la línea de producción de la empresa basándose en su disponibilidad y experiencia con el mantenimiento del equipo.

6.2.2 Instrumentos de recolección de datos

Realizaremos entrevistas semiestructuradas con el operador de mantenimiento de la línea de producción de la empresa para aprender sobre las prácticas de mantenimiento actuales. Para recopilar datos sobre la frecuencia y los tipos de fallos, se solicitará al personal operativo que complete cuestionarios. Registros de mantenimiento y costos operativos: mantenga los documentos.

6.2.3 Proceso de recolección

Fase 1: Reunión con la gerencia de Aviesa, explicando el propósito del estudio y obteniendo el permiso.

Fase 2: Realización de entrevistas y cuestionarios a personal calificado y supervisión.

Fase tres: Recolección y análisis de registros históricos de mantenimiento y costos.

6.2.4 Procedimiento de análisis de datos

Análisis cuantitativo: Calculando los KPIs usando métodos estadísticos para cuantificar el número de ciertos tipos de códigos de error, para graficarlos en el software estadístico BizAgi modelando el diagrama de procesos de la empresa.

Consideraciones éticas

Todos los participantes recibirán un consentimiento informado.

Toda la información se mantendrá confidencial y solo será utilizada para propósitos de investigación académica.

La recolección de datos no podrá comenzar sin la aprobación de la empresa.

6.3 Desarrollo del Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en RCM

6.3.1 Análisis Inicial

Evaluación de las condiciones actuales del equipo.

Identificación de activos críticos que influyen en la productividad.

Identificación de funciones: Definir las funciones primarias y secundarias de los activos seleccionados.

6.3.2 Implementación del RCM

Análisis de fallos: Identificar los modos de fallo y los efectos en el equipo.

Priorizar fallos: Clasificar los fallos calculando en su frecuencia y gravedad.

Definición de estrategias de mantenimiento: Establecer programas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo basados en los resultados del análisis RCM.

7 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 Desarrollo de diagrama de procesos

A través del software Bizagi Modeler se logra diseñar el diagrama de procesos de la empresa como se puede observar en la figura 13, mediante este diseño se logra definir cada área de la misma con la finalidad de identificar la sección con mayor vulnerabilidad, siendo esta el área de producción puesto que aquí se encuentra la maquinaria que produce el balanceado para las aves.

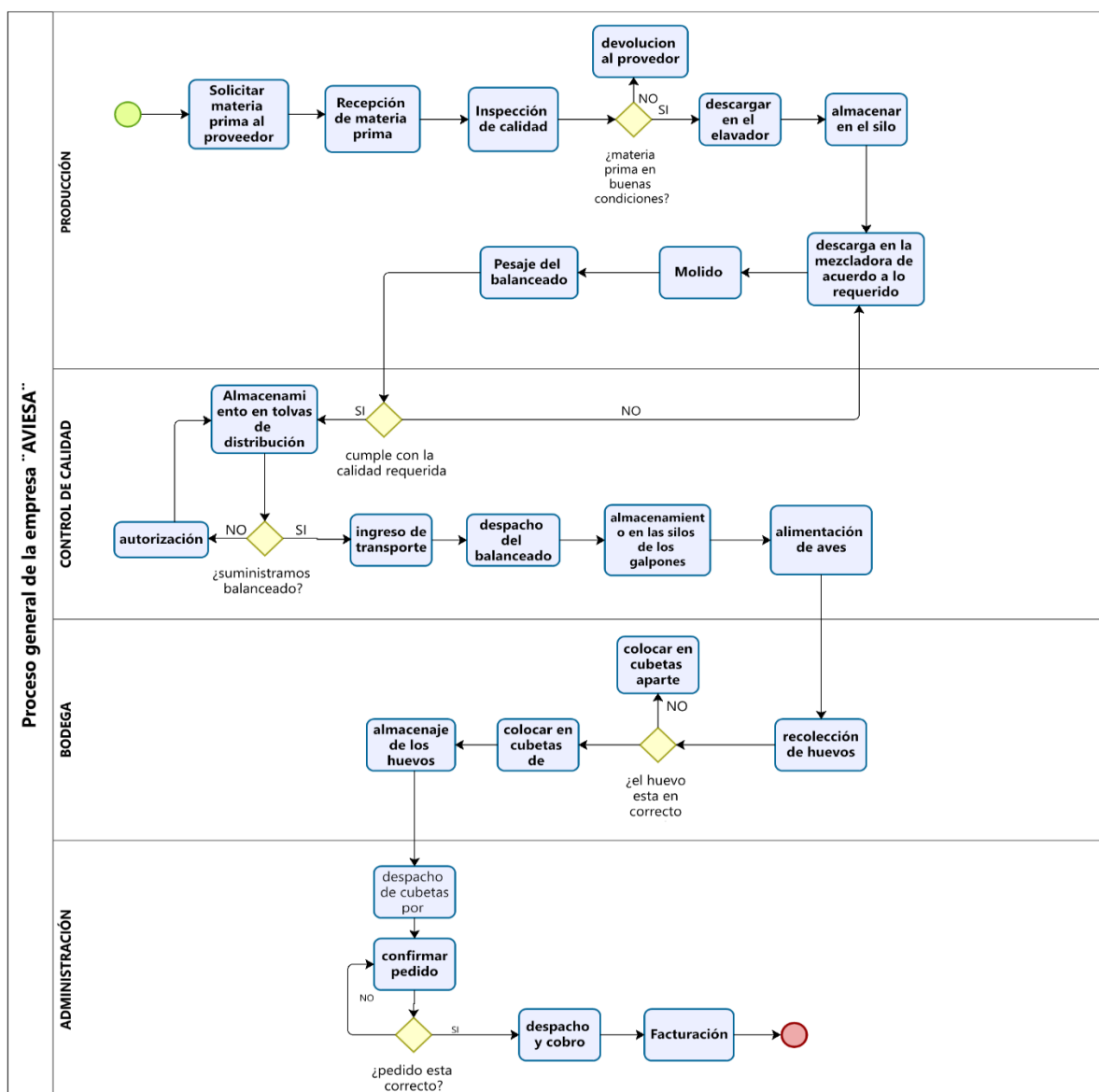


Figura 14: Diagrama de procesos de la empresa AVIESA.

7.2 Descripción de áreas

A través de la investigación de campo, se identifican cuatro áreas importantes como se identifica donde desempeña sus actividades la empresa “AVIESA”. En la tabla 19, se describe la función que desempeña cada una.

Tabla 19: Descripción de Áreas.

Áreas Avícola Erazo Sánchez (AVIESA)	Descripción
Producción	Se encarga de recolectar y procesar la materia prima que se recibe en la empresa.
Control de calidad	Se encarga de identificar que la materia prima al ingresar y al salir del área de producción se encuentre en óptimas condiciones para el almacenaje y alimentación de las aves.
Bodega	Es la encargada de recolectar los huevos y su posterior venta hacia los clientes.
Administración	Es la encargada de llevar los datos de facturación, administración y legales.

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.3 Descripción de equipos

Con el levantamiento de información de cada área a través de la investigación de campo y la observación, se identifican los equipos de acuerdo a cada área, como se presenta en la tabla 20.

Tabla 20: Descripción de Equipos a Analizar.

ÁREA	EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
ADMINISTRACIÓN	Computadora	computador personal u ordenador, conocida como PC, es un tipo de microcomputadora, la sigla PC se refiere a las computadoras IBM PC compatibles. Se utiliza para el área de contabilidad	
PRODUCCIÓN	Mezcladora	Una mezcladora industrial de alimentos o mezcladora para alimentos realiza todo tipo de mezclas de ingredientes como puré, carne, grasas, aditivos alimentarios, frutas o verduras. En la industria de la construcción se emplean las mezcladoras industriales para lograr mezclas adecuadas para las estructuras.	
	Molino	Este tipo de molino se utiliza principalmente en la trituración de materiales con alta dureza. Su mecanismo ocasiona que el producto final adquiera una forma circular.	
	Elevadores	Los elevadores industriales son ascensores que se instalan fábricas, almacenes, talleres, grandes superficies, supermercados y otros entornos productivos para el transporte de cargas a través de los diferentes niveles de la instalación.	
	Silos	Los silos son estructuras de grandes dimensiones, normalmente verticales, cerradas y estancas, diseñadas para almacenar y conservar diversidad de productos en el sector industrial, como alimentos, bebidas, forraje, cemento.	
	Balanzas	Las balanzas industriales destacan por su precisión y funcionalidad. Mayormente, son empleadas en sitios donde se involucren objetos de grandes dimensiones. Por lo tanto, la automatización y la calibración deben ser factores de seguridad para un mayor rendimiento en las líneas sistematizadas.	
BODEGA	Bomba de fumigar	Las bombas fumigadoras sirven para fumigar la lucha contra todo tipo de insectos, plagas y enfermedades de hongos.	

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.1 Elaboración de layout

Se realizó un layout como se observa en la figura 14, para lograr identificar el área de producción el cual será el objeto de estudio, este ayudará a identificar la maquinaria presente en la elaboración de balanceado para aves, se realizó el mismo con la herramienta de colaboración visual basada en web smartdraw se eligió esta herramienta por su facilidad de uso y sus funcionalidades al momento de realizar la planimetría del área de producción de la empresa AVIESA.

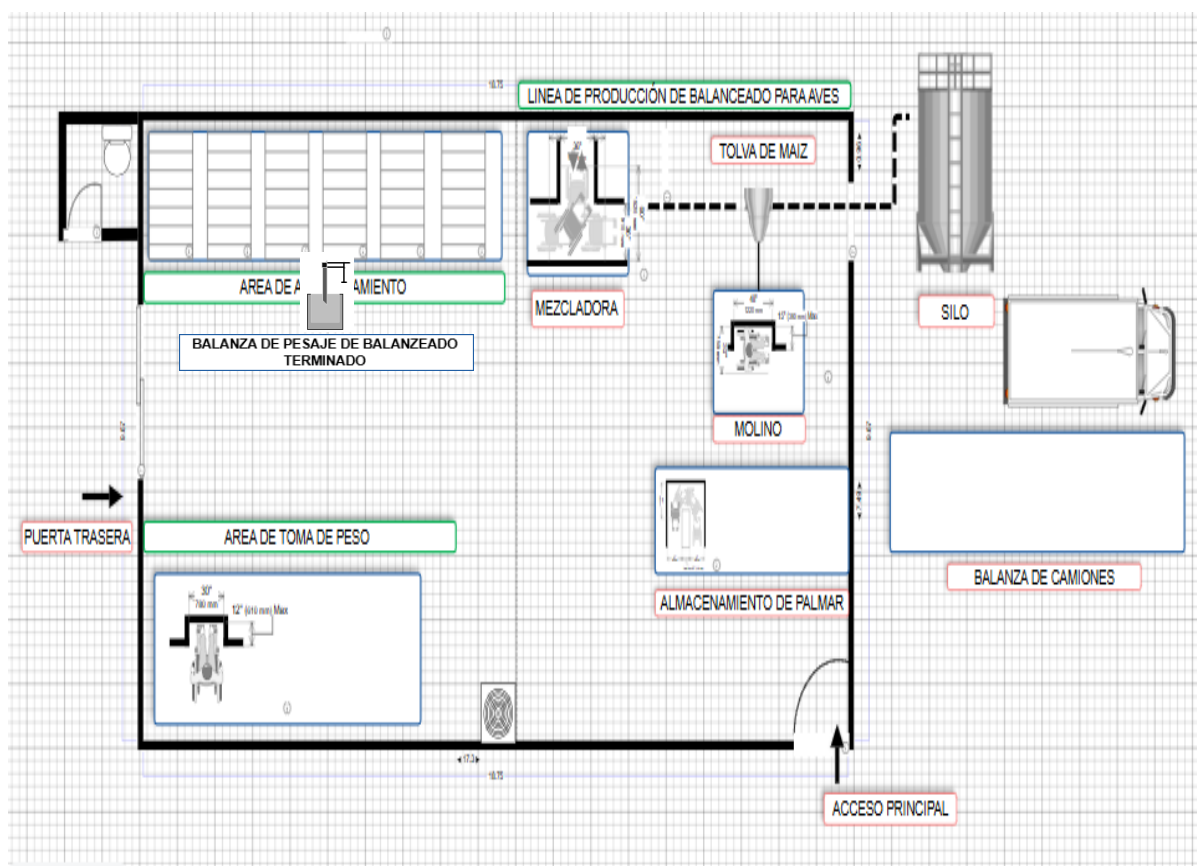


Figura 15: Layout del área de producción de la empresa AVIESA.

7.2 Selección de la metodología de mantenimiento

Tras analizar diferentes metodologías de mantenimiento se consideraron diversas características de las tres metodologías a evaluar para poder tomar la decisión adecuada de acuerdo a las necesidades de la empresa como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21: Ventajas y Desventajas de las Metodologías.

Metodología	Ventajas	Desventajas
RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)	<ul style="list-style-type: none"> • Genera tareas diarias para evitar paros innecesarios. • Vida útil de los equipos prolongada. • Combina varios mantenimientos para su realización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere análisis detallados • Demanda del tiempo y personal capacitado. • Requiere un mantenimiento continuo y regular para evitar fallas.
TPM (Mantenimiento Productivo Total)	<ul style="list-style-type: none"> • Maximizar la eficacia del sistema productivo. • Garantizar seguridad y calidad. • Mantener el ritmo de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un cambio cultural importante. • Costos de la capacitación a todos los empleados. • Resistencia al cambio, ya que implica mayores responsabilidades.
RBM (Mantenimiento Basado en Riesgo)	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona un enfoque estructurado para evaluar riesgos • Prioriza las actividades de mantenimiento dependiendo del nivel del riesgo. • Combina análisis de riesgo y confiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Costoso en la etapa inicial. • Requiere herramientas y metodologías y evaluaciones de riesgos. • La creación de un plan de inspección puede demorarse un tiempo indefinido

Nota: Fuente de elaboración propia.

El mantenimiento TPM se enfoca en la participación total del personal busca que la empresa cambie se capacite generando mayores costos

El RBM realiza un monitoreo basado en la condición del equipo y depende de una alta inversión tecnológica ya que necesita de diversas herramientas y metodologías.

Se considero que el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es la mejor opción para la empresa "Aviesa" porque su enfoque principal se basa en la confiabilidad y criticidad de los equipos, anteponiendo los equipos esenciales en una empresa así logrando optimizar los costos reducir fallas inesperadas ayudando a mejorar la eficiencia productiva prolongando la vida útil de los equipos ya que combina diversas metodologías para su realización.

Según Jesús Co-Fundador de Conscious Reliability, presidente de PdMtech, nos da a conocer que 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. Al mismo tiempo la cantidad de accidentes aéreos se redujeron dramáticamente (60 vs <2 por 1,000,000 de despegues) luego de la implantación del RCM [33].



Figura 16: Comparación del antes y después de la primera versión del RCM [33].

PATRONES DE FALLA (INDUSTRIA AERONÁUTICA)

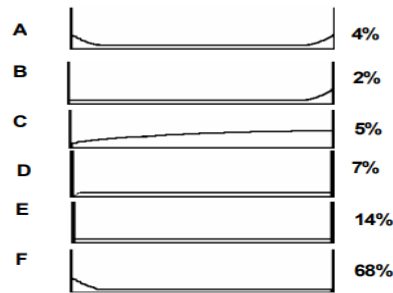


figura 17: la figura muestra como el punto de vista acerca de las fallas en un principio era simplemente que cuando los elementos físicos envejecen tienen más posibilidades de fallas, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la segunda generación llevó a la creencia general en la curva de la bañera sin embargo se revela que en la práctica actual no solo ocurre como un modelo de falla sino 6 diferentes [34].

Según una encuesta de Plant Engineering de 2021, el 22% de las empresas industriales implementan RCM utilizando el análisis de datos operacionales.

Además, el 40% de las empresas realizan mantenimiento preventivo utilizando herramientas analíticas, lo que indica una tendencia hacia la adopción de enfoques más analíticos y basados en datos en las estrategias de mantenimiento industrial.

Estas estadísticas reflejan un interés creciente en metodologías como el RCM, que permiten a las empresas alcanzar sus objetivos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) mediante la mejora de la confiabilidad y el tiempo de actividad de los equipos [35].

En un estudio realizado por la Universidad Politécnica Nacional nos habla de 2 casos uno en la industria textil, tras aplicar RCM, el promedio mensual de fallas de un activo se redujo en un 47%, pasando de 28 a 15 fallas mensuales, de la misma manera la implementación de un plan basado en RCM en una empresa de servicios eléctricos industriales resultó en un incremento del 6.96% en la eficiencia general de los equipos [36].

7.3 Análisis de equipos por niveles

Este análisis se lo realiza mediante niveles, lo que ayuda a identificar como los equipos operan dentro de una estructura jerárquica, en donde se indica la dependencia de cada uno de los ítems

con los restantes. Para la empresa "AVIESA" se realiza este análisis de acuerdo a la estructura arbórea, como se muestra en La Tabla 6, para formular la tabla 22

Tabla 22: Análisis de Equipos por Niveles

Tabla de análisis de equipos por niveles				
"AVIESA"				
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Planta	Área	Equipo	Sistemas	Componentes
GRANJA AVICOLA "AVIESA"	PRODUCCIÓN	Molino	Eléctrico (SE)	Cableado
				Pulsador de control
				Sensor de altura
				Tablero eléctrico
			Mecánico (ME)	Engranajes
				Cadena
				Poleas
				Acoplamientos
			Alimentación (SA)	Motor
				Cuerpo de Tolva
				Compuertas de descarga
				Sensor de nivel
				Tornillo sin fin
				Válvulas de control
		Descarga (SD)	Barreras de seguridad	
			Boca de descarga	
		Ajuste (SA)	tornillo de ajuste	
			Manivelas	
			Dispositivos de bloqueo	
		Aspiración (SA)	Ventiladores	
			Válvulas de control de aire	
			Conductores de aire	
		Filtración (SF)	Filtros	
		Lubricación (SL)	Bombas de Lubricación	
			Líneas de lubricación	
		Mezcladora	Eléctrico (SE)	Cableado
Pulsador de control				
Sensor de altura				
Tablero eléctrico				
Mecánico (SM)	Aspas de mezcla			
	Tambor			
Eje de mezcla				

			Motor
			Tolvas
		Alimentación (SA)	Transportadoras de Tornillo
			Válvulas
			Puertas de alimentación
			Válvula de descarga
		Descarga (SD)	Compuerta de descarga
			Sensor de nivel
			Tolvas de pesaje
		Pesaje (SP)	Celdas de carga
			Ventilador
		Aspiración (SAS)	Extractor
		Filtración (SF)	Filtros
	Silos	Carga (SC)	Tolva de recepción
			Cintas transportadoras
			Elevadores de cangilones
			Compuertas de control
		Sensores de nivel	
		Descarga (SD)	Válvulas de descarga
			Tolvas de descarga
		Seguridad (SS)	Sensores de nivel
			Válvulas de alivio
			Interruptores de seguridad
		Barreras	
		Ventilación (SV)	Ventiladores
			Extractores
	Difusores de aire		
	Conductos de aire		
	Ductos		
	Elevadores	Control de carga (SC)	Panel de control
			Sensor de carga
		Mecánico (SM)	Poleas
			Rodillos
			Cadena
			Motor
		Eje	
		Eléctrico (SE)	Cableado
			Pulsador de control
			Sensor de altura
	Seguridad (SS)	Tablero eléctrico	
		Paro de emergencia	
	Barreras de protección		
	Balanza	Mecánico (SM)	Base
			Plataforma
			Unión central
			Regla de calibrar
			Gancho regla

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.4 Estudio de criticidad de los equipos

Con la ayuda de la entrevista se logró establecer la ponderación del grado criticidad del molino como se muestra en la tabla 23, el resultado de la ponderación de la entrevista de los equipos faltantes se muestra en los ANEXOS C, D, E, F.

Tabla 23: Resultado de Entrevista de Criticidad de Molino.

FACTOR DE FRECUENCIA (FF) MOLINO	
Descripción	Ponderación
Frecuente, Mas de 3 eventos al año	
Probable, 1-3 eventos al año	X
Posible, 1 evento en 3 años	
Improbable. 1 evento en 5 años	
Sumamente improbable, menos de un evento en 5 años	
FACTORES CONSECUENCIAS	
Impacto operacional (IO)	Ponderación
Pérdidas mayores 75% producción mes	X
Pérdidas 50% a 74% producción mes	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	
Factor flexibilidad operacional (FO)	Ponderación
No existe stock, tiempos reparación altos	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	X
Stock Suficiente, procedimiento reparación complejo	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	
Costos de mantenimiento (CM)	Ponderación
Costos materiales superior 20000 USD	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	
Costos materiales superior 200-3000 USD	X
Costos materiales inferior 200 USD	
Impacto medio ambiente (IMA)	Ponderación
Daños irreversibles en el ambiente	
Daños severos al ambiente	
Daños medios al ambiente	
Daños mínimos al ambiente	
Sin daño ambiental	X
Impacto seguridad (IS)	Ponderación
Muerte o incapacidad	
Incapacidad parcial o permanente	
Daños o enfermedades severas	
Daños leves en personas	X
Sin impacto en la seguridad	

Nota: Fuente de elaboración propia

Para poder determinar la criticidad de los equipos del área de producción donde se ha centrado el estudio para el diseño del plan de mantenimiento se toma en cuenta las ponderaciones según la norma ISO JA1011 Y JA1012. Para poder obtener estos datos se tomó los resultados de la entrevista y se realizó el cálculo de acuerdo a la ecuación (4.1), (4.2) de criticidad para cada equipo que se muestra en los ANEXOS G, H, I, J, K. Con el fin de obtener datos más precisos y que permitan realizar este análisis. En la tabla 24, se presentará el resultado de criticidad de cada equipo de acuerdo a la encuesta aplicada.

Tabla 22: Resultado de Criticad de Equipos.

EQUIPO	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT	CRITICIDAD
Molino	4	5	3	2	1	2	13	52	Crítico
Mezcladora	4	5	3	2	1	2	13	52	Crítico
Silo	4	5	3	2	1	2	13	52	Crítico
Elevadores	4	5	2	2	2	5	16	64	Crítico
Balanzas	5	5	5	2	1	2	15	75	Crítico

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.5 Establecimiento del modelo de mantenimiento por equipo

Luego de determinar el grado de criticidad de acuerdo a la entrevista realizada por equipo, se debe definir el modelo a aplicar el cual se lo ejecuta a través de selección de acuerdo al grado de disponibilidad dentro de la línea de producción continuación en la figura 15 se muestra el proceso de selección del modelo de mantenimiento para el molino, para observar la selección de modelo de mantenimiento para los equipos faltantes se observa en el anexo L, M, N, O.

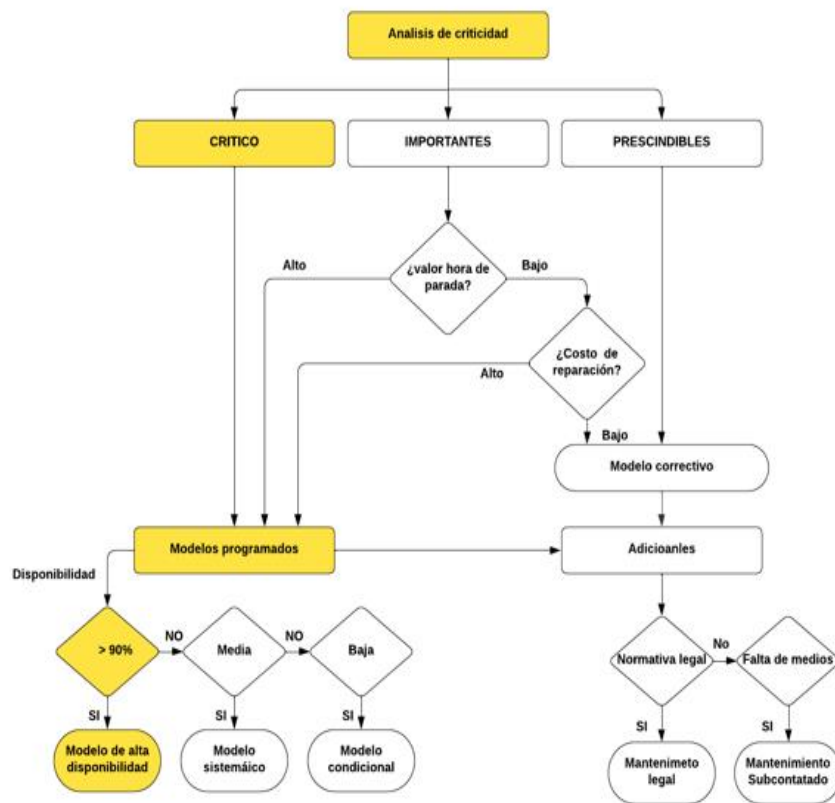


figura 18: Análisis de criticidad.

a continuación, se muestra la tabla 25, donde se resumen los modelos de mantenimiento de cada equipo.

Tabla 23: Modelos de Mantenimiento.

MODELO DE MANTENIMIENTO					
EQUIPO	CRITICIDAD	ALTA DISPONIBILIDAD	SISTEMÁTICO	CONDICIONAL	CORRECTIVO
Molino	52	X			
Mezcladora	52	X			
Silos	52	X			
Elevadores	64		X		
Balanza	75	X			

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.6 Codificación de equipos

Para poder codificar tanto equipos como elementos se lo realiza en función a una codificación significativa, tomando como referencia el concepto de **Tabla 138**. Con la finalidad de diferenciarlos unos de otros, esta codificación de equipos se realiza mediante tres elementos:

- Dos caracteres alfanuméricos que representan el área.
- Dos caracteres alfanuméricos que representan la identificación del equipo.
- Dos caracteres numéricos que representan la redundancia del equipo.

Aquí se presentan los códigos de los equipos con los que se han establecido para que estos trabajen o sean reconocidos dentro de la planta; esta codificación es establecida previa al estudio realizado en la empresa, así como se describen en la tabla 26.

Tabla 24: Códigos de Equipos y Sistemas.

EQUIPOS		SISTEMAS
Computadora	01CO01	Eléctrico (SE)
		Ventilación (SV)
		Informático (SI)
Mezcladora	01ME01	Eléctrico (SE)
		Mecánico (SM)
		Alimentación (SA)
		Descarga (SD)
		Pesaje (SP)
		Aspiración (SAP)
		Filtración (SF)
Molino	01MO01	Eléctrico (SE)
		Mecánico (SM)
		Alimentación (SA)
		Descarga (SD)
		Ajuste (SA)
		Aspiración (SAP)
		Filtración (SF)
		Lubricación (SL)
Elevadores	01EL01	Control de carga (SCC)
		Mecánico (SM)
		Eléctrico (SE)
		Seguridad (SS)
Silos	01SI01	Carga (SC)
		Descarga (SD)
		Seguridad (SS)
		Ventilación (SV)
Balanzas	01BA01	Mecánico (SM)
Bomba de fumigar	01F01	Mecánico (SM)
		Bombeo (SM)
		Ajuste (SA)
		Filtración (SF)
		Pulverización (SP)

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.7 Codificación de elementos

En la tabla 27 se detalla la codificación de los elementos que integra cada equipo dentro del área de producción, tomando en cuenta la codificación inicial, la familia a la que pertenece, el

sistema que lo conforma, las características de cada elemento y algunos redundantes esto ayudara a asignar un código para poder distinguir cada componente de los equipos.

Tabla 25: Codificación de Elementos que Integra Cada Equipo.

EQUIPO	SISTEMA	COMPONENTES	CÓDIGO	
Molino(01MO01)	Eléctrico (SE)	1	Cableado	MOSE-CON01
		2	Pulsador de control	MOSE-PIL02
		3	Sensor de altura	MOSE-SEN03
		4	Tablero eléctrico	MOSE-TAB04
	Mecánico (ME)	5	Engranajes	MOME-ENG05
		6	Cadena	MOME-CAD06
		7	Poleas	MOME-POL07
		8	Acoplamientos	MOME-ACO08
		9	Motor	MOME-MOT09
	Alimentación (SA)	10	Cuerpo de Tolva	MOSA-CUE10
		11	Compuertas de descarga	MOSA-COM11
		12	Sensor de nivel	MOSA-SEN12
		13	Tornillo sin fin	MOSA-TOR13
		14	Válvulas de control	MOSA -VAL14
		15	Barreras de seguridad	MOSA-BAR15
	Descarga (SD)	16	Boca de descarga	MOSD-BOC16
	Ajuste (SA)	17	tornillo de ajuste	MOSA-TOR17
		18	Manivelas	MOSA-MAN18
		19	Dispositivos de bloqueo	MOSA-DIS19
	Aspiración (SA)	20	Ventiladores	MOSAVEN20
		21	Válvulas de control de aire	MOSA-VAL21
		22	Conductores de aire	MOSA-CON22
	Filtración (SF)	23	Filtros	MOSF-FIL23
	Lubricación (SL)	24	Bombas de Lubricación	MOSL-BOM24
		25	Líneas de lubricación	MOSL-LIN25
Mezcladora(01ME01)	Eléctrico (SE)	1	Cableado	MESE-CON01
		2	Pulsador de control	MESE-PUL02
		3	Sensor de altura	MESE-SEN03
		4	Tablero eléctrico	MESE-TAB04
	Mecánico (SM)	5	Aspas de mezcla	MESM-ASP05
		6	Tambor	MESM-TAM06
		7	Eje de mezcla	MESM-EJE07
		8	Motor	MESM-MOT08
	Alimentación (SA)	9	Tolvas	MESA-TOL09
		10	Transportadoras de Tornillo	MESA-TRA10
		11	Válvulas	MESA-VAL11

		12	Puertas de alimentación	MESA-PUE12	
	Descarga (SD)	13	Válvula de descarga	MESD-VAL13	
		14	Compuerta de descarga	MESD-COM14	
		15	Sensor de nivel	MESD-SEN15	
		16	Tolvas de pesaje	MESP-TOL16	
	Pesaje (SP)	17	Celdas de carga	MESP-CEL17	
		18	Ventilador	MESAS-VEN18	
	Aspiración (SAS)	19	Extractor	MESAS-EXT19	
		20	Filtros	MESF-FIL20	
	Silos(01SI01)	Carga (SC)	1	Tolva de recepción	SISC-TOL01
			2	Cintas transportadoras	SISC-CIN02
			3	Elevadores de cangilones	SISC-ELE03
			4	Compuertas de control	SISC-COM04
			5	Sensores de nivel	SISC-SEN05
		Descarga (SD)	6	Válvulas de descarga	SISD-VAL06
			7	Tolvas de descarga	SISD-TOL07
		Seguridad (SS)	8	Sensores de nivel	SISS-SEN08
			9	Válvulas de alivio	SISS-VAL09
			10	Interruptores de seguridad	SISS-INT10
			11	Barreras	SISS-BAR11
		Ventilación (SV)	12	Ventiladores	SISV-VEN12
			13	Extractores	SISV-EXT13
			14	Difusores de aire	SISV-DIF14
			15	Conductos de aire	SISV-CON15
			16	Ductos	SISV-DUC16
	Elevadores(01EL01)	Control de carga (SC)	1	Panel de control	ELSC-PAN01
			2	Sensor de carga	ELSC-SEN02
		Mecánico (SM)	3	Poleas	ELSM-POL03
			4	Rodillos	ELSM-ROD04
			5	Cadena	ELSM-CAD05
			6	Motor	ELSM-MOT06
			7	Eje	ELSM-EJE07
		Eléctrico (SE)	8	Cableado	ELSE-CON08
			9	Pulsador de control	ELSE-PUL09
			10	Sensor de altura	ELSE-SEN10
			11	Tablero eléctrico	ELSE-TAB11
		Seguridad (SS)	12	Paro de emergencia	ELSS-PAR12
			13	Barreras de protección	ELSS-BAR13
	Balanza (01BA01)	Mecánico (SM)	1	Base	BASM-BAS01
			2	Plataforma	BASM-PLA02
			3	Unión central	BASM-UNI03
			4	Regla de calibrar	BASM-REG04
			5	Gancho regla	BASM-GAN05

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.8 Determinación Fallos funcionales, técnicos y tipos de fallos

A través de este estudio y la investigación se pudo establecer los tipos de fallos que están actualmente en los equipos y su grado de importancia para poder determinar las probables consecuencias que puede originar y tomar acciones, para eludir o mitigar el efecto que puede causar estableciendo las actividades adecuadas para cada equipo

se realiza una clasificación de acuerdo al tipo de fallo ya sea técnico o funcional identificados en el sistema de cada equipo de la empresa esta información se adquirió mediante ayuda de la consulta al personal de producción sobre los fallos que más les incomoda esta información la encontramos en la tabla 28.

Tabla 26 Fallos Funcionales, Técnicos y Tipos de Fallos.

	SISTEMA	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DE FALLO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLO	CLASIFICACIÓN
Molino(01MO001)	Eléctrico (SE)	Funcional	Fallo de cableado, interruptores	Cables en mal estado	A evitar
	Mecánico (SM)	Funcional	Desgaste de piezas, ruptura de rodamientos	Incremento de ruido y vibraciones	A evitar
	Alimentación (SA)	Técnico	Sobrecarga	Sobreestimación de la capacidad	A amortiguar
			Corrosión	La presencia de humedad	
			Acumulación de materiales	Bloqueos en el flujo normal de entrada	
	Descarga (SD)	Técnico	Desgaste de juntas	Contacto directo sin lubricantes	A amortiguar
			Instalación incorrecta de los componentes	Fugas en el proceso de descarga	
			Residuos pueden bloquear la salida	Restos de productos anteriores	
	Ajuste (SA)	Técnico	Vibraciones	Desgaste en los soportes	A amortiguar
			Desajuste de puntos de pivote	Desgaste por el uso prolongado	
				Ruidos anormales	
	Aspiración (SAP)	Técnico	Filtros saturados	Carga de contaminantes excesivas	A amortiguar
			Fugas en las tuberías de aspiración	Deterioro de las juntas y conexiones	


			Conductos de ventilación tapados	Acumulación de polvos y contaminantes	
	Filtración (SF)	Técnico	Acumulación de residuos	Ausencia de limpieza	A amortiguar
			Sellos defectuosos	Uso de materiales inadecuados	
			Filtros en mal estado	Acumulación de partículas	
	Lubricación (SL)	Funcional	Lubricación inadecuada, desgaste de piezas	Lubricante no adecuado	A evitar
Mezcladora(01ME01)	Eléctrico (SE)	Funcional	Cortocircuitos	Cableado mal estado	A evitar
	Mecánico (SM)	Funcional	Fatiga de materiales	Fisuras en las bases	A evitar
	Alimentación (SA)	Técnico	Formación de grumos	Presencia de humedad	A amortiguar
			Atascos en la tolva	Movimientos bruscos de tolva	
			Oxidación	Exposición a humedad	
	Descarga (SD)	Técnico	Acumulación de residuos	Limpieza inadecuada	A amortiguar
			Desgaste en la tolva de salida	Materiales abrasivos	
			Falla en los sensores	Problemas en los circuitos internos	
	Pesaje (SP)	Técnico	Atascamiento en las celdas de pesaje	Mala regulación	A amortiguar
			Problemas de calibración	Inhabilitar lazos de pesaje	
			Estructuras con desgaste	Vibraciones	
	Aspiración (SAP)	Técnico	Conducto de aspiración obstruido	Presencia de humedad	A amortiguar
			Extractor dañado	Daño en las aspas	
			Ajustes incorrectos en el sistema	Influencia de polvo	
	Filtración (SF)	Técnico	Fugas alrededor del filtro	Ajuste inadecuado	A amortiguar
Problemas de presión			Fugas en juntas		
Usar filtros de mala calidad o inadecuados			Degradación rápida		
Elevadores(01EL01)	Control de carga (SCC)	Técnico	Sensores en mal estado	Degradación de los componentes	A amortiguar
			Falta de calibración	Sensores en mal estado	
			Oxidación	Presencia de humedad	
	Mecánico (SM)	Funcional	Ruptura de cadena	Falta de lubricación	A evitar

	Eléctrico (SE)	Funcional	Fusibles quemados	Sobrecarga de tensión eléctrica	A evitar
	Seguridad (SS)	Técnico	Compuertas mal estado	Bisagras fisuradas	A amortiguar
Seguros defectuosos			Obstrucción		
Acumulación de impurezas			Limpieza inadecuada		
Silos(01S101)	Carga (SC)	Técnico	Presencia de objetos extraños obstrucción	Materiales no adecuados	A amortiguar
			Sellos defectuosos	Colocación incorrecta	
			Fallos de los sinfines	Ruptura en las aletas sinfín	
	Descarga (SD)	Técnico	Sensores mal calibrados	Des calibración	A amortiguar
			Desajuste de componentes mecánicos	Vibraciones excesivas	
			Derrame de material	Juntas mal instaladas	
	Seguridad (SS)	Técnico	Oxidación	Presencia de humedad	A amortiguar
			Falla de seguros	Desgaste de material	
			Fisuras en la estructura	Impactos inesperados	
	Ventilación (SV)	Técnico	Obstrucción en tuberías	Falta de limpieza	A amortiguar
			Ventilador deteriorado	Ruptura de las aspas	
			Ruptura de las aspas del ventilador	Fatiga del material	
Balanza (01BA01)	Mecánico (SM)	Técnico	Ruptura en el gancho regla	Sobrecarga	A evitar

Nota: Fuente de elaboración propia

7.9 Elaboración de fichas técnicas de equipos

En este documento se describe las prestaciones y los componentes de fabricación del equipo molino, material o sistema; cuantos más detalles sobre su fabricación y funcionamiento mejor, el modelo de ficha técnica a utilizar se presenta en la figura 17, la ficha técnica de los demás equipos se muestra en el ANEXO P.

EQUIPO: MEZCLADORA		CODIGO(S): 01ME01
DATOS DEL EQUIPO:		
PROVEEDOR : MICROM	AÑO:2007	
DIRECCIÓN: NW 53rd Street Suite 405 Doral		
TELÉFONOS: +1678661 162966		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: Mezcladora para alimento de producción avícola		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:		
Capacidad de 5 a 35 t/h		
Direcciones de rotación: 2		
VALORES DE REFERENCIA:		
Producción (kg/h): 4.000 hasta 5.000.		
Potencia consumida motor principal: 75 cv / 55 kW / IV polos		
Potencia consumida ventilador: 4 cv / 3 kW / II polos.		
Potencia consumida rosca de alimentación: 1,5 cv / 1,1 kW / IV polos.		

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: 78

TIPO DE EQUIPO: CRÍTICO

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	
ALTA DISPONIBILIDAD	X

¿MTO LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NESESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN

Eje
Acoplamiento
Impulsores
Sello mecánico
Tolva y canaleja
tomillo sin fin

CONSUMIBLES

--

RESPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA

Rodamientos de eje
Sellos de aceite y polvo
Correas de transmisión
Contactores y relés
Fusibles y disyuntores
Tornillos, tuercas y pernos
Muelles y resortes
Aceites lubricantes específicos para la mezcladora
Grasas especiales para rodamientos

REPUESTOS QUE SE PREVEEN

tomillo sin fin
tolva

HERRAMIENTAS

Kit de dados	Desarmadores
Juego de llaves	

FORMACIÓN NECESARIA

conocimientos básicos en mantenimiento mecánico

OBSERVACIÓN

--

Figura 19: Ficha técnica del molino.

7.9.1 Hoja de resumen de datos de mantenimiento

Esta tabla 29 se presenta los datos más importantes que se detallaron en las fichas técnicas de los equipos de producción de manera que mediante ideas rápidas se pueda crear una idea completa de equipos.

Tabla 27: Hoja de Resumen de Mantenimiento.

HOJA-RESUMEN DATOS DE MANTENIMIENTO											
MODELO DE MANTENIMIENTO											
código	Descripción	Crit.	Fiabi.	Sist.	Con.	Corr.	Leg.	Sub.	Formación necesaria	Repuesto crítico	Observaciones
01ME01	Molino	52	x						conocimientos básicos en mantenimiento	Rodamientos de eje	NN
										Sellos de aceite	
										Cuchillas de corte	
										Correas de transmisión	
										Cadenas de transmisión	
										Contactores y relés	
										Fusibles y disyuntores	
										Tornillos y alimentadores de repuesto	
										Rodillos de transportadora	
										Correas transportadoras	
										Aceites lubricantes específicos para el molino	
										Grasas especiales para rodamientos	
Tornillos, tuercas y pernos											
Muelles y resortes											
01MO01	Mezcladora	52	x						conocimientos básicos en mantenimiento	Rodamientos de eje	NN
										Sellos de aceite y polvo	
										Correas de transmisión	
										Contactores y relés	
										Fusibles y disyuntores	

01EL01									Tornillos, tuercas y pernos	NN	
									Muelles y resortes		
									Aceites lubricantes específicos para la mezcladora		
									Grasas especiales para rodamientos		
	Silos	52	x						conocimientos básicos en mantenimiento		Contadores y relés
											Fusibles y disyuntores
											Sensores de nivel
											Correas y cadenas transportadoras
											Filtros de aire y polvo
											Pernos y tuercas de alta resistencia
									Cables eléctricos de repuesto		
									Conectores y terminales		
01SI01	Elevadores	64							conocimientos básicos en mantenimiento mecánico y eléctrico	Contadores y relés	NN
									Fusibles y disyuntores		
									Rodamientos de eje		
									Cables eléctricos de repuesto		
									Conectores y terminales		
01BA01	Balanza	75	x						ninguno	Pesas	

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.9.2 Identificación de medidas preventivas

Para este paso se estudian o identifican las medidas preventivas a tomar para mitigar los modos de fallo, además es importante detallar la frecuencia con la que se realizara esta tarea, esto se determinó en base a opinión de expertos ya que no se cuenta con datos históricos, así como se puede ver en el ANEXO Q

7.9.3 Mejoras y/o modificaciones de la instalación

Como se puede observar en el ANEXO Q se describen las posibles modificaciones en los equipos con el fin de ayudar a mejorar el rendimiento de los equipos y ayudar a mitigar los modos de fallo. Cambios en el procedimiento de operación /cambios en el proceso de mantenimiento

Por otro lado, también podemos identificar en el ANEXO Q los posibles procedimientos de operación y mantenimiento considerados de mayor importancia basados en los modos de fallo establecidos.

Para poder desarrollar el plan de mantenimiento, se realizaron diferentes actividades como enlistar los equipos, los sistemas y elementos de los mismos, luego se realizó el análisis de la criticidad y con ello se determina el modelo de mantenimiento, también los fallos funcionales y las medidas a tomar de cada uno.

7.10 Planificación de las tareas de mantenimiento

Aquí se estableció la frecuencia de ejecución de las tareas de mantenimiento de acuerdo con la necesidad de los equipos de la empresa; estas están clasificadas en diarias, mensual y anual. A continuación, se presenta la tabla 30, en este se indican de manera resumida las actividades a cumplir del primer equipo "Molino". Las tablas restantes de los otros equipos se encuentran en el ANEXO L

Tabla 28: Planificación de Tareas de Mantenimiento Molino.

EQUIPO	SISTEMA	TIPO DE FALLO	TAREA DE MANTENIMIENTO	DIARIO	MENSUAL	ANUAL
Molino(01MO01)	Eléctrico (SE)	Funcional	Inspección visual del cableado			
	Mecánico (SM)	Funcional	Realizar análisis de vibración			
			Verificar y ajustar su tensión			
	Alimentación (SA)	Técnico	Inspección visual de la carga			
			Limpieza de superficies			
			Limpieza de superficies			
	Descarga (SD)	Técnico	Inspección visual al momento de la descarga			
			Limpieza de superficies			
	Ajuste (SA)	Técnico	Ajuste sistemático de pernos y tuercas			
			Ajustes condicionales			
			Limpieza y ajuste de las bases			
	Aspiración (SAP)	Técnico	Inspección visual de las salidas de aire			

			Inspección visual para detectar signos de desgaste		
			Limpieza de superficies		
			Limpieza de superficies		
	Filtración (SF)	Técnico	Proporcionar un torque de apriete adecuado		
			Limpieza de superficies		
	Lubricación (SL)	Funcional	Aplicar lubricantes adecuados		

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.11 (KPI) antes de utilizar tareas de mantenimiento

A continuación, se presenta el resultado del KPI del molino, para realizar los siguientes cálculos se utilizaron las ecuaciones (4. 1),(4. 2),(4. 3),(4. 4),(4. 5),(4. 6) para observar los KPI de los demás equipos véase en el ANEXO R.

Molino

7.11.1.1 MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{80 + 212 + 25 + 78 + 91 + 101 + 63 + 12}{8}$$

$$MTBF = 82,75$$

7.11.1.2 MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{5 + 0,30 + 6 + 2,30 + 0,27 + 1,50 + 2 + 3}{8}$$

$$MTTR = 2,54$$

7.11.1.3 Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{82,75}{82,75 + 2,54} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 97,02\%$$

7.11.1.4 Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

λ =tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{82,75} = 0,012$$

t=tiempo MBTF

e= Número de Euler (2,71)

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = e^{-0,012*82,75}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = 0,3704$$

$$CONFIABILIDAD = 37,04\%$$

7.12 (KPI) despues de utilizar tareas de mantenimiento

A continuación, se presenta el resultado del KPI del molino, para realizar los siguientes cálculos se utilizaron las ecuaciones (4. 1), (4. 2), (4. 3), (4. 4), (4. 5), (4. 6) para observar los KPI de los demás equipos véase en el ANEXO R. Molino

7.12.1.1 MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averias para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{56 + 137 + 80 + 280 + 88 + 16 + 111}{6}$$

$$MTBF = 128$$

7.12.1.2 MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{2 + 3 + 5 + 6 + 6 + 2}{6}$$

$$MTTR = 4$$

7.12.1.3 Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{128}{128 + 4} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 96,97\%$$

7.12.1.4 Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

λ = tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{128} = 0,007$$

t=tiempo MBTF (horas)

e= Número de Euler (2,71)

$$CONFIAIBILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

$$CONFIAIBILIDAD = R(768) = e^{-0,007*128}$$

$$CONFIAIBILIDAD = R(768) = 0,4082$$

$$CONFIAIBILIDAD = 40,82\%$$

7.13 Tablas de resultados de indicadores

Tabla 29: Tabla de Disponibilidad

Máquina	Disponibilidad Anterior	Disponibilidad Actual
Molino	96,47%	96,97%
Mezcladora	96,89%	97,79%
Elevadores	98,28%	99,18%
Silo	97,89%	98,71%
Balanza	97,10%	98,08%

Nota: Fuente de elaboración propia.

Se puede evidenciar que hay una mejora porcentual entre los datos anteriores en comparación con los datos actuales lo que indica que las paradas no planificadas han reducido logrando mayor tiempo de operación de las máquinas.

Tabla 30: Tabla de Confiabilidad

Máquina	Confiabilidad Anterior	Confiabilidad Actual
Molino	37,32%	40,82%
Mezcladora	39,12%	38,92%
Elevadores	37,15%	38,28%
Silo	39,53%	46,39%
Balanza	39,69%	35,91%

Nota: Fuente de elaboración propia.

Hay cambios en tres máquinas eso quiere decir que hay mejora con la producción de los equipos mientras que las dos máquinas que son la mezcladora y el silo que no se puede controlar las fallas imprevistas y redujo el tiempo de operación por lo cual la confiabilidad de las dos máquinas se redujo en un porcentaje.

Tabla 31: Tabla de MBTF

Máquina	MBTF Anterior	MBTF Actual
Molino	109,5	128
Mezcladora	117,3	188,75
Elevadores	90	192
Silo	232	384
Balanza	84	128

Nota: Fuente de elaboración propia.

El aumento del tiempo medio entre fallos es positivo ya que se tiene mejor estabilidad de los equipos y mejor operación para la producción de balanceado para aves sin fallas innecesarias en el proceso determinado.

Tabla 32: Tabla de MTTR

Máquina	MTTR Anterior	MTTR Actual
Molino	4	4
Mezcladora	3,67	3,25
Elevadores	1,57	1,57
Silo	5	5
Balanza	2,5	2,5

Nota: Fuente de elaboración propia.

la siguiente tabla muestra el tiempo medio de reparaciones de los equipos lo cual la mayoría de equipos se mantienen los tiempos de reparación ya que como son equipos antiguos los repuestos

son más escasos o el personal que hace las reparaciones no está capacitado para el arreglo de los equipos en menor tiempo.

Tabla 33: Tabla de Significados de las Siglas.

MBTF	Tiempo medio entre fallos
MTTR	Tiempo medio de reparaciones
<i>A</i>	Tasa de fracaso
T	Tiempo
e	Euler

Nota: Fuente de elaboración propia.

7.14 Cuadro comparativo de softwares de mantenimiento

Tabla 36: Softwares de Gestión de Mantenimiento.

CARACTERISTICA	MaintainX	ReliaSoft RCM++	RCM-S
DESCRIPCION	Software de mantenimiento y ejecución de tareas, diseñado para agilizar operaciones y mejorar la gestión de activos.	Software que facilita el análisis RCM para crear planes de mantenimiento programados y conformes a estándares.	Herramienta para gestionar proyectos de RCM, definir mantenimiento, y explotar planes a CMMS.
PRECIO	\$19 Por usuario/mes con prueba gratuita	Varia, según cotización sin prueba gratuita	\$9,99 por usuario/mes, sin prueba gratuita
PRUEBA GRATUITA	SI	NO	NO

PRINCIPALES CLIENTES	Duracell, AB InBev, Univar, Cintas, McDonald	Empresas que requieren análisis detallado y cumplimiento de estándares como ATA MSG-3, SAE JA1011, JA1012.	Empresas que buscan optimización y eficiencia en la gestión de mantenimiento.
INDUSTRIAS DE USO	Fabricación, industria, escuelas, hostería, gobierno, entre otros.	Aeroespacial, automotriz, manufactura, entre otras industrias técnicas.	Sectores indústriales, manufactura y gestión de mantenimiento técnico
FUNCIONALIDADES CLAVE	Gestión de tareas ordenes de trabajo, mantenimiento preventivo, informes en tiempo real.	Soporte para estándares RCM, AMFE, personalización de análisis RCM análisis detallado.	Gestión de proyectos definición de mantenimiento, construcción de PM, desarrollo dinámico de RCM, uso de plantillas exploración a Exel

VENTAJAS	Intuitivo, fácil de usar, adecuado para equipos de todos los tamaños, mejoran la eficiencia operativa.	Amplias opciones de configuración, soporte para estándares de la industria, análisis robusto.	Costo accesible, funcionalidades enfocadas en la eficiencia, exportación fácil de datos.
DESVENTAJAS	Funcionalidades avanzadas pueden requerir paquetes más caros.	Puede requerir capacitación especializada, costos variables según necesidades específicas.	Limitaciones en funciones avanzadas, sin prueba gratuita.

Nota: Fuente de elaboración propia.

De los 3 software al comprar MaintainX es el más destacado en comparación con ReliaSoft RCM++ Y RCM-S por las siguientes razones:

Ofrece un equilibrio entre costo y funcionalidad, con un precio accesible de usuario y con una prueba gratuita lo que permite a las empresas probar el software antes de comprometerse también es altamente versátil y está diseñado para una amplia gama de industria y tamaños de empresas su enfoque en la facilidad de uso y la gestión integral de tareas y mantenimiento lo hace accesible incluso para usuarios no técnicos, aunque los otros dos RCM son más económicos ofrecen funcionalidades más limitadas y carecen de pruebas gratuitas.

Asimismo, puede ser utilizado en diversas industrias, incluyendo manufactura, hostería, educación, alimentación agropecuaria y más esto lo hace una solución universal, incluye funcionalidades clave como gestión de tareas, ordenes de trabajo, mantenimiento preventivo y generación de informes en tiempo real esto lo convierte en una herramienta completa para la gestión de mantenimiento y operaciones lo que puede mejorar la eficiencia operativa de la empresa.

En relación a lo antes expuesto, MaintainX es la opción más adecuada debido a su accesibilidad económica, su facilidad de uso y capacidades integrales que satisfacen necesidades de una amplia gama de industrias tiene un valor superior al combinar un precio razonable con una funcionalidad robusta, lo que facilita su implementación y uso en empresas de todos los tamaños.

7.14.1 Ponderación de cuadro comparativo

El método de ponderación utilizado fue el método de puntuación ponderada. En este método se:

- Asignar una ponderación a cada característica.
- Evaluar cada software en cada característica.
- Multiplicar la evaluación de cada ponderación.

Para realizar el cuadro comparativo con ponderación, se asignará un peso (en escala de 1 a 5) a cada característica según su importancia general. Luego, evaluaremos cada software en una escala de 1 a 5 para cada característica. El puntaje final será el resultado de multiplicar la ponderación por la evaluación, sumando los totales para obtener una calificación global.

Tabla 37. Tabla de Ponderación de Software de Mantenimiento.

Característica	Ponderación (1-5)	MaintainX	ReliaSoft RCM++	RCM-S	Ponderación		
					Maintain X	ReliaSoft RCM++	RCM-S
Precio	5	5	3	4	25	15	20
Prueba gratuita	3	5	1	1	15	3	3
Principales clientes	4	4	5	3	16	20	12
Industrias de uso	3	4	5	4	12	15	12
Funcionalidades clave	5	5	4	4	25	20	20
Ventajas	4	5	4	4	20	16	16
Desventajas	3	3	4	2	9	12	6
Total					122	101	89

Nota: Fuente de elaboración propia.

- **MaintainX**: 122 puntos
- **ReliaSoft RCM++**: 101 puntos
- **RCM-S**: 89 puntos

Según la ponderación MaintainX fue el software más adecuado. se destaca en las características más críticas (precio, funcionalidades clave, y ventajas), obteniendo el puntaje ponderado más alto (122), lo que refleja un desempeño más equilibrado y beneficioso en comparación con los otros softwares.

8 CONCLUSIONES

A través de la visita realizada de la empresa Aviesa se pudo identificar los principales equipos que tiene en el área de producción (Molino, Mezcladora, Elevadores, Silo y Balanza). Al analizar los equipos se pudo evidenciar que los equipos tienen un nivel de baja disponibilidad y confiabilidad lo que genera que los equipos presenten fallas inesperadas en el área de producción. Con el diagnóstico realizado se pudo identificar las fallas de cada equipo lo que implica que se necesita desarrollar un plan de mantenimiento.

Después de realizar las debidas investigaciones y buscar diferentes metodologías de mantenimiento se determinó que la Metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) es la más apta para la empresa Aviesa. Esta metodología se enfoca en los niveles de criticidad, tipos de fallos accediendo a priorizar acciones para evitar fallos innecesarios en función del riesgo en la producción el principal uso del RCM es que se pueda aumentar la confiabilidad de los equipos garantizando un enfoque organizado y preventivo.

Se diseñó un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad enfocada al aumento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos aumentando en pequeños porcentajes a cada uno. El plan propone tareas diarias, mensuales y anuales para reducir fallas y reducir el tiempo medio de reparación (MTTR). Además de utilizar un software de gestión de mantenimiento para las diversas tareas y control de las actividades de mantenimiento planteadas lo que permitirá un seguimiento de los indicadores de confiabilidad y disponibilidad. La implementación del sistema ayudará a tomar decisiones en tiempos reales y evitando fallas no deseada en los equipos y no afecten la producción. Se plantea implementar el plan de mantenimiento para poder aumentar más los porcentajes tanto de confiabilidad y disponibilidad. Aplicando la metodología RCM se obtuvo un aumento en la disponibilidad de 4.1% y la Confiabilidad de 11,49%

9 RECOMENDACIONES

Es fundamental que el personal técnico de AVIESA reciba capacitaciones continuas en técnicas avanzadas de mantenimiento y el uso del software de gestión para asegurar la correcta aplicación del sistema RCM y mantener actualizadas las competencias necesarias.

Se recomienda la implementación de un sistema de monitoreo y evaluación constante del plan de mantenimiento, utilizando indicadores clave de rendimiento (KPI) para ajustar y optimizar continuamente las estrategias de mantenimiento.

Invertir en la actualización de la maquinaria y tecnología utilizada en el proceso de producción para asegurar que las mejoras en el mantenimiento no se vean limitadas por el envejecimiento de los equipos.

Ampliar la aplicación del sistema de gestión de mantenimiento a otras áreas de la empresa, garantizando una gestión integral y uniforme que maximice los beneficios del RCM en toda la organización.

Implementar una estrategia eficaz de gestión de repuestos críticos para evitar retrasos en las reparaciones y asegurar la disponibilidad inmediata de los componentes esenciales para el mantenimiento.

10 REFERENCIAS

- [1] Estudio de Investigación y Desarrollo Empresarial Académico. Accedido el 9 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/esci/article/download/240/325/514>
- [2] “Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte: Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para la maquinaria de faenamiento de una PYME avícola”. Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte: Home. Accedido el 9 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16469>
- [3] Nacional, E.P. (no date) Códigos UNESCO, Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología. Available at: https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/03/códigos_unesco.pdf (Accessed: 04 August 2024).
- [4] “El pollo nuestro de cada día: los impactos de la industria de la carne en el Ecuador”. Plan V. Accedido el 21 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/el-pollo-nuestro-cada-dia-impactos-la-industria-la-carne-el-ecuador>
- [5] “Revista aviNews España - aviNews, la revista global de avicultura”. aviNews, la revista global de avicultura. Accedido el 22 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://avinews.com/anterior-europa/>
- [6] Aviagen. Accedido el 22 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AA-BroilerNutritionSpecifications2022-ES.pdf
- [7] “¿Cómo se diseña una fórmula de alimento?” All Petfood. Accedido el 22 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://allpetfood.net/entrada/como-se-disena-una-formula-de-alimento-54554>
- [8] “Mezclado y Molienda Industrial » rheonics :: viscosímetro y densímetro”. rheonics :: viscometer and density meter. Accedido el 22 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://es.rheonics.com/solutions-category/industrial-mixing-and-grinding/>

- [9] “5 instrumentos para recopilar información”. QuestionPro. Accedido el 9 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.questionpro.com/blog/es/instrumentos-para-recopilar-informacion/>
- [10] Botero, C. (no date) (PDF) manual de Mantenimiento. parte I: ¿Qué es el mantenimiento?, Manual de mantenimiento. Available at: https://www.researchgate.net/publication/321353976_Manual_de_mantenimiento_Parte_I_que_es_el_mantenimiento (Accessed: 04 August 2024).
- [11] M. A. BELTRAN FREITE, B. Y. FUENTES POLO y K. MARTINEZ RAMIREZ. “DEFINICIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS CLASIFICADOS COMO CRITICOS E IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS MECANICAS DE MAYOR IMPACTO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ITALCOL S.A BARRANQUILLA”. Redicuc. Accedido el 1 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/4857/DEFINICIÓN%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20PARA%20LOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [12] “Análisis de Equipo”. abanZa Personas. Accedido el 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://abanzapersonas.net/servicios/analisis-de-equipo/>
- [13] J. A. O. Arenas. “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento Santiago García Garrido 1ra Edición”. Academia.edu - Find Research Papers, Topics, Researchers. Accedido el 18 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: https://www.academia.edu/74646768/Organización_y_Gestión_Integral_de_Mantenimiento_Santiago_García_Garrido_1ra_Edición.
- [14] Casino, E.A. and Lucero, D.W. (no date) Elaboración de un plan de Mantenimiento Preventivo y Manual de mantenimiento. Available at: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf> (Accedido: 04 agosto 2024).
- [15] “Análisis de criticidad de equipos: ¿qué es en el mantenimiento? | Engeman®”. Blog Engeman® Software de Mantenimiento GMAO/CMMS. Accedido el 17 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://blog.engeman.com/es/analisis-de-criticidad-de-equipos/>

[16] “Análisis de criticidad: Una metodología de clasificación de equipos industriales y selección de modelos de mantenimiento”. Gerencia Industrial Latinoamérica. Accedido el 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.gerenciaindustrial.com/2020/08/analisis-de-criticidad-una-metodologia.html>

[17] Escuela Normal Superior Dr. Nicolás Avellaneda. Accedido el 11 de junio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://ensavellaneda-cba.infed.edu.ar/sitio/wp-content/uploads/2019/03/27-y-28-de-febrero->

[18] “Análisis de criticidad: Una metodología de clasificación de equipos industriales y selección de modelos de mantenimiento”. Gerencia Industrial Latinoamérica. Accedido el 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.gerenciaindustrial.com/2020/08/analisis-de-criticidad-una-metodologia.html?m=0>

[19] “7 Pasos para realizar un análisis RCM”. Gestión de mantenimiento y activos | TODO lo que debes saber. Accedido el 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://angelmendizabal.com/mantenimiento/7-pasos-para-realizar-el-analisis-rcm/>

[20] “Análisis de criticidad: Una metodología de clasificación de equipos industriales y selección de modelos de mantenimiento”. Gerencia Industrial Latinoamérica. Accedido el 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.gerenciaindustrial.com/2020/08/analisis-de-criticidad-una-metodologia.html>

[21] J. Rosales. “La guía completa del mantenimiento centrado en la confiabilidad”. Obtén el control absoluto de tu gestión del mantenimiento. Accedido el 7 de junio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.fracttal.com/es/guias-mantenimiento/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad>

[22] Diaz, C.S. (no date) Facultad de Ingeniería mecánica, Automatización de análisis de modos de falla y efecto FMEA en la ingeniería de mantenimiento aplicado para la industria ecuatoriana. Available at: [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/889/1/CD-1771\(2008-11-05-11-33-01\).pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/889/1/CD-1771(2008-11-05-11-33-01).pdf) (Accessed: 04 August 2024).

[23] Aguilar Otero et al. (2010) Redalyc. Análisis de Modos de Falla, Efectos y criticidad ..., Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Available at: <https://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf> (Accessed: 04 August 2024).

- [24] SYDLE. “KPIs: ¿Qué son, cuál es su importancia y cómo utilizarlos? Ve ejemplos”. Blog SYDLE. Accedido el 4 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.sydle.com/es/blog/kpi-615de90225ce5d3ef29a5570>
- [25] J. Rosales. “Los 5 indicadores clave en el departamento de mantenimiento”. Obtén el control absoluto de tu gestión del mantenimiento. Accedido el 4 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.fractal.com/es/guias-mantenimiento/indicadores-de-mantenimiento>
- [26] Accedido el 9 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.autodesk.com/es/solutions/floor-pla6n#:~:text=El%20software%20de%20planos%20de%20planta%20se%20utiliza%20para%20crear,ideas%20de%20diseño%20y%20espacio.>
- [27] “¿Qué es SmartDraw?” prezi.com. Accedido el 9 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: https://prezi.com/9exd_wyz1yki/que-es-smartdraw/
- [28] “Software Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM-S - Predictiva21”. Predictiva21. Accedido el 9 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://predictiva21.com/software-mantenimiento-centrado-confiabilidad-rcm/>
- [29] “MaintainX: administre su mantenimiento y operaciones”. MaintainX - Manage your Maintenance and Operations. Accedido el 9 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.getmaintainx.com/es>
- [30] “Ponderación técnicas de ponderación y su papel en la reducción del error de muestreo - FasterCapital”. FasterCapital. Accedido el 23 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://fastercapital.com/es/contenido/Ponderacion--tecnicas-de-ponderacion-y-su-papel-en-la-reduccion-del-error-de-muestreo.html#:~:text=Las%20técnicas%20de%20ponderación%20se,usan%20estas%20técnicas%20para%20minimizarlo.>
- [31] “MaintainX: administre su mantenimiento y operaciones”. MaintainX - Manage your Maintenance and Operations. Accedido el 9 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.getmaintainx.com/es>
- [32] Mantenimiento Planificado para empresas y software para Mantenimiento de maquinaria. Accedido el 11 de febrero de 2025. [En línea].

Disponible: [https://www.ma>_Nntenimientoplanificado.com/articulos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf](https://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf)

[33]. “Origen del RCM - RELIABILITY CONNECT® en Español”. RELIABILITY CONNECT® en Español. Accedido el 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://esp.reliabilityconnect.com/origen-del-rcm/>

[34]. Mantenimiento Planificado para empresas y software para Mantenimiento de maquinaria. Accedido el 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: https://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf

[35]. “Estadísticas y tendencias de mantenimiento 2025 • Infraspak Blog”. Infraspak Blog. Accedido el 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: https://blog.infraspak.com/es/mantenimiento-estadisticas-desafios-tendencias/?utm_source=chatgpt.com

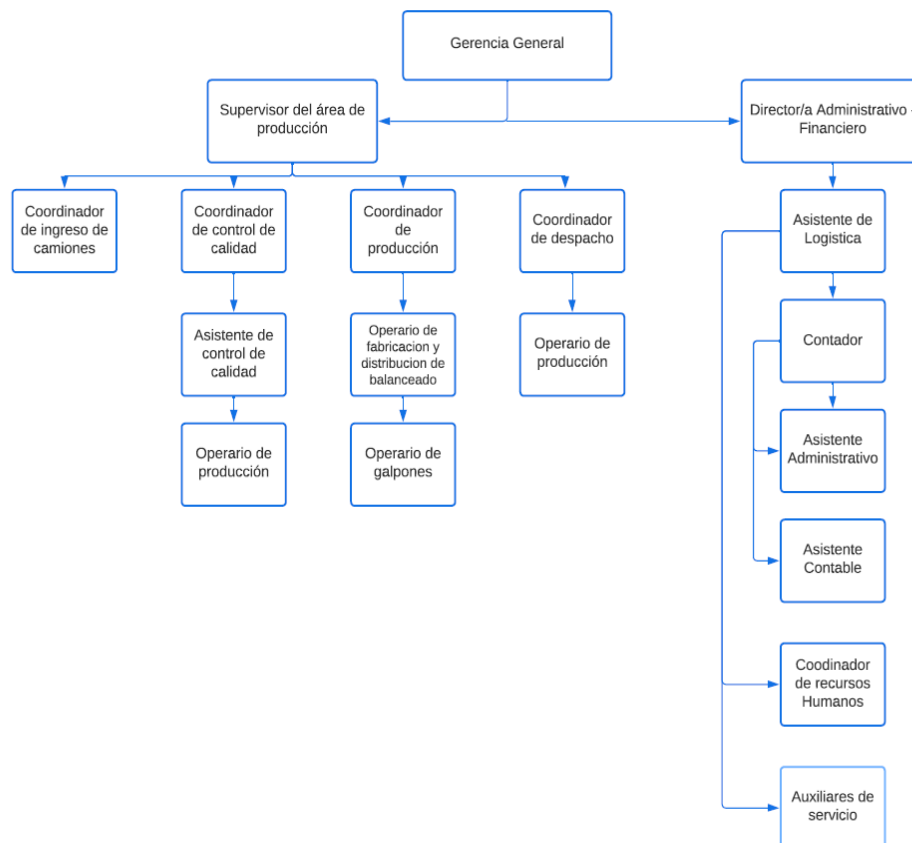
[36]. Repositorio Institucional. Accedido el 11 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31680/Marin%20Perfecto%20Victor%200Alexis_Vasquez%20Suazo%20Edward%20Robert.pdf?sequence=4&utm_source=chatgpt.com

11 ANEXOS

ANEXO A. Información general de la empresa

Razón social	Avícola Erazo Sánchez (AVIESA)
Nombre comercial	“AVIESA”
RUC	1891736858001
Dirección	Vía a Guadalupe K5 sector los Sauces
Teléfono	0999142327
Representante legal	Miguel Erazo
E-mail	aviesa.ec@outlook.com

ANEXO B. Estructura organizativa



ANEXO C. Resultado de entrevista de criticidad mezcladora.

FACTOR DE FRECUENCIA (FF) MEZCLADORA	
Descripción	Ponderación
Frecuente, Mas de 3 eventos al año	
Probable, 1-3 eventos al año	X
Posible, 1 evento en 3 años	
Improbable. 1 evento en 5 años	
Sumamente improbable, menos de un evento en 5 años	
FACTORES CONSECUENCIAS	
Impacto operacional (IO)	Ponderación
Pérdidas mayores 75% producción mes	X
Pérdidas 50% a 74% producción mes	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	
Factor flexibilidad operacional (FO)	Ponderación
No existe stock, tiempos reparación altos	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	X
Stock Suficiente, procedimiento reparación complejo	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	
Costos de mantenimiento (CM)	Ponderación
Costos materiales superior 20000 USD	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	
Costos materiales superior 200-3000 USD	X
Costos materiales inferior 200 USD	
Impacto medio ambiente (IMA)	Ponderación
Daños irreversibles en el ambiente	
Daños severos al ambiente	
Daños medios al ambiente	
Daños mínimos al ambiente	
Sin daño ambiental	X
Impacto seguridad (IS)	Ponderación
Muerte o incapacidad	
Incapacidad parcial o permanente	
Daños o enfermedades severas	
Daños leves en personas	X
Sin impacto en la seguridad	

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO D Resultado de entrevista de criticidad elevadores.

FACTOR DE FRECUENCIA (FF) ELEVADORES	
Descripción	Ponderación
Frecuente, Mas de 3 eventos al año	
Probable, 1-3 eventos al año	X
Posible, 1 evento en 3 años	
Improbable. 1 evento en 5 años	
Sumamente improbable, menos de un evento en 5 años	
FACTORES CONSECUENCIAS	
Impacto operacional (IO)	Ponderación
Pérdidas mayores 75% producción mes	X
Pérdidas 50% a 74% producción mes	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	
Factor flexibilidad operacional (FO)	Ponderación
No existe stock, tiempos reparación altos	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	
Stock Suficiente, procedimiento reparación complejo	X
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	
Costos de mantenimiento (CM)	Ponderación
Costos materiales superior 20000 USD	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	
Costos materiales superior 200-3000 USD	X
Costos materiales inferior 200 USD	
Impacto medio ambiente (IMA)	Ponderación
Daños irreversibles en el ambiente	
Daños severos al ambiente	
Daños medios al ambiente	
Daños mínimos al ambiente	X
Sin daño ambiental	
Impacto seguridad (IS)	Ponderación
Muerte o incapacidad	X
Incapacidad parcial o permanente	
Daños o enfermedades severas	
Daños leves en personas	
Sin impacto en la seguridad	

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO E Resultado de entrevista de criticidad silo.

FACTOR DE FRECUENCIA (FF) SILO	
Descripción	Ponderación
Frecuente, Mas de 3 eventos al año	
Probable, 1-3 eventos al año	X
Posible, 1 evento en 3 años	
Improbable. 1 evento en 5 años	
Sumamente improbable, menos de un evento en 5 años	
FACTORES CONSECUENCIAS	
Impacto operacional (IO)	Ponderación
Pérdidas mayores 75% producción mes	X
Pérdidas 50% a 74% producción mes	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	
Factor flexibilidad operacional (FO)	Ponderación
No existe stock, tiempos reparación altos	
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	X
Stock Suficiente, procedimiento reparación complejo	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	
Costos de mantenimiento (CM)	Ponderación
Costos materiales superior 20000 USD	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	
Costos materiales superior 200-3000 USD	X
Costos materiales inferior 200 USD	
Impacto medio ambiente (IMA)	Ponderación
Daños irreversibles en el ambiente	
Daños severos al ambiente	
Daños medios al ambiente	
Daños mínimos al ambiente	
Sin daño ambiental	X
Impacto seguridad (IS)	Ponderación
Muerte o incapacidad	
Incapacidad parcial o permanente	
Daños o enfermedades severas	
Daños leves en personas	X
Sin impacto en la seguridad	

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO F Resultado de entrevista de criticidad balanza.

FACTOR DE FRECUENCIA (FF) BALANZA	
Descripción	Ponderación
Frecuente, Mas de 3 eventos al año	X
Probable, 1-3 eventos al año	
Posible, 1 evento en 3 años	
Improbable. 1 evento en 5 años	
Sumamente improbable, menos de un evento en 5 años	
FACTORES CONSECUENCIAS	
Impacto operacional (IO)	Ponderación
Pérdidas mayores 75% producción mes	X
Pérdidas 50% a 74% producción mes	
Pérdidas 25% a 49% producción mes	
Pérdidas 10% a 24% producción mes	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	
Factor flexibilidad operacional (FO)	Ponderación
No existe stock, tiempos reparación altos	X
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	
Stock Suficiente, procedimiento reparación complejo	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	
Costos de mantenimiento (CM)	Ponderación
Costos materiales superior 20000 USD	
Costos materiales superior 10000-20000 USD	
Costos materiales superior 3000-10000 USD	
Costos materiales superior 200-3000 USD	X
Costos materiales inferior 200 USD	
Impacto medio ambiente (IMA)	Ponderación
Daños irreversibles en el ambiente	
Daños severos al ambiente	
Daños medios al ambiente	
Daños mínimos al ambiente	
Sin daño ambiental	X
Impacto seguridad (IS)	Ponderación
Muerte o incapacidad	
Incapacidad parcial o permanente	
Daños o enfermedades severas	
Daños leves en personas	X
Sin impacto en la seguridad	

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO G. Resultado de entrevista y cálculo de criticidad MOLINO

CRITICIDAD	
FACTOR DE FRECUENCIA FF	
DESCRIPCION	PONDERACIÓN
Posible 1-3 años	4
FACTORES DE CONSECUENCIA	
IMPACTO OPERACIONAL IO	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	5
FACTORES FLEXIBILIDAD OPERACIONALES FO	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	3
COSTOS DE MANTENIMIENTO CM	
Costos mantenimiento interiores 200USD	2
IMPACTO MEDIO AMBIENTE IMA	
Daños mínimos al medio ambiente	1
IMPACTO SEGURIDAD IS	
Daños leves en persona	2
CRITICIDAD = FFXCONSECUENCIA	52

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO H. Resultado de entrevista y cálculo de MEZCLADORA

CRITICIDAD	
FACTOR DE FRECUENCIA FF	
DESCRIPCION	PONDERACIÓN
Posible 1-3 años	4
FACTORES DE CONSECUENCIA	
IMPACTO OPERACIONAL IO	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	5
FACTORES FLEXIBILIDAD OPERACIONALES FO	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	3
COSTOS DE MANTENIMIENTO CM	
Costos mantenimiento interiores 200USD	2
IMPACTO MEDIO AMBIENTE IMA	
Daños mínimos al medio ambiente	1
IMPACTO SEGURIDAD IS	
Daños leves en persona	2
CRITICIDAD = FFXCONSECUENCIA	52

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO I. Resultado de entrevista y cálculo de SILO

CRITICIDAD	
FACTOR DE FRECUENCIA FF	
DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
Posible 1-3 años	4
FACTORES DE CONSECUENCIA	
IMPACTO OPERACIONAL IO	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	5
FACTORES FLEXIBILIDAD OPERACIONALES F0	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	3
COSTOS DE MANTENIMIENTO CM	
Costos mantenimiento interiores 200USD	2
IMPACTO MEDIO AMBIENTE IMA	
Daños mínimos al medio ambiente	1
IMPACTO SEGURIDAD IS	
Daños leves en persona	2
CRITICIDAD = FFXCONSECUENCIA	52

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO J. Resultado de entrevista y cálculo de ELEVADOR

CRITICIDAD	
FACTOR DE FRECUENCIA FF	
DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
Posible 1-3 años	4
FACTORES DE CONSECUENCIA	
IMPACTO OPERACIONAL IO	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	5
FACTORES FLEXIBILIDAD OPERACIONALES F0	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	2
COSTOS DE MANTENIMIENTO CM	
Costos mantenimiento interiores 200USD	2
IMPACTO MEDIO AMBIENTE IMA	
Daños mínimos al medio ambiente	2
IMPACTO SEGURIDAD IS	
Daños leves en persona	5
CRITICIDAD = FFXCONSECUENCIA	64

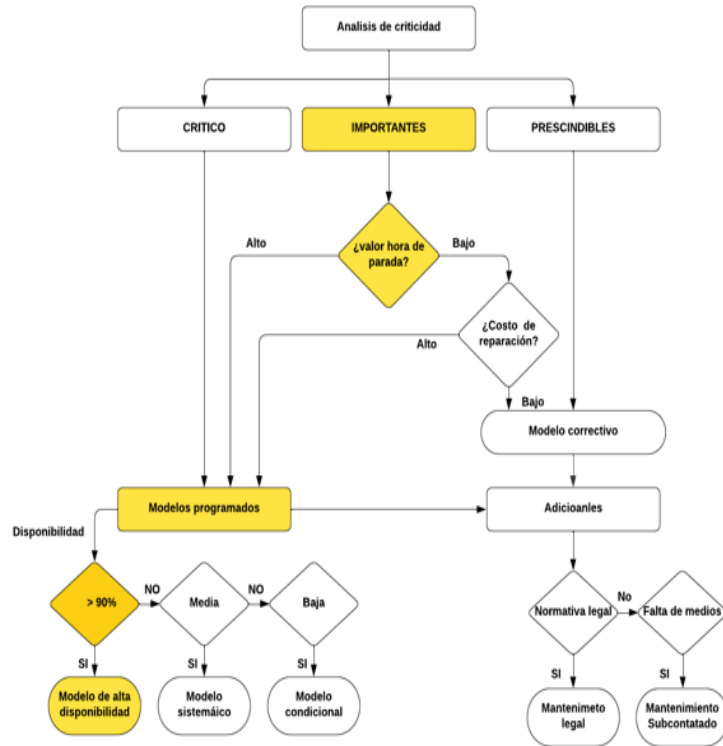
Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO K. Resultado de entrevista y cálculo de BALANZA

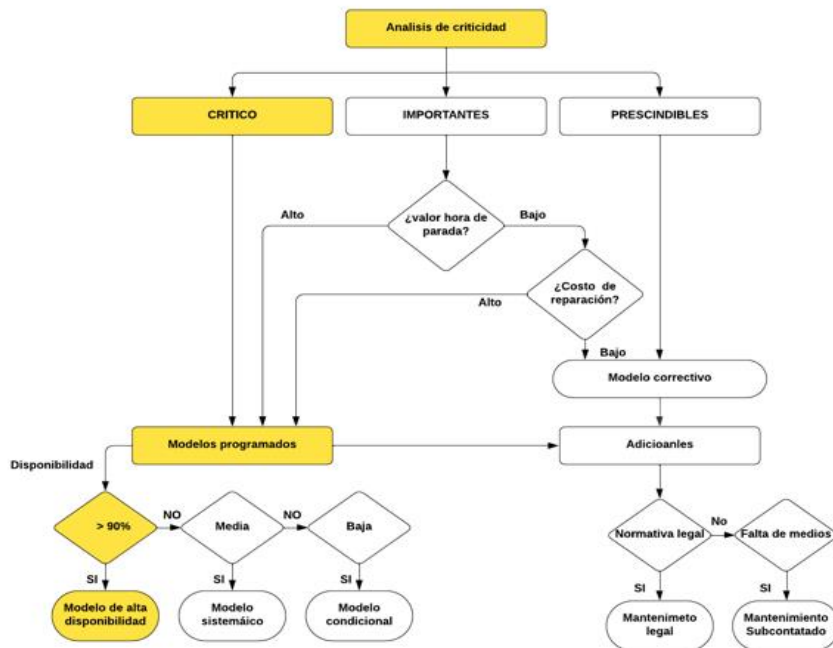
CRITICIDAD	
FACTOR DE FRECUENCIA FF	
DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
Posible 1-3 años	5
FACTORES DE CONSECUENCIA	
IMPACTO OPERACIONAL IO	
Pérdidas inferiores 10% producción mes	5
FACTORES FLEXIBILIDAD OPERACIONALES F0	
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	5
COSTOS DE MANTENIMIENTO CM	
Costos mantenimiento interiores 200USD	2
IMPACTO MEDIO AMBIENTE IMA	
Daños mínimos al medio ambiente	1
IMPACTO SEGURIDAD IS	
Daños leves en persona	2
CRITICIDAD = FFXCONSECUENCIA	75

Nota: Fuente de elaboración propia.

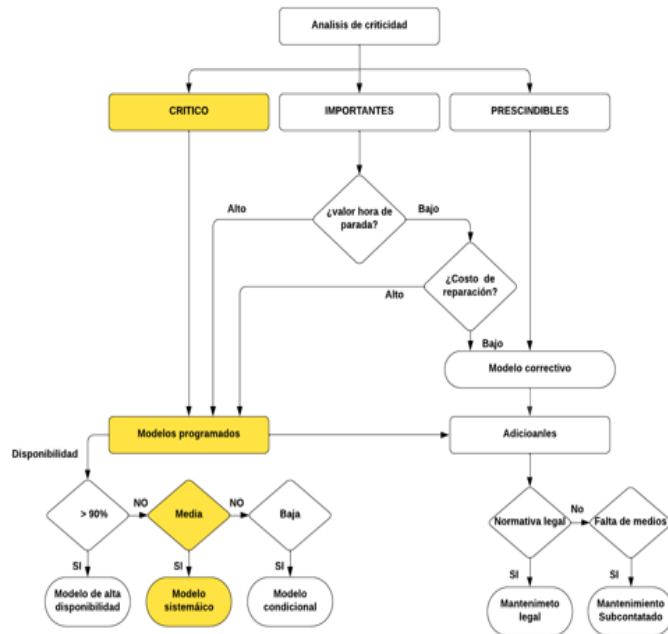
ANEXO L. Asignación de modelo de mantenimiento MENZCLADORA



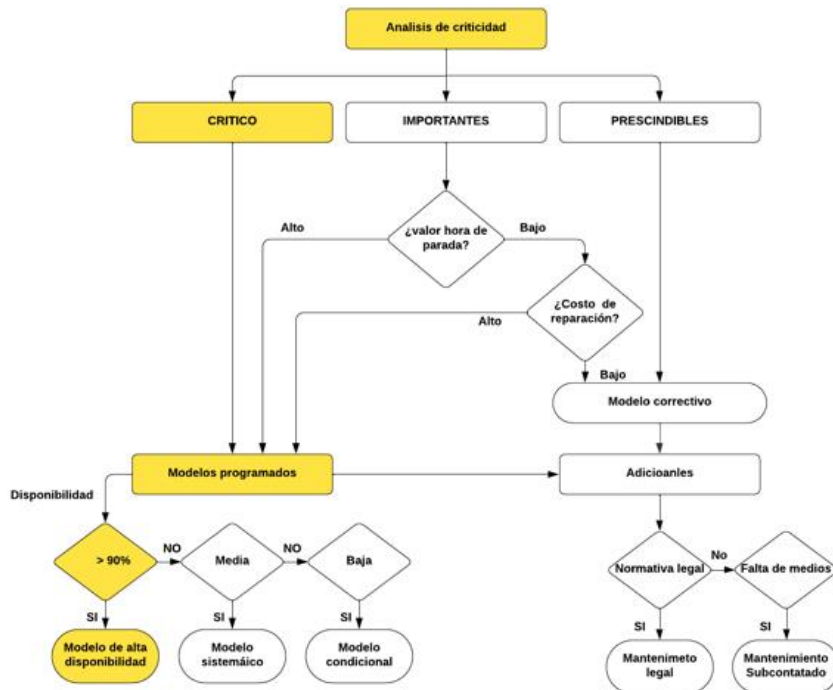
ANEXO M. Asignación de modelo de mantenimiento SILO



ANEXO N. Asignación de modelo de mantenimiento ELEVADOR



ANEXO O. Asignación de modelo de mantenimiento BALANZA




ANEXO P. Fichas técnicas de equipos

EQUIPO N°2 MEZCLADORA

EQUIPO: MEZCLADORA		CODIGO(S): 01ME01																
DATOS DEL EQUIPO:																		
PROVEEDOR : MICROM	AÑO:2007																	
DIRECCIÓN: NW 53rd Street Suite 405 Doral																		
TELÉFONOS: +1678661 162966																		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: Mezcladora para alimento de producción avícola																		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:																		
Capacidad de 5 a 35 t/h																		
Direcciones de rotación: 2																		
VALORES DE REFERENCIA:																		
Producción (kg/h): 4.000 hasta 5.000.																		
Potencia consumida motor principal: 75 cv / 55 kW / IV polos																		
Potencia consumida ventilador: 4 cv / 3 kW / II polos.																		
Potencia consumida rosca de alimentación: 1,5 cv / 1,1 kW / IV polos.																		
ANÁLISIS DE CRITICIDAD: 52		TIPO DE EQUIPO: CRÍTICO																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">MODELO DE MANTENIMIENTO</th> </tr> <tr> <td>CORRECTIVO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONDICIONAL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SISTEMÁTICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ALTA DISPONIBILIDAD</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>		MODELO DE MANTENIMIENTO		CORRECTIVO		CONDICIONAL		SISTEMÁTICO		ALTA DISPONIBILIDAD	X	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">¿MTO LEGAL?</th> </tr> <tr> <td>SI</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>	¿MTO LEGAL?		SI		NO	X
MODELO DE MANTENIMIENTO																		
CORRECTIVO																		
CONDICIONAL																		
SISTEMÁTICO																		
ALTA DISPONIBILIDAD	X																	
¿MTO LEGAL?																		
SI																		
NO	X																	
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">SUBCONTRATOS NESESARIOS</th> </tr> <tr> <td>PREVENTIVO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CORRECTIVO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>INSPECCIONES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>OVERHAUL</td> <td></td> </tr> </table>	SUBCONTRATOS NESESARIOS		PREVENTIVO		CORRECTIVO		INSPECCIONES		OVERHAUL							
SUBCONTRATOS NESESARIOS																		
PREVENTIVO																		
CORRECTIVO																		
INSPECCIONES																		
OVERHAUL																		
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Eje Acoplamiento Impulsores Sello mecánico Tolva y canaleja tornillo sinfin</td> </tr> </table>		Eje Acoplamiento Impulsores Sello mecánico Tolva y canaleja tornillo sinfin	<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>															
Eje Acoplamiento Impulsores Sello mecánico Tolva y canaleja tornillo sinfin																		
RESPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Rodamientos de eje Sellos de aceite y polvo Correas de transmisión Contactores y relés Fusibles y disyuntores Tornillos, tuercas y pernos Muelles y resortes Aceites lubricantes específicos para la mezcladora Grasas especiales para rodamientos</td> </tr> </table>		Rodamientos de eje Sellos de aceite y polvo Correas de transmisión Contactores y relés Fusibles y disyuntores Tornillos, tuercas y pernos Muelles y resortes Aceites lubricantes específicos para la mezcladora Grasas especiales para rodamientos																
Rodamientos de eje Sellos de aceite y polvo Correas de transmisión Contactores y relés Fusibles y disyuntores Tornillos, tuercas y pernos Muelles y resortes Aceites lubricantes específicos para la mezcladora Grasas especiales para rodamientos																		
REPUESTOS QUE SE PREVEEN																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>tornillo sinfin tolva</td> </tr> </table>		tornillo sinfin tolva																
tornillo sinfin tolva																		
HERRAMIENTAS																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Kit de dados</td> <td style="text-align: right;">Desarmadores</td> </tr> <tr> <td>Juego de llaves</td> <td></td> </tr> </table>		Kit de dados	Desarmadores	Juego de llaves														
Kit de dados	Desarmadores																	
Juego de llaves																		
FORMACIÓN NECESARIA																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>conocimientos basicos en mantenimiento mecanico</td> </tr> </table>		conocimientos basicos en mantenimiento mecanico																
conocimientos basicos en mantenimiento mecanico																		
OBSERVACIÓN																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </table>																		

EQUIPO N°3 Elevador

EQUIPO: ELEVADOR		CODIGO(S): 01EL01	
DATOS DEL EQUIPO:			
PROVEEDOR : Guide-Rail	AÑO:2007		
DIRECCIÓN: China			
TELÉFONOS:			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: Elevador de carga			
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:			
Modelo: RC-CL-001			
VALORES DE REFERENCIA:			
Capacidad de carga: 1000kg			
Velocidad: 0.25m/s			

ANALISIS DE CRITICIDAD: 64	TIPO DE EQUIPO: CRÍTICO
-----------------------------------	--------------------------------

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">MODELO DE MANTENIMIENTO</th> </tr> <tr> <td>CORRECTIVO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONDICIONAL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SISTEMATICO</td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> <tr> <td>ALTA DISPONIBILIDAD</td> <td></td> </tr> </table>	MODELO DE MANTENIMIENTO		CORRECTIVO		CONDICIONAL		SISTEMATICO	x	ALTA DISPONIBILIDAD		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">¿MTO LEGAL?</th> </tr> <tr> <td>SI</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>	¿MTO LEGAL?		SI		NO	X	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">SUBCONTRATOS NESESARIOS</th> </tr> <tr> <td>PREVENTIVO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CORRECTIVO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>INSPECCIONES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>OVERHAUL</td> <td></td> </tr> </table>	SUBCONTRATOS NESESARIOS		PREVENTIVO		CORRECTIVO		INSPECCIONES		OVERHAUL	
MODELO DE MANTENIMIENTO																												
CORRECTIVO																												
CONDICIONAL																												
SISTEMATICO	x																											
ALTA DISPONIBILIDAD																												
¿MTO LEGAL?																												
SI																												
NO	X																											
SUBCONTRATOS NESESARIOS																												
PREVENTIVO																												
CORRECTIVO																												
INSPECCIONES																												
OVERHAUL																												

<p>ELEMENTOS QUE LO COMPONEN</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Guías</td> <td style="text-align: right;">Cables</td> </tr> <tr> <td>Balancines</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Base</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Poleas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cabina</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contrapeso</td> <td></td> </tr> </table>	Guías	Cables	Balancines		Base		Poleas		Cabina		Contrapeso		<p>CONSUMIBLES</p> <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%;"></div>
Guías	Cables												
Balancines													
Base													
Poleas													
Cabina													
Contrapeso													

<p>RESPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA</p> <p>Contactores y relés</p> <p>Fusibles y disyuntores</p> <p>Rodamientos de eje</p> <p>Cables eléctricos de repuesto</p> <p>Conectores y terminales</p>
--


<p>REPUESTOS QUE SE PREVEEN</p> <p>Guías</p> <p>Cables</p>

<p>HERRAMIENTAS</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Kit de dados</td> <td style="text-align: right;">Desamadores</td> </tr> <tr> <td>Juego de llaves</td> <td></td> </tr> </table>	Kit de dados	Desamadores	Juego de llaves	
Kit de dados	Desamadores			
Juego de llaves				

<p>FORMACIÓN NECESARIA</p> <p>conociemientos basicos en mantenimiento mecanico y electrico</p>

<p>OBSERVACIÓN</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>

EQUIPO N°4 Silo

EQUIPO: SILO		CODIGO(S): 01SI01	
DATOS DEL EQUIPO:			
PROVEEDOR : INESA TECH	AÑO:2000		
DIRECCIÓN: BARCELONA, ESPAÑA			
TELÉFONOS: (+34) 682 639 391			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: Silo para almacenamiento de granos.			
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:			
50 toneladas			
VALORES DE REFERENCIA:			
Diámetro: 4 metros			
Altura: 10 metros			

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: 52

MODELO DE MANTENIMIENTO	
CORRECTIVO	
CONDICIONAL	
SISTEMÁTICO	
ALTA DISPONIBILIDAD	X

TIPO DE EQUIPO: CRÍTICO

¿MTO LEGAL?	
SI	
NO	X

SUBCONTRATOS NESESARIOS	
PREVENTIVO	
CORRECTIVO	
INSPECCIONES	
OVERHAUL	

ELEMENTOS QUE LO COMPONEN

Tubo de carga

Filtro de mangas

Barandilla

Válvulas de sobrepresión

Nivel de Paletas rotativas

Células de pesaje

CONSUMIBLES

RESPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA

REPUESTOS QUE SE PREVEEN

HERRAMIENTAS


Kit de dados	Desarmadores
Juego de llaves	

FORMACIÓN NECESARIA

conocimientos basicos en mantenimiento mecanico

OBSERVACIÓN

EQUIPO N°5 Balanza

EQUIPO: BALANZA		CODIGO(S): 01BA01	
DATOS DEL EQUIPO:			
PROVEEDOR : DETECTO	AÑO:2010		
DIRECCIÓN: Cali-Colombia			
TELÉFONOS: 3182412423			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO: Balanza de piso			
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:			
CLASE TIPO III			
VALORES DE REFERENCIA:			
PESO MAXIMO: 500KG	unidad de peso: lb/kg		
PESO MINIMO 2KG	División 250g		
ANÁLISIS DE CRITICIDAD: 75		TIPO DE EQUIPO: CRÍTICO	
MODELO DE MANTENIMIENTO		¿MTO LEGAL?	
CORRECTIVO		SI	
CONDICIONAL		NO	X
SISTEMATICO			
ALTA DISPONIBILIDAD	X		
		SUBCONTRATOS NESESARIOS	
		PREVENTIVO	
		CORRECTIVO	
		INSPECCIONES	
		OVERHAUL	
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	
Plataforma	Diamantes		
Porta esferas	Varilla asegurar		
Base	Pesas		
Balancin largo			
Nariz			
Union central			
RESPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
REPUESTOS QUE SE PREVEEN			
Pesas Pilón Soporte balancin			
HERRAMIENTAS			
Kit de dados Desamadores Juego de llaves			
FORMACIÓN NECESARIA			
conocimientos basicos en mantenimiento mecanico			
OBSERVACIÓN			

ANEXO Q. Determinación de fallo inmersos en los sistemas, clasificación de los fallos y determinación de modos de fallo.

EQUIPO	SISTEMA	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DE FALLO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLO	TAREA DE MANTENIMIENTO	Mejoras	Procedimientos de operación	Procedimientos de mantenimiento
Molino(01MO01)	Eléctrico (SE)	Funcional	Fallo de interruptores	Cables en mal estado	Inspección visual del cableado (diario)	Reemplazar la red de cableado e interruptores	En caso de un paro en la maquinaria bajar el breaker general	Revisión de conexiones (mensual)
	Mecánico (SM)	Funcional	Incremento de ruido y vibraciones	Desgaste y ruptura de rodamientos	Realizar análisis de vibración (mensual)	Reemplazo de rodamientos	Si escucha ruidos extraños en la maquinaria deténgala inmediatamente para comprobar si hay daños	Cambio de los rodamientos (anual)
				Desgaste de juntas	Lubricar y ajustar su tención	Reemplazar las juntas	Si escucha ruidos extraños en la maquinaria deténgala inmediatamente para comprobar si hay daños	Reemplazo de juntas (anual)
	Alimentación (SA)	Técnico	Sobrecarga	Sobreestimación de la capacidad	Inspección visual de la carga (diario)	No cargue la máquina al límite de su capacidad	Si hace ruidos extraños detenga la producción	
			Corrosión	Humedad	Limpieza de superficies (diario)	Pintar el área afectada con pinturas basadas en epoxi		Si el área afectada no es de gran dimensión

		Atascamiento de materia prima	Acumulación suciedad en la entrada a la alimentación	Limpieza de superficies (diario)	Cubrir la entrada de la maquinaria	Si se presenta un atascamiento de la materia prima apagar la máquina	Mantener limpia la entrada de la alimentación
Descarga (SD)	Técnico	Fugas en el proceso de descarga	Instalación incorrecta de los componentes	Inspección visual al momento de la descarga (diario)			
		Bloqueo del producto a la salida	Restos de productos anteriores	Limpieza de superficies (diario)			
Ajuste (SA)	Técnico	Vibraciones	Desgaste en los soportes	Ajuste sistemático de pernos y tuercas (mensual)	Reemplazo de soportes	En caso de escuchar ruidos extraños parar la producción	Ajuste sistemático de pernos y tuercas (anual)
		Desajuste de puntos de pivote	Desgaste por el uso prolongado	Ajustes condicionales (mensual)	Sustituir o reforzar las superficies desgastadas (mensual)	En caso de escuchar ruidos extraños parar la maquinaria	Ajustes condicionales (anual)
		Desalineación	Desajuste de bases	Limpieza y ajuste de las bases (mensual)		Verificar desalineaciones, vibraciones, ruidos extraños	
Aspiración (SAP)	Técnico	Filtros saturados	Presencia de polvo	Inspección visual de las salidas de aire (diario)	Reemplazo de filtros de aire, mantener el área libre de polvo		
		Fugas en las tuberías de aspiración	Deterioro de las juntas y conexiones	Inspección visual para detectar signos de desgaste (diario)	Cambio de las juntas		

			Conductos de ventilación tapados	Acumulación de polvos y contaminantes	Limpieza de superficies (diario)			
	Filtración (SF)	Técnico	Acumulación de residuos	Ausencia de limpieza	Limpieza de superficies (diario)			
			Fugas de aceite	Torque inadecuado en los pernos, sellos en mal estado	Proporcionar un torque de apriete adecuado (mensual)	Sustituir los sellos por unos de mejor calidad	En caso de escuchar ruidos extraños verificar los niveles de aceite	Dar un torque de apriete condicional (anual)
			Filtros en mal estado	Acumulación de partículas	Limpieza de superficies (diario)			
	Lubricación (SL)	Funcional	Desgaste de piezas	Lubricante no adecuado	Aplicar lubricantes adecuados (mensual)	Reemplazar piezas desgastadas		
Mezcladora (01ME01)	Eléctrico (SE)	Funcional	Cortocircuitos	Cableado mal estado	Inspección visual del cableado (diario)	Reemplazar el circuito de cableado	Bajar el breaker general	Si se presentan cortocircuitos seguidos
	Mecánico (SM)	Funcional	Fatiga de materiales	Fisuras en las bases	Verificar estado de las bases (mensual)	Reemplazar o reforzar material de las bases		
	Alimentación (SA)	Técnico	Formación de grumos	Presencia de humedad	Inspección visual de corrosión (diario)			
			Vibraciones en la tolva	Atascamientos de material en la tolva	Análisis de vibración (anual)			
			Oxidación	Exposición a humedad	Inspección de fugas (diario)	Pintar el área afectada con pinturas basadas en epoxi		Si el área afectada no es de gran dimensión

	Descarga (SD)	Técnico	Acumulación de residuos	Limpieza inadecuada	Limpieza de superficies (diario)				
			Desgaste en la tolva de salida	Materiales abrasivos	Limpieza de tolva de salida (diario)				
	Pesaje (SP)	Técnico	Atascamiento en las celdas de pesaje	Mala regulación	Calibración de sistema (anual)				
			Problemas de calibración	Des calibración lazos de pesaje	Calibración de los lazos de pesaje (mensual)				
			Estructuras con desgaste	Vibraciones	Análisis de vibración (anual)				
	Aspiración (SAP)	Técnico	Conducto de aspiración obstruido	Presencia de humedad	Inspección visual de corrosión (diario)				
			Extractor dañado	Daño en las aspas	Verificación visual del ventilador (diario)	Reemplazar ventilador		En caso de que el ventilador este obsoleto	
			Presencia de objetos extraños obstrucción	Influencia de polvo	Ajuste de juntas (mensual)				
	Filtración (SF)	Técnico	Fugas alrededor del filtro	Ajuste inadecuado	Revisión correcta de la colocación del filtro (mensual)				
			Problemas de presión	Fugas en juntas	Revisión de empaques (diario)				
			Usar filtros de mala calidad o inadecuados	Degradación rápida	Revisión de filtros (mensual)				
	Elevadores(01EL01)	Control de carga (SCC)	Técnico	Sensores en mal estado	Degradación de los componentes por vida útil	Inspección de sensores (diario)	Reemplazo de sensores de control de carga		

			Falta de calibración	Sensores de calibración en mal estado	Calibración de sensores (diario)			
			Oxidación	Presencia de humedad	Limpieza de control de carga (diario)	Pintar el área afectada con pinturas basadas en epoxi		Si el área afectada no es de gran dimensión
	Mecánico (SM)	Funcional	Ruptura de cadena	Falta de lubricación	Lubricación adecuada de la cadena (mensual)			
	Eléctrico (SE)	Funcional	Fusibles quemados	Sobrecarga de tensión eléctrica	Inspección de cableado (diario)	Reemplazo de fusibles de mayor amperaje		Si la pieza es recurrente en dañarse y está obsoleta
	Seguridad (SS)	Funcional	Compuertas mal estado	Bisagras fisuradas	Inspección de compuertas (diario)	Reemplazo del material de compuertas		
Seguros defectuosos			Obstrucción	Limpieza de seguros (diario)				
Acumulación de impurezas			Limpieza inadecuada	Limpieza del sistema (diario)				
Silos (01SI01)	Carga (SC)	Técnico	Presencia de objetos extraños obstrucción	Materiales no adecuados	Revisión de materia prima (diario)			
			Sellos defectuosos	Colocación incorrecta	Revisión de los sellos (mensual)			
			Fallos de los sinfines	Ruptura en las aletas sinfín	Revisión en los tornillos sinfín (anual)			

	Descarga (SD)	Técnico	Sensores mal calibrados	Des calibración	Revisión del pesaje de descarga (diario)			
			Desajuste de componentes mecánicos	Vibraciones excesivas	Análisis de vibración (anual)			
			Derrame de material	Juntas mal apretadas	Ajuste de juntas (mensual)	Dar un torque adecuado	En caso de escuchar ruidos extraños	Ajuste condicional (anual)
	Seguridad (SS)	Técnico	Oxidación	Presencia de humedad	Inspección visual en la estructura (diario)	Pintar el área afectada con pinturas basadas en epoxi		Si el área afectada no es de gran dimensión
			Falla de seguros	Desgaste de material	Revisión visual de seguros (diario)			
			Fisuras en la estructura	Desalineación de máquina	Revisión de la base de la máquina (mensual)	Reforzar con suelda especial las fisuras	En caso de escuchar ruidos extraños, desalineación, vibraciones	
	Ventilación (SV)	Técnico	Obstrucción en tuberías	Falta de limpieza	Limpieza en los ductos (mensual)			
			Ventilador deteriorado	Ruptura de las aspas	Inspección visual del ventilador (diario)	Reemplazar ventilador	En caso de presenciar sobrecalentamientos	En caso de que el ventilador este obsoleto
	Balanzas (01BA01)	Mecánico (SM)	Técnico	Ruptura en el gancho regla	Sobrecarga	Revisión de la estructura (diario)		

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO L. Panificación de tareas de mantenimiento.

EQUIPO	SISTEMA	TIPO DE FALLO	TAREA DE MANTENIMIENTO	DIARIO	MENSUAL	ANUAL
Mezcladora (01ME01)	Eléctrico (SE)	Funcional	Inspección visual del cableado (diario)	■		
	Mecánico (SM)	Funcional	Verificar estado de las bases (mensual)		■	
	Alimentación (SA)	Técnico	Inspección visual de corrosión (diario)	■		
			Análisis de vibración (anual)			■
			Inspección de fugas (diario)	■		
	Descarga (SD)	Técnico	Limpieza de superficies (diario)	■		
			Limpieza de tolva de salida (diario)	■		
	Pesaje (SP)	Técnico	Calibración de sistema (anual)			■
			Calibración de los lazos de pesaje (mensual)		■	
			Análisis de vibración (anual)			■
	Aspiración (SAP)	Técnico	Inspección visual de corrosión (diario)	■		

			Verificación visual del ventilador (diario)	Yellow		
			Ajuste de juntas (mensual)		Blue	
	Filtración (SF)	Técnico	Revisión correcta de la colocación del filtro (mensual)		Blue	
			Revisión de empaques (diario)	Yellow		
			Revisión de filtros (mensual)		Blue	
Elevadores(01E L01)	Control de carga (SCC)	Técnico	Inspección de sensores (diario)	Yellow		
			Calibración de sensores (diario)	Yellow		
			Limpieza de control de carga (diario)	Yellow		
	Mecánico (SM)	Funcional	Lubricación adecuada de la cadena (mensual)		Blue	
	Eléctrico (SE)	Funcional	Inspección de cableado (diario)	Yellow		
	Seguridad (SS)	Funcional	Inspección de compuertas (diario)	Yellow		
			Limpieza de seguros (diario)	Yellow		
			Limpieza del sistema (diario)	Yellow		

Silos (01SI01)	Carga (SC)	Técnico	Revisión de materia prima (diario)	■		
			Revisión de los sellos (mensual)		■	
			Revisión en los tornillos sinfín (anual)			■
	Descarga (SD)	Técnico	Revisión del pesaje de descarga (diario)	■		
			Análisis de vibración (anual)			■
			Ajuste de juntas (mensual)		■	
	Seguridad (SS)	Técnico	Inspección visual en la estructura (diario)	■		
			Revisión visual de seguros (diario)	■		
			Revisión de la base de la máquina (mensual)		■	
	Ventilación (SV)	Técnico	Limpieza en los ductos (mensual)		■	
			Inspección visual del ventilador (diario)	■		
	Balanzas (01BA01)	Mecánico (SM)	Técnico	Revisión de la estructura (diario)	■	

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO O. Check List de tareas de mantenimiento diarias.

EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE FALLO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLO	TAREA DE MANTENIMIENTO	SI	NO	OBSER.	
Molino(01MO001)	Eléctrico (SE)	Fallo de interruptores	Cables en mal estado	Inspección visual del cableado (diario)				
	Alimentación (SA)	Sobrecarga	Sobrestimación de la capacidad	Inspección visual de la carga (diario)				
		Corrosión	Humedad	Limpieza de superficies (diario)				
		Atascamiento de materia prima	Acumulación suciedad en la entrada a la alimentación	Limpieza de superficies (diario)				
	Descarga (SD)	Fugas en el proceso de descarga	Instalación incorrecta de los componentes	Inspección visual al momento de la descarga (diario)				
		Bloqueo del producto a la salida	Restos de productos anteriores	Limpieza de superficies (diario)				
	Aspiración (SAP)	Filtros saturados	Presencia de polvo	Inspección visual de las salidas de aire (diario)				
		Fugas en las tuberías de aspiración	Deterioro de las juntas y conexiones	Inspección visual para detectar signos de desgaste (diario)				
		Conductos de ventilación tapados	Acumulación de polvos y contaminantes	Limpieza de superficies (diario)				
	Filtración (SF)	Acumulación de residuos	Ausencia de limpieza	Limpieza de superficies (diario)				
		Filtros en mal estado	Acumulación de partículas	Limpieza de superficies (diario)				
	Mezcladora (01ME01)	Eléctrico (SE)	Cortocircuitos	Cableado mal estado	Inspección visual del cableado (diario)			
		Alimentación (SA)	Formación de grumos	Presencia de humedad	Inspección visual de corrosión (diario)			
			Oxidación	Exposición a humedad	Inspección de fugas (diario)			
Acumulación de residuos			Limpieza inadecuada	Limpieza de superficies (diario)				

	Descarga (SD)	Desgaste en la tolva de salida	Materiales abrasivos	Limpieza de tolva de salida (diario)				
		Conducto de aspiración obstruido	Presencia de humedad	Inspección visual de corrosión (diario)				
	Aspiración (SAP)	Extractor dañado	Daño en las aspas	Verificación visual del ventilador (diario)				
		Problemas de presión	Fugas en juntas	Revisión de empaques (diario)				
	Filtración (SF)	Sensores en mal estado	Degradación de los componentes por vida útil	Inspección de sensores (diario)				
Elevadores(01EL01)	Control de carga (SCC)	Falta de calibración	Sensores de calibración en mal estado	Calibración de sensores (diario)				
		Oxidación	Presencia de humedad	Limpieza de control de carga (diario)				
		Fusibles quemados	Sobrecarga de tensión eléctrica	Inspección de cableado (diario)				
	Eléctrico (SE)	Compuertas mal estado	Bisagras fisuradas	Inspección de compuertas (diario)				
	Seguridad (SS)	Seguros defectuosos	Obstrucción	Limpieza de seguros (diario)				
		Acumulación de impurezas	Limpieza inadecuada	Limpieza del sistema (diario)				
		Presencia de objetos extraños obstrucción	Materiales no adecuados	Revisión de materia prima (diario)				
	Silos (01SI01)	Carga (SC)	Sensores mal calibrados	Des calibración	Revisión del pesaje de descarga (diario)			
		Descarga (SD)	Oxidación	Presencia de humedad	Inspección visual en la estructura (diario)			
Seguridad (SS)		Falla de seguros	Desgaste de material	Revisión visual de seguros (diario)				
Ventilación (SV)		Ventilador deteriorado	Ruptura de las aspas	Inspección visual del ventilador (diario)				
Balanzas (01BA01)	Mecánico (SM)	Ruptura en el gancho regla	Sobrecarga	Revisión de la estructura (diario)				

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO P. Check List de tareas de mantenimiento mensuales

EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE FALLO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLO	TAREA DE MANTENIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION	
Molino(01MO01)	Mecánico (SM)	Incremento de ruido y vibraciones	Desgaste y ruptura de rodamientos	Realizar análisis de vibración (mensual)				
			Desgaste de juntas	Verificar y ajustar su tención (mensual)				
	Ajuste (SA)	Vibraciones	Desgaste en los soportes	Ajuste sistemático de pernos y tuercas (mensual)				
			Desajuste de puntos de pivote	Desgaste por el uso prolongado	Ajustes condicionales (mensual)			
			Desalineación	Desajuste de bases	Limpieza y ajuste de las bases (mensual)			
	Filtración (SF)	Fugas de aceite	Torque inadecuado en los pernos, sellos en mal estado	Proporcionar un torque de apriete adecuado (mensual)				
	Lubricación (SL)	Desgaste de piezas	Lubricante no adecuado	Aplicar lubricantes adecuados (mensual)				
Mezcladora (01ME01)	Mecánico (SM)	Fatiga de materiales	Fisuras en las bases	Verificar estado de las bases (mensual)				
	Pesaje (SP)	Problemas de calibración	Des calibración lazos de pesaje	Calibración de los lazos de pesaje (mensual)				
	Aspiración (SAP)	Presencia de objetos extraños obstrucción	Influencia de polvo	Ajuste de juntas (mensual)				
	Filtración (SF)	Fugas alrededor del filtro	Ajuste inadecuado	Revisión correcta de la colocación del filtro (mensual)				
			Usar filtros de mala calidad o inadecuados	Degradación rápida	Revisión de filtros (mensual)			
Elevadores (01EL01)	Mecánico (SM)	Ruptura de cadena	Falta de lubricación	Lubricación adecuada de la cadena (mensual)				
Silos (01SI01)	Carga (SC)	Sellos defectuosos	Colocación incorrecta	Revisión de los sellos (mensual)				
	Descarga (SD)	Derrame de material	Juntas mal apretadas	Ajuste de juntas (mensual)				
	Seguridad (SS)	Fisuras en la estructura	Desalineación de máquina	Revisión de la base de la máquina (mensual)				
	Ventilación (SV)	Obstrucción en tuberías	Falta de limpieza	Limpieza en los ductos (mensual)				

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO Q. Check List de tareas de mantenimiento anuales

EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE FALLO	DESCRIPCIÓN MODO DE FALLO	TAREA DE MANTENIMIENTO	SI	NO	OBSERVACIÓN
Mezcladora (01ME01)	Alimentación (SA)	Vibraciones en la tolva	Atascamientos de material en la tolva	Análisis de vibración (anual)			
	Pesaje (SP)	Atascamiento en las celdas de pesaje	Mala regulación	Calibración de sistema (anual)			
		Estructuras con desgaste	Vibraciones	Análisis de vibración (anual)			
Silos (01SI01)	Carga (SC)	Fallos de los sinfines	Ruptura en las aletas sinfín	Revisión en los tornillos sinfín (anual)			
	Descarga (SD)	Desajuste de componentes mecánicos	Vibraciones excesivas	Análisis de vibración (anual)			

Nota: Fuente de elaboración propia.

ANEXO R. KPI'S de los equipos antes de utilizar las tareas de mantenimiento

Elevadores

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{56 + 80 + 29 + 76 + 125 + 92 + 36 + 77 + 60}{9}$$

$$MTBF = 70.11$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{2 + 5 + 1,30 + 2 + 0,45 + 3 + 1,15 + 2 + 2}{9}$$

$$MTTR = 2,1$$

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{70,11}{70,11 + 2,1} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 97,09\%$$

Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda * t}$$

λ =tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{70,11} = 0,014$$

t=tiempo MBTF (horas)

e= Número de Euler (2,71)

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda * t}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = e^{-0,014 * 70,11}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = 0,3690$$

$$CONFIABILIDAD = 37,47\%$$

Mezcladora

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{102 + 78 + 40 + 66 + 17 + 93 + 44 + 236}{7}$$

$$MTBF = 84,5$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{4,15 + 3 + 1,10 + 3 + 2 + 2 + 5 + 0,30}{7}$$

$$MTTR = 2,93$$

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{84,5}{84,5 + 2,93} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 96,65\%$$

Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

λ =tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{84,5} = 0.011$$

t=tiempo MBTF

e= Número de Euler (2,71)

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = e^{-0,011*96.65}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = 0,3844$$

$$CONFIABILIDAD = 34,54\%$$

Balanza

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{80 + 139 + 40 + 233 + 175}{5}$$

$$MTBF = 133,4$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{0,30 + 2 + 5 + 2 + 1}{5}$$

$$MTTR = 2,06$$

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{133,4}{133,4 + 2,06} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 98,47\%$$

Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

λ =tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{133,4} = 0,0074$$

t=tiempo MBTF

e= Número de Euler (2,71)

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = e^{-0,0074*133,4}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = 0,3726$$

$$CONFIABILIDAD = 37,26\%$$

Silo

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{230 + 94 + 87 + 55 + 195}{5}$$

$$MTBF = 132,2$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{3 + 5 + 5 + 1 + 3}{5}$$

$$MTTR = 3,4$$

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{132,2}{132,2 + 3,4} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 97,49\%$$

Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda * t}$$

λ =tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{203,67} = 0,007$$

t=tiempo MBTF

e= Número de Euler (2,71)

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda * t}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = e^{-0,007 * 132,2}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = 0,3964$$

$$CONFIABILIDAD = 39,64\%$$

ANEXO S. KPI'S DESPUES DE UTILIZAR TAREAS DE MANTENIMIENTO

Mezcladora

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{232 + 126 + 64 + 141 + 184}{4}$$

$$MTBF = 188,75$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{6 + 3 + 2 + 2}{4}$$

$$MTTR = 3,25$$

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{188,75}{188,75 + 3,25} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 97.79\%$$

Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda * t}$$

λ = tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{188,75} = 0.005$$

t = tiempo MBTF

e = Número de Euler (2,71)

$$\text{CONFIABILIDAD} = R(t) = e^{-\lambda * t}$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = R(768) = e^{-0,005 * 188,75}$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = R(768) = 0,3892$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = 38,92\%$$

Elevadores

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{89 + 264 + 34 + 80 + 301}{4}$$

$$MTBF = 192$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{0,30 + 1 + 4 + 1}{4}$$

$$MTTR = 1,57$$

Disponibilidad:

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{90}{192 + 1,57} * 100$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = 99,18\%$$

Confiabilidad:

$$\text{CONFIABILIDAD} = R(t) = e^{-\lambda * t}$$

λ = tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{192} = 0,005$$

t=tiempo MBTF

e= Número de Euler (2,71)

$$CONFIAIBILIDAD = R(t) = e^{-\lambda * t}$$

$$CONFIAIBILIDAD = R(768) = e^{-0,005 * 192}$$

$$CONFIAIBILIDAD = R(768) = 0,3828$$

$$CONFIAIBILIDAD = 38,28\%$$

Silo

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{232 + 426 + 110}{2}$$

$$MTBF = 384$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{5 + 5}{2}$$

$$MTTR = 5$$

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{384}{384 + 5} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 98,71\%$$

Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

λ = tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{384} = 0,002$$

t = tiempo MBTF 3

e = Número de Euler (2,71)

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = e^{-0,002*384}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = 0,4639$$

$$CONFIABILIDAD = 46,39\%$$

Balanzas

MTBF: Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

$$MTBF = \frac{96 + 162 + 96 + 148 + 72 + 112 + 82}{6}$$

$$MTBF = 128$$

MTTR: Tiempo medio de reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación(horas)}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

$$MTTR = \frac{3 + 1 + 2 + 6 + 2 + 1}{6}$$

$$MTTR = 2,5$$

Disponibilidad:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{128}{128 + 2,5} * 100$$

$$DISPONIBILIDAD = 98,08\%$$

Confiabilidad:

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

λ = tasa de fracaso

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{128} = 0,008$$

t = tiempo MBTF

e = Número de Euler (2,71)

$$CONFIABILIDAD = R(t) = e^{-\lambda*t}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = e^{-0,008*128}$$

$$CONFIABILIDAD = R(768) = 0,3591$$

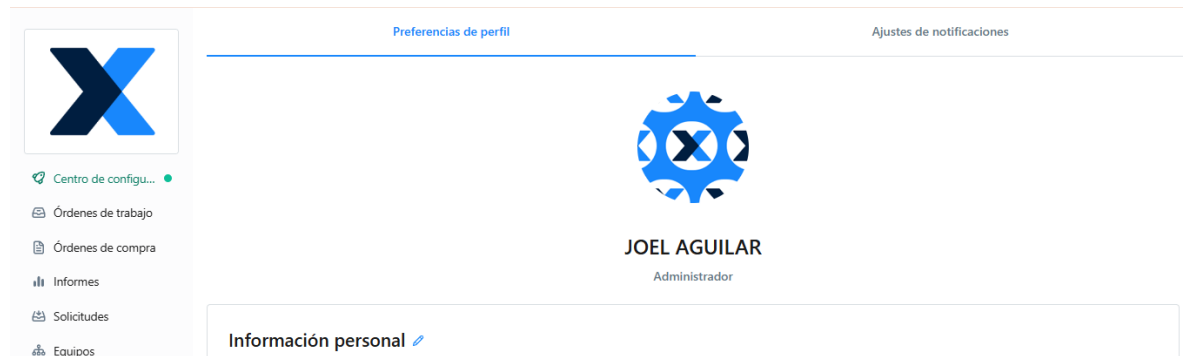
$$CONFIABILIDAD = 35,91\%$$

ANEXO T. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN MAINTAINX

Inicio de Sesión

Para ingresar a la plataforma, utiliza tus credenciales de acceso (usuario y contraseña).

Configuración inicial



Crear un equipo

Inicio de Sesión: Accede a la plataforma.

Creación del Equipo: Ingresa el nombre de tu organización o proyecto. Agrega detalles como:

Ubicación

Imagen del equipo

Número de serie

Archivos necesarios

Modelo del equipo y sus partes

Añadir Archivos o Fotos: Adjunta imágenes, manuales o documentos relevantes.

Equipos Vista del panel


Equipos

Crítica

Tipo de tiempo de in...

Estado

Ordenar por: **Nombre** : Orden ascendente

 molino En línea

En área de línea de producción de balan...

Crear una Orden de Trabajo

Nueva Orden: Definir el tipo de inspección según la planificación de mantenimiento.

Detalles de la Tarea: Especifica el nombre, descripción, prioridad y asigna la orden a un miembro del equipo.

Gestión de Activos

Añadir activos

Sección "Activos": Selecciona "Añadir Activo".

Detalles: Ingresa nombre, ubicación y número de serie.

Buscar

+ Nuevo Equipo

+ Añadir filtro


Mis filtros

molino [Editar](#)

Detalles Histórico

Estado Ver más >

En línea

Última actualización por  MantenerXel Ayer a las 2:51 PM.

Descripción

Este tipo de molino se utiliza principalmente en la trituración de materiales con alta dureza. Su mecanismo ocasiona que el producto final adquiera una forma circular.

Imágenes [Utilizar en una nueva Orden de Trabajo](#)

Asociar Activos a Órdenes de Trabajo

Vinculación: Relaciona los activos relevantes con las órdenes de trabajo para facilitar el seguimiento y mantenimiento.

Creación de formularios

Formularios personalizados: Crea formularios para inspecciones, listas de verificación o procedimientos específicos.

Asignar Formularios: Adjunta formularios a órdenes de trabajo o asigna directamente a los miembros del equipo.

Nueva Orden de Trabajo

Inspección diaria

Descripción

sistema eléctrico se verifica su funcionalidad diariamente

Asignar un

🔍 👤 JOEL AGUILAR ✕ ⌵

Crear

Nueva Orden de Trabajo

Equipo 🔍 👤 molino ✕ ⌵

Estados del equipo ● En línea ⌵

Recurrencia ⌵ Diario ⌵ **Tipo de trabajo:** Preventivo ⌵

🕒 🌙 🗓 🗓 🗓 🗓 🗓

Se repite cada día después de completar esta Orden de Trabajo.

Estado de las Órdenes de Trabajo

Revisión de Progreso: Monitorea las órdenes en la sección de órdenes de trabajo.

Estados Disponibles: "Abierto", "En Progreso" o "Completado".

Detalles e Informes: Explora datos y tableros personalizados para cada equipo.

Registro de Tiempo y Materiales

Notas: Registre el tiempo invertido y los materiales utilizados para cada tarea.

Comunicación en Equipo

Mensajes internos: Utiliza el chat para comunicarte directamente con los miembros del equipo.

Notificaciones: Configura alertas para actualizaciones de órdenes de trabajo, cambios de estado y mensajes.

< Editar Orden de Trabajo

Equipo

 molino ✕ ▾

Estados del Equipo

● Online ▾

Archivos

XLSX CODIFICACION2correccion.xlsx ✕

 **Adjuntar archivos**

Órdenes de Trabajo

Vista de tareas pendientes ▾

Q Buscar Órdenes de Trabajo


+ Nueva Orden de Trabajo

★ Tu prueba gratuita terminará en 29 días. Para seguir usando el Plan Premium de MaintainX, [agregar información de facturación.](#) ✕



Asignado a Fecha de vencimiento Ubicación Prioridad + Añadir filtro


 Mis filtros

Pendientes Completas

Ordenar por: **Prioridad: Más alto primero** ▾ 

Asignado a mí (1) ▾


-  **Inspección diaria**  #1
Solicitado por JOEL AGUILAR
Abierta ▾

Inspección diaria  Comentarios Editar ⋮

Estado

Abierta En espera En curso Completa Compartir externamente

Fecha de vencimiento Id. de orden de trabajo
Hoy #1

Asignado a
 JOEL AGUILAR

Informes y análisis

Generación de Informes: Acceda a informes detallados sobre el rendimiento del equipo y estado de los activos.

Exportación de Datos: Exporta informes en formatos como PDF o Excel para análisis o presentación.

Se Agregar los documentos cvs "Excel" de los equipos de línea de producción de balanceado AVIESA

1. Se añade Activos

Se va a la sección "Activos" y selecciona "Añadir Activo". Ingresar los detalles como nombre, ubicación y número de serie.

2. Asociar Activos a Órdenes de Trabajo

Se vincula los activos relevantes a las órdenes de trabajo para facilitar el seguimiento y mantenimiento.

3. Creación de formularios

Formularios personalizados: Crea formularios personalizados para inspecciones, listas de verificación o procedimientos específicos.

Asignar Formularios: Adjunta formularios a órdenes de trabajo o asigna directamente a los miembros para completar.

4. Estado de las Órdenes de Trabajo

aquí se puede revisar el progreso de las órdenes en la sección de órdenes de trabajo. Los estados pueden ser "Abierto", "En Progreso" o "Completado", también el estado de los equipos, los detalles de los informes, explorar datos y tableros personalizados de cada equipo

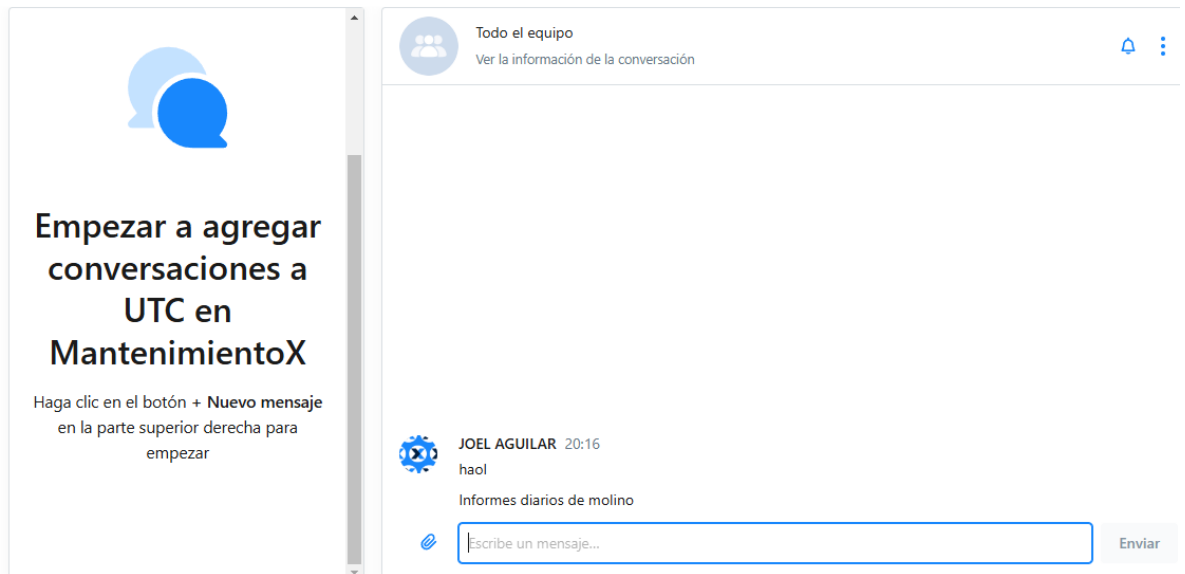
Registrar Tiempo y Materiales: Agregue notas sobre el tiempo invertido y los materiales utilizados para cada tarea.

5. Comunicación en Equipo

Mensajes internos: Utiliza la función de chat para comunicarte directamente con los miembros del equipo sobre tareas específicas.

Notificaciones: Configura notificaciones para mantenerte actualizado sobre nuevas órdenes de trabajo, cambios de estado y mensajes.

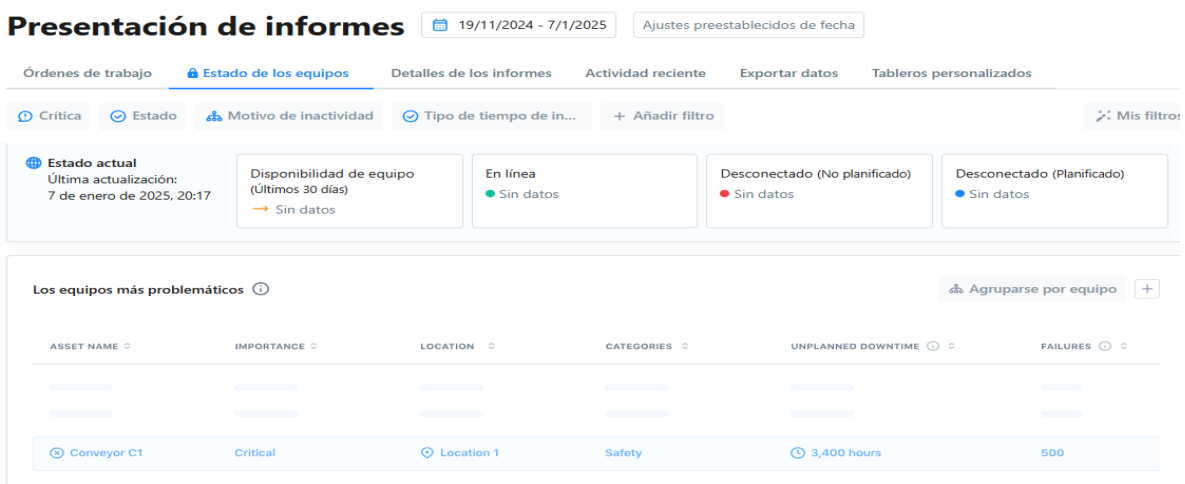
Mensajes



6. Informes y análisis

Generación de Informes: Acceda a informes detallados sobre el rendimiento del equipo, el estado de los activos y la finalización de órdenes de trabajo.

Exportación de Datos: Exporta informes en formatos como PDF o Excel para su análisis o presentación.



ASSET NAME	IMPORTANCE	LOCATION	CATEGORIES	UNPLANNED DOWNTIME	FAILURES
Conveyor C1	Critical	Location 1	Safety	3,400 hours	500

7. Seguimiento y Finalización de Tareas

Presentación de informes

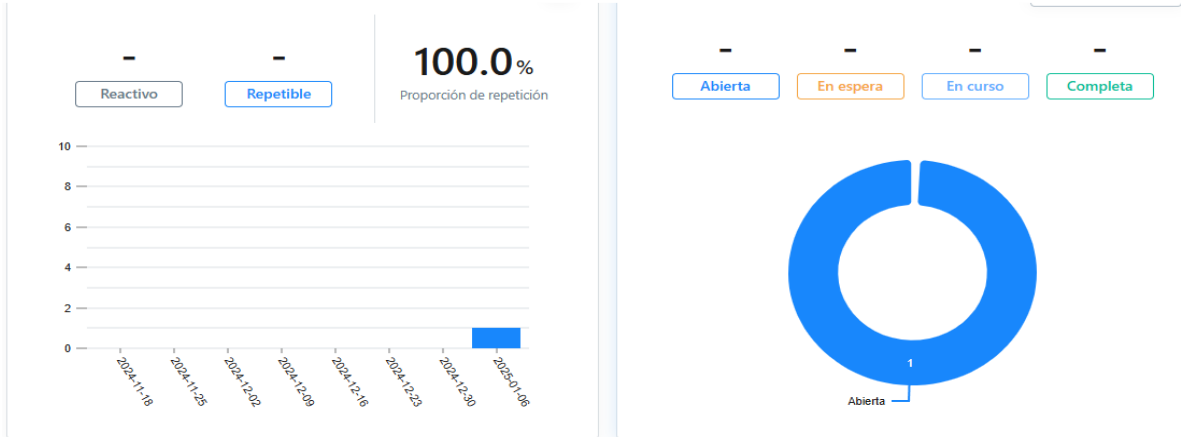
19/11/2024 - 7/1/2025

Ajustes preestablecidos de fecha

Exportar

Órdenes de trabajo Estado de los equipos Detalles de los informes Actividad reciente Exportar datos Tableros personalizados

Asignado a Fecha de vencimiento Ubicación Prioridad + Añadir filtro Mis filtros



Presentación de informes

19/11/2024 - 7/1/2025

Ajustes preestablecidos de fecha

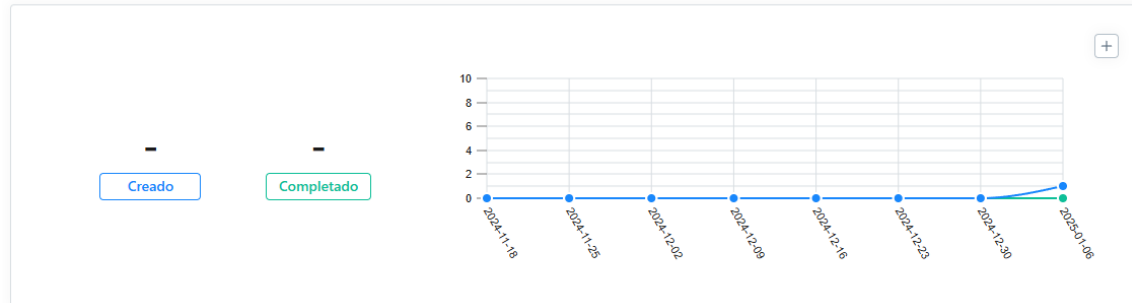
Exportar

Órdenes de trabajo Estado de los equipos Detalles de los informes Actividad reciente Exportar datos Tableros personalizados

Asignado a Fecha de vencimiento Ubicación Prioridad + Añadir filtro Mis filtros

Creado vs. Completado

Q. Creado vs. Completado



Agrupado por: Grupo Usuario Equipo Ubicación Categoría Tipo de equi... Proveedor