

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Escuela de Ingeniería Industrial

**“PROPUESTA DE MEJORA PARA REDUCIR LAS FALLAS EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE PELETIZADO DE LA EMPRESA ALIMENTOS
BALANCEADOS ALBACA”.**



Trabajo de grado sustentado por:

Alejandro Josué Pérez Rosario 19-2011

Juan Miguel Castro 19-0158

Para la obtención del grado de:

Ingeniero Industrial

Santo Domingo, D.N.

Julio, 2023

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	ii
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
DEDICATORIAS	xi
AGRADECIMIENTOS	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Descripción del Estudio	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.2.1 Antecedentes Internacionales	2
1.2.2 Antecedentes Nacionales.....	5
1.3 Planteamiento del Problema.....	7
1.4 Justificación	8
1.5 Motivación.....	10
1.6 Alcance.....	11
1.7 Limites.....	11
1.8 Objetivos	12
1.8.1 Objetivo General	12
1.8.2 Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Definiciones Básicas.....	13
2.1.1 Definiciones de Mantenimiento.....	13
2.1.2 Indicadores de Disponibilidad.....	17
2.1.3 Forma de codificar los activos de una planta.....	20
2.2 Marco Contextual.....	22
2.2.1 Historia de la industria de alimentos balanceados.....	22
2.2.2 Definición de la Empresa	23

2.2.3	Sector de Desarrollo.....	23
2.2.4	Misión, Visión, Valores.....	23
2.2.5	Organigrama de la empresa.....	25
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		26
3.1	Diseño, Enfoque, Alcance de la Investigación	26
3.1.1	Diseño.....	26
3.1.2	Enfoque de la investigación	26
3.1.3	Tipo de investigación.....	27
3.2	Población y Muestra.....	28
3.2.1	Población.....	28
3.2.2	Muestra.....	29
3.3	Instrumentos de Recolección, Análisis y Medición de Datos	31
3.3.1	Entrevista	31
3.3.2	Observación	31
3.3.3	El Diagrama de Pareto	32
3.3.4	Indicadores de Mantenimiento.....	32
3.3.5	Checklist.....	33
3.3.6	Análisis de criticidad.....	33
3.3.7	Mapa de Procesos.....	34
3.3.8	Diagrama de flujo.....	35
3.3.9	Diagrama de Pescado (Ishikawa).....	35
3.3.10	Los 5 ¿Por qué?	37
3.3.11	Distribución Weibull.....	37
CAPÍTULO IV: ESTUDIO TÉCNICO		41
4.1	Mapa De Procesos	41
4.2	Diagrama de Flujo.....	46
4.3	Entrevista	49
4.4	Levantamiento e inventario de los equipos.....	50

4.5	Diagrama de Pareto	52
4.6	Diagrama de Pareto de la máquina peletizadora	54
4.7	Diagrama de pescado (Ishikawa)	57
4.8	Análisis del diagrama de pescado mediante los 5 ¿Por qué?	58
4.9	Análisis de criticidad.....	63
4.9.1	Resultados del análisis de criticidad	63
4.10	Análisis de Confiabilidad Weibull.....	70
4.11	Evaluación de kpi (Key Performance Indicator)	100
4.11.1	Tiempo Medio entre Fallas (MTBF):	103
4.11.2	Tiempo Medio de Reparación (MTTR):	107
4.11.3	Disponibilidad	108
4.11.4	Costo promedio de reparación	110
4.11.5	Diagnóstico actual de la empresa.....	112
CAPÍTULO V: PROPUESTA DE MEJORA		114
5.1	Plan de mantenimiento preventivo	114
5.1.1	Actividades del plan de mantenimiento	117
5.1.2	Gestión de prioridad de recursos.....	127
5.1.3	Mejora de diagrama de flujo	129
5.1.4	Comparación de la vida útil de los componentes	137
5.2	Plan de Capacitación del personal (Área de Mantenimiento)	144
5.2.1	Plan de viáticos para el plan de capacitación.....	147
5.3	Fichas técnicas y/o Formularios.....	151
5.3.1	Ficha técnica de máquina peletizadora	151
5.3.2	Formulario de Orden de trabajo	152
5.3.3	Formulario de Solicitud de trabajo	155
5.3.4	Formulario de hoja de vida.....	157
5.3.5	Formulario de solicitud de compra	159

5.4	Corrida Especulativa del Impacto Potencial de un Plan de Mantenimiento Preventivo	160
5.5	KPI, Indicadores clave de rendimiento y Factibilidad del plan	163
5.5.1	Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)	164
5.5.2	Disponibilidad	166
5.5.3	El costo promedio por reparación	169
5.5.4	Análisis de la cantidad de dinero perdido	173
5.5.5	Inversión inicial	178
5.5.6	Costos y gastos totales de la propuesta	179
	CONCLUSIONES	183
	RECOMENDACIONES	185
	BIBLIOGRÁFICAS.....	186
	ANEXOS	191
	Anexo 1: Curso de Mantenimiento Industrial Básico en Infotep.....	191
	Anexo 2: Curso de Mantenimiento Productivo Total en Infotep	192
	Anexo 3: Empuñadura de Pistola de Grasa.....	193
	Anexo 4: CHEVRON REGAL R&O 220.....	193
	Anexo 5: Juego de Embudo de Plástico	194
	Anexo 6: Martillo de Goma con Mango de Fibra de Vidrio	194
	Anexo 7: Juego de Destornilladores de llave Dinamotrica	195
	Anexo 8: Gafas de Seguridad Antiniebla Dewalt.....	195
	Anexo 9: Guantes de Trabajo Extra.....	196
	Anexo 10 Casco con Borde Completo	196
	Anexo 11 Aves Premium.....	197
	Anexo 12 Cerdos Premium	197
	Anexo 13 Vacunos Premium.....	198
	Anexo 14 Cerdos Especial.....	198
	Anexo 15 Conejos, Cabras, Peces, Alimento Para Gallos.....	199
	Anexo 16 Materia Prima.....	199

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Equipos directamente relacionados con el proceso de peletizado.	28
Tabla 2: Equipos indirectamente relacionados con el proceso de peletizado.	28
Tabla 3 Equipos directamente relacionados con el proceso de peletizado.	51
Tabla 4: Equipos indirectamente relacionados con el proceso de peletizado.	51
Tabla 5: Diagrama de Pareto de las Máquinas.	52
Tabla 6: Diagrama de Pareto de las Fallas de la peletizadora.	54
Tabla 6: ¿5 Por qué? Análisis de causa raíz 1.	59
Tabla 7: ¿5 Por qué? Análisis de causa raíz 2.	60
Tabla 8: ¿5 Por qué? Análisis de causa raíz 3.	61
Tabla 9: ¿5 Por qué? Análisis de causa raíz 4.	62
Tabla 10: Parámetros de análisis de criticidad y puntuación.	63
Tabla 11: Impacto Operacional y puntuación.	64
Tabla 12: Flexibilidad Operacional y puntuación.	64
Tabla 13: Impacto de seguridad y medio ambiente y puntuación.	65
Tabla 14: Costo de mantenimiento y puntuación.	65
Tabla 15: Rúbrica del análisis de resultados.	66
Tabla 15: Incidencia y criticidad.	66
Tabla 16: Tabla de criticidad.	67
Tabla 17: Datos de la matriz.	71
Tabla 18: Datos MTBF de la matriz.	72
Tabla 19: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad matriz.	73
Tabla 20: Datos de rodamiento del eje principal.	75
Tabla 21: Datos MTBF del rodamiento del eje principal.	76
Tabla 22: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad rodamiento eje principal.	77
Tabla 23: Datos rodamiento de acondicionador.	79
Tabla 24: Datos MTBF rodamiento de acondicionador.	80
Tabla 25: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad rodamiento	81
Tabla 26: Datos del deflector.	83
Tabla 27: Datos MTBF del deflector.	84
Tabla 28: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad del deflector.	85

Tabla 29: Datos del buje frontal alimentador.	87
Tabla 30: Datos MTBF del buje frontal alimentador.	88
Tabla 31: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad buje frontal alimentador.	89
Tabla 32: Datos cuchilla cortadora.	91
Tabla 33: Datos MTBF de la cadena rodillo alimentador.	92
Tabla 34: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad cadena rodillo alimentador.	93
Tabla 35: Datos cuchilla cortadora.	95
Tabla 36: Datos para MTBF de la cuchilla cortadora.	96
Tabla 37: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad cuchilla cortadora.	97
Tabla 38: Datos para KPI, Costo de fallas y Duración, 2020.	100
Tabla 39: Datos para KPI, Costo de fallas y Duración, 2021.	101
Tabla 40: Datos para KPI, Costo de fallas y Duración, 2022.	102
Tabla 41: Codificación de equipo crítico.	115
Tabla 42: Rutina de mantenimiento.	116
Tabla 42: Codificación de equipo crítico y rutina de mantenimiento.	127
Tabla 44: Tabla de contenido; Curso Mantenimiento Industrial básico.	145
Tabla 45: Tabla de contenido; Curso Mantenimiento Productivo Total.	146
Tabla 46: Tabla de contenido; Curso Mantenimiento Productivo Total.	148
Tabla 47: Costo total del curso de mantenimiento industrial básico.	149
Tabla 48: Tabla de contenido; Curso Mantenimiento Productivo Total.	149
Tabla 49, Costo total del curso de mantenimiento productivo total.	150
Tabla 50: Tabla de solución de fallas y/o averías.	161
Tabla 51: Lista de parámetros no variables.	163
Tabla 52: Cuadro comparativo del MTBF del 2020.	164
Tabla 52: Cuadro comparativo del MTBF del 2021.	165
Tabla 53: Cuadro comparativo del MTBF del 2022.	166
Tabla 54: Cuadro comparativo de disponibilidad del periodo 2020.	167
Tabla 55: Cuadro comparativo de disponibilidad del periodo 2021.	168
Tabla 56: Cuadro comparativo de disponibilidad del periodo 2022.	169
Tabla 57: Cuadro comparativo de costo promedio por reparación 2020.	170
Tabla 58: Cuadro comparativo de costo promedio por reparación 2021.	171
Tabla 59: Cuadro comparativo de costo promedio por reparación 2022.	172
Tabla 60: Cantidad de dinero perdido en el periodo 2020.	173

Tabla 61: cuadro comparativo de la cantidad de dinero perdido 2020.....	174
Tabla 62: Cantidad de dinero perdido en el año 2021.	175
Tabla 63: cuadro comparativo de la cantidad de dinero perdido en el año 2021.	175
Tabla 64: Cantidad de dinero perdido en el año 2022.	176
Tabla 65: cuadro comparativo de la cantidad de dinero perdido en el año 2022.	177
Tabla 66: Tablas de herramientas necesarias para el mantenimiento	178
Tabla 67: Tablas de ahorro por tiempo de fuera de línea	179
Tabla 68: Tablas de ahorro por reducción de fallas	180
Tabla 69: Costo de implementación y desarrollo del plan de mantenimiento	182

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Códigos para equipos	20
Figura 2: Estructura del código de un elemento.	21
Figura 3: Estructura organizacional de Alimentos Balanceados ALBACA	25
Figura 4: Mapa de procesos de Alimentos Balanceados ALBACA.	41
Figura 5 Diagrama de flujo de Alimentos Balanceados ALBACA.	46
Figura 6: Diagrama de Pareto de Maquinarias.	53
Figura 7: Diagrama de Pareto de Fallas.	55
Figura 8: Diagrama de pescado (Ishikawa).	57
Figura 14: Recuento de Nivel de riesgo.	70
Figura 16: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad de la matriz.	75
Figura 17: Gráfica de rodamiento del eje principal.	76
Figura 18: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad del rodamiento de eje.	79
Figura 19: Gráfica del rodamiento de acondicionador.	80
Figura 21: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad rodamiento.	83
Figura 22: Gráfica del deflector.	84
Figura 23: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad del deflector.	87
Figura 24: Gráfica de del buje frontal alimentador.	88
Figura 25: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad del buje frontal.	91
Figura 26: Gráfica de la cadena rodillo alimentador.	92
Figura 27: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad de la cadena rodillo.	95
Figura 28: Gráfica de la cuchilla cortadora.	96
Figura 29: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad de la cuchilla cortadora.	99
Figura 30: Verificar aceite en moto variador	117
Figura 31: Engrasar con aceite cadena del alimentado	118
Figura 32: Cambio de deflector	119
Figura 33: Engrasar rodamientos	120
Figura 34: Retirar dado	121
Figura 35: Conservación del dado	122
Figura 36: Lubricar caja de engranajes	123
Figura 37: Drenar Agua de caja de engranaje	124

Figura 38: Lubricar rodamiento del eje principal	125
Figura 39: Engrasar soporte de cuchillas cortadoras	126
Figura 40: Mejora al diagrama de Flujo e Integración del checklist	129
Figura 41: Checklist de comprobaciones iniciales.	132
Figura 42: Checklist Intervención de maquinaria.	133
Figura 43: Diagrama de flujo de las actividades	134
Tabla 43: Análisis comparativo del MTBF y horas de funcionamiento	142
Figura 44: Ficha técnica maquina pelletizadora 2023.	151
Figura 45: Ficha Orden de trabajo, 2023.	152
Figura 46: Formulario de Solicitud de trabajo, 2023.	155
Figura 47: Formulario de hoja de vida, 2023.....	157
Figura 48: Solicitud de compra, 2023.	159

DEDICATORIAS

A mi madre Zeneida María Rosario Almanzar, por mostrarme su apoyo desde el inicio y sacrificarse para que tenga una educación ejemplar y determinante en mi vida.

A mis tíos Héctor Rosario y Darío Rosario, por apoyarme y estar conmigo siendo de apoyo hacia mi madre con respecto a mi educación y desarrollo.

A mi tía Griselda Mencía, que junto con mi madre me apoyaron y me ayudaron con lo que necesitaba.

A mis hermanos especialmente a Bryan Pérez, por estar pendiente de mí y apoyarme de manera incondicionalmente.

Alejandro Pérez

Agradezco a Dios por guiarme y brindarme la oportunidad de culminar exitosamente mi tesis.

Mi más profundo agradecimiento a mis padres, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental en mi trayectoria académica.

A mis hermanas y hermano, agradezco su constante compañía y sacrificio en mi camino hacia este logro.

A mi familia cercana, les dedico este logro con gratitud y reconocimiento por su amor, apoyo y confianza inquebrantable.

Su influencia ha sido crucial en mi crecimiento personal y en el éxito de mi tesis.

Juan Miguel Castro

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi madre Zeneida Rosario, por acompañarme en este proceso de la tesis y en la universidad, que siempre estuvo para mí y me apoyó incondicionalmente, y que hizo un gran esfuerzo para poder estudiar y llevarme por el camino en el que me visualizaba.

Agradezco a mi hermano Bryan Perez, que me ha ayudado en este transcurso siendo de apoyo en diferentes momentos y por su disponibilidad. De igual manera a Estephany Pérez, por darme alientos en los momentos más complicados y siempre estar pendiente a lo que necesitaba.

A mi Tío Héctor Rosario, por darme la oportunidad de llevar este trabajo de grado a cabo y junto a la empresa Alimentados Balanceados ALBACA S.R.L, que nos suministraron las informaciones necesarias,

Mis amigos de la universidad Shalia Mena, Yolimir Cross, Edgar Ventura, Derek Mesa, Camila Santana y Carla Sosa, por estar conmigo en el proceso y seguirme por las diferentes travesías que hemos vivido en la universidad. A mi compañero de tesis Juan Castro, por la disponibilidad y la dedicación que le ha dado, y que de manera conjunta pudimos resolver y conectar con los diferentes retos que presentó esta tesis.

De igual manera, agradecer a nuestro Asesor José Enrique Ramírez, por su disposición y tiempo, que nos dedicó para poder sacar este trabajo de grado adelante, y también a nuestra directora Nelbry Zapata, por siempre preocuparse por nosotros.

Alejandro Pérez

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme hasta este punto y brindarme la oportunidad de culminar con éxito mi carrera universitaria.

A mis amados padres, Marianela de Jesús y José Antonio Nuñez, les agradezco su amor, abnegación y total entrega en mi crecimiento y desarrollo como ser humano. Han sido mi fuente de inspiración y me han demostrado que, con dedicación y disciplina, todo es posible. Sin ustedes, no sería quien soy hoy. Los amo profundamente.

Agradezco también a mis abuelos, madrina, tías y padre biológico por brindarme un apoyo incondicional y por poner su fe y esperanza en mí y mi futuro.

A mis compañeros universitarios, Odelis Peralta, Lía Diloné, Edwin Samboy, Maximiliano Martes, José Rodríguez, Alejandro Perez y todos aquellos que han sido parte de mi crecimiento como estudiante y persona, les agradezco su apoyo, cariño, motivación y compañía. Juntos hemos superado desafíos y compartidos momentos inolvidables.

Quiero expresar mi gratitud a la Escuela de Ingeniería Industrial por todo el apoyo recibido a lo largo de mi carrera universitaria. Especialmente agradezco a nuestro asesor José Enrique Ramírez y a los profesores Nelbry Zapata, Jorge Encarnación, Alexis Parra, Carlos Leger, Claudia Peña, Julia Castillo. Su conocimiento y orientación han sido fundamentales en mi formación académica.

Gracias a todos por ser parte de mi camino y contribuir a mi éxito.

Juan Miguel Castro

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mantenimiento industrial ha evolucionado con el pasar de los años, y con el tiempo pasó de verse como un costo para la empresa a un beneficio, porque las actividades de mantenimientos aportan valor ya que evitan que aparezcan otros costos ligados al mal funcionamiento de los componentes, equipos o sistemas. De igual manera evitando pérdidas en la producción por la indisponibilidad de estos.

Hoy en día muchas empresas en República Dominicana aplican en su mayoría lo que es el mantenimiento correctivo, el cual se hace cuando la falla ya ocurrió en el componente, equipo o sistema. Lo cual disminuye la disponibilidad de estos y sus años de vida por su mal mantenimiento, lo que provoca paros en la producción.

Este es el caso de la empresa Alimentos Balanceados ALBACA es una moderna industria de fabricación de alimentos para animales domésticos, la cual fue fundada el 19 de agosto de 1962. Es una empresa totalmente dominicana, la cual contribuye de manera decisiva en el desarrollo del país constituyendo un mercado permanente para la ganadería en sus distintas variedades. Por lo tanto, se va a plantear la propuesta de mejora que permita la reducción de las fallas del proceso productivo de peletizado, para que a futuro si aplican este plan puedan aumentar la disponibilidad de sus maquinarias y poder reducir en cierta medida las fallas o averías.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, si se tiene una gestión óptima del mantenimiento, ayudará a tener un flujo de producción que se convierta en continuo y reducir costos, ofreciendo así una ventaja competitiva con respecto a la competencia.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 Descripción del Estudio

El estudio tiene como objetivo principal proponer un plan de mejora que permita reducir los malos funcionamientos en el proceso productivo de la empresa Alimentos Balanceados ALBACA. Para lograr este objetivo, se llevará a cabo un estudio de caso en la empresa en cuestión, que consistirá en la recopilación y análisis de datos relevantes sobre el proceso productivo y los problemas de mantenimiento que enfrenta la empresa.

Se utilizará una metodología mixta que incluirá métodos cuantitativos y cualitativos. En la primera etapa del estudio, se llevará a cabo una revisión documental para recopilar información relevante sobre el proceso productivo de la empresa, su historial de mantenimiento y las averías recurrentes que se han presentado. Posteriormente, se realizaron entrevistas y encuestas a los trabajadores de la empresa para obtener información adicional sobre el proceso productivo, las tareas de mantenimiento y los desperfectos que se han observado.

Con base en la información recopilada, se llevará a cabo un análisis de los datos para identificar los errores más comunes en el proceso productivo y las áreas que requieren de mayor atención en términos de mantenimiento preventivo. A partir de este análisis, se diseñará un plan de mantenimiento preventivo que permita abordar las fallas identificadas y garantizar una operación más eficiente y segura del proceso productivo.

Finalmente, se realizará una evaluación del plan de mantenimiento preventivo propuesto para determinar su efectividad en la reducción de los problemas en el proceso

productivo de la empresa. Los resultados del estudio serán de utilidad para la empresa Alimentos Balanceados ALBACA y para otras empresas del sector que enfrentan problemas similares en su proceso productivo.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes Internacionales

Jorge Gonzales, 2016 realizó un trabajo de investigación denominada “Proponer un mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa LATERCER S.A.C”, en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de la facultad de ingeniería y de la escuela de ingeniería industrial. La necesidad de este plan de mantenimiento surgió para reducir el mantenimiento correctivo, así evitando las paradas en la línea de producción, lo que ocasiona caos, tiempo perdido e incumplimiento de la demanda y también tener un promedio de quince paradas mensuales en la línea de producción.

Se elaboraron cuatro tarjetas de mantenimiento para el molino de tierra y cuatro para la amasadora, con metas claras y precisas. Estas tarjetas describen las partes del equipo, los mantenimientos de lubricación y limpieza, la inspección periódica y las tareas diarias, semanales y mensuales. El trabajo de grado demuestra cómo la aplicación de un buen mantenimiento preventivo tuvo resultados positivos, ya que la producción de ladrillos semanales se redujo de 410,557 millares a 49,266 millares. Esto destaca la importancia del mantenimiento preventivo como una inversión a largo plazo para la empresa, en lugar de ser simplemente un gasto.

María Del Carmen, 2019 en su trabajo de investigación de nombre “Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad en la empresa procode S.a.c para la reducción de pérdidas económicas”, en la universidad católica santo toribio de Mogrovejo, en la facultad de ingeniería industrial. Tuvo como objetivo evitar averías manteniendo la maquinaria, el equipo y las instalaciones de producción en las mejores condiciones posibles durante los tiempos de producción logrando una eficiencia óptima y trabajando juntos para impulsar las ganancias de la empresa.

Se realizaron varias tareas importantes, como diseñar un plan de mantenimiento preventivo, capacitar al encargado del área de mantenimiento, diseñar un presupuesto anual para el mantenimiento preventivo y esquematizar el proceso de mantenimiento. Como resultado, el plan de mantenimiento preventivo logró reducir las pérdidas financieras en un 95%. Para una mejor gestión, se propuso incorporar una filosofía, política y objetivos de mantenimiento, así como archivar y utilizar informes de actividad para preparar el próximo plan anual de mantenimiento. También se implementó un nuevo y regular proceso de mantenimiento preventivo que permite al personal responsable llevar a cabo las actividades necesarias.

Darío Rolando Loya, 2020 realizó un trabajo de investigación, titulado “Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para el área de abastecimiento corte térmico de la empresa SEDEMI”. Teniendo como objetivo diseñar un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de la técnica termográfica para el mejoramiento de la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria crítica en el área de abastecimiento de corte térmico de la empresa SEDEMI.

Se realizaron varias tareas importantes en la empresa, incluyendo el diagnóstico de la situación, el análisis de criticidad, cambios en los procesos operativos y de mantenimiento, y la estandarización de los procedimientos. Después de identificar la maquinaria en el área de abastecimiento de corte térmico, se encontraron tres equipos críticos mediante el análisis de criticidad. Es crucial intervenir de inmediato en estos equipos, ya que su falla afecta significativamente los resultados de la empresa. Al revisar el manual técnico HyPerformance Plasma HPR260XD, se identificaron los elementos y componentes críticos del sistema de plasma. Además, se recomendó hacer un seguimiento gradual de los indicadores en las áreas críticas.

Cristhian Javier Ccoyo, 2021 realizó una investigación de su trabajo de grado denominada “Proponer un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa inversiones Millma Perú SAC.”, en la Universidad Tecnológica del Perú de la Facultad de Ingeniería. La idea de hacer este plan de mantenimiento preventivo surgió porque la empresa presentaba un elevado número de fallas.

Se diagnosticó la situación de las máquinas y se seleccionaron los equipos críticos. Se eligió un sistema informático para gestionar el mantenimiento preventivo. Los equipos críticos son las máquinas nro. 3, 4 y 5 con niveles de criticidad de 88, 92 y 120. Se utilizó el software MP versión 10 para la gestión del mantenimiento. La propuesta es viable económicamente y reduce los gastos en un 60.23%. Este trabajo de grado utiliza diversas metodologías para priorizar y determinar la importancia de las máquinas, y aplica un software de mantenimiento para optimizar el plan de mantenimiento.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

El estudio fue realizado por Giandino Manuel Peña León y Rubén George Feliz Slujalkovsky, en su trabajo de investigación de nombre “Manual De Mantenimiento De Maquinarias Para La Industria De Inyección Y Soplado De Botellas Plásticas”, esta tesis se enfocó en la Implementación del Manual de Mantenimiento de Maquinarias para la Industria de Inyección y Soplado de Botellas Plásticas.

Implementar la Filosofía Japonesa de las 5S. Esta filosofía permitirá un mayor mejor desenvolvimiento dentro de la planta debido a que permite mantener la planta en óptimas condiciones de trabajo, mediante la implementación de la “organización”, el “orden”, la “limpieza”, la “estandarización” y por último la “disciplina”. Con estas medidas llevadas a cabo correctamente se podrá mantener el área de trabajo siempre limpia y en orden. Adiestramiento y capacitación de los operadores de las máquinas y ayudantes en Mecánica Básica (Infotep).

La implementación del Manual de Mantenimiento, la aplicación de la Filosofía de las 5S y el adiestramiento en Mecánica Básica para los empleados, son elementos complementarios a nuestro trabajo de grado sobre la reducción de los problemas en el proceso productivo de peletizado. Estas medidas ayudarán a prevenir averías en las máquinas y a mejorar las habilidades y conocimientos de los empleados para abordar y solucionar problemas relacionados con el mantenimiento. (Peña & Feliz, 2006) CASO: Industrias Innopack Del Caribe S. A.

Jorge Gómez Núñez, 2012 desarrolló una “Propuesta para la implementación de mantenimiento productivo total (TPM) como herramienta de mejora continua y

optimización de procesos”, se evaluó una situación inicial y se determinó la necesidad de aumentar la meta de producción a 2.2 millones de libras semanales. Para lograrlo, se decidió implementar TPM (Total Productive Maintenance) con el objetivo de mantener los equipos en óptimas condiciones de operación. Como resultado de esta implementación, se lograron varios avances, incluyendo una reducción del 69.9% en el tiempo de paradas por mantenimiento correctivo, una mejora del 34% en la eficiencia y un incremento del 46% en el OEE (Overall Equipment Effectiveness) de la máquina.

Además, se observaron mejoras intangibles pero significativas, como empleados con un mayor conocimiento de los equipos que operan, mayor compromiso y motivación de los empleados con el desarrollo organizacional, y una mejor condición visual del equipo una vez finalizada la implementación de TPM.

Este trabajo de grado da una mejor visión de cómo un buen mantenimiento o un plan puede influir en la reducción de costos de repuestos, como esta aumenta la eficiencia de las maquinarias y de igual manera en el aumento de la productividad, y disponibilidad de las maquinarias.

En un estudio realizado por Rodríguez y Torres (2018), en su trabajo de investigación nombrado “Análisis de las fallas en el proceso productivo de una empresa de alimentos balanceados”, se identificaron las principales fallas en el proceso productivo de la empresa, siendo la falta de mantenimiento preventivo una de las principales causas de los errores en la maquinaria y equipos utilizados en la producción de alimentos balanceados. Este hallazgo destaca la importancia de implementar un plan de

mantenimiento preventivo efectivo en el sector alimentario para reducir las malas incidencias en el proceso productivo y mejorar la eficiencia de la empresa.

1.3 Planteamiento del Problema

El diagnóstico de la situación en Alimentos Balanceados ALBACA S.R.L revela, a simple vista, desafíos en su proceso operativo. Se han observado falta de estandarización en las labores de mantenimiento, lo cual afecta la puntualidad en la entrega de pedidos. Además, se han identificado imprevistos en la producción y gastos de reparación no previstos.

Durante la investigación, se evidenció que las fallas presentaron efectos secundarios en componentes adicionales, generando mayores costos de reparación y un prolongado tiempo de inactividad. Por ejemplo, en el año 2020, la máquina peletizadora estuvo inoperativa durante 122 horas, equivalentes a 15.25 días laborables, debido a 13 fallas. En ese período, el menor uso de maquinaria debido a la pandemia de COVID-19 redujo los defectos, pero también provocó grandes pérdidas debido al costoso mantenimiento correctivo, con un valor de RD\$ 385,737.53.

En el año 2021, la empresa experimentó siete fallas y veintiuna averías, lo que representó un tiempo de inactividad de 222 horas, alrededor de 27.75 días laborables, es decir, casi un mes. La mayoría de estas averías fueron significativas, siendo la más costosa valorada en RD\$ 51,425.78. En suma, los costos de las averías ascendieron a RD\$ 294,431.38, lo que afectó la pérdida de clientes clave. Dichos problemas se derivaron de dificultades en el mantenimiento, combinadas con los impactos de la

pandemia de COVID-19 y la escasez de insumos, lo que resultó en incumplimientos de plazos de entrega.

En el año 2022, la máquina peletizadora experimentó cuatro fallas y dieciséis averías, lo que ocasionó 233 horas de tiempo de inactividad, aproximadamente 29.125 días laborables. Durante este período, la frecuencia de las averías puso en riesgo la relación con un cliente importante. La avería más costosa registrada durante este año ascendió a RD \$160,000, y su reparación llevó 10 días. Durante este tiempo, la empresa no pudo satisfacer la demanda de sus clientes y perdió valiosos pedidos.

Ante los retos evidentes que enfrenta la empresa, resulta primordial implementar mejoras eficientes y oportunas en sus procesos para mantenerse competitivos en el mercado.

1.4 Justificación

La comprensión y análisis de las fallas de la máquina peletizadora cobra una relevancia crucial, dado que la empresa consta con 54 productos, dentro de los cuales 23 se presentan en formato peletizado, lo cual representa un 42.59%. Identificar las causas raíz de las averías nos permitirá desarrollar estrategias efectivas para prevenir futuros problemas, mejorar la eficiencia y reducir tiempos de inactividad. Al abordar de manera proactiva estas fallas, lograremos una producción más consistente, una mayor calidad del producto final y un uso más eficiente de los recursos, fortaleciendo así la competitividad y rentabilidad de nuestra empresa en el mercado de alimentos balanceados.

La importancia de analizar las fallas de la maquinaria peletizadora radica, en que es la responsable de producir la presentación principal de la mayoría de sus productos que es la forma pellets, lo que la convierte en un componente crítico de la producción. Las fallas en este proceso pueden tener un gran impacto en la productividad, eficiencia y calidad del producto final. Además, pueden plantear riesgos para la seguridad laboral. Resolver las problemáticas en la máquina peletizadora puede conducir a una mejora significativa en la operación de la empresa, así como a una mayor eficiencia, calidad y seguridad laboral a largo plazo.

En primer lugar, el análisis de fallas permite identificar las causas raíz de los problemas que ocurren en la maquinaria peletizadora. Al comprender las causas detrás de las fallas, la empresa puede implementar medidas correctivas específicas para prevenir su recurrencia en el futuro. Esto implica realizar un estudio detallado de los fallos, investigar los factores que los desencadenan y determinar las acciones necesarias para evitar su repetición.

Además, la interpretación del análisis ayuda a mejorar la eficiencia del proceso productivo al reducir los tiempos de inactividad no planificados. Al comprender las fallas y su impacto en la producción, se pueden desarrollar estrategias para minimizar el tiempo requerido para diagnosticar y reparar los equipos averiados. Esto conduce a una menor interrupción en la producción y a una mayor eficiencia operativa.

Asimismo, el estudio contribuye a optimizar los recursos y los costos de mantenimiento y reparación. Al identificar las fallas recurrentes o críticas, la empresa puede tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos y la planificación de

mantenimiento. Esto implica priorizar las áreas de mayor riesgo y establecer planes de mantenimiento específicos que aborden las necesidades reales de la maquinaria peletizadora. Como resultado, se pueden evitar gastos innecesarios en reparaciones no planificadas y mejorar la gestión de los recursos disponibles.

En conclusión, la investigación de la maquinaria peletizadora ofrece beneficios significativos para Alimentos Balanceados ALBACA. Al complementarlo con un enfoque en la identificación y solución de fallas, la empresa puede mejorar su eficiencia, reducir los costos asociados a reparaciones y mantenimiento, y fortalecer su competitividad en el mercado de alimentos balanceados. Por lo tanto, es justificado y beneficioso considerar el análisis de fallas como una parte integral de las estrategias de mejora para la empresa.

1.5 Motivación

La motivación detrás de este trabajo de grado es explorar cómo un buen análisis de las fallas puede mejorar la eficiencia del proceso productivo de la empresa Alimentos Balanceados ALBACA y reducir las fallas en el mismo. El mantenimiento industrial es una disciplina esencial en la gestión de la producción, y este proyecto busca profundizar en ella y aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera para proponer una solución efectiva a los problemas que enfrenta la empresa.

La elección de Alimentos Balanceados ALBACA como objeto de estudio se debe a la oportunidad que se obtuvo para colaborar con la empresa en el ámbito profesional. Además, durante la pasantía en la empresa se pudo apreciar la necesidad de mejoras en el

proceso productivo, y se consideró que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podría ser una solución efectiva para abordar estos problemas.

Este proyecto es relevante porque la eficiencia del proceso productivo de una empresa es fundamental para su competitividad en el mercado y para cumplir con las demandas de los clientes. Las fallas en el proceso productivo pueden tener consecuencias negativas significativas, como retrasos en la producción, aumento de los costos de mantenimiento y reparación, y riesgos para la seguridad de los trabajadores.

Por lo tanto, analizar los datos de las fallas en las maquinarias del proceso productivo de peletizado, permitirá reducir las deficiencias y puede tener un impacto positivo en la empresa, mejorando su eficiencia y competitividad, reduciendo los costos de mantenimiento y reparación, y mejorando la seguridad de los trabajadores.

1.6 Alcance

- Se analizarán las imperfecciones en el proceso productivo de peletizado, para determinar el problema principal.
- Se evaluarán los indicadores pertinentes para identificar las fallas en el proceso productivo de peletizado.
- Se realizará una propuesta de mejora para el proceso productivo de peletizado.

1.7 Limites

- Se tomará en cuenta el proceso productivo de peletizado y priorizando la maquinaria crítica en base a los resultados obtenidos.

- Los datos para los indicadores de mantenimiento serán del año 2020-2022.

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta de mejora que permita la reducción de las fallas en el proceso productivo de peletizado de la empresa Alimentos Balanceados ALBACA.

1.8.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información técnica sobre el proceso de peletizado y analizar la causa raíz de los problemas de producción encontrados.
- Realizar análisis de criticidad para determinar la maquinaria clave del proceso de peletizado.
- Evaluar los indicadores de mantenimiento para tener un diagnóstico de la maquinaria crítica del proceso de peletizado.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas críticas del proceso de peletizado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Definiciones Básicas

2.1.1 Definiciones de Mantenimiento

Mantenimiento correctivo: Son todas las actividades para corregir las causas de las fallas, ejecutadas en los equipos, máquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad del servicio para la cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio. (García Palencia, 2012)

Mantenimiento preventivo: Es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos. Con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de esos elementos, que pueden ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aún en estado inicial de desarrollo. (Patton, 1995)

Sus principales ventajas frente a otros tipos de tareas de mantenimiento son: Evita averías mayores como consecuencia de pequeñas fallas. Prepara las herramientas y repuestos. Aprovecha para realizar las reparaciones en el momento más oportuno tanto para producción como para mantenimiento. Distribuye el trabajo de mantenimiento optimizando la cuadrilla de reparación. Y disminuye la frecuencia de los paros, pero los

aprovecha para realizar varias reparaciones diferentes al mismo tiempo (Navarro Elola et al., 1997).

Mantenimiento Predictivo: Estudia la evolución temporal de ciertos parámetros para asociarlos a la ocurrencia de fallas, con el fin de determinar en qué período de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de los estándares, para planificar todas las tareas proactivas con tiempo suficiente, para que esa avería no cause consecuencias graves ni genere paradas imprevistas de equipos. (Mora Gutiérrez & Mora, 2000)

Algunas de las ventajas del mantenimiento predictivo son:

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente el órgano que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Realiza la verificación de la condición de estado y monitoreo en tiempo real de la maquinaria, tanto la que se realiza en forma periódica como la que se hace de carácter eventual.
- Maneja y analiza un registro de información histórica vital a la hora de la toma de decisiones técnicas en los equipos.
- Define los límites de tendencia relativos a los tiempos de falla o de aparición de condiciones no estándar.
- Posibilita la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Facilita la confección de formas internas de funcionamiento, o compra de nuevos equipos.

- Provee el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizado por el mantenimiento correctivo.

Mantenimiento Productivo Total (TPM): Es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo industrial, que permite con la participación total de la organización tener equipos de producción siempre listos. (García Palencia, 2012)

El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) define al TPM en los siguientes términos:

“El TPM se orienta a maximizar la efectividad de los equipos (mejorar la eficiencia y la eficacia global) implantando un modelo de mantenimiento productivo de alcance amplio, que cubre la vida entera de la maquinaria, involucrando todas las áreas vinculadas con los equipos (planificación, producción, mantenimiento, etc.), con la participación total del personal, desde la alta dirección hasta los operarios de bajo nivel, para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión, de la motivación, o las actividades de pequeños grupos voluntarios”

El TPM incluye las cinco metas siguientes:

- Mejora de la Eficacia de los Equipos.
- Mantenimiento Autónomo por Operadores.
- Planeación y programación óptima de un Sistema Proactivo.
- Mejoramiento de la habilidad operativa del personal.
- Gestión Temprana de Equipos para evitar problemas futuros.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM): Es un enfoque sistémico para diseñar planes y programas que aumenten la confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para lo cual combinas técnicas de AM (Mantenimiento Autónomo), CM (Correctivo), PM (Preventivo) y CBM, mediante estrategias justificadas técnica y económicamente. La información almacenada en las hojas de trabajo del RCM minimiza los efectos de rotación de personal y de falta de experiencia. (García Palencia, 2012)

El objetivo primario del RCM es conservar la función de sistema, antes que la función del equipo. La metodología lógica del RCM, que se deriva de múltiples investigaciones, se puede resumir en seis pasos:

- Identificar los sistemas básicos de la planta y definir sus funciones principales.
- Identificar los modos de falla que puedan producir cualquier falla funcional.
- Jerarquizar las necesidades funcionales de los equipos mediante el Análisis de Criticidad.
- Determinar la criticidad de los efectos de las fallas funcionales.
- Emplear el diagrama de árbol lógico para establecer la estrategia de mantenimiento.
- Seleccionar las actividades proactivas, más convenientes, u otras acciones que conserven la función del sistema.

De acuerdo con la norma SAE – JA 1011 editada en agosto de 1999, un programa de RCM debe garantizar que las siguientes siete preguntas básicas sean contestadas satisfactoriamente en la secuencia mostrada:

- ¿Cuáles son las funciones principales asociadas al activo en su actual contexto operacional? (funciones).
- ¿De qué manera no se satisfacen sus funciones? (fallas funcionales).
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (modos de falla).
- ¿Qué sucede cuando ocurren las fallas? (efectos de las fallas).
- ¿De qué manera puede afectar cada tipo de fallas? (consecuencias de las fallas).
- ¿Qué puede hacerse para prevenir, o para predecir las fallas? (tareas probables e intervalos de las tareas).
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? (acciones preestablecidas).

2.1.2 Indicadores de Disponibilidad

Disponibilidad Total: Es uno de los indicadores más importantes de la planta. Es el cociente de dividir el n.o de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el n.o de horas totales de un periodo. (García Garrido, 2003):

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas paradas por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

Luego de obtener la disponibilidad de cada equipo crítico, por esta fórmula se obtiene lo que es la disponibilidad total:

Disponibilidad total = Σ Disponibilidad de equipos significativos/ N.º de equipos significativos

MTBF (MID TIME BETWEEN FAILURE, TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS): “Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:” (García Garrido, 2003):

$MTBF = N.º \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado} / N.º \text{ de Averías}$

MTTR (MID TIME TO REPAIR, TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN): “Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución:” (García Garrido, 2003):

$MTRR = N.º \text{ de horas de paro por averías} / N.º \text{ de Averías}$

Por simple cálculo matemático es sencillo deducir que:

Disponibilidad por averías = $MTBF - MTTR / MTBF$

Horas totales de parada: “Es la suma de todas las horas de parada que ha sufrido un determinado ítem en el periodo analizado”. (García Garrido, 2003)

Número de paradas: “Representa el número total de eventos que han provocado paradas debidos a mantenimiento, y representa un indicador en sí mismo” (García Garrido, 2003).

Codificación de Equipos: Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno de los equipos con un código único. Esto facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc., y permite el control de costes.

Básicamente, existen dos posibilidades a la hora de codificar:

Sistemas de codificación no significativos: son sistemas que asignan un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional. (García Garrido, 2003)

Sistemas de codificación significativos o inteligentes, en el que el código asignado aporta información.

Información útil que debe contener el código de un ítem. La información que debería contener el código de un equipo debería ser el siguiente:

- Planta a la que pertenece.
- Área al que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de equipo.

Los elementos que forman parte de un equipo deben contener información adicional:

- Tipo de elemento.
- Equipo al que pertenecen.

- Dentro de ese equipo, sistema en el que están incluidos.
- Familia a la que pertenece el elemento. La clasificación en familias es
- muy útil, ya que nos permite hacer listados de elementos. Se puede encontrar una lista de familias en que pueden clasificarse los elementos más adelante.

2.1.3 Forma de codificar los activos de una planta

Figura 1: Códigos para equipos

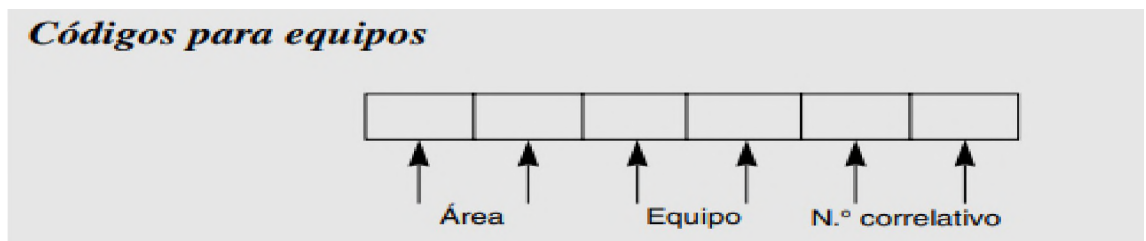


Figura de elaboración propia, 2023.

Códigos para elemento: El código de un elemento que forma parte de un equipo estaría formado en este ejemplo por un total de 17 caracteres, con la siguiente estructura (García Garrido, 2003):

Los 6 primeros identificarán el equipo, tal y como se ha detallado en el apartado anterior.

- Un carácter más alfabético identificaría la familia a la que pertenece el elemento.
- Los tres caracteres siguientes identificarán el sistema.

- Los caracteres siguientes, hasta 7 (longitud variable), serían caracteres alfanuméricos, que identificarán las características del elemento y aportarían un número correlativo.
- Un último carácter, de aplicación exclusiva para el caso de redundancia (elementos duplicados, triplicados, etc.).

En la Figura 2, se puede ver la estructura del código de un elemento:

Figura 2: Estructura del código de un elemento.

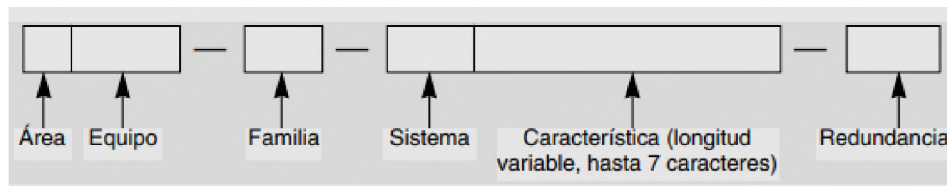


Figura de elaboración propia, 2023.

Órdenes de trabajo: La Orden de Trabajo es el documento en el que el mando de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las fuentes de información más importantes de mantenimiento, pues en ellas se recogen los datos más importantes de cada intervención. En estas órdenes se detallan, al menos (García Garrido, 2003):

- No. de orden correlativo, que permite identificarla de forma única.
- El equipo o instalación en el que debe intervenir.
- El trabajo que debe realizar, o el comportamiento de un equipo que está funcionando incorrectamente.
- Las herramientas y materiales que se necesitarán, si se conocen.

- Los riesgos del trabajo, las precauciones que deben tomarse y los equipos de protección necesarios.
- La prioridad del trabajo.
- La fecha y hora de emisión de la orden.

2.2 Marco Contextual

2.2.1 Historia de la industria de alimentos balanceados

En enero de 1894 la compañía “Robinson Danforth Comission” nace como un pequeño negocio de ventas de alimentos para animales en St. Louis Missouri en Estados Unidos de América. El primer producto que la compañía elaboró fue una mezcla para “mulas de tiro” y bajo la premisa de que: los animales tienen que comer todos los días de su vida, William Danforth y sus socios iniciaron lo que hoy es una de las empresas más grandes y de mayor prestigio en el mundo: Purina. De 1900 a 1910, al avanzar la industria automotriz, el mercado de alimentos para caballos decrece y Purina inicia entonces su incursión en el cada vez más creciente mercado de alimentos para ganado lechero. A pesar de los efectos de la Primera Guerra Mundial, Purina mantiene un crecimiento sólido y consistente, incursionando en el naciente mercado de la producción de huevo. Como parte del auge de la economía, se populariza el uso de mascotas y la gente busca comodidad para alimentarlas. Purina detecta ese mercado y lanza su línea de alimento para perros, iniciando así, una de sus aventuras más exitosas en su historia.

2.2.2 Definición de la Empresa

Alimentos Balanceados ALBACA, es una moderna industria de fabricación de alimentos para animales, la cual fue fundada el 19 de agosto de 1962. ALBACA, es una empresa totalmente dominicana, la cual contribuye de manera decisiva en el desarrollo del país constituyendo un mercado permanente para la ganadería, avicultura, porcicultura, entre otras, en sus distintas explotaciones.

2.2.3 Sector de Desarrollo

El sector de desarrollo es en la industria de la alimentación humana en el nivel intermedio, son los que transforman lo que los individuos se comen a través del desarrollo de la materia prima, para la producción de los alimentos para animales, de alta calidad, para el buen desarrollo nutricional de los mismos. Esto favorece la producción de proteínas de origen animal, en los vacunos de la leche y carne, en las aves, en la producción de carne de pollo y huevos, y con los cerdos, ayuda a darle un buen crecimiento y engorde, lo cual asegura una carne de cerdo de calidad. De igual manera, con la producción de conejos y en las producciones de caprinos y ovinos para la producción de leche. En sí, todos los derivados de origen animal vienen dados por este tipo de actividad.

2.2.4 Misión, Visión, Valores

MISIÓN	Crear el mejor de los alimentos, ser el mejor proveedor de servicio, ofrecer al cliente el mejor servicio, calidad y valor de productos.
--------	--

VISIÓN	Desde 1962 produciendo lo mejor, ofreciendo productos excepcionales a precios atractivos, liderando la forma de hacer negocios y al mismo tiempo siendo socialmente responsable.
VALORES	Liderazgo; Innovación; Excelencia; Responsabilidad; Confianza; Trabajo.

2.2.5 Organigrama de la empresa

Figura 3: Estructura organizacional de Alimentos Balanceados ALBACA.

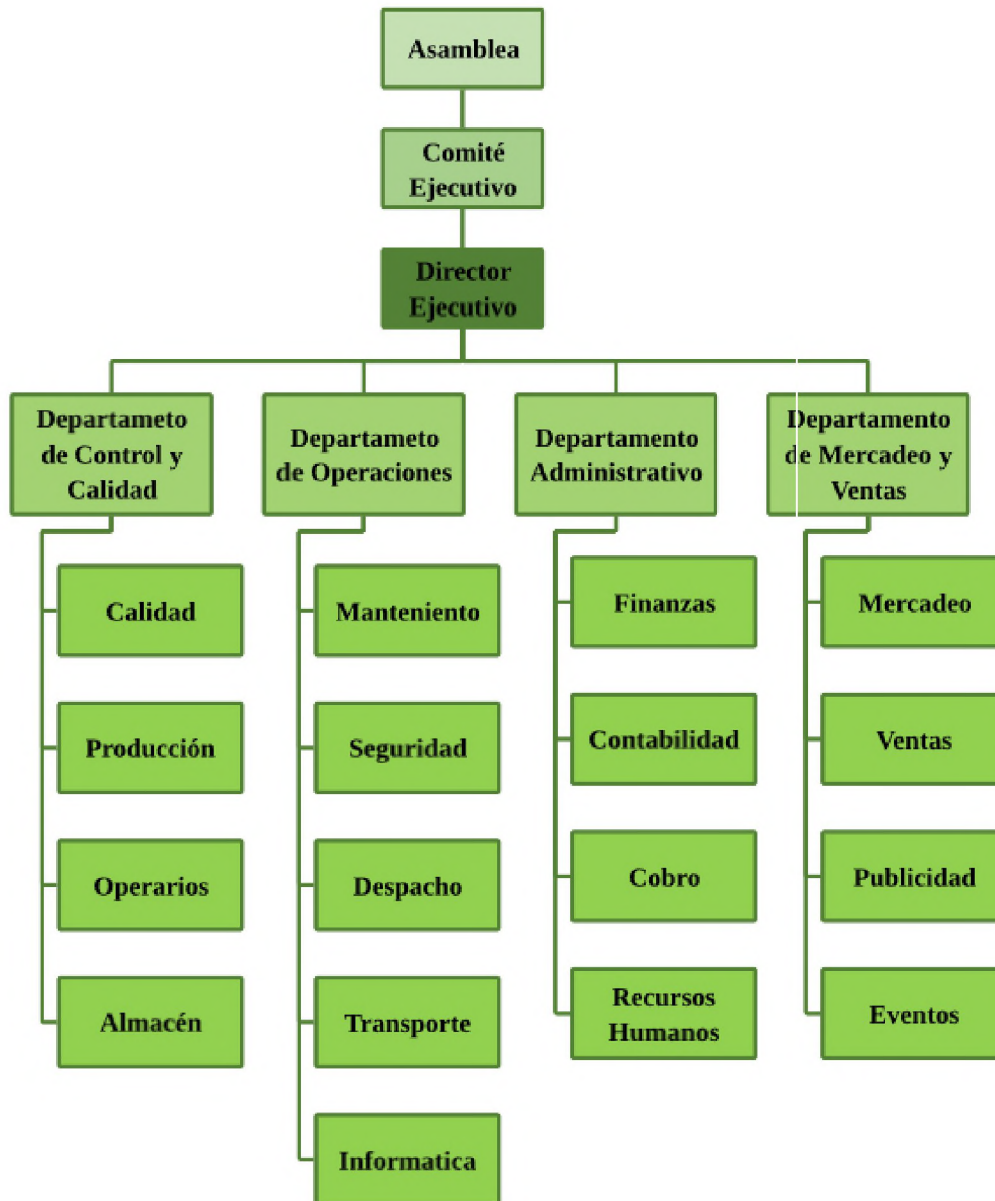


Figura de elaboración propia, 2023.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño, Enfoque, Alcance de la Investigación

3.1.1 Diseño

Según Sampieri (2018) en su libro Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta “La investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes; se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, fenómenos o contextos que ya ocurrieron o se dieron en su contexto natural sin la intervención directa del investigador.”.

Este proyecto es formulado en base al diseño no experimental debido a que se observa todo el proceso de la producción de la máquina seleccionada, desde que se introduce la materia prima hasta el producto terminado. Con esta observación se busca recolectar todos los datos esenciales requeridos para la determinación de los problemas en ALBACA y optimizarlos.

3.1.2 Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación mixta, también conocido como enfoque multimétodo, combina tanto elementos cuantitativos como cualitativos en un solo estudio de investigación. En lugar de centrarse exclusivamente en un enfoque cuantitativo o cualitativo, se busca integrar ambos enfoques para obtener una comprensión más completa y profunda del fenómeno de estudio.

En la investigación mixta, se recopilan y analizan datos tanto cuantitativos como cualitativos, y se utilizan diferentes estrategias de investigación, como encuestas, entrevistas, observaciones, análisis de documentos, entre otros. El objetivo principal es aprovechar las fortalezas de cada enfoque para responder a las preguntas de investigación y obtener una comprensión más rica del tema. Según Tashakkori y Teddlie un enfoque mixto es “un proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio”

3.1.3 Tipo de investigación

La investigación va acorde con el tipo descriptivo “Los estudios descriptivos pretenden especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden o recolectan datos y reportan información sobre diversos conceptos, variables, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o problema a investigar. En un estudio descriptivo el investigador selecciona una serie de cuestiones (que, recordemos, denominamos variables) y después recaba información sobre cada una de ellas, para así representar lo que se investiga (describirlo o caracterizarlo)”. (Sampieri, 2018, p. 108)

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población o universo empleado en este trabajo son los Equipos directamente relacionados con el proceso de peletizado y los Equipos indirectamente relacionados con el proceso de peletizado, se puede visualizar en la Tabla1 y Tabla2:

Tabla 1 Equipos directamente relacionados con el proceso de peletizado.

Equipo	Cantidad
Mezcladora	2
Ensacadora	2
Peletizadora	3
Transportador	1
Molino	1
Silos de maíz	3
Silos de grasa	2
Tanques de Melazas	3
Caldera	1

Fuente de Elaboración propia, 2023.

Tabla 2: Equipos indirectamente relacionados con el proceso de peletizado.

Equipo	Cantidad
Montacargas	2
Camiones	5

Fuente de Elaboración propia, 2023.

La población de la investigación se compone de 45 empleados en general en Alimentos Balanceados ALBACA. Esta población representa el conjunto total de empleados que trabajan en la organización.

3.2.2 Muestra

Para la investigación se seleccionó, el gerente general, encargado de producción, un empleado de mantenimiento y el encargado de control y calidad.

Gerente General:

El gerente general es una figura clave en la empresa, ya que es responsable de la toma de decisiones estratégicas y de alto nivel que afectan a toda la organización. Al incluir al gerente general en la investigación, se asegura de que haya una representación de la alta dirección, lo que permite una visión más amplia de la empresa y su funcionamiento. Además, el gerente general puede proporcionar información sobre la visión y los objetivos de la empresa, su cultura organizacional y las estrategias comerciales implementadas.

Encargado de Producción:

El encargado de producción es esencial en cualquier investigación relacionada con la eficiencia operativa y la calidad del producto. Su participación permite obtener información detallada sobre los procesos de producción, los desafíos que enfrenta el área, las prácticas de gestión de la producción y la logística involucrada. También puede

proporcionar datos sobre el rendimiento de la producción, la capacidad de la planta y los recursos utilizados.

Empleado de Mantenimiento:

La inclusión de un empleado de mantenimiento es importante para obtener perspectivas sobre el mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, equipos y la infraestructura en general. El empleado de mantenimiento puede proporcionar información valiosa sobre el estado de los activos, las prácticas de mantenimiento, las necesidades de actualización o mejora y los tiempos de inactividad relacionados con problemas técnicos.

Encargado de Control y Calidad:

El encargado de control y calidad es responsable de garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares de calidad establecidos por la empresa y la industria. Su participación en la investigación permitirá analizar y evaluar los procesos de control de calidad, las medidas de aseguramiento de la calidad implementadas y las estrategias para abordar problemas de calidad. También puede proporcionar información sobre las métricas de calidad, las tasas de defectos y los procesos de mejora continua.

3.3 Instrumentos de Recolección, Análisis y Medición de Datos

3.3.1 Entrevista

“La entrevista es el testimonio directo de un personaje, se concibe como la forma inmediata y expedita de obtener las declaraciones de una persona sobre un tema de interés social” (Pérez, 2021, pág. 6).

Esta investigación tiene inicio con una serie de entrevistas y un diálogo exhaustivo de nuestro grupo con un conglomerado de empleados, rigurosamente seleccionados, que proporcionaron datos puntuales acerca de las principales fallas de las maquinarias, metodologías de operación y sistema de reparación y prevención de fallas.

3.3.2 Observación

La observación participante: se define como "el proceso de aprendizaje a través de la exposición y el involucrarse en el día a día o las actividades de rutina de los participantes en el escenario del investigador" (Schensul et al., 1999, pág. 91). Esta herramienta se utilizó con la finalidad de observar las operaciones de mantenimiento y metodología de operación, de manera grupal e individual.

La observación No Participante: se puede definir como “aquella en la cual se recoge la información desde afuera, sin intervenir para nada en el grupo social, hecho o fenómeno investigado” (Diaz Sanjuan, 2010, pág. 8). Se usó esta otra herramienta para la recolección de datos y obtención información sobre las maquinarias, procesos y operaciones, esto sin intervenir en las operaciones, con el propósito de no alterar el flujo habitual de los empleados y la metodología aplicada diariamente.

Sampieri dice que la fuente documental sirve como investigadores para conocer los antecedentes de un ambiente, así como las vivencias o sustituciones que se producen en él y sus funcionamientos habituales.

3.3.3 El Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto consiste en un método gráfico para determinar cuáles son los problemas más importantes de una determinada situación y, por consiguiente, las prioridades de intervención. (Arnoletto, 2000, #63).

Permite identificar los factores o problemas más importantes en función de la premisa de que pocas causas producen la mayor parte de los problemas y muchas causas carecen de importancia relativa. (Arnoletto, 2000, #63).

Para la construcción del diagrama de Pareto se procede según las fases que son las siguientes:

- Decidir cómo clasificar los datos,
- Elegir el período de observación,
- Obtener los datos y ordenarlos,
- Preparar los ejes cartesianos del diagrama,
- Diseñar el diagrama.

3.3.4 Indicadores de Mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son un conjunto de informaciones que demuestran cómo está funcionando el sector. Con ellos, es posible medir y optimizar

procesos, para que sean aún más eficientes. En este caso se usarán los indicadores de disponibilidad, desarrollado en la parte teórica. Esto ayudará a tener una mejor visión del mantenimiento que se le hace a la maquinaria.

3.3.5 Checklist

Checklist es un término en inglés que se utiliza para referirse a una lista de verificación o lista de control, es decir, una herramienta que se utiliza para asegurarse de que se han llevado a cabo todas las tareas necesarias en un proceso o proyecto determinado. (Smith J., 2018).

3.3.6 Análisis de criticidad

El modelo de Criticidad Total por Riesgo (CTR) presentado a continuación, es un proceso de análisis semicuantitativo, bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad del mismo. (Parra & Crespo, 2012).

A continuación, se presentan de forma detallada, las expresiones utilizadas para jerarquizar los sistemas a partir del modelo CTR:

- $CTR = FF \times C$

Donde:

- CTR: Criticidad total por Riesgo

- FF: Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado (fallos/año))
- C: Consecuencias de los eventos de fallos

Donde se supone además que el valor de las consecuencias (C), se obtiene a partir de la siguiente expresión:

- $C = (IO \times FO) + CM + SHA$ (5.2)

Siendo:

- IO = Factor de impacto en la producción
- FO = Factor de flexibilidad operacional
- CM = Factor de costes de mantenimiento
- SHA = Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

La expresión final del modelo de priorización de CTR será la siguiente:

- $CTR = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA)$

3.3.7 Mapa de Procesos

El mapa de procesos es la representación gráfica de la estructura de procesos que conforman el sistema de gestión. (Beltrán Sanz, 2002, #20).

Diferencia entre cada proceso:

Procesos estratégicos como aquellos procesos que están vinculados al ámbito de las responsabilidades de la dirección y, principalmente, a largo plazo. Se refieren

fundamentalmente a procesos de planificación y otros que se consideren ligados a factores clave o estratégicos. (Beltrán Sanz, 2002, #22).

Procesos operativos como aquellos procesos ligados directamente con la realización del producto y/o la prestación del servicio. Son los procesos de línea. (Beltrán Sanz, 2002, #22).

Procesos de apoyo como aquellos procesos que dan soporte a los procesos operativos. Se suelen referir a procesos relacionados (Beltrán Sanz, 2002, #22).

3.3.8 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica y secuencial de un proceso o flujo de trabajo con todas las tareas y actividades principales necesarias para lograr un objetivo común. Para que visualmente se pueda representar la sucesión de tareas y la relación entre ellas se utilizan símbolos como flechas, rombos, rectángulos o prismas. (asana, 2022).

3.3.9 Diagrama de Pescado (Ishikawa)

El objetivo del diagrama, también conocido bajo el nombre de diagrama de espina de pescado, diagrama de causa-efecto o diagrama de Grandal, es analizar gráficamente y de forma estructurada los vínculos de causa-efecto de un problema concreto y, gracias a esta jerarquización, identificar de manera concreta las fuentes del problema y guiarnos hacia su solución. De hecho, no solo nos permite resolverlo, sino también preverlo, por lo que no solo es una herramienta de análisis y de búsqueda de calidad, sino también de gestión de riesgos. (De Saeger, 2016, #1).

El profesor Ishikawa clasifica las diferentes causas de un problema en cinco grandes familias, llamadas «las 5M»: (De Saeger, 2016, #7).

- **Materia:** es todo lo que es consumible o útil para el proyecto, como las materias primas, el papel, el agua, la electricidad, etc.
- **Medio:** esta noción se corresponde con el entorno, es decir, con el contexto que puede tener un impacto en el proyecto (lugar de trabajo, espacios verdes, etc.).
- **Métodos (y Gestión, del inglés Management):** abarca los procesos existentes, el flujo de información, la investigación y desarrollo, los modos operacionales utilizados, etc.
- **Material o Máquina:** se refiere al material necesario que se utiliza en el proyecto. Por ejemplo: los locales eventuales, las piezas de recambio, el equipamiento, el material informático, los softwares, las tecnologías, las máquinas o el equipo de gran tamaño. Esta categoría suele requerir una inversión.
- **Mano de obra:** hace referencia a los recursos humanos que participan en el proyecto y a la cualificación del personal.

El diagrama, en un principio limitado a 5M, se amplió a 7 u 8M según el caso. El objetivo sigue intacto, es decir, sigue permitiendo una visualización concreta, sintética y exhaustiva de las causas de un problema que conviene tratar prioritariamente, pero también y, sobre todo, permite identificar la solución más eficiente. (De Saeger, 2016, #8).

A las 5 M iniciales se añaden:

- Medida: corresponde a todo lo que se puede cuantificar para llegar al efecto;
- Management (Gestión, si no se considera en la M de Métodos): son métodos de dirección, del estilo de mando, etc.;
- Medios financieros: el presupuesto, los gastos, los ingresos, etc. que tendrán inevitablemente un impacto en las otras M.

3.3.10 Los 5 ¿Por qué?

Los 5 porqués típicamente se refieren a la práctica de preguntar 5 veces por qué el fallo ha ocurrido, a fin de obtener la causa o las causas raíz del problema. Ninguna técnica especial o forma es requerida, pero los resultados deben ser capturados en una hoja de trabajo. Los 5 porqués es una excelente técnica para abordar un simple análisis de causa raíz (ACR). (del Carmen Ovalles Acosta et al., 2017, #3).

3.3.11 Distribución Weibull

La distribución de Weibull nos permite estudiar cuál es la distribución de fallos de un componente clave de seguridad que pretendemos controlar y que a través de nuestro registro de fallos observamos que éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso. El método no determina cuáles son las variables que influyen en la tasa de fallos, tarea que quedará en manos del analista, pero al menos la distribución de Weibull facilitará la identificación de aquellos y su consideración, aparte de disponer de una herramienta de predicción de comportamientos. Esta metodología es

útil para aquellas empresas que desarrollan programas de mantenimiento preventivo de sus instalaciones. (Tamborero del Pino, 2015).

Ventajas (López, 2018):

- Precisión razonable en el análisis de fallas.
- Provee un simple y poderoso gráfico, medición de vida, arranques, paradas, operación, ciclos de misión vs. % acumulado de fallas.
- Los parámetros β (Beta, a pendiente) proveen una
- filosofía de falla y η (Eta, característica de vida) tiempo de falla
- El análisis de Weibull está relacionado con el MTTF.

La pendiente de la gráfica Weibull, β (beta) se define como (López, 2018):

- $\beta < 1.0$ indica mortalidad infantil
- $\beta = 1.0$ significa falla aleatoria
- $\beta > 1.0$ indica falla por desgaste

Siendo la fiabilidad:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

- t_0 - parámetro inicial de localización
- η - parámetro de escala o vida característica
- β - parámetro de forma

Donde la fórmula de rangos medianos es (reliabilityweb.com, 2010):

$$RM(x_i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

RM(xi): Rango de mediana.

i: Orden de falla.

n: Número total de datos de la muestra.

La distribución de Weibull se representa normalmente por la función acumulativa de distribución de fallos F (t) (Tamborero del Pino, 2015):

Fórmula de la desconfiabilidad:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right]$$

Siendo la función densidad de probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right]$$

La tasa de fallos para esta distribución es:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

La duración de vida media será:

$$E(t) = \text{MTBF} = \eta \gamma (1 + 1/\beta)$$

De igual manera, se tiene la ecuación de la pendiente, en el cual β es a la pendiente y Cte vendría siendo el intercepto en este caso b:

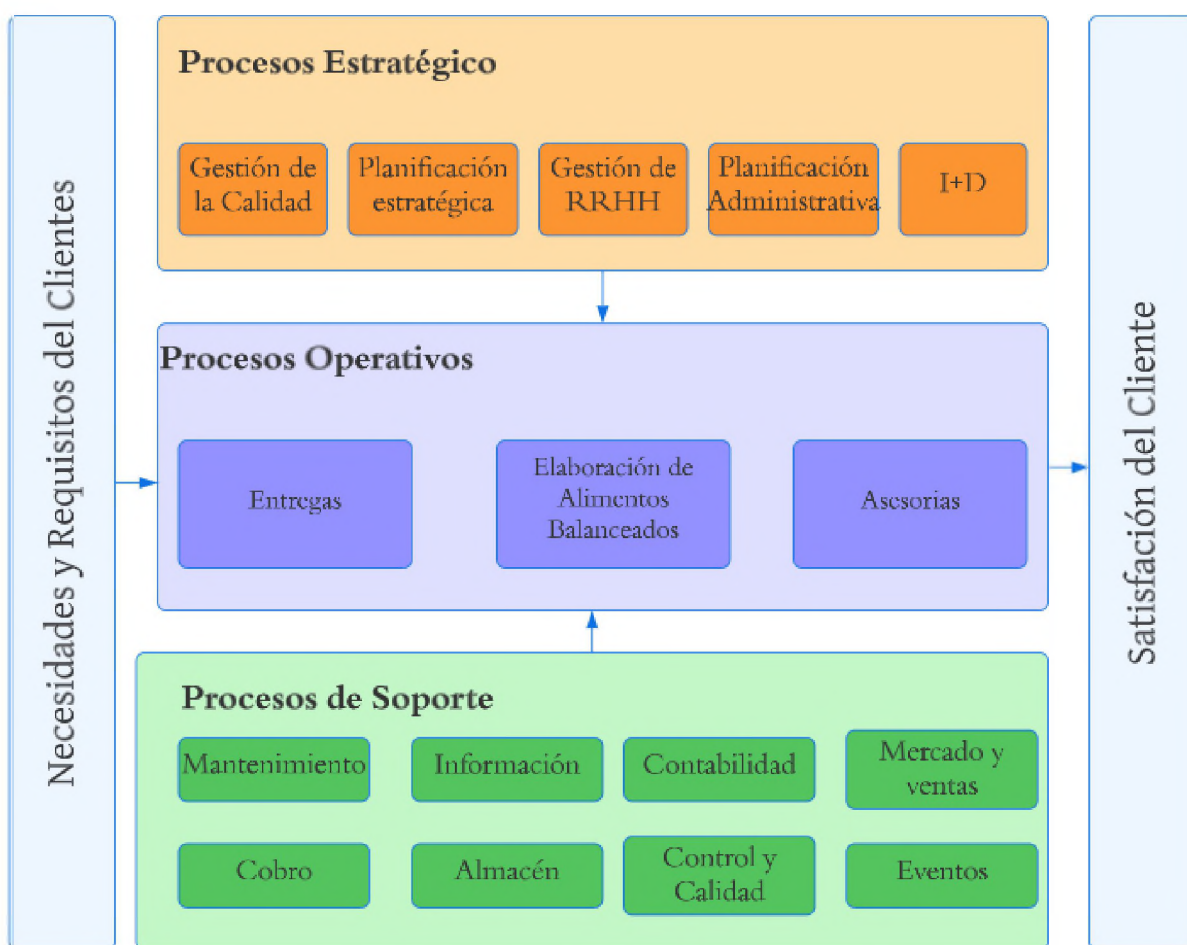
$$y = ax + b$$

CAPÍTULO IV: ESTUDIO TÉCNICO

4.1 Mapa De Procesos

En el mapa de la Figura 4, para conocer mejor la empresa se elaboró un mapa de procesos descrito a continuación:

Figura 4: Mapa de procesos de Alimentos Balanceados ALBACA.



Fuente elaboración propia, 2023.

El mapa de procesos se divide en proceso estratégicos, procesos operativos y procesos de soporte. A continuación, se describe cada uno de ellos, iniciando con los estratégicos:

- Gestión de calidad:

La gestión de calidad se refiere a las actividades y procesos que una organización lleva a cabo para garantizar que sus productos o servicios cumplan con los estándares de calidad establecidos.

- Planificación estratégica:

La planificación estratégica es el proceso mediante el cual una organización define sus objetivos a largo plazo y desarrolla estrategias para alcanzarlos. Implica la evaluación de la situación actual de la organización, la identificación de oportunidades y desafíos, y la formulación de planes de acción para lograr los objetivos establecidos.

- Gestión de RRHH:

La gestión de recursos humanos (RRHH) se refiere a las actividades relacionadas con la administración y desarrollo del talento humano dentro de una organización.

- Planificación administrativa:

Se refiere al proceso de establecer metas, objetivos y acciones para dirigir y coordinar eficientemente las actividades de una organización. Implica la identificación de

recursos necesarios, la asignación de responsabilidades y la elaboración de estrategias y planes de acción para lograr los resultados deseados.

- I*D:

La I+D (Investigación y Desarrollo) es el proceso mediante el cual una organización realiza actividades de investigación y experimentación para desarrollar nuevos productos, servicios o procesos, o mejorar los existentes.

En el proceso operativo se puede observar:

- Entrega:

Se refiere a la etapa en la que se distribuyen los productos o servicios a los clientes.

- Elaboración de alimentos balanceado:

Se refiere al proceso de preparación y fabricación de alimentos balanceados para animales. Involucra la mezcla de ingredientes en proporciones adecuadas para crear una dieta equilibrada y nutritiva para los animales.

- Asesoría:

La asesoría es un servicio de apoyo y orientación que se brinda a los clientes para ayudarles a tomar decisiones informadas y resolver problemas.

En el proceso de soporte se puede observar:

- Mantenimiento:

El mantenimiento implica la atención y cuidado de los activos físicos de una organización, como maquinaria, equipos, instalaciones y sistemas.

- Información:

La actividad de información se refiere al manejo, procesamiento y distribución de datos y conocimientos dentro de una organización.

- Contabilidad:

La contabilidad implica el registro, análisis y control de las transacciones financieras de una organización.

- Mercadeo y ventas:

El mercadeo y las ventas se refieren a las actividades relacionadas con la promoción y venta de productos o servicios de una organización.

- Cobro:

La actividad de cobro se refiere a la gestión y seguimiento de los pagos de los clientes.

- Almacén:

La actividad de almacén se refiere a la gestión y control de inventario y existencias de una organización.

- Control y calidad:

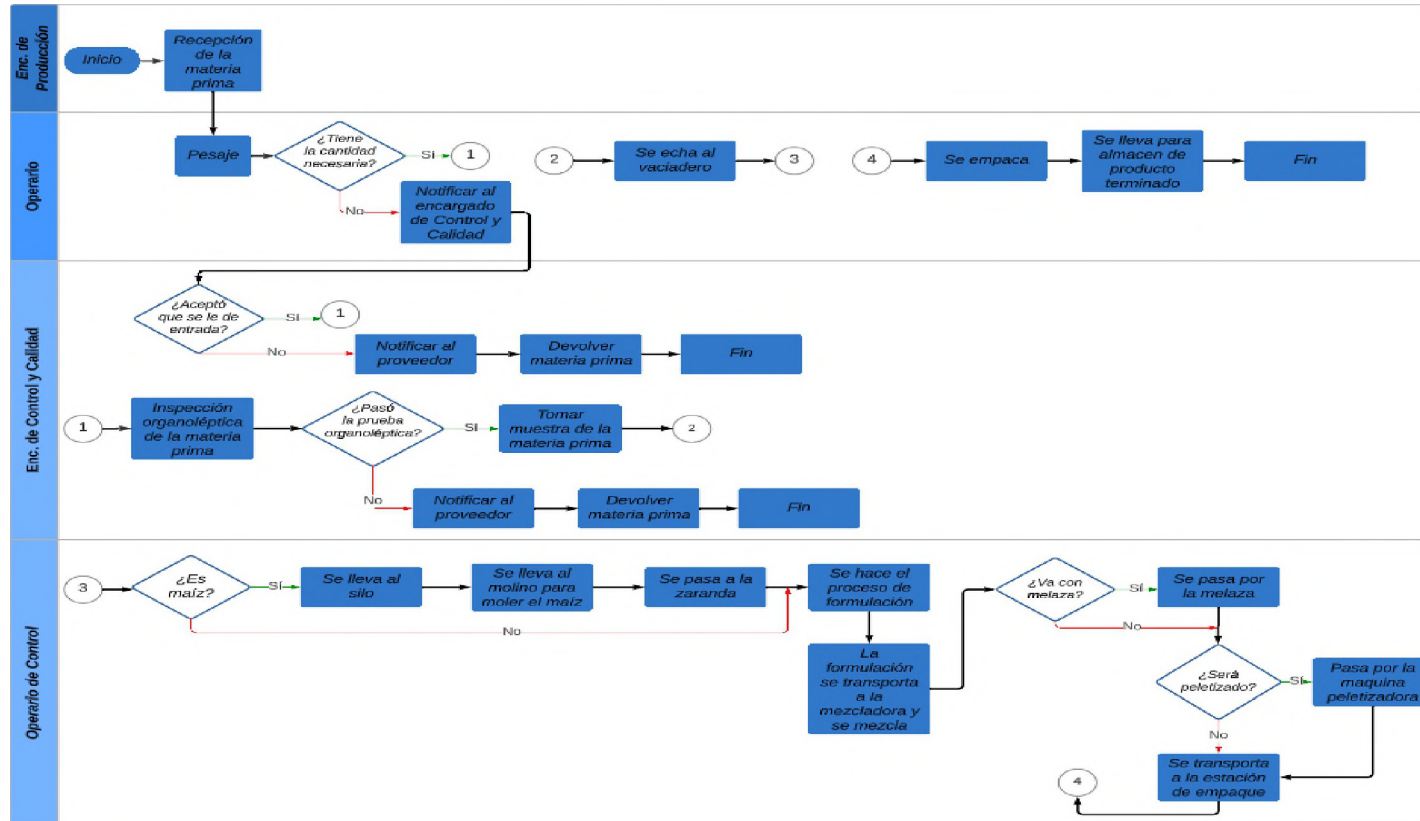
La actividad de control y calidad implica la implementación de sistemas y procesos para garantizar que los productos, servicios y actividades de la organización cumplan con los estándares de calidad establecidos.

- Eventos:

La actividad de eventos se refiere a la planificación, organización y ejecución de eventos y actividades especiales, como conferencias, seminarios, ferias comerciales, entre otros.

4.2 Diagrama de Flujo

Figura 5 Diagrama de flujo de Alimentos Balanceados ALBACA.



Fuente Elaboración propia, 2023

En este diagrama de flujo de la Figura 5, se ilustran las etapas y actividades que se realizan en la fabricación de los productos. Se describe de manera detallada cada una de las actividades involucradas en el proceso completo de fabricación.

1-Recepción de la materia prima: Se refiere al proceso de aceptación y verificación de la calidad de los insumos o materiales que se utilizarán como entrada en un proceso de producción. Este proceso implica inspeccionar los materiales para asegurarse de que cumplan con los requisitos especificados y estén en buenas condiciones para su uso posterior. Ejemplo las materias primas de ALBACA son: macro ingredientes (maíz, melaza, grasa, soya, pasta de arroz, afrecho) y los micro ingredientes (vitaminas, minerales y medicamentos).

2-Inspección de materia prima: Es un paso crucial en el proceso de recepción de materia prima. Esta inspección implica evaluar las características físicas, químicas y biológicas de la materia prima o producto terminado para garantizar su calidad y seguridad. Durante la inspección, se realizan tanto evaluaciones visuales como sensoriales para identificar cualquier anomalía o defecto en la materia prima. Se revisa el color, la textura y el olor de la materia prima para determinar si cumplen con los requisitos establecidos. Además, también se realizan pruebas de laboratorio para evaluar los parámetros químicos y nutricionales de la materia prima. Estos parámetros incluyen proteínas, fósforos, calcio, humedad, ceniza, entre otros.

3-Pesaje de la materia prima: Es un paso importante en el proceso de recepción de materia prima que permite verificar la cantidad, determinar el costo, verificar la calidad y realizar un seguimiento de su uso en el proceso de producción.

4-Vaciadero: Se lleva la materia prima, para poder usar los transportadores y elevadores, para llevar la materia prima a las diferentes estaciones que tiene el proceso de fabricación de alimentos para animales.

5-Silo: El maíz se encuentra almacenado en silos hasta que son trasladados por medio de los elevadores y transportadores hacia el molino.

6-Molino: Esta estación tiene la finalidad de moler el maíz entero y obtener la harina fina.

7- Zaranda (Colador): Cuando la harina fina procede del molino, ésta viene con residuos de maíz entero que no lograron ser totalmente triturados; por lo que es preciso hacer uso de la zaranda para separar lo más fino de la harina de maíz de otras porciones de mayor tamaño.

8- Proceso de Formulación: En esta etapa, se procede a configurar la fórmula nutricional de los alimentos, añadiendo por métodos de controles automatizados los ingredientes que la conforman. Se debe tener presente las características de etiqueta, la referencia del producto, y el animal.

9- Mezcladora: Donde, aparte del maíz, se le agrega valores porcentuales de residuos de granos según la configuración de la fórmula del producto. Así mismo, vitaminas, minerales, y otros aditivos que se emplean en la formulación diseñada con fines de presentar productos con alta tasa de calidad y robustez.

10- Melazadora: En esta estación, al producto cuyas fórmulas ya han sido añadidas, pasa por un proceso de aspersión de melaza, en donde el producto va pasando

por el conducto forma de gusano en el que la melaza va cayéndole al producto a medida que transita por el mismo.

11- Empaque: Una vez al producto se le haya añadido la melaza, inmediatamente pasa a una tolva de espera que contendrá el producto durante el proceso de envasado.

12- Almacenamiento de producto terminado: Cuando el producto ha sido envasado, se transporta mediante vehículos de carga al almacén de productos terminados; los cuales son puestos a disponibilidad del cliente.

El diagrama de flujo actual presenta una falta de intervención de mantenimiento al inspeccionar la máquina antes de comenzar la producción, lo que puede dar lugar a posibles fallas. Esta omisión es problemática debido a que el mantenimiento es crucial para garantizar el correcto funcionamiento y la eficiencia de las máquinas y equipos industriales. Es esencial abordar esta deficiencia para optimizar el proceso y minimizar las interrupciones en la producción. Para ello, se deben implementar acciones específicas en el diagrama de flujo, considerando las mejores prácticas de mantenimiento industrial.

4.3 Entrevista

En este estudio se llevó a cabo una investigación sobre las prácticas de gestión de mantenimiento en la empresa ALBACA. La investigación se basó en entrevistas no estructuradas, se entrevistó el Gerente General de nombre Héctor Rosario, el Encargado (a) de Producción de nombre Luis Herrera, al Encargado de Calidad de nombre Henry Aybar, al Auxiliar de Producción de nombre Víctor Peguero y al Auxiliar de Mantenimiento Carlos Lebrón, todos con más de 4 años de experiencia en la empresa.

Los resultados de la investigación revelaron que la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo formalmente establecido, lo que puede resultar en una ineficiencia en la gestión de las fallas y/o averías en las maquinarias. Además, se encontró que la empresa no notifica con suficiente antelación las fallas y/o averías, lo que dificulta la solución rápida y efectiva de estos problemas.

Además, los resultados indicaron que la empresa carece de las herramientas necesarias para solucionar las fallas y/o averías, y no se lleva a cabo un análisis riguroso de la disponibilidad de las maquinarias y el mantenimiento correctivo, preventivo que se les aplica.

4.4 Levantamiento e inventario de los equipos

El levantamiento e inventario de los equipos es una tarea fundamental para cualquier proyecto de mantenimiento industrial. En este proceso se deben identificar todos los equipos e instalaciones de la empresa donde se aplicará el plan de mantenimiento, registrando sus características técnicas y su ubicación, lo que permitirá llevar un control adecuado y tomar decisiones oportunas en caso de fallos o necesidad de mantenimiento preventivo.

En el caso específico del proceso de peletizado, el levantamiento debe ser segmentado en función de los equipos que se relacionan directa e indirectamente con el proceso. Es importante tener un conocimiento profundo de los equipos involucrados en el proceso, para poder llevar a cabo un levantamiento efectivo y un mayor control sobre el mantenimiento de cada uno de ellos.

Entre los equipos más importantes para el proceso de peletizado se encuentran la máquina peletizadora, la transportadora y la mezcladora. Cada uno de estos equipos tiene un papel fundamental en el proceso de peletizado y es necesario registrar sus características técnicas para poder llevar a cabo un mantenimiento adecuado y prevenir posibles fallos en el futuro.

En la Tabla 3, se observa la lista de equipos directamente relacionados con el proceso de peletizado:

Tabla 3 Equipos directamente relacionados con el proceso de peletizado.

Equipo	Cantidad
Mezcladora	2
Ensacadora	2
Peletizadora	3
Transportador	1
Molino	1
Silos de maíz	3
Silos de grasa	2
Tanques de Melazas	3
Caldera	1

Fuente de Elaboración propia, 2023.

En la Tabla 4, se puede visualizar la lista de equipos indirectamente relacionados con el proceso de peletizado:

Tabla 4: Equipos indirectamente relacionados con el proceso de peletizado.

Equipo	Cantidad
Montacargas	2
Camiones	5

Fuente de Elaboración propia, 2023.

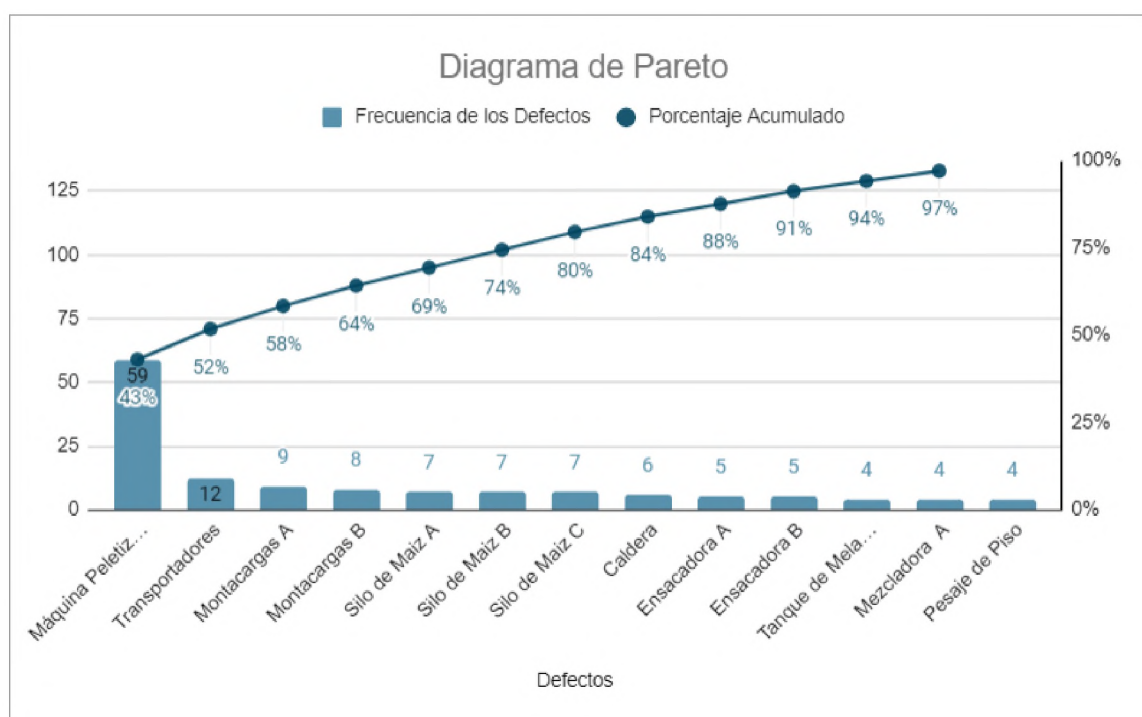
4.5 Diagrama de Pareto

Tabla 5: Diagrama de Pareto de las Máquinas.

Maquinarias Fallas	Frecuencia de los Defectos	Frecuencia Acumulada	% Evento	Porcentaje Acumulado
Máquina Peletizadora (CPM Peletizadora grande)	59	59	43%	43%
Transportadores	12	71	9%	52%
Montacargas A	9	80	7%	58%
Montacargas B	8	88	6%	64%
Silo de Maíz A	7	95	5%	69%
Silo de Maíz B	7	102	5%	74%
Silo de Maíz C	7	109	5%	80%
Caldera	6	115	4%	84%
Ensacadora A	5	120	4%	88%
Ensacadora B	5	125	4%	91%
Tanque de Melaza A	4	129	3%	94%
Mezcladora A	4	133	3%	97%
Pesaje de Piso	4	137	3%	100%
Total	137		100%	

Fuente de Elaboración propia, 2023.

Figura 6: Diagrama de Pareto de Maquinarias.



Fuente de Elaboración propia, 2023.

En el diagrama de Pareto realizado con los datos de la Tabla 5 y la gráfica de la Figura 6, se puede visualizar claramente que la solución de los problemas relacionados con la máquina peletizadora, los transportadores y el pesaje de piso, tendrá un impacto significativo en la eficiencia y disponibilidad de la máquina. Al abordar estos problemas, se logrará reducir el 80% de los problemas que afectan la máquina con sólo abordar el 20% de las causas subyacentes.

Esta solución tiene el potencial de mejorar drásticamente la disponibilidad de la máquina, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en la productividad, eficiencia y eficacia de la operación en su conjunto. Por lo tanto, es importante considerar seriamente la solución de estos problemas para lograr una mejora continua en la calidad y desempeño de la máquina.

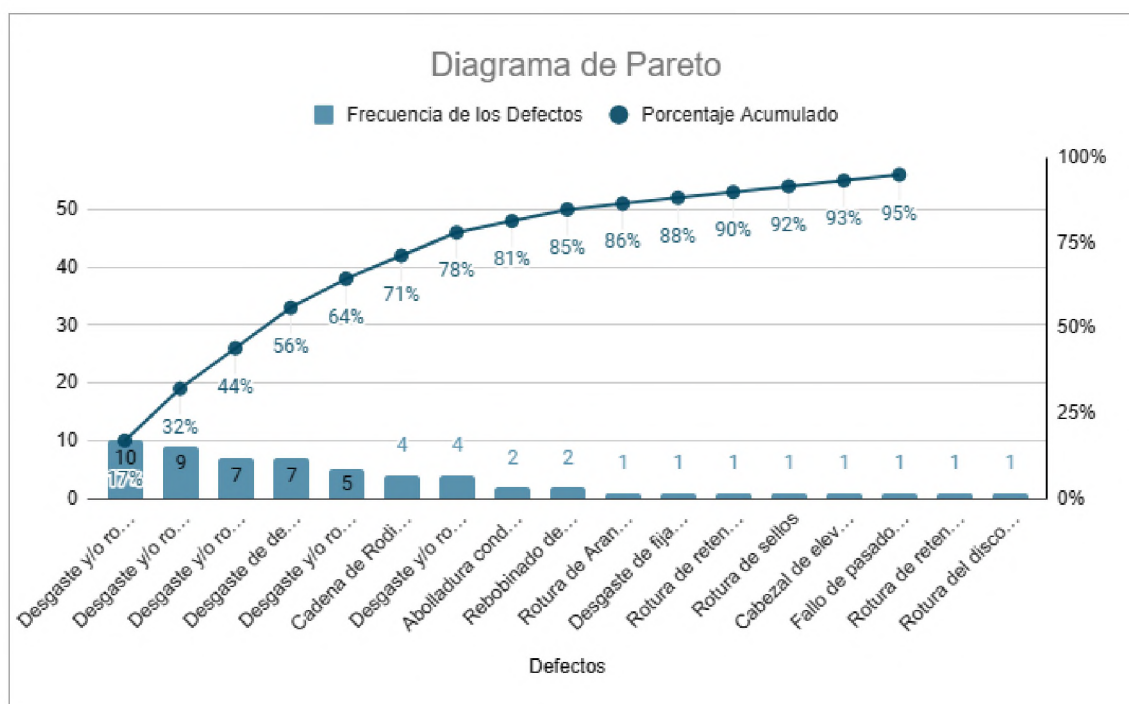
4.6 Diagrama de Pareto de la máquina peletizadora

Tabla 6: Diagrama de Pareto de las Fallas de la peletizadora.

Máquina Peletizadora	Frecuencia de los Defectos	Frecuencia Acumulada	% Evento	Porcentaje Acumulado
Desgaste y/o rotura de la matriz	10	10	17%	17%
Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	9	19	15%	32%
Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	7	26	12%	44%
Desgaste de deflector	7	33	12%	56%
Desgaste y/o rotura del buje frontal alimentador	5	38	8%	64%
Cadena de Rodillo Alimentador rotura	4	42	7%	71%
Desgaste y/o rotura cuchillas cortadoras	4	46	7%	78%
Abolladura conducto de alimentación	2	48	3%	81%
Rebobinado de motor	2	50	3%	85%
Rotura de Arandela	1	51	2%	86%
Desgaste de fijador	1	52	2%	88%
Rotura de retenedora	1	53	2%	90%
Rotura de sellos	1	54	2%	92%
Cabezal de elevador pellet roto	1	55	2%	93%
Fallo de pasadora (Fusible)	1	56	2%	95%
Rotura de retenedora	1	57	2%	97%
Rotura del disco de corte	1	58	2%	98%
Fallo del contactor	1	59	2%	100%
Total	59		100%	

Fuente de Elaboración propia, 2023.

Figura 7: Diagrama de Pareto de Fallas.



Fuente de Elaboración propia, 2023.

En el Diagrama de Pareto realizado con los datos de la Tabla 6 y la gráfica de la Figura 7, se puede visualizar los defectos más comunes: El desgaste y/o rotura de la matriz es el defecto más frecuente, con una frecuencia de 10 observaciones, lo que representa aproximadamente el 17% de todos los eventos registrados. Esto indica que la matriz es una parte crítica que requiere atención y mantenimiento adecuados.

Acumulación de defectos: Al observar la frecuencia acumulada, podemos ver que los problemas relacionados con los rodamientos tienen una alta incidencia. Tanto el desgaste y/o rotura de rodamiento del eje principal como el desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador suman un total de 19 observaciones, lo que representa

aproximadamente el 32% de los eventos. Esto sugiere que se debe prestar especial atención al mantenimiento y reemplazo de los rodamientos en la máquina.

Variedad de defectos: La lista de defectos incluye una amplia gama de problemas, desde desgaste y rotura de componentes hasta fallas eléctricas. Esto indica que la máquina peletizadora puede verse afectada por diversos tipos de problemas y que se deben considerar múltiples aspectos en el mantenimiento y la resolución de problemas.

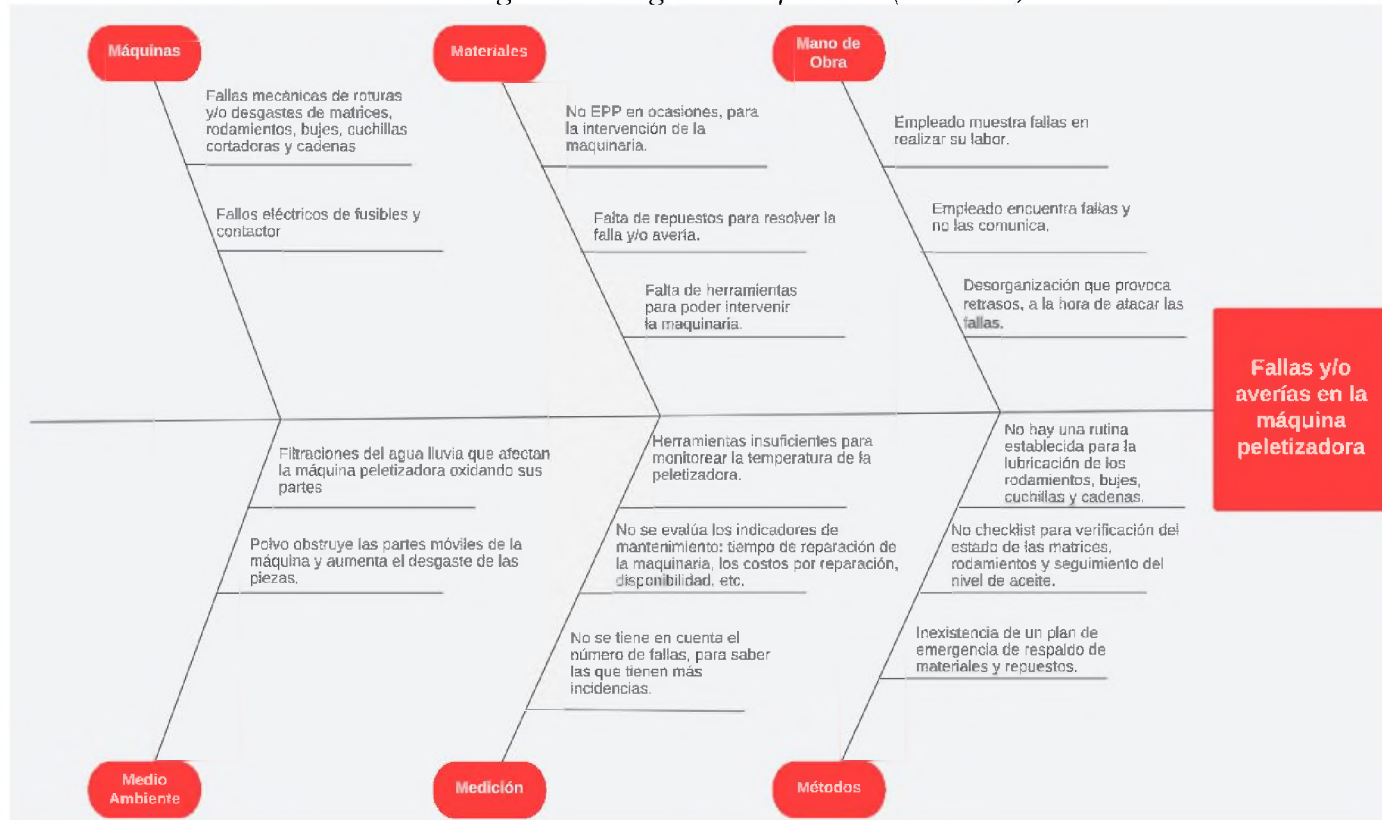
Frecuencia de eventos: Al analizar el porcentaje de evento y el porcentaje acumulado, podemos ver cómo se distribuyen los defectos en términos relativos. Los cinco primeros defectos en la lista representan aproximadamente el 64% de los eventos registrados. Esto sugiere que centrarse en estos problemas más comunes puede tener un impacto significativo en la eficiencia y el rendimiento general de la máquina.

Defectos menos comunes: Algunos defectos tienen una frecuencia baja, como la rotura de arandela, el desgaste de fijador o la rotura de sellos, cada uno con solo una observación. Aunque pueden ser menos frecuentes, no se deben pasar por alto, ya que pueden tener efectos adversos en el funcionamiento de la máquina.

Este análisis resalta la importancia de un mantenimiento adecuado y una atención constante a los componentes críticos de la máquina peletizadora, como la matriz y los rodamientos. Además, sugiere la necesidad de un enfoque proactivo para abordar los problemas más comunes y la capacidad de respuesta ante cualquier defecto para minimizar el impacto en la producción.

4.7 Diagrama de pescado (Ishikawa)

Figura 8: Diagrama de pescado (Ishikawa).



Fuente de elaboración propia, 2023

4.8 Análisis del diagrama de pescado mediante los 5 ¿Por qué?

La recopilación de datos a través de los instrumentos de investigación permite llevar a cabo un análisis exhaustivo y profundo del fenómeno en estudio. Para lograr esto, se aplicará la efectiva Herramienta de los 5 ¿Por qué?, la cual ayudará a identificar las causas subyacentes que llevan a la manifestación del problema.

El análisis de causa raíz con la Herramienta de los 5 ¿Por qué? Es un método riguroso y sistemático que permitirá obtener un conocimiento profundo del fenómeno y lograr una solución efectiva y duradera. La implementación de esta herramienta permitirá respaldar las conclusiones y recomendaciones finales de la investigación, garantizando una solución óptima para el problema.

Tabla 6: ¿5 Por qué? Análisis de causa raíz 1.

Análisis Causa Raíz
CASO 1: ¿5 Por qué? ¿Por qué se han ocurrido las roturas y/o desgaste de los componentes?
¿Por qué han ocurrido las roturas y/o desgaste de los componentes? El problema de desgaste y/o rotura es debido a la falta de lubricación adecuada en las partes móviles de la máquina.
¿Por qué hay falta de lubricación? Intervalos de lubricación inadecuados. No se siguen los intervalos de lubricación recomendados por el fabricante.
¿Por qué no se utiliza el manual para las lubricaciones? Mantenimiento inadecuado. La falta de un programa de mantenimiento adecuado, que incluya la revisión y lubricación regular de los componentes móviles
¿Por qué falta un programa de mantenimiento? Porque solo se realiza mantenimiento correctivo y no se ha desarrollado un plan de mantenimiento preventivo.
¿Por qué no se ha desarrollado un plan de mantenimiento preventivo? Debido a la falta de tiempo y de mano de obra adecuada para la creación y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, al cual se le pueda dar el seguimiento y control necesario.

Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 7: ¿5 Por qué? Análisis de causa raíz 2.

Análisis Causa Raíz
CASO 2: ¿5 Por qué? ¿Por qué la peletizadora no se le ha realizado el mantenimiento?
¿Por qué la peletizadora no ha sido mantenida?
La máquina peletizadora no ha sido mantenida debido a un problema de planificación.
¿Por qué ha habido un problema de planificación?
El problema de planificación se debe a una falta de comunicación entre los departamentos de producción y mantenimiento.
¿Por qué ha habido una falta de comunicación entre los departamentos de producción y mantenimiento?
La falta de comunicación entre los departamentos de producción y mantenimiento se debe a la falta de un protocolo claro y estandarizado para la planificación y programación del mantenimiento.
¿Por qué ha habido una falta de un protocolo claro y estandarizado para la planificación y programación del mantenimiento?
La falta de conocimiento técnico en la planificación y programación del mantenimiento.

Fuente de elaboración propia, 2023.

Tabla 8: ¿5 Por qué? Análisis de causa raíz 3.

<p>Análisis Causa Raíz</p> <p>CASO 3: ¿5 Por qué? ¿Por qué no se miden los indicadores de mantenimiento?</p>
<p>¿Por qué no se miden los indicadores de mantenimiento?</p> <p>Porque no se tiene un sistema establecido para la medición de los indicadores.</p>
<p>¿Por qué no se ha establecido un sistema de medición de los indicadores de mantenimiento?</p> <p>Porque no se ha asignado tiempo ni recursos para desarrollar un sistema de medición adecuado.</p>
<p>¿Por qué no se han asignado tiempo ni recursos para desarrollar un sistema de medición adecuado?</p> <p>Porque no se reconoce la importancia de medir y monitorear los indicadores de mantenimiento para evaluar el rendimiento y la eficacia del departamento de mantenimiento.</p>
<p>¿Por qué no se reconoce la importancia de medir y monitorear los indicadores de mantenimiento?</p> <p>Porque no se ha proporcionado la información o la formación adecuada sobre la importancia y los beneficios de los indicadores de mantenimiento.</p>
<p>¿Por qué no se ha proporcionado la información o la formación adecuada sobre los indicadores de mantenimiento?</p> <p>Porque no se ha establecido una cultura organizativa que promueva la gestión basada en indicadores y se enfoque en la mejora continua del departamento de mantenimiento.</p>

Fuente de elaboración propia, 2023.

Tabla 9: ¿5 Por qué? Análisis de causa raíz 4.

Análisis Causa Raíz	
CASO 4: ¿5 Por qué? ¿Por qué los empleados fallan en su labor?	
¿Por qué los empleados fallan en su labor?	
Falta de desconocimiento y/o descuido en la realización de tareas.	
¿Por qué el empleado tiene descuido en la realización de sus tareas?	¿Por qué el empleado tiene falta de conocimiento en la realización de sus tareas?
Por la falta de responsabilidad como empleado que hace que no realicen su trabajo con el nivel de cuidado y diligencia necesario.	Falta de formación y desarrollo, el empleado no ha recibido una formación adecuada para desempeñar sus tareas.
¿Por qué el empleado tiene esta falta de responsabilidad cuando no hace el trabajo de manera adecuada?	¿Por qué el empleado tiene falta de formación y desarrollo?
Ausencia de consecuencias por errores o mal desempeño, la empresa no establece un sistema claro de sanciones o consecuencias por errores o mal desempeño.	El empleado no tiene conocimiento de la importancia de la información de cómo realizar su trabajo de manera adecuada.
¿Por qué no hay consecuencia por error o mal desempeño?	¿Por qué el empleado tiene falta de conciencia sobre la importancia de la formación?
Por la falta de claridad en las expectativas y los objetivos de su trabajo.	Resistencia al cambio o a la formación continua, el empleado se resiste al cambio por no haber un plan de desarrollo profesional.
¿Por qué esta falta de claridad en las expectativas de su trabajo?	¿Por qué hay ausencia de un plan de desarrollo profesional?
Falta de supervisión y seguimiento adecuado, en el seguimiento de las tareas realizadas por los empleados.	Si la empresa no tiene un plan estructurado para el desarrollo profesional de los empleados, estos pueden carecer de orientación y oportunidades para adquirir nuevos conocimientos.

Fuente de elaboración propia, 2023.

4.9 Análisis de criticidad

4.9.1 Resultados del análisis de criticidad

Parámetros que se tomaron en cuenta, se pueden visualizar en la Tabla 10:

Tabla 10: Parámetros de análisis de criticidad y puntuación.

Frecuencia de las fallas	Puntuación
≥ 2 fallas por semana	4
≥ 2 fallas por mes	3
≥ 1 fallas cada 4 meses	2
≥ 1 fallas cada 1 año	1

Fuente de elaboración propia, 2023.

Tabla 11: Impacto Operacional y puntuación.

Impacto Operacional	Puntuación
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	7
Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	5
Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	3
Pérdidas de producción menor al 10%	1

Fuente de elaboración propia, 2023.

Tabla 12: Flexibilidad Operacional y puntuación.

Flexibilidad Operacional	Puntuación
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes	4
Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios	2
Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños	1

Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 13: Impacto de seguridad y medio ambiente y puntuación.

Impacto de seguridad y medio ambiente	Puntuación
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor.	8
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración.	6
Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable).	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.	1

Fuente de elaboración propia, 2023.

Tabla 14: Costo de mantenimiento y puntuación.

Costos de mantenimiento	Puntuación
Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a RD\$ 250,000	2
Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a RD\$ 500,000	1

Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 15: Rúbrica del análisis de resultados.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente de elaboración propia, 2023.

Tabla 15: Incidencia y criticidad.

Incidencia	Criticidad
No se puede evaluar	Fuera de Servicio
0 a 30 (frecuencia 1) 0 a 20 (frecuencia 2)	No Critico
31 a 40 (frecuencia 1) 21 a 40 (frecuencia 2) 0 a 30 (frecuencia 3) 0 a 20 (frecuencia 4)	Semi-crítico
41 a 50 (frecuencia 1 y 2) 31 a 50 (frecuencia 3) 21 a 50 (frecuencia 4)	Crítico

Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 16: Tabla de criticidad.

Nombre del equipo	Frecuencia No. de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Medio Ambiente	Costos de Mantenimiento	Consecuencia	Criticidad	Nivel de Riesgo
CPM Peletizadora Grande	3	10	4	3	2	45	135	Crítico
CPM Peletizadora Pequeña A	-	-	-	-	-	-	-	Fuera de Servicio
CPM Peletizadora Pequeña B	-	-	-	-	-	-	-	Fuera de Servicio
Mezcladora A	2	1	4	1	1	6	12	No Critico
Mezcladora B	-	-	-	-	-	-	-	Fuera de Servicio
Ensacadora A	1	3	1	3	1	7	7	No Critico
Ensacadora B	1	1	1	3	1	5	5	No Critico
Silos de grasa A	1	1	1	1	1	3	3	No Critico
Silos de grasa B	1	1	1	1	1	3	3	No Critico
Tanques de Melazas A	1	1	1	1	1	2	2	No Critico
Tanques de Melazas B	-	-	-	-	-	-	-	Fuera de Servicio
Tanques de Melazas C	-	-	-	-	-	-	-	Fuera de Servicio
Caldera	2	1	4	8	1	13	26	Semi-crítico

Nombre del equipo	Frecuencia No. de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Medio Ambiente	Costos de Mantenimiento	Consecuencia	Criticidad	Nivel de Riesgo
Montacargas A	2	1	1	3	1	5	10	No Crítico
Montacargas B	2	2	1	3	1	6	12	No Crítico
Camión Hino	2	1	1	3	1	5	10	No Crítico
Camión Hino	2	2	1	3	1	6	12	No Crítico
Camión Peter Bilt	2	3	1	3	1	7	14	No Crítico
Camión International	2	1	1	3	1	5	10	No Crítico
Camioncito Kía	2	2	1	3	1	6	12	No Crítico

Fuente de elaboración propia, 2023

En la Tabla 16, se presenta una lista de equipos utilizados en una planta de producción. Cada equipo se evalúa en términos de su frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, medio ambiente, costos de mantenimiento, consecuencia, criticidad y nivel de riesgo.

La CPM Peletizadora Grande es el equipo más crítico en términos de su nivel de riesgo, ya que tiene una alta frecuencia de fallas (3) y un impacto operacional muy elevado (10), lo que significa que su reparación y tiempo de inactividad pueden tener un impacto significativo en la producción. Además, su costo de mantenimiento es alto (2) y su consecuencia (45) también es crítica (135).

Las CPM Peletizadoras Pequeñas A y B están fuera de servicio y no tienen datos para evaluar su criticidad. Las Mezcladoras A y B también se evalúan en términos de su

frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, medio ambiente, costos de mantenimiento, consecuencia, criticidad y nivel de riesgo. La Mezcladora A tiene una criticidad baja (12) y la Mezcladora B está fuera de servicio y no se puede evaluar su criticidad.

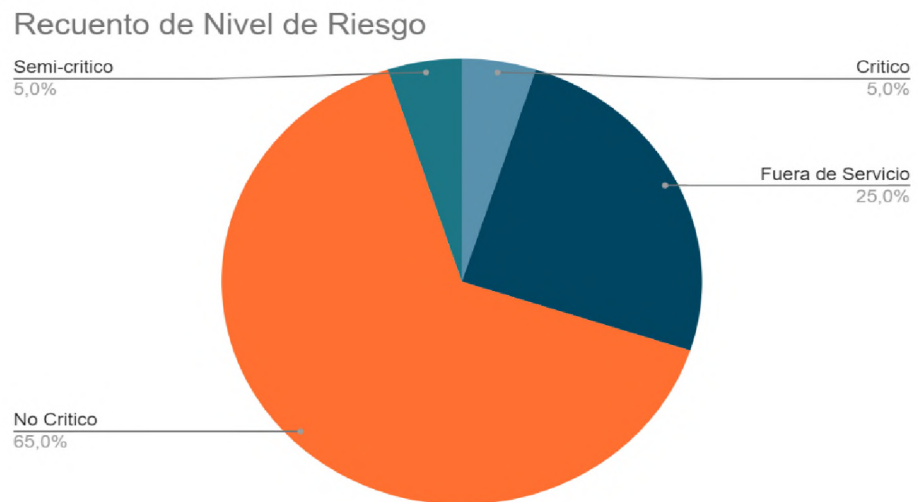
Las Ensacadoras A y B, los Silos de Grasa A y B, y los Tanques de Melazas A, B y C se consideran no críticos, ya que tienen una criticidad baja (entre 2 y 7) y su impacto en la producción es mínimo.

La Caldera es semi-crítica, ya que tiene una frecuencia de fallas moderada (2) y un impacto operacional elevado (4). Sin embargo, su consecuencia es alta (13) y sus costos de mantenimiento son altos (26).

Finalmente, los Montacargas A y B, el Camión Hino, el Camión Peter Bilt, el Camión International y el Camioncito Kía se consideran no críticos, ya que tienen una criticidad baja (entre 5 y 14) y su impacto en la producción es mínimo.

Estableciendo los diferentes niveles de criticidad en las máquinas, se puede observar el estado general de las maquinarias mediante el análisis hecho anteriormente, en la Figura 9, se visualiza resumidamente en un diagrama circular:

Figura 14: Recuento de Nivel de riesgo.



Fuente de elaboración propia, 2023

4.10 Análisis de Confiabilidad Weibull

Fórmulas utilizadas para calcular los datos de la tabla:

Esta fórmula es la estimación de rangos medianos

$$RM(T) = i - 0.3/n + 0.4$$

$$y = \ln(-\ln R)$$

De esta fórmula se saca beta que sería a y cte que sería b

$$y = ax + b$$

$$x = \ln t$$

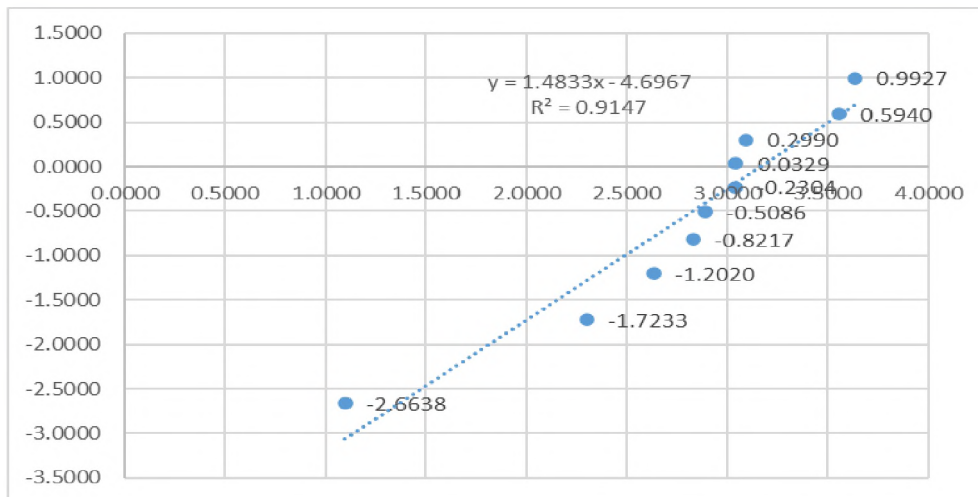
Cálculo de análisis de confiabilidad Weibull de la Matriz

Tabla 17: Datos de la matriz.

i	Tiempo (Semana)	RM = F(t)	X	Y
1	3	0.0673	1.0986	-2.6638
2	10	0.1635	2.3026	-1.7233
3	14	0.2596	2.6391	-1.202
4	17	0.3558	2.8332	-0.8217
5	18	0.4519	2.8904	-0.5086
6	21	0.5481	3.0445	-0.2304
7	21	0.6442	3.0445	0.0329
8	22	0.7404	3.091	0.299
9	35	0.8365	3.5553	0.594
10	38	0.9327	3.6376	0.9927

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 15: Gráfica de la matriz.



Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 18: Datos MTBF de la matriz.

Beta	1.4833
cte	4.6967
eta	23.7
MTBF	21.4436

Fuente de elaboración propia, 2023

El valor de Beta 1.48 es mayor a 1, sugiere una tasa de fallas creciente a medida que el tiempo avanza. Esto indica que el sistema o componente puede experimentar una mayor probabilidad de fallas a medida que pasa el tiempo. El componente tiene una tasa de fallas creciente a lo largo del tiempo, lo cual implica que se necesita un monitoreo y mantenimiento adecuados para asegurar su confiabilidad. Por otro lado, el hecho de que el MTBF sea relativamente bajo (21.44 semanas) indica que el sistema o componente puede requerir intervenciones de mantenimiento con cierta frecuencia para evitar fallas prematuras y asegurar su buen funcionamiento.

Fórmulas desarrolladas en la tabla 19:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad \text{Confiabilidad}$$

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad \text{Desconfiabilidad}$$

$$\lambda = \frac{\beta}{\eta} x \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad \text{Tasa de fallas}$$

Esta tabla representa la confiabilidad a través del tiempo:

Tabla 19: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad matriz.

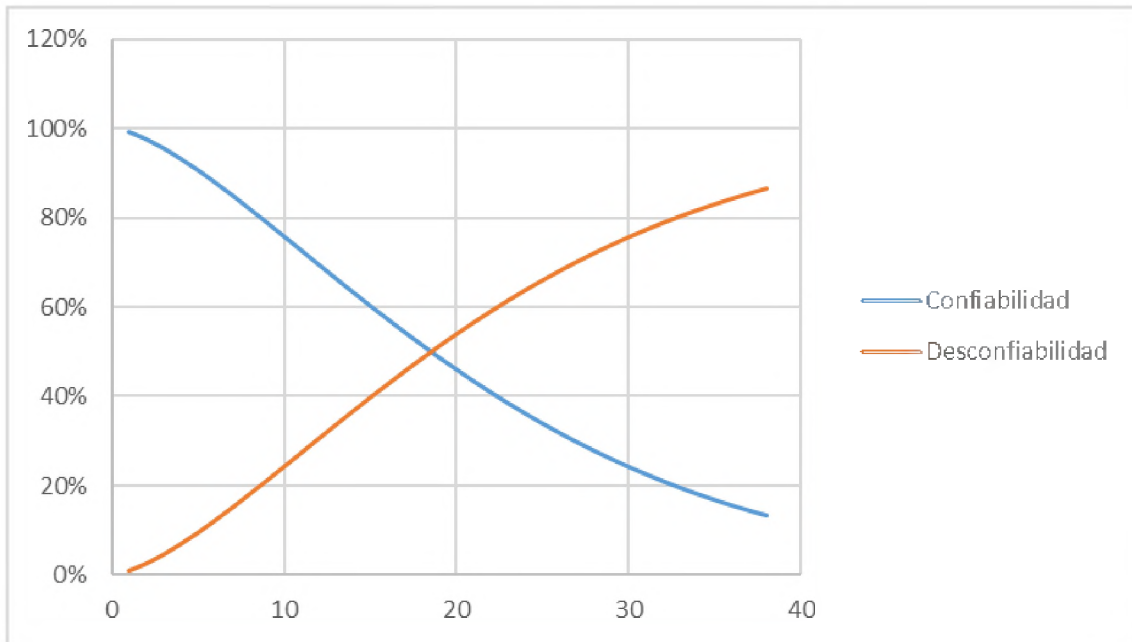
Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
1	99%	0.013413162	0.013536126	1%
2	97%	0.018446021	0.018922713	3%
3	95%	0.02197201	0.023019136	5%
4	93%	0.024631567	0.026452846	7%
5	91%	0.026679275	0.0294652	9%
6	88%	0.028251886	0.032179405	12%
7	85%	0.029436089	0.034668389	15%
8	82%	0.030293115	0.036979532	18%
9	79%	0.0308696	0.03914566	21%
10	76%	0.031203043	0.041190627	24%
11	73%	0.031324794	0.043132403	27%
12	69%	0.031261811	0.044984927	31%
13	66%	0.031037744	0.046759266	34%
14	63%	0.030673633	0.048464381	37%
15	60%	0.03018838	0.050107647	40%
16	57%	0.02959907	0.051695222	43%
17	54%	0.028921212	0.053232307	46%
18	51%	0.028168905	0.054723344	49%
19	49%	0.027354977	0.056172161	51%
20	46%	0.026491091	0.057582087	54%
21	43%	0.025587835	0.058956036	57%
22	41%	0.024654793	0.060296577	59%
23	38%	0.023700621	0.061605986	62%
24	36%	0.0227331	0.062886296	64%
25	34%	0.021759195	0.064139328	66%
26	32%	0.02078511	0.065366719	68%
27	30%	0.019816336	0.066569951	70%

Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
28	28%	0.018857699	0.06775037	72%
29	26%	0.017913408	0.0689092	74%
30	24%	0.016987099	0.070047561	76%
31	23%	0.016081878	0.071166479	77%
32	21%	0.01520036	0.072266897	79%
33	20%	0.014344713	0.073349687	80%
34	18%	0.013516694	0.074415652	82%
35	17%	0.012717683	0.075465537	83%
36	16%	0.011948723	0.076500034	84%
37	14%	0.011210551	0.077519787	86%
38	13%	0.010503625	0.078525396	87%

Fuente de elaboración propia, 2023

En base a la tabla 19, se puede observar, que la falla en la semana 3 tenía una alta confiabilidad del 95%, lo que sugiere que pudo ser resultado de una mala práctica o falta de lubricación adecuada del componente. Por otro lado, la falla en la semana 38 tenía una baja confiabilidad del 13%, lo que indica una posible falta de mantenimiento o desgaste significativo del componente. Y en base a la gráfica 11, la intercepción de la confiabilidad y desconfiabilidad da como resultado que, a las 19 semanas en base al histórico de las fallas del componente, que sería recomendable hacer un cambio. Teniendo en cuenta, que esto ha sido por descuido y falta de lubricaciones.

Figura 16: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad de la matriz.



Fuente de elaboración propia, 2023

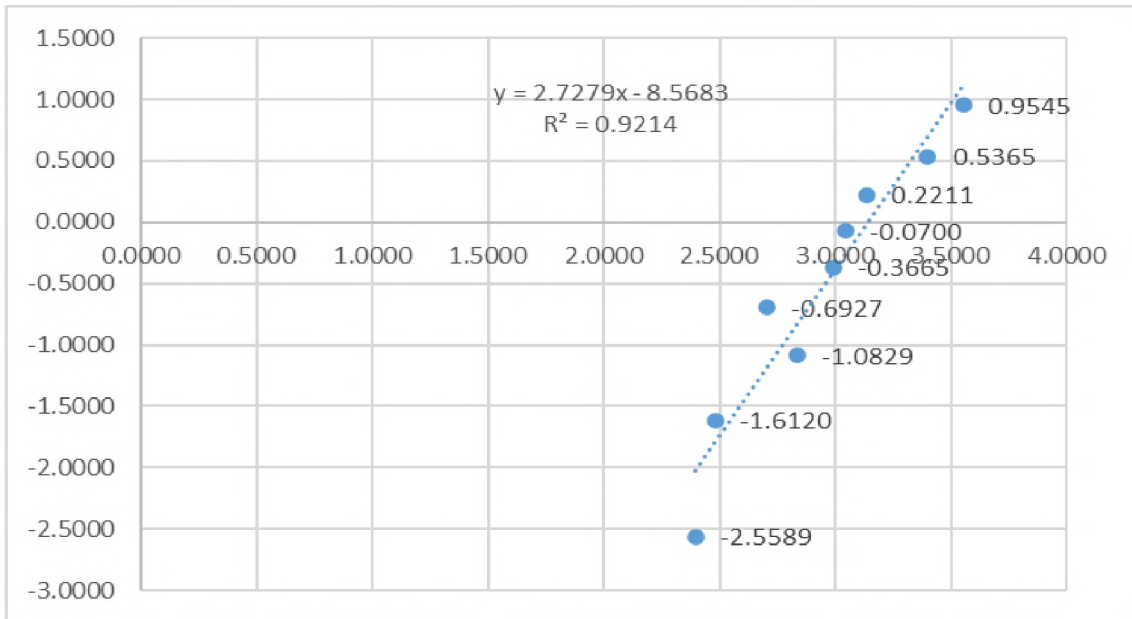
Cálculo de análisis de confiabilidad Weibull del Rodamiento eje principal

Tabla 20: Datos de rodamiento del eje principal.

i	Tiempo (Semana)	RM = F(t)	X	Y
1	11	0.0745	2.3979	-2.5589
2	12	0.1809	2.4849	-1.612
3	17	0.2872	2.8332	-1.0829
4	15	0.3936	2.7081	-0.6927
5	20	0.5	2.9957	-0.3665
6	21	0.6064	3.0445	-0.07
7	23	0.7128	3.1355	0.2211
8	30	0.8191	3.4012	0.5365
9	35	0.9255	3.5553	0.9545

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 17: Gráfica de rodamiento del eje principal.



Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 21: Datos MTBF del rodamiento del eje principal.

Beta	2.7
cte	8.6
eta	23.1
MTBF	20.57

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 21, se puede observar que el valor de Beta 2.7 es mayor a 1, sugiere una tasa de fallas creciente a medida que el tiempo avanza. Esto indica que el sistema o componente puede experimentar una mayor probabilidad de fallas a medida que pasa el tiempo. El componente tiene una tasa de fallas creciente a lo largo del tiempo, lo cual implica que se necesita un monitoreo y mantenimiento adecuados para asegurar su confiabilidad. Por otra parte, el hecho de que el MTBF sea relativamente bajo (20.57 semanas) indica que el sistema o componente puede requerir intervenciones de

mantenimiento con cierta frecuencia para evitar fallas prematuras y asegurar su buen funcionamiento.

Esta tabla 22, representa la confiabilidad a través del tiempo:

Tabla 22: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad rodamiento eje principal.

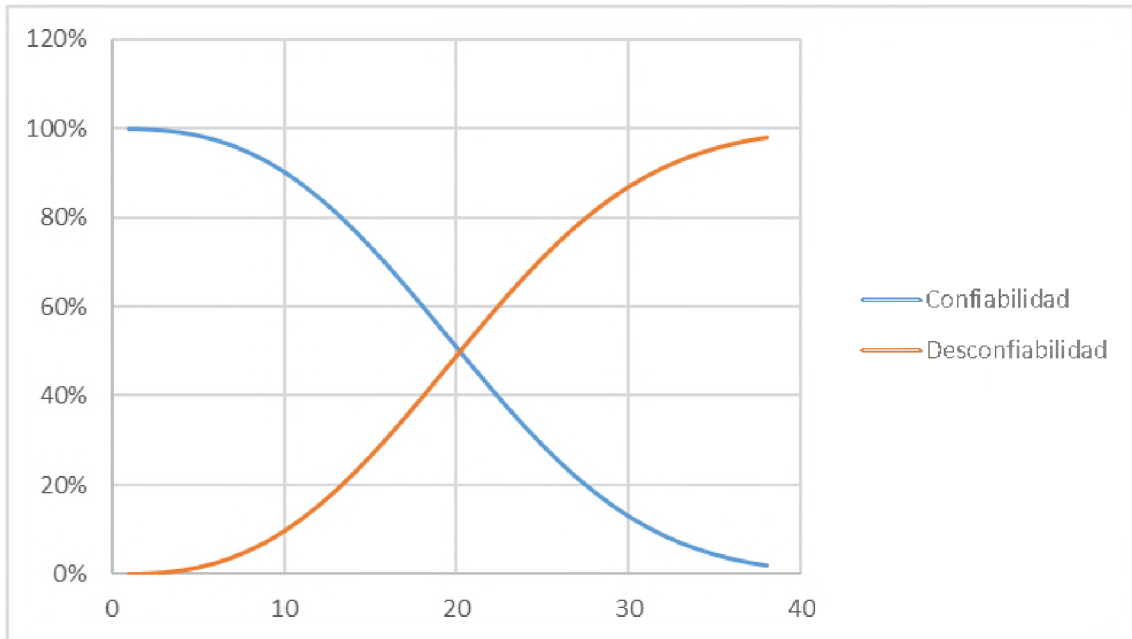
R	Tiempos	Densidad	Tasa de fallas	F
100%	1	0.000518306	0.000518405	0%
100%	2	0.001715061	0.001717221	0%
100%	3	0.003447038	0.00346018	0%
99%	4	0.005641065	0.005688313	1%
98%	5	0.008237178	0.008364437	2%
98%	6	0.011176539	0.011461882	2%
96%	7	0.014396704	0.014960117	4%
95%	8	0.017829629	0.018842595	5%
93%	9	0.021401117	0.023095557	7%
90%	10	0.02503128	0.027707283	10%
88%	11	0.02863576	0.032667613	12%
85%	12	0.03212761	0.037967605	15%
81%	13	0.035419675	0.043599299	19%
78%	14	0.038427364	0.049555542	22%
74%	15	0.04107164	0.055829846	26%
69%	16	0.043282063	0.062416292	31%
65%	17	0.044999689	0.069309441	35%
60%	18	0.046179645	0.076504271	40%
56%	19	0.046793185	0.083996126	44%
51%	20	0.04682908	0.091780664	49%
46%	21	0.046294203	0.099853827	54%

R	Tiempos	Densidad	Tasa de fallas	F
42%	22	0.04521327	0.108211807	58%
37%	23	0.04362768	0.11685102	63%
33%	24	0.041593549	0.125768085	67%
29%	25	0.039179014	0.1349598	71%
25%	26	0.036460984	0.144423132	75%
22%	27	0.033521543	0.154155196	78%
19%	28	0.030444237	0.164153247	81%
16%	29	0.02731046	0.174414664	84%
13%	30	0.024196184	0.184936945	87%
11%	31	0.021169203	0.195717694	89%
9%	32	0.018287027	0.206754614	91%
7%	33	0.015595525	0.218045503	93%
6%	34	0.01312832	0.229588241	94%
5%	35	0.010906907	0.241380792	95%
4%	36	0.008941407	0.253421193	96%
3%	37	0.007231832	0.265707551	97%
2%	38	0.005769703	0.278238039	98%

Fuente de elaboración propia, 2023

En este caso específico, se observa que la falla ocurrida en la semana 11 tenía una confiabilidad del 88%, lo que sugiere que pudo haber sido resultado de una práctica inadecuada o falta de mantenimiento. Por otro lado, la falla que ocurrió en la semana 35 tuvo una confiabilidad extremadamente baja del 5%, lo que indica una mayor durabilidad antes de que ocurriera dicha falla. En este caso, la intercepción fue en la semana 20.

Figura 18: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad del rodamiento de eje principal.



Fuente de elaboración propia, 2023

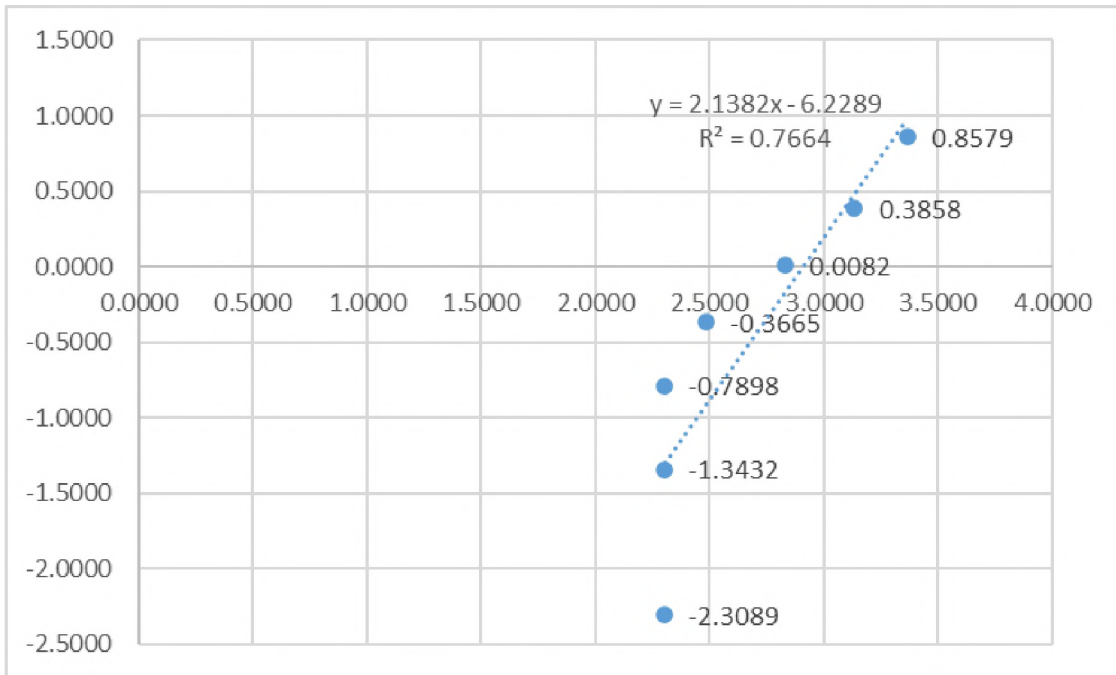
Cálculo de análisis de confiabilidad Weibull del Rodamiento de acondicionador

Tabla 23: Datos rodamiento de acondicionador.

Tiempo (Semana)	RM = F(t)	X	Y
10	0.0946	2.3026	-2.3089
10	0.2297	2.3026	-1.3432
10	0.3649	2.3026	-0.7898
12	0.5	2.4849	-0.3665
17	0.6351	2.8332	0.0082
23	0.7703	3.1355	0.3858
29	0.9054	3.3673	0.8579

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 19: Gráfica del rodamiento de acondicionador.



Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 24: Datos MTBF rodamiento de acondicionador.

Beta	2.1
cte	6.2
eta	18.4
MTBF	16.3082

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 24, se aprecia que el valor de Beta 2.1 es mayor a 1, sugiere una tasa de fallas creciente a medida que el tiempo avanza. Esto indica que el sistema o componente puede experimentar una mayor probabilidad de fallas a medida que pasa el tiempo. El componente tiene una tasa de fallas creciente a lo largo del tiempo, lo cual implica que se necesita un monitoreo y mantenimiento adecuados para asegurar su confiabilidad. Por último, el hecho de que el MTBF sea relativamente bajo (16.30).

semanas) indica que el sistema o componente puede requerir intervenciones de mantenimiento con cierta frecuencia para evitar fallas prematuras y asegurar su buen funcionamiento.

Esta tabla 25, representa la confiabilidad a través del tiempo:

Tabla 25: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad rodamiento de acondicionador.

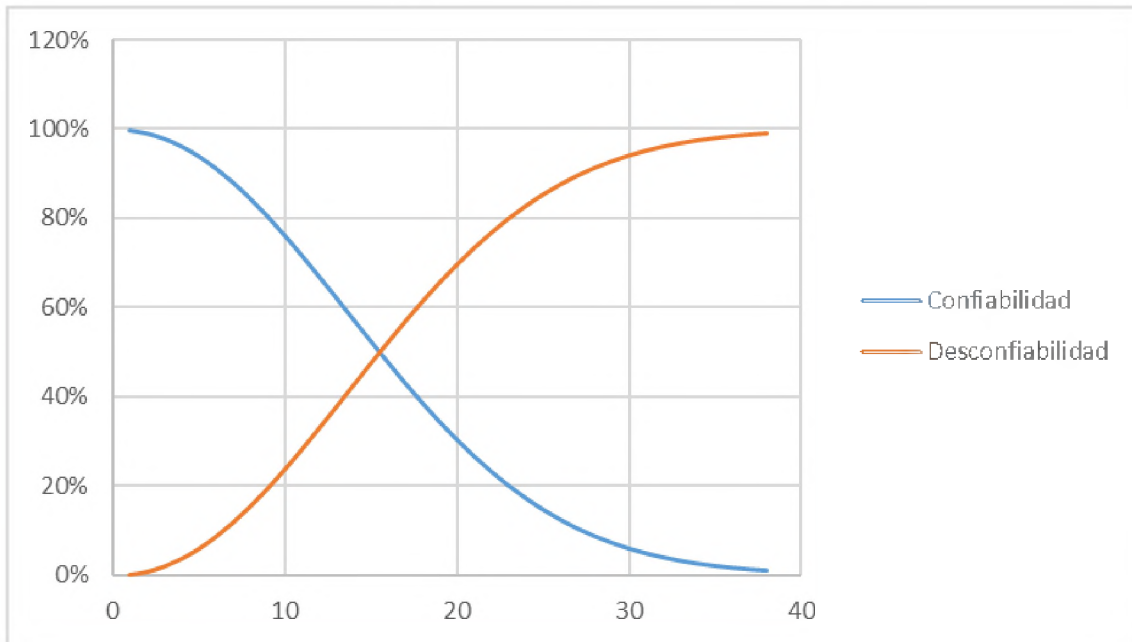
Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
1	100%	0.00420748	0.004215784	0%
2	99%	0.009199036	0.009279227	1%
3	98%	0.014420139	0.014721074	2%
4	96%	0.019658558	0.020424209	4%
5	94%	0.024757629	0.026329862	6%
6	91%	0.029585948	0.032402086	9%
7	88%	0.034030466	0.038616425	12%
8	85%	0.037995438	0.044955073	15%
9	81%	0.041403117	0.051404448	19%
10	76%	0.044194781	0.057953818	24%
11	72%	0.046331508	0.064594473	28%
12	67%	0.047794417	0.071319196	33%
13	62%	0.048584253	0.0781219	38%
14	57%	0.048720294	0.084997378	43%
15	52%	0.048238617	0.091941118	48%
16	48%	0.047189807	0.098949175	52%
17	43%	0.045636252	0.106018065	57%
18	39%	0.043649143	0.113144688	61%
19	34%	0.041305355	0.120326266	66%
20	30%	0.038684359	0.127560295	70%

Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
21	27%	0.035865298	0.134844506	73%
22	23%	0.032924357	0.142176829	77%
23	20%	0.029932521	0.149555374	80%
24	17%	0.026953787	0.156978403	83%
25	15%	0.024043861	0.164444311	85%
26	12%	0.02124935	0.171951617	88%
27	10%	0.018607421	0.179498944	90%
28	9%	0.016145889	0.18708501	91%
29	7%	0.013883663	0.19470862	93%
30	6%	0.011831483	0.202368655	94%
31	5%	0.009992872	0.210064065	95%
32	4%	0.008365218	0.217793865	96%
33	3%	0.006940918	0.225557127	97%
34	2%	0.005708524	0.233352973	98%
35	2%	0.004653828	0.241180577	98%
36	2%	0.003760857	0.249039155	98%
37	1%	0.003012745	0.256927964	99%
38	1%	0.002392457	0.264846297	99%

Fuente de elaboración propia, 2023

La falla ocurrida en la semana 10, con una confiabilidad del 76%, probablemente fue ocasionada por prácticas inadecuadas o falta de mantenimiento. Por otro lado, la falla en la semana 29, con una confiabilidad muy baja del 7%, indica que ese componente tuvo una mayor durabilidad antes de fallar. Es interesante notar que la intercepción de confiabilidad ocurrió en la semana 15, lo que implica que a partir de ese punto la confiabilidad disminuyó significativamente y se volvió más probable que ocurrieran fallas.

Figura 21: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad rodamiento.



Fuente de elaboración propia, 2023

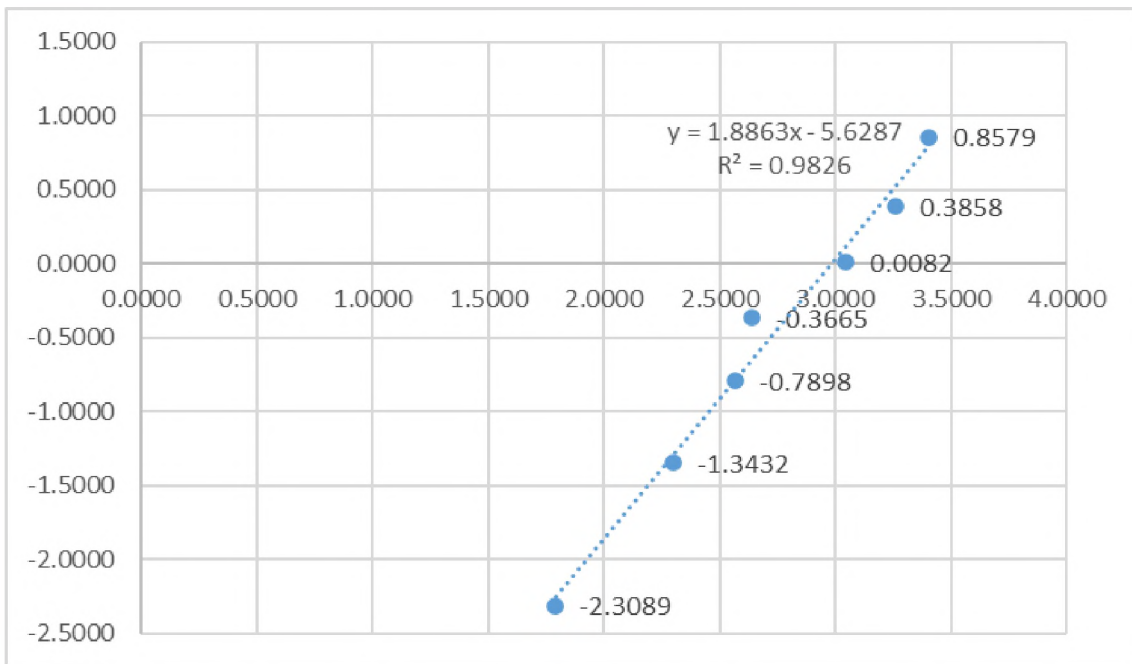
Cálculo de análisis de confiabilidad Weibull del Deflector

Tabla 26: Datos del deflector.

i	Tiempo (Semana)	RM = F(t)	X	Y
1	6	0.0946	1.7918	-2.3089
2	10	0.2297	2.3026	-1.3432
3	13	0.3649	2.5649	-0.7898
4	14	0.5	2.6391	-0.3665
5	21	0.6351	3.0445	0.0082
6	26	0.7703	3.2581	0.3858
7	30	0.9054	3.4012	0.8579

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 22: Gráfica del deflector.



Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 27: Datos MTBF del deflector.

Beta	1.9
cte	5.6
eta	19.8
MTBF	17.5434

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 27, se identifica que el valor de Beta 1.9 es mayor a 1, sugiere una tasa de fallas creciente a medida que el tiempo avanza. Esto indica que el sistema o componente puede experimentar una mayor probabilidad de fallas a medida que pasa el tiempo. El componente tiene una tasa de fallas creciente a lo largo del tiempo, lo cual implica que se necesita un monitoreo y mantenimiento adecuados para asegurar su confiabilidad. En este orden, se puede entender el hecho de que el MTBF sea relativamente bajo (17.54 semanas) indica que el sistema o componente puede requerir

intervenciones de mantenimiento con cierta frecuencia para evitar fallas prematuras y asegurar su buen funcionamiento.

Esta tabla 28, representa la confiabilidad a través del tiempo:

Tabla 28: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad del deflector.

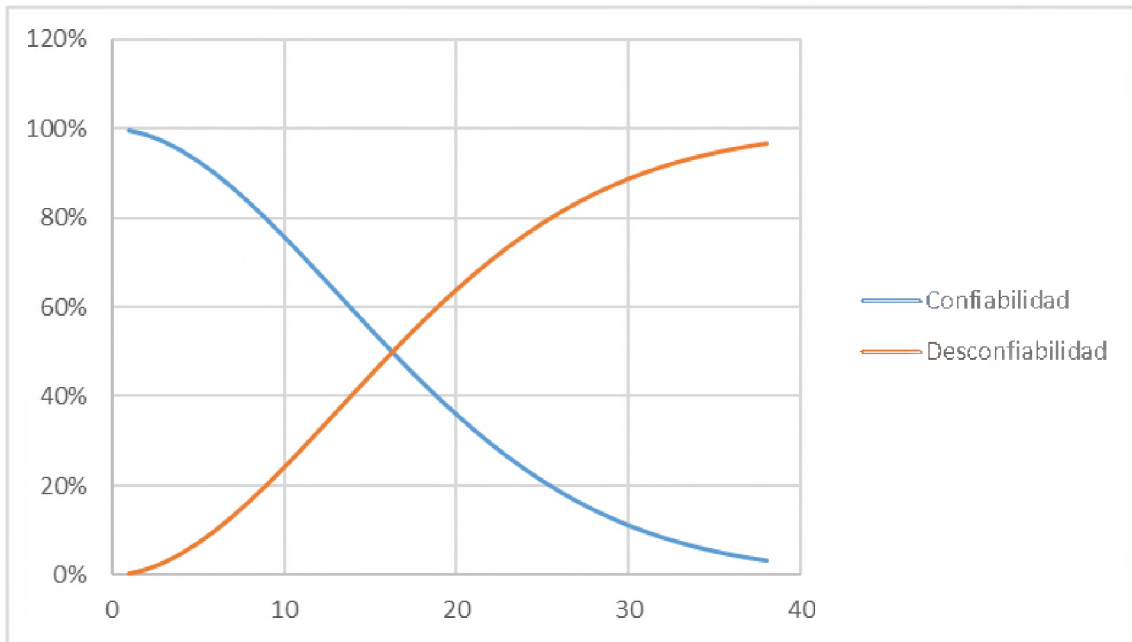
Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
1	100%	0.00675397	0.006778284	0%
2	99%	0.012363978	0.012529322	1%
3	97%	0.017442306	0.017947344	3%
4	95%	0.022049904	0.023159834	5%
5	93%	0.026190091	0.028224638	7%
6	90%	0.029852467	0.033174779	10%
7	87%	0.033025617	0.038031555	13%
8	83%	0.035702042	0.04280981	17%
9	80%	0.037880276	0.047520459	20%
10	76%	0.039565697	0.052171851	24%
11	72%	0.040770637	0.056770571	28%
12	68%	0.041514043	0.06132194	32%
13	64%	0.041820864	0.065830343	36%
14	59%	0.041721244	0.070299451	41%
15	55%	0.041249589	0.074732383	45%
16	51%	0.04044358	0.07913182	49%
17	47%	0.039343157	0.083500087	53%
18	43%	0.037989527	0.087839222	57%
19	40%	0.036424217	0.092151023	60%
20	36%	0.034688208	0.09643709	64%
21	33%	0.032821159	0.100698853	67%
22	29%	0.030860738	0.104937598	71%

Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
23	26%	0.028842075	0.109154488	74%
24	24%	0.026797332	0.113350579	76%
25	21%	0.024755389	0.117526835	79%
26	19%	0.022741652	0.121684139	81%
27	17%	0.02077796	0.125823299	83%
28	15%	0.018882593	0.129945064	85%
29	13%	0.017070358	0.134050125	87%
30	11%	0.015352757	0.138139121	89%
31	10%	0.013738198	0.142212648	90%
32	8%	0.012232255	0.146271262	92%
33	7%	0.010837965	0.15031548	93%
34	6%	0.009556128	0.154345788	94%
35	5%	0.008385629	0.15836264	95%
36	5%	0.007323747	0.162366464	95%
37	4%	0.006366457	0.166357663	96%
38	3%	0.005508716	0.170336617	97%

Fuente de elaboración propia, 2023

La falla ocurrida en la semana 6, con una confiabilidad del 90%, pudo haber sido el resultado de prácticas inadecuadas o falta de mantenimiento. Por otro lado, la falla en la semana 30, con una confiabilidad muy baja del 11%, indica que ese componente tuvo una mayor resistencia antes de presentar una falla. Es importante destacar que la intercepción de confiabilidad se produjo en la semana 16, lo que indica un punto crítico a partir del cual la confiabilidad comenzó a disminuir significativamente y la probabilidad de fallas aumentó.

Figura 23: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad del deflector.



Fuente de elaboración propia, 2023

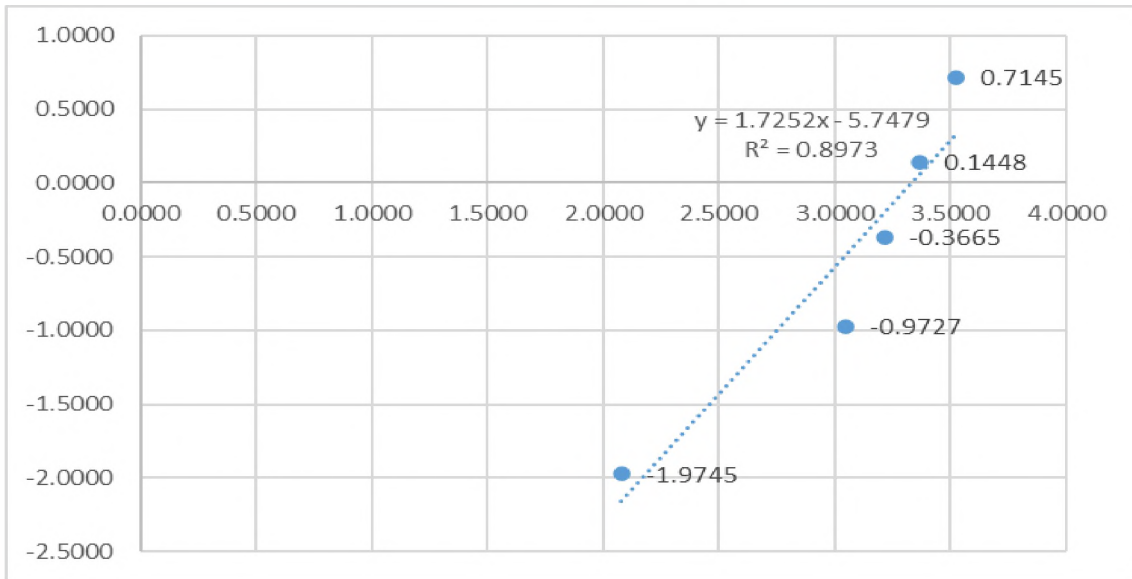
Cálculo de análisis de confiabilidad Weibull del Buje frontal alimentador

Tabla 29: Datos del buje frontal alimentador.

i	Tiempo (Semana)	RM = F(t)	X	Y
1	8	0.1296	2.0794	-1.9745
2	21	0.3148	3.0445	-0.9727
3	25	0.5	3.2189	-0.3665
4	29	0.6852	3.3673	0.1448
5	34	0.8704	3.5264	0.7145

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 24: Gráfica de del buje frontal alimentador.



Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 30: Datos MTBF del buje frontal alimentador.

Beta	1.7
cte	5.7
eta	28
MTBF	24.9499

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 30, se aprecia el valor de Beta 1.7 es mayor a 1, sugiere una tasa de fallas creciente a medida que el tiempo avanza. Esto indica que el sistema o componente puede experimentar una mayor probabilidad de fallas a medida que pasa el tiempo. El componente tiene una tasa de fallas creciente a lo largo del tiempo, lo cual implica que se necesita un monitoreo y mantenimiento adecuados para asegurar su confiabilidad. Por lo tanto, el hecho de que el MTBF sea relativamente bajo (24.94 semanas) indica que el sistema o componente puede requerir intervenciones de mantenimiento con cierta frecuencia para evitar fallas prematuras y asegurar su buen funcionamiento.

Esta tabla representa la confiabilidad a través del tiempo:

Tabla 31: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad buje frontal alimentador.

Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
1	100%	0.005484602	0.005502122	0%
2	99%	0.009000005	0.009095408	1%
3	98%	0.011948068	0.012204353	2%
4	97%	0.014520243	0.015035369	3%
5	95%	0.016793418	0.017676179	5%
6	93%	0.018807612	0.020174681	7%
7	91%	0.020587167	0.022560729	9%
8	89%	0.022148806	0.024854555	11%
9	87%	0.023505286	0.027070685	13%
10	84%	0.024667264	0.029220006	16%
11	82%	0.025644295	0.031310947	18%
12	79%	0.026445415	0.033350211	21%
13	77%	0.027079457	0.035343237	23%
14	74%	0.027555237	0.037294523	26%
15	71%	0.027881645	0.039207837	29%
16	68%	0.028067682	0.041086384	32%
17	66%	0.02812246	0.042932912	34%
18	63%	0.028055179	0.044749807	37%
19	60%	0.027875088	0.046539154	40%
20	57%	0.027591443	0.04830279	43%
21	54%	0.027213451	0.050042343	46%
22	52%	0.026750221	0.051759268	48%
23	49%	0.026210711	0.053454868	51%
24	46%	0.025603678	0.055130319	54%

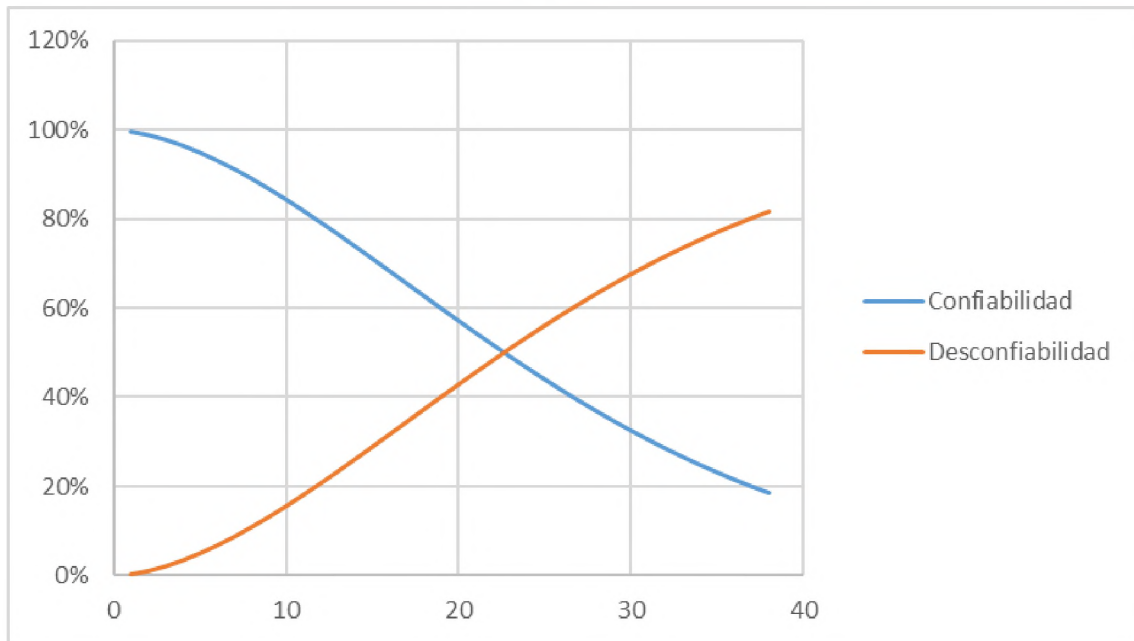
Fuente de elaboración propia, 2023

Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
25	44%	0.024937633	0.056786685	56%
26	41%	0.024220797	0.058424936	59%
27	39%	0.023461064	0.060045955	61%
28	37%	0.022665968	0.061650552	63%
29	35%	0.021842657	0.063239472	65%
30	32%	0.020997867	0.0648134	68%
31	30%	0.020137909	0.066372971	70%
32	28%	0.019268654	0.067918773	72%
33	26%	0.018395527	0.069451353	74%
34	25%	0.017523504	0.070971219	75%
35	23%	0.016657114	0.072478846	77%
36	21%	0.015800439	0.073974679	79%
37	20%	0.014957133	0.075459133	80%
38	18%	0.014130421	0.076932599	82%

Fuente de elaboración propia, 2023

La falla en la semana 8, con una confiabilidad del 89%, probablemente se debió a prácticas inadecuadas o falta de mantenimiento. Por otro lado, la falla en la semana 34, con una confiabilidad del 25%, indica una mayor resistencia del componente antes de la ocurrencia de la falla. Es relevante resaltar que la intercepción de confiabilidad ocurrió en la semana 23, lo que indica un punto crítico a partir del cual la confiabilidad experimentó una disminución significativa y la probabilidad de fallas aumentó.

Figura 25: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad del buje frontal alimentador.



Fuente de elaboración propia, 2023

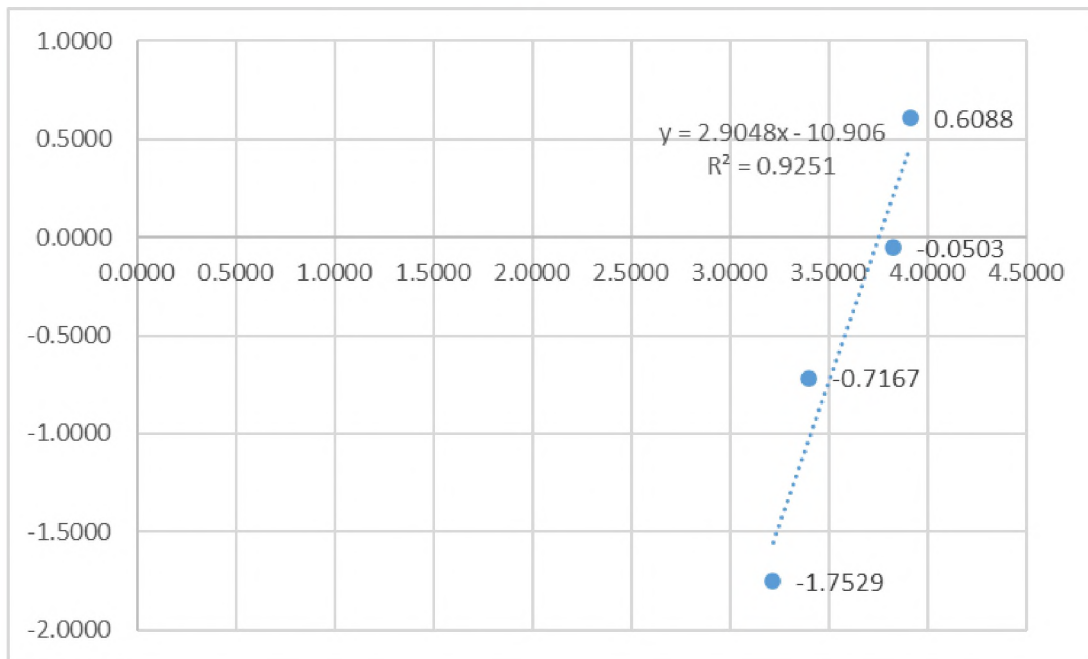
Cálculo de análisis de confiabilidad Weibull de la Cadena rodillo alimentador

Tabla 32: Datos cuchilla cortadora.

i	Tiempo (Semana)	RM = F(t)	X	Y
1	25	0.1591	3.2189	-1.7529
2	30	0.3864	3.4012	-0.7167
3	46	0.6136	3.8286	-0.0503
4	50	0.8409	3.912	0.6088

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 26: Gráfica de la cadena rodillo alimentador.



Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 33: Datos MTBF de la cadena rodillo alimentador.

Beta	2.9
cte	10.9
eta	42.7
MTBF	38.0953

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 33, se observa que el valor de Beta 2.9 es mayor a 1, sugiere una tasa de fallas creciente a medida que el tiempo avanza. Esto indica que el sistema o componente puede experimentar una mayor probabilidad de fallas a medida que pasa el tiempo. El componente tiene una tasa de fallas creciente a lo largo del tiempo, lo cual implica que se necesita un monitoreo y mantenimiento adecuados para asegurar su confiabilidad. También, el hecho de que el MTBF sea relativamente alto comparado con

los otros componentes (38.09 semanas) indica que el componente requiere menos intervenciones de mantenimiento con cierta frecuencia para evitar fallas prematuras y asegurar su buen funcionamiento.

Esta tabla 34, representa la confiabilidad a través del tiempo:

Tabla 34: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad cadena rodillo alimentador.

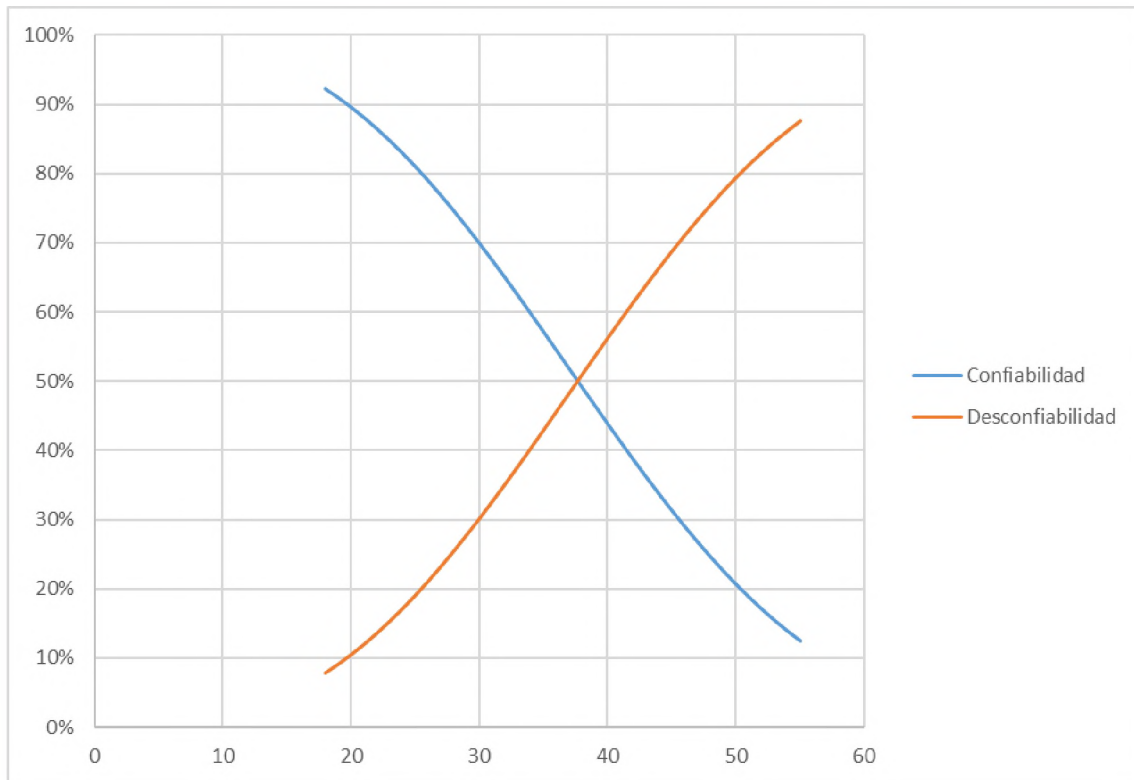
Tiempos	R	densidad	tasa de fallas	F
18	92%	0.012084925	0.013107465	8%
19	91%	0.013212081	0.014529302	9%
20	90%	0.014347337	0.016020501	10%
21	88%	0.015482392	0.017580725	12%
22	86%	0.016608651	0.019209654	14%
23	85%	0.017717297	0.020906983	15%
24	83%	0.018799373	0.022672424	17%
25	81%	0.019845881	0.024505702	19%
26	79%	0.020847882	0.026406552	21%
27	77%	0.021796597	0.028374723	23%
28	75%	0.022683527	0.030409973	25%
29	72%	0.023500562	0.032512071	28%
30	70%	0.024240094	0.034680793	30%
31	67%	0.02489513	0.036915924	33%
32	65%	0.025459399	0.039217257	35%
33	62%	0.025927454	0.041584593	38%
34	60%	0.02629476	0.044017739	40%
35	57%	0.026557775	0.046516506	43%
36	54%	0.026714016	0.049080715	46%
37	52%	0.026762108	0.051710191	48%

Tiempos	R	densidad	tasa de fallas	F
38	49%	0.026701821	0.054404762	51%
39	46%	0.026534079	0.057164264	54%
40	44%	0.026260961	0.059988537	56%
41	41%	0.02588567	0.062877424	59%
42	39%	0.025412496	0.065830774	61%
43	36%	0.024846749	0.068848438	64%
44	34%	0.024194675	0.071930274	66%
45	31%	0.023463365	0.07507614	69%
46	29%	0.022660635	0.0782859	71%
47	27%	0.021794906	0.08155942	73%
48	25%	0.020875066	0.084896569	75%
49	23%	0.019910331	0.088297221	77%
50	21%	0.018910102	0.09176125	79%
51	19%	0.017883814	0.095288535	81%
52	17%	0.016840799	0.098878956	83%
53	15%	0.015790152	0.102532397	85%
54	14%	0.014740595	0.106248744	86%
55	12%	0.013700373	0.110027885	88%

Fuente de elaboración propia, 2023

La falla en la semana 25, con una confiabilidad del 81%, indica que este componente ha mostrado una mayor resistencia en comparación con otros componentes similares. Por otro lado, la falla en la semana 50, con una confiabilidad del 21%, demuestra que el componente ha sido capaz de resistir un período prolongado antes de presentar la falla. Es relevante destacar que la intercepción de confiabilidad ocurrió en la semana 37, lo que marca un punto crítico en el que la confiabilidad del componente experimentó un declive significativo y la probabilidad de fallas aumentó.

Figura 27: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad de la cadena rodillo alimentador.



Fuente de elaboración propia, 2023

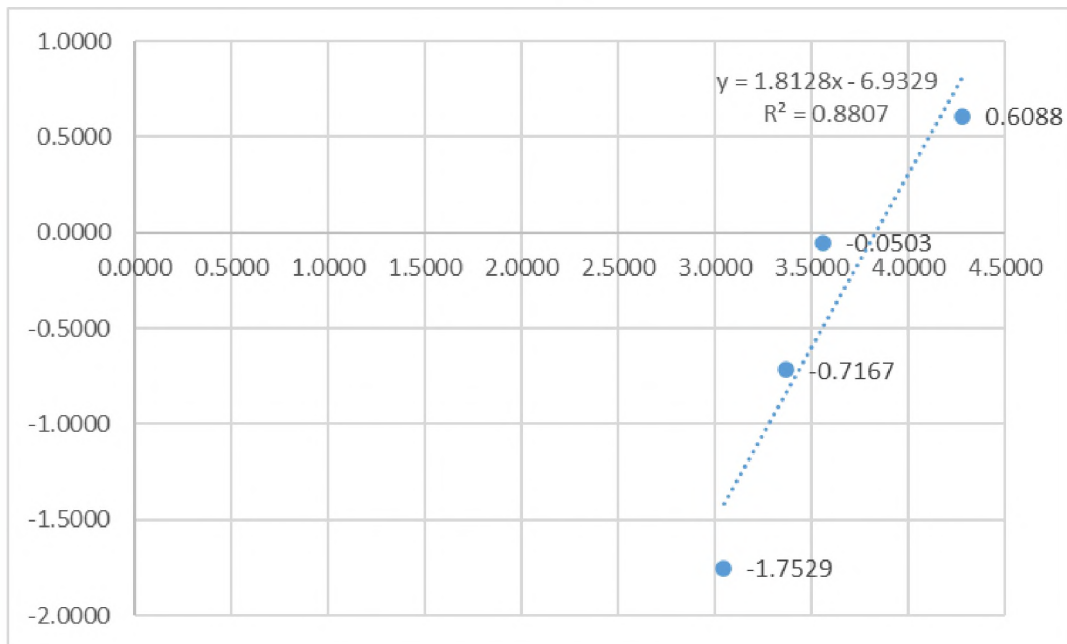
Cálculo de análisis de confiabilidad Weibull de la Cuchilla cortadora

Tabla 35: Datos cuchilla cortadora

i	Tiempo (Semana)	RM = F(t)	X	Y
1	21	0.1591	3.0445	-1.7529
2	29	0.3864	3.3673	-0.7167
3	35	0.6136	3.5553	-0.0503
4	72	0.8409	4.2767	0.6088

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 28: Gráfica de la cuchilla cortadora.



Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 36: Datos para MTBF de la cuchilla cortadora.

Beta	1.8
cte	6.9
eta	45.8
MTBF	40.725

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 36, se visualiza que el valor de Beta 1.8 es mayor a 1, sugiere una tasa de fallas creciente a medida que el tiempo avanza. Esto indica que el sistema o componente puede experimentar una mayor probabilidad de fallas a medida que pasa el tiempo. El componente tiene una tasa de fallas creciente a lo largo del tiempo, lo cual implica que se necesita un monitoreo y mantenimiento adecuados para asegurar su confiabilidad. De igual manera, el hecho de que el MTBF sea relativamente alto

comparado con los otros componentes (38.09 semanas) indica que el componente requiere menos intervenciones de mantenimiento con cierta frecuencia para evitar fallas prematuras y asegurar su buen funcionamiento.

Esta tabla 36, representa la confiabilidad a través del tiempo:

Tabla 37: Datos de la confiabilidad y desconfiabilidad cuchilla cortadora.

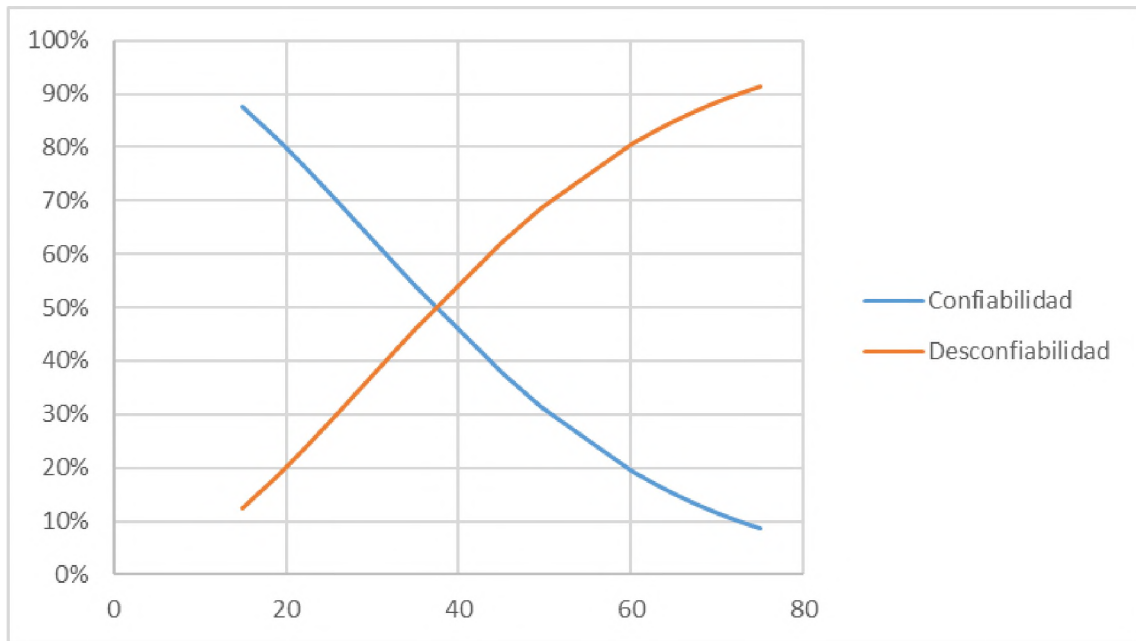
Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
15	88%	0.013992676	0.01596942	12%
19	82%	0.015799353	0.019352151	18%
21	78%	0.016460502	0.020992131	22%
22	77%	0.01673289	0.021801033	23%
23	75%	0.016967544	0.022603078	25%
24	73%	0.017165333	0.023398617	27%
25	72%	0.017327184	0.024187973	28%
26	70%	0.017454082	0.024971436	30%
27	68%	0.017547064	0.025749277	32%
28	66%	0.017607218	0.026521741	34%
29	65%	0.017635678	0.027289055	35%
30	63%	0.01763362	0.02805143	37%
31	61%	0.017602254	0.028809061	39%
32	59%	0.017542827	0.029562128	41%
33	58%	0.01745661	0.030310802	42%
34	56%	0.017344898	0.031055239	44%
35	54%	0.017209002	0.031795586	46%
45	38%	0.014811838	0.039000965	62%
46	37%	0.014496941	0.039703924	63%
48	34%	0.013842193	0.041101346	66%

Tiempos	R	Densidad	Tasa de fallas	F
49	32%	0.01350461	0.041795951	68%
50	31%	0.013161672	0.042487906	69%
60	20%	0.009645475	0.049274345	80%
61	19%	0.009302801	0.049940783	81%
62	18%	0.008964375	0.050605178	82%
63	17%	0.008630706	0.051267569	83%
64	16%	0.008302262	0.051927995	84%
65	15%	0.007979469	0.052586491	85%
66	14%	0.00766271	0.053243093	86%
67	14%	0.00735233	0.053897835	86%
68	13%	0.007048635	0.05455075	87%
69	12%	0.006751893	0.055201869	88%
70	12%	0.006462336	0.055851224	88%
71	11%	0.006180162	0.056498844	89%
72	10%	0.005905535	0.057144758	90%
73	10%	0.005638588	0.057788995	90%
74	9%	0.005379424	0.058431581	91%
75	9%	0.005128119	0.059072544	91%

Fuente de elaboración propia, 2023

En la semana 21, la confiabilidad de la cuchilla era del 78%, lo que indica una buena resistencia y desempeño en ese momento. Sin embargo, a las 72 semanas, la confiabilidad alcanzó su punto más bajo, con solo un 10%, lo que implica una disminución significativa en la capacidad de la cuchilla para cumplir con su función. Es destacable mencionar que la intercepción de las curvas de confiabilidad y desconfiabilidad ocurrió en la semana 45. Esto señala un punto crítico a partir del cual la confiabilidad comenzó a deteriorarse notablemente, y la probabilidad de fallas aumentó considerablemente.

Figura 29: Gráfica de la confiabilidad y desconfiabilidad de la cuchilla cortadora.



Fuente de elaboración propia, 2023

4.11 Evaluación de kpi (Key Performance Indicator)

Tabla 38: Datos para KPI, Costo de fallas y Duración, 2020.

Fechas	Actividad (Fallas)	Duración (días)	Horas	Costo (\$RD)
09/01/2020	Desgaste y/o rotura cuchillas cortadoras	-		
2/7/2020	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	6	8,500.00
3/10/2020	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	-	6	6,789.57
3/15/2020	Abolladura conducto de alimentación	-	5	13,489.00
7/16/2020	Cadena de Rodillo Alimentador rotura	-	6	8,960.00
9/10/2020	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	-	7	7,235.21
10/1/2020	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	4	6,200.00
02/10/2020	Compra arandela y fijador	2	16	3,789.80
14/10/2020	Reparación de la matriz de la pele No. 1	3	24	3,450.00
26/10/2020	Compra retenedora	1	8	85.00
29/10/2020	Compra sello	1	8	1,068.95
02/11/2020	Desgaste y/o rotura cuchillas cortadoras	2	16	5,670.00
16/12/2020	Construcción y montaje de cabezal de elevador	2	16	320,500.00
Total de horas fuera de servicio			122	385,737.53

Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 39: Datos para KPI, Costo de fallas y Duración, 2021.

Fechas	Actividad	Duración (días)	Horas	Costo (\$RD)
1/5/2021	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	-	5	4,578.00
1/28/2021	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	4	6,721.00
2/8/2021	Desgaste de deflector	-	2	4,263.56
2/10/2021	Desgaste y/o rotura del buje frontal alimentador	-	3	9,856.00
3/15/2021	Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	-	5	3,987.00
4/5/2021	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	7	7,542.00
4/9/2021	Desgaste y/o rotura del buje frontal alimentador	-	6	8,234.00
4/16/2021	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	-	4	5,599.00
4/29/2021	Desgaste y/o rotura cuchillas cortadoras	-	3	5,678.23
5/8/2021	Compra retenedora para uso en peletizadora	1	8	3,200.00
5/8/2021	Aceite para eje de la peletizadora	1	8	4,453.54
5/17/2021	Desgaste de deflector	-	7	8,721.36
5/24/2021	Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	3	24	4,287.00
6/1/2021	Cadena de Rodillo Alimentador rotura	-	6	4,578.12
6/30/2021	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	-	7	3,645.78
7/5/2021	Pasadores tipo fusible para la peletizadora	2	16	48,600.00
7/26/2021	Desgaste de deflector	2	16	9,200.00
8/2/2021	Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	-	5	6,773.00
9/8/2021	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	6	10,012.00
9/11/2021	Compra de disco de corte para reparación de máquina de Julián	1	8	42,589.36
9/16/2021	Desgaste y/o rotura del buje frontal alimentador	2	16	5,124.78
9/24/2021	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	1	8	3,200.00
10/11/2021	Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	1	8	4,453.54
12/17/2021	Desgaste y/o rotura de la matriz	3	24	7,689.47
12/30/2021	Cadena de Rodillo Alimentador rotura	2	16	9,200.00
Total de horas fuera de servicio			222	232,186.74

Fuente de elaboración propia, 2023

Tabla 40: Datos para KPI, Costo de fallas y Duración, 2022.

Fechas	Actividad	Duración (días)	Horas	Costo (\$RD)
1/3/2022	Desgaste de deflector	-	3	5,189.00
1/4/2022	Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	-	5	10,055.00
1/10/2022	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	7	6,453.00
2/12/2022	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	-	6	4,032.00
2/17/2022	Desgaste de deflector	-	5	6,950.23
4/12/2022	Desgaste y/o rotura del buje frontal alimentador	-	4	7,865.00
4/19/2022	Abolladura conducto de alimentación	2	16	25,698.52
5/19/2022	Desgaste de deflector	-	5	7,310.00
6/14/2022	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	6	6,789.23
6/16/2022	Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	-	7	10,789.00
6/30/2022	Rebobinado de 2 motores eléctricos de elevador de pele	2	16	17,080.23
7/8/2022	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	-	3	5,412.10
8/10/2022	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	4	7,145.29
8/24/2022	Rebobinado de motor eléctrico de 100 HP y cambio de rodamientos	10	80	160,000.00
8/30/2022	Compra de contactor para peletizadora Turbi	2	16	20,000.00
10/14/2022	Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	-	6	10,256.12
11/9/2022	Desgaste y/o rotura cuchillas cortadoras	-	6	7,489.65
11/23/2022	Desgaste de deflector	-	5	7,850.36
12/8/2022	Desgaste y/o rotura del buje frontal alimentador	1	8	8,554.93
12/13/2022	Desgaste y/o rotura de la matriz	-	5	7,145.21
12/14/2022	Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	-	4	5,915.78
12/17/2022	Cadena de Rodillo Alimentador rotura	2	16	9,785.45
Total de horas fuera de servicio			233	357,766.10

Fuente de elaboración propia, 2023

4.11.1 Tiempo Medio entre Fallas (MTBF):

MTBF es una medida del tiempo promedio que transcurre entre las fallas de un equipo. Se calcula dividiendo el tiempo total de operación por el número de fallas. Para este caso, el MTBF se calcula de la siguiente manera:

DATOS (Anuales 2020)

Con los datos recolectados en la Tabla 38, se procede a calcular el tiempo de operación total de la planta en estudio, con el objetivo de determinar el MTBF (Mean Time Between Failures) para la máquina peletizadora en el año 2020. Para este cálculo, se consideró únicamente los días en que la planta laboró, arrojando un total de 304 días laborables, en los cuales se trabajaron 262 días de semana, con una duración de 8 horas cada día, y 42 sábados con una duración de 4 horas cada uno.

- Días laborables: 304 días
- Días de semana trabajados: 262 días
- Horas de trabajo por día de semana: 8 horas
- Sábados trabajados: 42 días
- Horas de trabajo por sábado: 4 horas
- Para calcular el tiempo total de operación:
- Horas de trabajo por día de semana: $262 \text{ días} \times 8 \text{ horas/día} = 2096 \text{ horas}$
- Horas de trabajo por sábado: $42 \text{ días} \times 4 \text{ horas/día} = 168 \text{ horas}$
- Total, de horas de trabajo: $2096 \text{ horas} + 168 \text{ horas} = 2264 \text{ horas}$
- Total, de hora fuera de servicio = 122 horas.

- Tiempo total de operación = 2264 horas - 122 horas = 2142 horas
- Para calcular el MTBF:
- Número de fallas: 13 fallas
- $MTBF = (\text{Tiempo total de operación}) / (\text{Número de fallas})$
- $MTBF = 2142 \text{ horas} / 13 \text{ fallas}$
- $MTBF = 164.76 \text{ horas}$

Estos indicadores son utilizados para establecer metas y objetivos en la gestión de mantenimiento, así como para la toma de decisiones en la planificación y programación de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, lo que contribuye a la optimización de los recursos y a la mejora continua de la eficiencia y disponibilidad de la planta.

DATOS (Anuales 2021)

Con los datos recolectados en la Tabla 39, se realizó el cálculo del tiempo de operación total y del MTBF (Mean Time Between Failures) para la máquina peletizadora en el año 2021. Para ello, se consideraron 304 días laborables, de los cuales se trabajaron 261 días de semana, cada uno con una duración de 8 horas, y 43 sábados, con una duración de 4 horas.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Tiempo total de operación: 2038 horas
- Número de fallas: 25
- $MTBF: 81.52 \text{ horas}$

El tiempo total de operación se obtuvo sumando las horas de trabajo en días de semana y sábados:

- Horas de trabajo en días de semana: $261 \text{ días} \times 8 \text{ horas/día} = 2088 \text{ horas}$
- Horas de trabajo en sábados: $43 \text{ días} \times 4 \text{ horas/día} = 172 \text{ horas}$
- Total, de horas de trabajo: $2088 \text{ horas} + 172 \text{ horas} = 2260 \text{ horas}$
- Total, de hora fuera de servicio = 222 horas.
- Tiempo total de operación = $2260 \text{ horas} - 222 \text{ horas} = 2038 \text{ horas}$

Para calcular el MTBF se utilizó la fórmula correspondiente, que indica que el MTBF es igual al tiempo total de operación dividido entre el número de fallas:

- $\text{MTBF} = \text{Tiempo total de operación} / \text{Número de fallas}$
- $\text{MTBF} = 2038 \text{ horas} / 25 \text{ fallas}$
- $\text{MTBF} = 81.52 \text{ horas}$

DATOS (Anuales 2022)

Con el conjunto de datos compilados en la Tabla 40, se realizó el cálculo del tiempo total de operación y del MTBF (Mean Time Between Failures) para la máquina peletizadora en el año 2022. Se tomaron en cuenta 304 días laborables, de los cuales se trabajaron 261 días de semana, cada uno con una duración de 8 horas, y 43 sábados, con una duración de 4 horas. Además, se registraron 20 fallas en total durante el periodo de tiempo evaluado.

Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

- Tiempo total de operación: 2027 horas.
- MTBF: 92.13 horas.

El tiempo total de operación se obtuvo sumando las horas de trabajo en días de semana y sábados:

- Horas de trabajo en días de semana: $261 \text{ días} \times 8 \text{ horas/día} = 2088 \text{ horas}$.
- Horas de trabajo en sábados: $43 \text{ días} \times 4 \text{ horas/día} = 172 \text{ horas}$.
- Total, de horas de trabajo: $2088 \text{ horas} + 172 \text{ horas} = 2260 \text{ horas}$.
- Total, de hora fuera de servicio = 233 horas.
- Tiempo total de operación = $2260 \text{ horas} - 233 \text{ horas} = 2027 \text{ horas}$

Para calcular el MTBF se utilizó la fórmula correspondiente, que indica que el MTBF es igual al tiempo total de operación dividido entre el número de fallas:

- $\text{MTBF} = \text{Tiempo total de operación} / \text{Número de fallas}$.
- $\text{MTBF} = 2027 \text{ horas} / 22 \text{ fallas}$.
- $\text{MTBF} = 92.13 \text{ horas}$.

4.11.2 Tiempo Medio de Reparación (MTTR):

Para calcular el MTTR del 2020:

- Tiempo total inactivo = 122 horas.
- Número de fallas = 13 fallas.
- $MTTR = \text{Tiempo total inactivo} / \text{Número de fallas} = 122 \text{ horas} / 13 \text{ fallas}$
 $= 9.38 \text{ horas} / \text{falla}.$

En este caso, se determinó que el tiempo total de operación fue de 2264 horas, con un MTBF de 196 horas. El MTTR fue de 8.57 horas por falla, tomando en cuenta un total de 29 fallas.

Para calcular el MTTR del 2021:

- Tiempo total inactivo = 222 horas.
- Número de fallas = 25 fallas.
- $MTTR = \text{Tiempo total inactivo} / \text{Número de fallas} = 222 \text{ horas} / 25 \text{ fallas}$
 $= 8.88 \text{ horas} / \text{falla}.$

El MTTR fue de 8.88 horas por falla, tomando en cuenta un total de 25 fallas.

Para calcular el MTTR del 2022:

- Tiempo total inactivo = 233 horas.
- Número de fallas = 25 fallas.

- $MTTR = \text{Tiempo total inactivo} / \text{Número de fallas} = 233 \text{ horas} / 22 \text{ fallas}$
 $= 10.59 \text{ horas} / \text{falla}.$

El MTTR fue de 9.32 horas por falla, tomando en cuenta un total de 25 fallas.

4.11.3 Disponibilidad

Periodo 2020

Para calcular la disponibilidad de la máquina peletizadora para el 2020, se debe dividir el tiempo total de operación entre el tiempo total disponible, expresado como un porcentaje. El tiempo total disponible se calcula restando el tiempo total inactivo al tiempo total de operación:

- $\text{Tiempo total disponible} = \text{Tiempo total de operación} - \text{Tiempo inactivo}$
- $\text{Tiempo total disponible} = 2,264 \text{ horas} - 122 \text{ horas}$
- $\text{Tiempo total disponible} = 2,142 \text{ horas}$

Por lo tanto, la disponibilidad de la planta se calcula como:

- $\text{Disponibilidad} = (\text{Tiempo total de operación} / \text{Tiempo total disponible}) \times 100$
- $\text{Disponibilidad} = (2,142 \text{ horas} / 2,264 \text{ horas}) \times 100$
- $\text{Disponibilidad} = 94.61\%$

La disponibilidad de la planta es del 94.61%, lo que indica que la maquinaria de la planta estuvo operando y disponible para producir el 94.61% del tiempo total disponible

en el período evaluado. Este resultado puede ser útil para evaluar el desempeño de la planta y tomar decisiones para mejorar su eficiencia y productividad.

Periodo 2021

Para calcular la disponibilidad de la máquina peletizadora para el 2021, se debe dividir el tiempo total de operación entre el tiempo total disponible, expresado como un porcentaje. El tiempo total disponible se calcula restando el tiempo total inactivo al tiempo total de operación:

- Tiempo total disponible = Tiempo total de operación - Tiempo inactivo
- Tiempo total disponible = 2,260 horas - 222 horas
- Tiempo total disponible = 2,038 horas

Por lo tanto, la disponibilidad de la planta se calcula como:

- Disponibilidad = (Tiempo total de operación / Tiempo total disponible) x 100
- Disponibilidad = (2,038 horas / 2,260 horas) x 100
- Disponibilidad = 90.18%

La disponibilidad de la planta es del 90.18%, lo que indica que la maquinaria de la planta estuvo operando y disponible para producir el 90.18% del tiempo total disponible en el período evaluado. Este resultado puede ser útil para evaluar el desempeño de la planta y tomar decisiones para mejorar su eficiencia y productividad.

Periodo 2022

Para calcular la disponibilidad de la máquina peletizadora para el 2022, se debe dividir el tiempo total de operación entre el tiempo total disponible, expresado como un porcentaje. El tiempo total disponible se calcula restando el tiempo total inactivo al tiempo total de operación:

- Tiempo total disponible = Tiempo total de operación - Tiempo inactivo
- Tiempo total disponible = 2,260 horas - 233 horas
- Tiempo total disponible = 2,027 horas

Por lo tanto, la disponibilidad de la planta se calcula como:

- Disponibilidad = $(\text{Tiempo total de operación} / \text{Tiempo total disponible}) \times 100$
- Disponibilidad = $(2,027 \text{ horas} / 2,260 \text{ horas}) \times 100$
- Disponibilidad = 89.69%

La disponibilidad de la planta es del 89.69%, lo que indica que la maquinaria de la planta estuvo operando y disponible para producir el 89.69% del tiempo total disponible en el período evaluado. Este resultado puede ser útil para evaluar el desempeño de la planta y tomar decisiones para mejorar su eficiencia y productividad.

4.11.4 Costo promedio de reparación

En el periodo 2020:

El costo promedio de reparación se calcula dividiendo el total de gastos por reparaciones entre el número total de fallos o averías:

Costo promedio de reparación = Total de gastos / Número total de fallos

En este caso, el total de gastos es 385,737.53 RD y el número total de fallos es 13, por lo que:

Costo promedio de reparación = $385,737.53\text{RD} / 13 = 29,672.11\text{RD}$ por fallo o avería

Por lo tanto, en promedio, cada fallo o avería ha costado aproximadamente 29,672.11RD en reparaciones.

En el periodo 2021:

Para calcular el costo promedio de reparación con los datos proporcionados, primero sumamos los costos de reparación de todas las actividades:

En este caso, el total de gastos es 294,431.38 RD y el número total de fallos es 25, por lo que:

Luego, dividimos el total de costo entre el número de fallos y/o averías: Costo promedio de reparación = $232,186.74.38 / 25 = 9,287.47$ RD por fallo o avería

Por lo tanto, el costo promedio de reparación por fallo/avería es de 9,287.47 RD.

En el periodo 2022:

El cálculo del costo promedio de reparación para los datos proporcionados se realiza dividiendo el costo total de reparación entre el número total de fallas y/o averías:

Costo promedio de reparación = Costo total de reparación / Número total de fallas y/o averías

Para estos datos, el costo total de reparación es la suma de los costos de todas las actividades de reparación, que es de 357,766.10 RD. El número total de fallas y/o averías es 20. Por lo tanto, el costo promedio de reparación es:

$$\text{Costo promedio de reparación} = 357,766.10 \text{ RD} / 22$$

$$\text{Costo promedio de reparación} = 16,262.09 \text{ RD/fallas}$$

Por lo tanto, el costo promedio de reparación para estas actividades es de 16,262.09 RD por falla y/o avería.

4.11.5 Diagnóstico actual de la empresa

Analizando el resultado de los KPI, se concluyó que la máquina peletizadora de la empresa de alimentos balanceados Albaca está enfrentando problemas significativos en cuanto a la eficiencia y el tiempo de inactividad. La cantidad de tiempo inactivo ha aumentado de 122 horas en 2020 a 222 horas en 2021 y 233 horas en 2022, lo que indica que la máquina está experimentando más fallas y averías en los últimos dos años.

En términos de la cantidad de toneladas perdidas, se puede calcular que la empresa perdió 976 toneladas en 2020 (122 horas inactivas x 8 toneladas por hora perdida), 1,776 toneladas en 2021 (222 horas inactivas x 8 toneladas por hora perdida), y 1,864 toneladas en 2022 (233 horas inactivas x 8 toneladas por hora perdida).

En cuanto a los indicadores de mantenimiento, el MTBF ha disminuido significativamente de 164.76 horas en 2020 a 81.52 horas en 2021, lo que sugiere que la máquina está experimentando fallas con mayor frecuencia. Sin embargo, el MTBF aumentó a 92.13 horas en 2022, lo que indica una ligera mejora en la fiabilidad de la máquina.

El MTTR también ha variado significativamente en los últimos tres años, pasando de 9.38 horas/falla en 2020 a 8.88 horas/falla en 2021 y luego aumentando a 10.59 horas/falla en 2022. Este indicador sugiere que la empresa tardó más tiempo en reparar la máquina en 2021, pero mejoró en este aspecto en 2022.

La disponibilidad de la máquina ha disminuido de 94.61% en 2020 a 90.18% en 2021 y 89.69% en 2022. Este indicador indica que la máquina ha estado inactiva durante una cantidad significativa de tiempo en los últimos tres años, lo que afecta la capacidad de la empresa para producir alimentos balanceados.

En cuanto al costo promedio de reparación, ha disminuido significativamente de 29,672.12 RD por fallo o avería en 2020 a 11,777.26 RD por fallo o avería en 2021, pero aumentó a 16,262.10 RD por fallo o avería en 2022. Este aumento en el costo promedio de reparación sugiere que la empresa puede estar teniendo problemas para encontrar y reparar fallas complejas y costosas en la máquina.

En general, el análisis de los indicadores de mantenimiento sugiere que la empresa ALBACA necesita mejorar su mantenimiento preventivo y correctivo para reducir el tiempo de inactividad de la máquina y aumentar su disponibilidad.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE MEJORA

5.1 Plan de mantenimiento preventivo

El presente plan de mantenimiento preventivo se ha desarrollado con el objetivo de establecer un enfoque estratégico y eficiente para maximizar el rendimiento y la vida útil de una máquina peletizadora en particular. Basándonos en la experiencia en el área de mantenimiento industrial, se ha reconocido la importancia de la implementación de un mantenimiento preventivo sólido para lograr los siguientes objetivos:

- Ahorrar costos, reducir costos en un 70% - 85%.
- Prevenir averías que puedan comprometer la operación normal de la empresa.
- Proteger la inversión en equipos valiosos.

Inventario de la lista de codificación de equipo y rutina de mantenimiento como se puede observar en la Tabla 38. Se utilizó el manual de la máquina peletizadora de la empresa E.S.E ENGINEERED SYSTEMS & EQUIPMENT, y este se llama OWNERS PARTS & OPERATION MANUAL PELLET MILL.

Tabla 41: Codificación de equipo crítico.

Área	Equipo	Sub-equipo	Código
Producción	Pellet CPM Century	-----	POPEL-CPM-001
Producción	Pellet CPM Century	Alimentador	POPEL-CPM-AL-001
Producción	Pellet CPM Century	Acondicionador	POPEL-CPM-AC-001
Producción	Pellet CPM Century	Caja reductora	POPEL-CPM-CR-001
Producción	Pellet CPM Century	Cámara de Peletizado	POPEL-CPM-CP-001

Fuente de elaboración propia, 2023

En la Tabla 41, se puede apreciar las rutinas de mantenimiento propuestas, tomando en cuenta las fallas encontradas previamente.


Tabla 42: Rutina de mantenimiento (frecuencia).

Actividades	Diariamente	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Engrasar soporte de cuchillas cortadoras					
Conservación del dado					
Verificar aceite en moto variador					
Engrasar cadena del alimentador					
Engrasar rodamientos de bolas de cada extremo del acondicionador					
Cambio del Deflector					
Retirar dado					
Lubricar caja de engranajes					
Drenar agua de caja de engranajes					
Lubricar rodamientos del eje principal					
Cambio de rodillos					
Ajustar Rodillos					

Fuente de elaboración propia, 2023


5.1.1 Actividades del plan de mantenimiento

Figura 30: Verificar aceite en moto variador

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
		RUTINA DE MANTENIMIENTO
Área: Producción	Código:	
Creado por:	Descripción:	
Modificado por:	Fecha:	
	Última modificación:	
Frecuencia: Semanal	Actividad: Verificar aceite en motor variador	
Recomendaciones		
Antes de inspeccionar, ajustar o reparar		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apague todos los motores con los botones de control. 2. Apague y desconecte los interruptores de todos los motores. 3. No quite las cubiertas o guardas hasta que todas las partes en movimiento se hayan detenido. 4. Tenga sumo cuidado al manejar piezas pesadas de la peletizadora, levántelas y maneje las solamente con equipo apropiado y diseñado para hacer este trabajo. 		
Operación		
<ol style="list-style-type: none"> 1. La operación y mantenimiento se hará solamente con personal calificado. 2. Las guardas cubiertas y compuertas de acceso deben estar muy bien aseguradas antes de operar la peletizadora. 3. Lea cuidadosamente y familiarice con el manual completo de instrucciones, peligro si no se cumplen a cabalidad estas prevenciones pueden ocurrir accidentes con heridas personales. 		
Herramientas a utilizar		
Llave inglesa o llave ajustable Linterna Papel absorbente Embudo Aceite Mobil Dte Oil Light Iso Vg 32		
Medidas de Seguridad		
Apaga la peletizadora Asegúrate de estar familiarizado Deja que el motor variador se enfríe Maneja el aceite con cuidado No realices ajustes o mantenimiento si no estás calificado Equipo de protección personal (Botas, Cascos, Lentes y Guantes)		
Procedimiento		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Localiza el motor variador es una parte importante de la peletizadora y está ubicado en la parte trasera de la máquina, y busca la carcasa metálica que contiene el motor variador. 2. Antes de comenzar, asegúrate de que la peletizadora esté apagada y desconectada de cualquier fuente de alimentación para evitar accidentes. Además, coloca la máquina en una superficie plana y estable para trabajar de manera segura. 3. El motor variador tiene un tapón de llenado de aceite. Busca una tapa metálica o de plástico en la parte superior o lateral del motor variador. A menudo, está marcado con el símbolo de un aceite o la palabra "Oil" (aceite). 4. Retira el tapón de llenado y utiliza una llave adecuada o una herramienta apropiada para aflojar y quitar el tapón de llenado. Gira en sentido contrario a las agujas del reloj para desenroscarlo. 5. Verifica el nivel de aceite, una vez que hayas retirado el tapón de llenado, mira en el interior del orificio. Deberías ver una varilla de medición unida al tapón o una marca que indique el nivel de aceite adecuado. El aceite debe llegar hasta esta marca. 6. Añade aceite si es necesario, si el nivel de aceite está por debajo de la marca indicada, será necesario agregar aceite. Utiliza un embudo y vierte lentamente el Aceite Mobil Dte Oil Light Iso Vg 32 en el orificio de llenado hasta que alcance el nivel correcto. Asegúrate de usar el tipo de aceite recomendado por el fabricante de la peletizadora. 7. Vuelve a colocar el tapón de llenado, una vez que hayas verificado y ajustado el nivel de aceite, coloca nuevamente el tapón de llenado en su lugar. Enrosca el tapón en sentido de las agujas del reloj y asegúrate de que esté bien apretado para evitar fugas de aceite. 8. Limpia cualquier derrame de aceite, si has derramado algo de aceite durante el proceso, límpialo cuidadosamente con un trapo o papel absorbente para evitar resbalones y mantener el área de trabajo limpia. 		


Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 31: Engrasar con aceite cadena del alimentado

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
		RUTINA DE MANTENIMIENTO
Área: Producción	Código:	
Creado por:	Descripción:	
Modificado por:	Fecha:	
	Última modificación:	
Frecuencia: Semanal	Actividad: Engrasar con aceite la cadena del alimentador	
Recomendaciones		
Antes de inspeccionar, ajustar o reparar 1. Apague todos los motores con los botones de control. . 2. Apague y desconecte los interruptores de todos los motores. 3. No quite las cubiertas o guardas hasta que todas las partes en movimiento se hayan detenido. 4. Tenga sumo cuidado al manejar piezas pesadas de la peletizadora, levántelas y maneje las solamente con equipo apropiado y diseñado para hacer este trabajo.		
Operación 1. La operación y mantenimiento se hará solamente con personal calificado. 2. Las guardas cubiertas y compuertas de acceso deben estar muy bien aseguradas antes de operar la peletizadora. 3. Lea cuidadosamente y familiarice con el manual completo de instrucciones, peligro si no se cumplen a cabalidad estas prevenciones pueden ocurrir accidentes con heridas personales.		
Herramientas a utilizar		
Aceitera o pistola de engrase Aceite lubricante mobil shc 600 series Cepillo o pincel Papel absorbente		
Medidas de Seguridad		
Apaga la peletizadora Bloquea la energía Equipo de protección personal (Botas, Cascos, Lentes y Guantes) Asegúrate de que la cadena esté inactiva Aplica el aceite de manera precisa Limpia los derrames		
Procedimiento		
1. Asegúrate de que la peletizadora esté apagada y desconectada de cualquier fuente de alimentación para evitar accidentes. Además, coloca la máquina en una superficie plana y estable para trabajar de manera segura.		
2. Identifica la cadena del alimentador, es la parte que transmite el movimiento al rodillo o tornillo encargado de alimentar el material a la peletizadora. Ubica la cadena en el sistema de alimentación de la máquina.		
3. Utiliza un cepillo o un trapo para eliminar cualquier residuo de suciedad, polvo o material acumulado en la cadena. Asegúrate de limpiar tanto los eslabones como los espacios entre ellos.		
4. Selecciona el aceite mobil shc 600 series, asegúrate de cubrir todos los eslabones y mover la cadena mientras aplicas el aceite para que se distribuya de manera uniforme.		
5. Deja que penetre en la cadena durante unos minutos. Esto permitirá que el aceite lubricante alcance todas las partes móviles y reduzca la fricción.		
6. Después de un tiempo de espera, utiliza un trapo limpio para eliminar el exceso de aceite de la cadena. El objetivo es que la cadena esté lubricada pero sin un exceso de aceite que pueda gotear o atraer más suciedad.		
7. Verifica la tensión de la cadena, para verificar la tensión de la cadena del alimentador. La cadena no debe estar demasiado tensa ni demasiado.		


Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 32: Cambio de deflector

 <p>Área: Producción</p> <p>Creado por:</p> <p>Modificado por:</p> <p>Frecuencia:</p>	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
	RUTINA DE MANTENIMIENTO
	<p>Código:</p> <p>Descripción:</p> <p>Fecha:</p> <p>Última modificación:</p> <p>Actividad: Cambio de deflector</p>
<p>Antes de inspeccionar, ajustar o reparar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apague todos los motores con los botones de control. 2. Apague y desconecte los interruptores de todos los motores. 3. No quite las cubiertas o guardas hasta que todas las partes en movimiento se hayan detenido. 4. Tenga sumo cuidado al manejar piezas pesadas de la peletizadora. levántelas y manéjelas solamente con equipo apropiado y diseñado para hacer este trabajo. 	<p>Recomendaciones</p>
<p>Operación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La operación y mantenimiento se hará solamente con personal calificado. 2. Las guardas cubiertas y compuertas de acceso deben estar muy bien aseguradas antes de operar la peletizadora 3. Lea cuidadosamente y familiarice con el manual completo de instrucciones. peligro si no se cumplen a cabalidad estas prevenciones pueden ocurrir accidentes con heridas personales. 	
	<p>Herramientas a utilizar</p>
<p>Llaves de boca, llaves ajustables o llaves de torsión. Puedes necesitar destornilladores planos o de estrella Martillo de goma o mazo de goma (opcional) Alicates de punta Llave dinamométrica</p>	
	<p>Medidas de Seguridad</p>
<p>Apaga y desconecta la peletizadora Utiliza equipo de protección personal (gafas de seguridad, guantes resistentes a impactos, calzado de seguridad y ropa adecuada). Sigue las instrucciones del fabricante Verifica que la peletizadora esté en reposo Asegura la estabilidad de la máquina Manipula las herramientas con cuidado Mantén el área de trabajo ordenada Trabaja en equipo si es necesario</p>	
	<p>Procedimiento</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apaga y desconecta la peletizadora, antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento, asegúrate de apagar la peletizadora y desconectarla de la fuente de alimentación. Esto evitará accidentes o lesiones durante el proceso. 2. Reúne las herramientas necesarias, para realizar el cambio de deflector, necesitarás las siguientes herramientas: llaves adecuadas (según los tamaños de los pernos o sujetadores), destornilladores, martillo de goma (opcional). 3. Identifica el deflector a reemplazar, localiza el deflector que deseas cambiar en la peletizadora CPM. Esto puede requerir inspeccionar visualmente el equipo y consultar el manual de usuario para identificar la ubicación exacta del deflector (se encuentra típicamente en la entrada o en la salida del acondicionador). 4. Retira los pernos o sujetadores, utiliza las llaves adecuadas para aflojar y quitar los pernos o sujetadores que mantienen el deflector en su lugar. Algunos deflectores pueden tener pernos de cabeza hexagonal, mientras que otros pueden tener sujetadores de otro tipo. Sigue las instrucciones específicas del fabricante para quitar los sujetadores correctamente. 5. Retira el deflector antiguo, una vez que los sujetadores estén sueltos, retira cuidadosamente el deflector antiguo de la peletizadora. Es posible que necesites utilizar un martillo de goma suavemente para ayudar a liberar el deflector si está atascado. 6. Limpia el área, antes de instalar el nuevo deflector, asegúrate de limpiar el área donde se ubicará. Retira cualquier residuo o suciedad que pueda afectar la instalación o el rendimiento del deflector. 7. Instala el nuevo deflector, coloca el nuevo deflector en su posición correcta en la peletizadora. Asegúrate de alinear correctamente los orificios de montaje con los pernos o sujetadores correspondientes. 8. Vuelve a colocar los pernos o sujetadores que sostienen el deflector en su lugar. Asegúrate de apretarlos correctamente, siguiendo las recomendaciones de torque del fabricante. Evita apretarlos demasiado, ya que podría dañar el equipo. 9. Verifica la instalación, una vez que hayas instalado el nuevo deflector y asegurado los sujetadores, verifica que esté correctamente alineado y fijo. Asegúrate de que no haya movimientos o holguras inusuales. 10. Realiza una prueba de funcionamiento, antes de poner en marcha la peletizadora, realiza una prueba de funcionamiento para asegurarte de que el nuevo deflector esté operando correctamente. Observa cualquier indicio de vibración excesiva, ruidos anormales o cualquier otro problema. 	


Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 33: Engrasar rodamientos

 <p>Área: Producción</p> <p>Creado por:</p> <p>Modificado por:</p> <p>Frecuencia: Mensual</p>	<p>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</p> <p>RUTINA DE MANTENIMIENTO</p> <p>Código:</p> <p>Descripción:</p> <p>Fecha:</p> <p>Última modificación:</p> <p>Actividad: Engrasar los rodamientos de bolas de cada extremo del acondicionador</p>
<p>Recomendaciones</p> <p>Antes de inspeccionar, ajustar o reparar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apague todos los motores con los botones de control. 2. Apague, y desconecte los interruptores de todos los motores. 3. No quite las cubiertas o guardas hasta que todas las partes en movimiento se hayan detenido. 4. Tenga sumo cuidado al manejar piezas pesadas de la peletizadora. Levantelas y manejalas solamente con equipo apropiado y diseñado para hacer este trabajo. <p>Operación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La operación y mantenimiento se hará solamente con personal calificado. 2. Las guardas cubiertas y compuertas de acceso deben estar muy bien aseguradas antes de operar la peletizadora. 3. Lea cuidadosamente y familiarice con el manual completo de instrucciones. Peligro si no se cumplen a cabalidad estas precauciones pueden ocurrir accidentes con heridas personales. 	<p>Recomendaciones</p>
<p>Una llave inglesa o una llave de tubo</p> <p>Pistola de engrase</p> <p>Papel absorbente</p> <p>Guantes de protección</p> <p>Aceite lubricante mobil shc 600 series</p>	<p>Herramientas a utilizar</p>
<p>Apaga y desconecta la peletizadora</p> <p>Bloquea la energía</p> <p>Equipo de protección personal</p> <p>Verifica la temperatura</p> <p>Limpia el área de trabajo</p> <p>Evita el exceso de lubricante</p> <p>Limpia los derrames</p>	<p>Medidas de Seguridad</p>
<p>Procedimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reúne los materiales necesarios, asegúrate de tener a mano los siguientes materiales: lubricante recomendado por el fabricante, herramienta para aflojar los tapones de engrase, pistola de engrase, trapos limpios y guantes de protección. 2. Apaga y desconecta la peletizadora, antes de comenzar cualquier tarea de mantenimiento, asegúrate de apagar y desconectar la peletizadora de la fuente de alimentación. Esto evitará el riesgo de lesiones debido a movimientos involuntarios de las partes. 3. Identifica los rodamientos de bolas, localiza los rodamientos de bolas en cada extremo del acondicionador de la peletizadora CPM. Pueden estar protegidos por tapones o cubiertas que debes remover para acceder a ellos. 4. Afloja los tapones de engrase, utiliza la herramienta adecuada para aflojar los tapones de engrase que cubren los rodamientos. Asegúrate de mantener los tapones en un lugar seguro para evitar su pérdida. 5. Limpia los alrededores, antes de comenzar a engrasar, limpia bien el área alrededor de los rodamientos de bolas para evitar que partículas de suciedad o contaminantes ingresen al sistema durante el proceso de engrase. 6. Prepara la pistola de engrase, conecta la pistola de engrase al lubricante CPM Roller Lube. Asegúrate de seguir las instrucciones de carga de la pistola de engrase según el tipo y la marca que estás utilizando. 7. Aplica el lubricante, coloca la boquilla de la pistola de engrase en el puerto de engrase del rodamiento y aplica una cantidad suficiente de lubricante. Observa cuidadosamente cómo el lubricante ingresa en el rodamiento para asegurarte de que esté bien lubricado. 8. Controla el nivel de engrase, al aplicar el lubricante, asegúrate de no exceder, ya que un exceso de lubricante puede generar un sobrecalentamiento o una fuga. 9. Limpia los excesos, después de engrasar, utiliza el papel absorbente para limpiar cualquier exceso de lubricante alrededor de los rodamientos y en el área circundante. 10. Vuelve a colocar los tapones de engrase, una vez que hayas terminado de engrasar los rodamientos, vuelve a colocar los tapones de engrase en su lugar y ajústalos de manera segura. 	<p>Procedimiento</p>

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 34: Retirar dado

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
	RUTINA DE MANTENIMIENTO
Área:	Código:
Creado por:	Descripción:
Modificado por:	Fecha:
Frecuencia: Para cambio de dado	Última modificación:
	Actividad: Retirar dado
Recomendaciones	
<p>El cuidado del dado es semejante al de un cañón de rifle. Los agujeros en el dado están cuidadosamente maquinados altamente pulidos en la fábrica este pulimento debe preservarse si se desea mantener la máxima capacidad de peletizado. una vez acabada la operación de la máquina o al apagarse durante la noche o si va a cambiarse el dado, este debe llenar se mezcla con una mezcla aceitosa no corrosiva. Esta mezcla puede ser de aserrín bien batido con aceite de motor o un material semejante. Cuando un dado se quita de la pelet, este debe almacenarse en un lugar seco.</p>	
Herramientas a utilizar	
Llave de tuercas Destornillador Palanca o barra de palanca	
Medidas de Seguridad	
Apagar y desconectar la peletizadora Equipo de protección personal (Gafas de seguridad, guantes resistentes al aceite, ropa de trabajo y calzado de seguridad). Manipular herramientas con cuidado Tener cuidado al manipular el dado Almacenamiento adecuado del dado Seguir las instrucciones del fabricante	
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none">1. Asegúrese de que el dado se ha llenado con el material aceitoso como se señala en "preservación del dado",2. Afloje las tuercas de seguridad de los postes de las cuchillas y aleje hacia atrás las cuchillas del dado.3. Abra la cámara de peletización y quite el cono de alimentación.4. Alivie la presión de los rodillos contra el dado. vea "ajuste de los rodillos"5. Quite la abrazadera del dado.6. El dado puede entonces retirarse halándolo hacia afuera de la pelet. si este no afloja fácilmente haga palanca en los espacios que hay entre el dado y el eje hueco.7. Almacene el dado en un lugar seco.	

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 35: Conservación del dado



Área:
Creado por:
Modificado por:
Frecuencia: Al final de cada operación

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
RUTINA DE MANTENIMIENTO
Código:
Descripción:
Fecha:
Última modificación:
Actividad: Conservación del dado

Recomendaciones

El cuidado del dado es semejante al de un cañón de rifle. Los agujeros en el dado están cuidadosamente maquinados altamente pulidos en la fábrica este pulimento debe preservarse si se desea mantener la máxima capacidad de peletizado. una vez acabada la operación de la máquina o al apagarse durante la noche o si va a cambiarse el dado, este debe llenar se mezcla con una mezcla aceitosa no corrosiva. Esta mezcla puede ser de aserrín bien batido con aceite de motor o un material semejante. Cuando un dado se quita de la pelet, este debe almacenarse en un lugar seco.

Herramientas a utilizar

Pala
Sacos o recipientes
Llave de encendido/apagado de la peletizadora

Medidas de Seguridad


Apagar la peletizadora
Equipo de protección personal (Gafas de seguridad, guantes resistentes al aceite, ropa de trabajo y calzado de seguridad).
Manipulación segura de herramientas
Manejo adecuado del material aceitoso
Advertencia de otros operarios
Respetar los protocolos de seguridad de la peletizadora

Procedimiento

1. Apague el alimentador, vacíe el acondicionador y quite el conducto de caída del alimento.
2. Desvíe con pala el material aceitoso, hacia un saco o recipiente.
3. Añada con pala el material aceitoso, hacia dentro del cono del alimento hasta que los peletizados normales sean forzados a salir del dado y los agujeros estén llenos con la mezcla aceitosa. su dado está ahora protegido contra la corrosión y el óxido.
4. Arranque y pare la máquina dos o tres veces para que el exceso de material que haya sobre la superficie del dado ruede hacia abajo dentro de los agujeros. esto hace que la siguiente arrancada de la máquina sea mucho más fácil.


Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 36: Lubricar caja de engranajes

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
		Rutina de Mantenimiento
Área: Producción		Código:
Creado por:		Descripción:
Modificado por:		Fecha:
Frecuencia: 2000 horas		Última modificación:
		Actividad: Lubricar caja de engranajes
Recomendaciones		
Antes de inspeccionar, ajustar o reparar		
1. Apague todos los motores con los botones de control.		
2. Apague y desconecte los interruptores de todos los motores.		
3. No quite las cubiertas o guardas hasta que todas las partes en movimiento se hayan detenido.		
4. Tenga sumo cuidado al manejar piezas pesadas de la peletizadora, levántelas y maneje las solamente con equipo apropiado y diseñado para hacer este trabajo.		
Operación		
1. La operación y mantenimiento se hará solamente con personal calificado.		
2. Las guardas cubiertas y compuertas de acceso deben estar muy bien aseguradas antes de operar la peletizadora.		
3. Lea cuidadosamente y familiarícese con el manual completo de instrucciones. Peligro si no se cumplen a cabalidad estas prevenciones pueden ocurrir accidentes con heridas personales.		
Herramientas a utilizar		
Llave inglesa o llave ajustable		
Linterna		
Papel absorbente		
Bomba de engrase		
Destornillador		
Apagar y bloquear la energía		
Utilizar equipo de protección personal (gafas de seguridad, guantes resistentes, casco y calzado de seguridad)		
CHEVRON REGAL R&O 220		
Medidas de Seguridad		
Apaga la peletizadora		
Asegúrate de estar familiarizado		
Maneja el aceite con cuidado		
No realices ajustes o mantenimiento si no estás calificado		
Equipo de protección personal (Botas, Cascos, Lentes y Guantes)		
Procedimiento		
1. Apaga y bloquea la energía, antes de iniciar cualquier intervención en la peletizadora, asegúrate de apagar completamente la máquina y bloquear la energía para evitar arranques accidentales y garantizar la seguridad durante el trabajo.		
2. Retira las herramientas adecuadas, para el engrase de la caja de engranajes, asegúrate de tener a mano las herramientas específicas recomendadas por CPM, como llaves, destornilladores, bombas de engrase.		
3. Prepara el lubricante recomendado, utiliza el lubricante recomendado por CPM chevron industrial oil 220x para la caja de engranajes. Y añádelo a la bomba de engrase.		
4. Accede a la caja de engranajes: Identifica la ubicación de la caja de engranajes en la peletizadora CPM, ubicado en un costado de la máquina. Retira las cubiertas o paneles necesarios para acceder a la caja de engranajes, utilizando las herramientas adecuadas según los sujetadores o tornillos utilizados.		
5. Inspecciona los engranajes y rodamientos, antes de proceder con el engrase, realiza una inspección visual de los engranajes y rodamientos dentro de la caja. Busca signos de desgaste, daños, presencia de partículas extrañas o cualquier otra anomalía. Si se detectan problemas significativos, es recomendable contratar a un técnico especializado para su evaluación y reparación.		
6. Limpia la caja de engranajes, utilizando un trapo limpio y sin pelusas, limpia cuidadosamente el interior de la caja de engranajes para eliminar cualquier residuo, suciedad o restos de lubricante antiguo. Asegúrate de no dejar fibras sueltas o suciedad adicional en la caja.		
7. Aplica el lubricante, con la caja de engranajes limpia y los engranajes expuestos, aplica el lubricante recomendado por CPM chevron industrial oil 220. Utiliza la cantidad adecuada según las especificaciones del fabricante y asegúrate de que el lubricante se distribuya de manera uniforme en todos los engranajes y rodamientos.		
8. Vuelve a colocar las cubiertas y paneles, una vez que hayas realizado el engrase de la caja de engranajes, vuelve a colocar todas las cubiertas y paneles que haya retirado, asegurándote de ajustar correctamente los sujetadores y tornillos según las especificaciones del fabricante.		
9. Realiza pruebas de funcionamiento, antes de poner en marcha la peletizadora, realiza pruebas de funcionamiento para asegurarte de que la caja de engranajes esté funcionando correctamente. Verifica que no haya fugas de lubricante y que los engranajes estén girando suavemente.		

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 37: Drenar Agua de caja de engranaje

 — DESDE 1967 —	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
	RUTINA DE MANTENIMIENTO
	Código:
	Descripción
Área: Producción	Fecha:
Creado por:	Última modificación:
Modificado por:	Actividad: Drenar agua de caja de engranaje
Frecuencia: Semanal	

Recomendaciones

Antes de inspeccionar, ajustar o reparar

1. Apague todos los motores con los botones de control.
2. Apague, y desconecte los interruptores de todos los motores.
3. No quite las cubiertas o guardas hasta que todas las partes en movimiento se hayan detenido.
4. Tenga sumo cuidado al manejar piezas pesadas de la peletizadora, levántelas y maneje las solamente con equipo apropiado y diseñado para hacer este trabajo.

Operación

1. La operación y mantenimiento se hará solamente con personal calificado.
2. Las guardas cubiertas y compuertas de acceso deben estar muy bien aseguradas antes de operar la peletizadora.
3. Lea cuidadosamente y familiarice con el manual completo de instrucciones, peligro si no se cumplen a cabalidad estas prevenciones pueden ocurrir accidentes con heridas personales.

Herramientas a utilizar

Llave inglesa o llave ajustable
Linterna
Papel absorbente

Medidas de Seguridad


Apaga la peletizadora
Asegúrate de estar familiarizado
No realices ajustes o mantenimiento si no estás calificado
Equipo de protección personal (Botas, Cascos, Lentes y Guantes)

Procedimiento

1. Apague y desconecte la peletizadora, antes de comenzar cualquier trabajo de mantenimiento, apague completamente la peletizadora y desconéctela de la fuente de alimentación principal. Esto evitará cualquier riesgo eléctrico durante el proceso de drenaje.
2. Identifique la ubicación del punto de drenaje, consulte el manual de servicio de la peletizadora o busque visualmente la ubicación del punto de drenaje de la caja de engranajes. Este punto de drenaje puede ser una válvula de drenaje o un tapón de drenaje ubicado en la parte inferior de la caja.
3. Reúna las herramientas necesarias, para drenar el agua acumulada, necesitarás herramientas como una llave adecuada para aflojar la válvula de drenaje o el tapón, un recipiente o un sistema de recolección para recoger el agua drenada, y trapos o papel absorbente para limpiar cualquier derrame.
4. Coloque un recipiente debajo del punto de drenaje, coloque un recipiente lo suficientemente grande y resistente debajo del punto de drenaje para recoger el agua drenada. Asegúrese de que el recipiente esté posicionado de manera segura y estable para evitar derrames o accidentes.
5. Abra la válvula de drenaje o retire el tapón, utilizando la herramienta adecuada, abra la válvula de drenaje girándola en sentido contrario a las agujas del reloj o retire el tapón de drenaje de la caja de engranajes. Esto permitirá que el agua acumulada en la caja comience a drenar hacia el recipiente.
6. Espere a que el agua se drene por completo, deje que el agua se drene por completo de la caja de engranajes. Puede tomar algunos minutos dependiendo de la cantidad de agua acumulada.
7. Cierre la válvula de drenaje o vuelva a colocar el tapón, una vez que todo el agua haya sido drenada, cierre la válvula de drenaje girándola en el sentido de las agujas del reloj o vuelva a colocar el tapón de drenaje en su lugar. Asegúrese de apretarlo firmemente para evitar fugas futuras.
8. Limpie cualquier derrame y asegúrese de que no haya fugas, utilice trapos o papel absorbente para limpiar cualquier derrame de agua alrededor del punto de drenaje. Inspeccione cuidadosamente el área para asegurarse de que no haya fugas de agua de la caja de engranajes o de la válvula de drenaje.


Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 38: Lubricar rodamiento del eje principal

 <p>Área: Producción</p> <p>Creado por:</p> <p>Modificado por:</p> <p>Frecuencia: Mensual</p>	<p>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</p>
	<p>RUTINA DE MANTENIMIENTO</p>
	<p>Código:</p> <p>Descripción:</p> <p>Fecha:</p> <p>Última modificación:</p> <p>Actividad: Lubricar rodamientos del eje principal</p>
<p>Recomendaciones</p>	
<p>Antes de inspeccionar, ajustar o reparar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apague todos los motores con los botones de control. 2. Apague y desconecte los interruptores de todos los motores. 3. No quite las cubiertas o guardas hasta que todas las partes en movimiento se hayan detenido. 4. Tenga sumo cuidado al manejar piezas pesadas de la peletizadora, levántelas y maneje las solamente con equipo apropiado y diseñado para hacer este trabajo. 	
<p>Operación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La operación y mantenimiento se hará solamente con personal calificado. 2. Las guardas cubiertas y compuertas de acceso deben estar muy bien aseguradas antes de operar la peletizadora. 3. Lea cuidadosamente y familiarícese con el manual completo de instrucciones, peligro si no se cumplen a cabalidad estas prevenciones pueden ocurrir accidentes con heridas personales. 	
<p>Herramientas a utilizar</p>	
<p>Llave inglesa o llave ajustable Linterna Papel absorbente Bomba de engrase Destornillador Apagar y bloquear la energía Utilizar equipo de protección personal (gafas de seguridad, guantes resistentes, casco y calzado de seguridad)</p>	
<p>Medidas de Seguridad</p>	
<p>Apaga la peletizadora Asegúrate de estar familiarizado Maneja el aceite con cuidado No realices ajustes o mantenimiento si no estás calificado Equipo de protección personal (Botas, Cascos, Lentes y Guantes) Seguir las instrucciones del fabricante Inspeccionar el área de trabajo Aplicar bloqueo de energía y etiquetado (LOTO) para garantizar que la peletizadora esté completamente apagada y no pueda ser encendida accidentalmente mientras trabajas en la caja de engranajes. Utiliza candados, etiquetas y otros dispositivos de bloqueo según las políticas de seguridad de tu empresa.</p>	
<p>Procedimiento</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apague la peletizadora y asegúrese de que todas las partes móviles se hayan detenido por completo. 2. Localice el tubo de grasa en la máquina peletizadora. Por lo general, estará cerca de los rodamientos del eje principal. 3. Limpie el área alrededor del tubo de grasa para eliminar cualquier suciedad, polvo o residuos. 4. Retire el tapón o desbloquee la válvula del tubo de grasa, según sea necesario. 5. Conecte una pistola de engrase al extremo del tubo de grasa y asegúrelo firmemente. 6. Seleccione el lubricante recomendado por el fabricante para los rodamientos del eje principal. Consulte el manual de la peletizadora o comuníquese con el fabricante para obtener información específica sobre el tipo de lubricante recomendado. 7. Inyecte una cantidad adecuada de lubricante en el tubo de grasa utilizando la pistola de engrase. Siga las recomendaciones del fabricante en cuanto a la cantidad precisa de lubricante a aplicar. 8. Aplique presión en la pistola de engrase para que el lubricante fluya a través del tubo y alcance los rodamientos del eje principal. Monitoree el flujo de lubricante y ajuste la presión según sea necesario para obtener una lubricación adecuada. 9. Continúe inyectando el lubricante hasta que observe que sale limpio y sin impurezas por los rodamientos. Esto indica que se ha purgado el exceso de suciedad y grasa antigua. 10. Una vez completada la lubricación, retire la pistola de engrase del tubo de grasa y cierre adecuadamente el tubo. Vuelva a colocar el tapón o bloquee la válvula según corresponda. 	

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 39: Engrasar soporte de cuchillas cortadoras

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
	RUTINA DE MANTENIMIENTO
Área: Producción	Código:
Creado por:	Descripción:
Modificado por:	Fecha:
Frecuencia: Diariamente	Última modificación:
	Actividad: Engrasar soporte de cuchillas cortadoras
	Recomendaciones:
Antes de inspeccionar, ajustar o reparar	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apague todos los motores con los botones de control. 2. Apague, y desconecte los interruptores de todos los motores. 3. No quite las cubiertas o guardas hasta que todas las partes en movimiento se hayan detenido. 4. Tenga sumo cuidado al manejar piezas pasadas de la peletizadora, levántelas y maneje las solamente con equipo apropiado y diseñado para hacer este trabajo. 	
Operación	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La operación y mantenimiento se hará solamente con personal calificado. 2. Las guardas cubiertas y compuertas de acceso deben estar muy bien aseguradas antes de operar la peletizadora. 3. Lea cuidadosamente y familiarice con el manual completo de instrucciones; peligro si no se cumplan a cabalidad estas precauciones pueden ocurrir accidentes con heridas personales. 	
Herramientas a utilizar	
Llave inglesa o llave ajustable Linterna Papel absorbente Bomba de engrasa Destornillador Apagar y bloquear la energía Utilizar equipo de protección personal (gafas de seguridad, guantes resistentes, casco y calzado de seguridad) Seguir las instrucciones del fabricante Inspeccionar el área de trabajo	
Medidas de Seguridad	
Apaga la peletizadora Asegúrate de estar familiarizado Maneja el aceite con cuidado No realices ajustes o mantenimiento si no estás calificado Equipo de protección personal (Botas, Cascos, Lentes y Guantes)	
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apague la peletizadora y asegúrese de que todas las partes móviles estén detenidas por completo antes de comenzar el procedimiento. 2. Localice los soportes de cuchillas en la máquina peletizadora. Estos soportes son componentes que sostienen las cuchillas y están ubicados en la sección de corte del equipo. 3. Inspeccione visualmente los soportes de cuchillas para verificar si hay desgaste, daños o acumulación de material. Si nota algún problema, como grietas o deformaciones, asegúrese de abordarlo antes de continuar con el mantenimiento. 4. Limpie el área alrededor de los soportes de cuchillas para eliminar cualquier suciedad, polvo o residuos que puedan afectar el proceso de mantenimiento. 5. Utilice una llave adecuada para aflojar los tornillos o tuercas que sujetan los soportes de cuchillas. Asegúrese de tener acceso seguro a los soportes para evitar lesiones. 6. Retire los soportes de cuchillas cuidadosamente, asegurándose de mantener un registro de la ubicación de cada soporte para facilitar su posterior reinstalación. 7. Limpie los soportes de cuchillas con un solvente adecuado para eliminar cualquier grasa, suciedad o residuos acumulados. Use un cepillo o un paño suave para ayudar a eliminar las impurezas. 8. Inspeccione los soportes de cuchillas nuevamente para verificar si hay signos de desgaste o daños. Si es necesario, reemplace los soportes dañados con repuestos originales del fabricante. 9. Aplique lubricante en los puntos de contacto y movimiento de los soportes de cuchillas. Utilice el lubricante recomendado por el fabricante para asegurar un buen rendimiento y durabilidad de los soportes. 10. Vuelva a instalar los soportes de cuchillas en su posición original, asegurándose de apretar correctamente los tornillos o tuercas para una sujeción segura. Asegúrese de seguir las recomendaciones de torque especificadas por el fabricante. 11. Realice una prueba de funcionamiento de la máquina peletizadora para verificar que los soportes de cuchillas estén correctamente instalados y funcionando correctamente. 	

Fuente de elaboración propia, 2023

5.1.2 Gestión de prioridad de recursos

Para gestionar las prioridades y recursos basados en la información proporcionada, podemos crear una tabla que muestre la clasificación de criticidad de los equipos y las tareas de mantenimiento asociadas a cada uno. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo se podría organizar la información:

A continuación, se presenta la Tabla 40, muestra las tareas de mantenimiento y su nivel de dificultad:

Tabla 42: Codificación de equipo crítico y rutina de mantenimiento.

Tareas de Mantenimiento	Nivel de Dificultad
Verificar aceite en moto variador	1
Engrasar cadena del alimentador	1
Engrasar rodamientos del acondicionador	1
Lubricar caja de engranajes	1
Drenar agua de caja de engranajes	1
Lubricar rodamientos del eje principal	1
Cambio de rodillos	2
Engrasar soporte de cuchillas cortadoras	2
Cambio del deflector	2
Conservación del dado	2
Retirar dado	2
Ajustar rodillos	2

Fuente de elaboración propia, 2023

Esta tabla presenta una lista de tareas de mantenimiento junto con su nivel de dificultad. Cada tarea se describe brevemente y se asigna un nivel de dificultad en una escala del 1 al 2. A continuación, se ofrece una interpretación de la tabla:

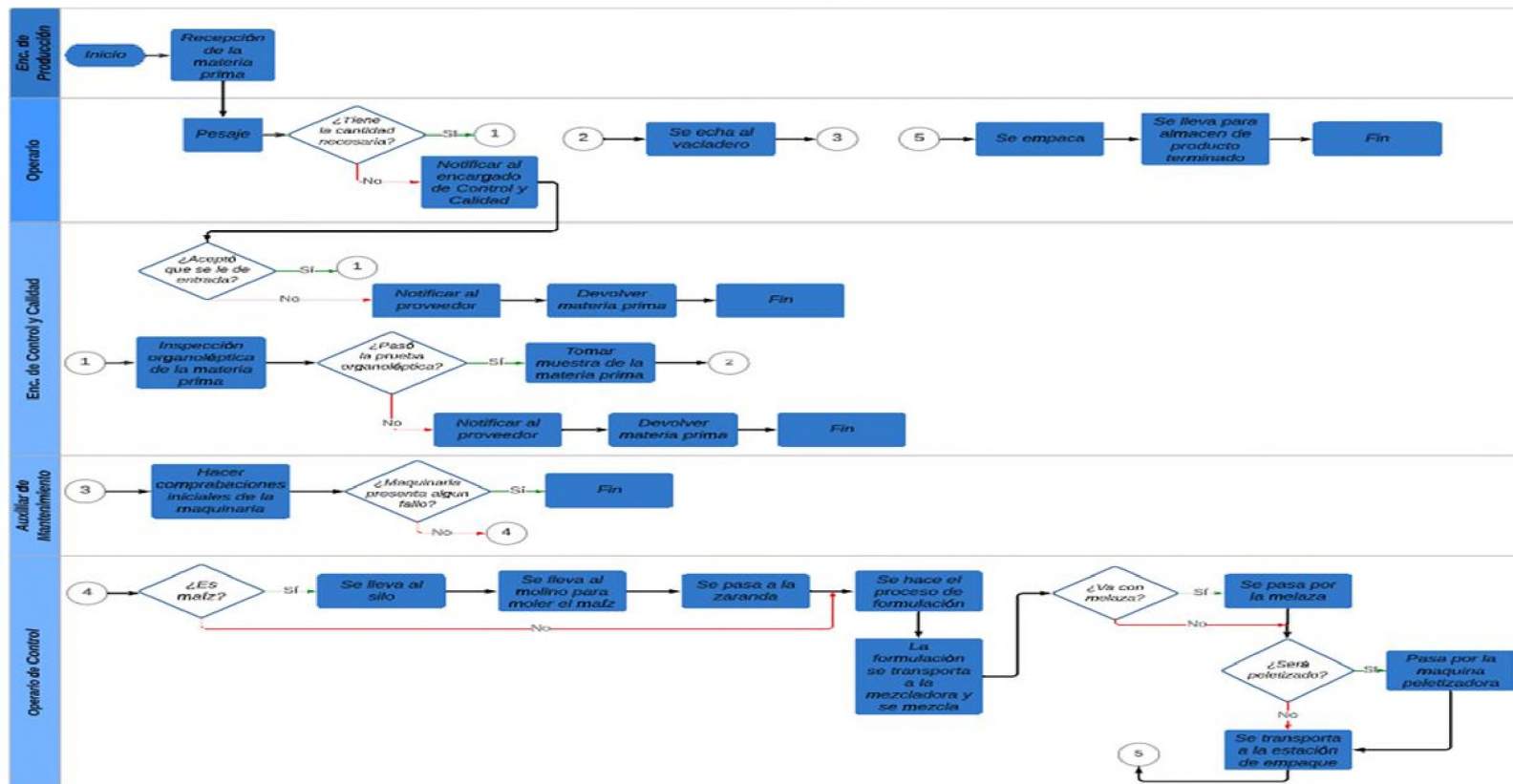
Las tareas de mantenimiento enumeradas son diversas acciones que deben realizarse para mantener y asegurar el funcionamiento adecuado de ciertos equipos o máquinas. Estas tareas están relacionadas con el mantenimiento de un sistema específico, que podría ser una máquina, un motor o cualquier otro dispositivo mecánico.

El nivel de dificultad asignado a cada tarea indica el grado de habilidad, conocimiento o experiencia requerida para llevar a cabo esa tarea en particular. En este caso, se utilizan dos niveles de dificultad: 1 y 2. El nivel 1 indica que las tareas son relativamente simples y pueden ser realizadas por personal con conocimientos básicos de mantenimiento. Estas tareas implican acciones como verificar aceite, engrasar componentes y lubricar mecanismos.

Por otro lado, el nivel 2 indica que las tareas son un poco más complejas y requieren un mayor nivel de habilidad o experiencia. Estas tareas podrían involucrar acciones como realizar cambios de componentes, ajustar elementos y realizar mantenimiento más especializado.

5.1.3 Mejora de diagrama de flujo

Figura 40: Mejora al diagrama de Flujo e Integración del checklist



Fuente de elaboración propia, 2023

La implementación de un checklist de comprobaciones iniciales en el proceso de inspección de maquinarias antes de comenzar la producción es crucial para garantizar la eficiencia y el correcto funcionamiento de los equipos industriales. La falta de intervención de mantenimiento en el diagrama de flujo actual representa un riesgo potencial de posibles fallas e interrupciones en la producción.


Al incluir acciones específicas en el checklist, basadas en las mejores prácticas de mantenimiento industrial, se puede abordar esta deficiencia y optimizar el proceso. Esto implica realizar inspecciones exhaustivas de todos los componentes relevantes de la maquinaria, como lubricación, correas, filtros, sistemas de seguridad, entre otros. Además, se deben establecer intervalos regulares para el mantenimiento preventivo y seguimiento de las actividades realizadas.

La implementación de un checklist de comprobaciones iniciales no solo mejorará la seguridad en el entorno de trabajo al identificar posibles riesgos, sino que también ayudará a prevenir problemas mayores al realizar un mantenimiento adecuado y oportuno. Esto se traducirá en un funcionamiento más eficiente de las máquinas, una mayor vida útil de los equipos y una reducción de los tiempos de inactividad no planificados.

En definitiva, la integración de un checklist de comprobaciones iniciales en el proceso de inspección de maquinarias es una medida fundamental para maximizar la productividad, minimizar los costos de mantenimiento y garantizar la continuidad de la producción en un entorno industrial.


El checklist de comprobaciones iniciales de la maquinaria será realizado manualmente por el auxiliar de mantenimiento. Después, se reportará al encargado de operaciones, quien digitalizará los datos en un Excel para cotejar los resultados "sí" y "no", obteniendo un porcentaje de cumplimiento. Esta práctica proactiva asegura un funcionamiento seguro y eficiente de la maquinaria, facilitando la detección temprana de problemas y mejorando la confiabilidad de los equipos. La colaboración entre ambas funciones fortalece el trabajo en equipo y promueve un ambiente de excelencia en la empresa.

Figura 41: Checklist de comprobaciones iniciales.

		CHECKLIST DE COMPROBACIONES INICIALES		
		Código:	Versión: 1	
Fecha de realizado: 09/06/2023		Fecha de revisión: 09/06/2023	Pag: 1 de 1	
Área:				
Fecha				
Hora Inicio				
Hora Final				
Máquina:				
ASPECTO A EVALUAR		CUMPLIMIENTO		
		SI	NO	N/A
Máquina sin materiales de operaciones previas que no corresponden al producto a elaborarse				
La maquina esta limpia de residuos, polvo o cualquier otro material que pueda afectar su funcionamiento.				
El equipo presenta daños, fugas, desgaste o cualquier otro problema evidente. Nota: Preste especial atención a las partes móviles, conexiones eléctricas y componentes hidráulicos o neumáticos.				
Están lubricado los puntos claves de la maquinaria				
Los niveles de fluidos necesarios para el funcionamiento de la maquinaria, como aceite, agua, líquido de frenos, refrigerante, etc.				
Los controles operativos, como los botones de encendido/apagado y las palancas de control, funcionan debidamente y sin problemas.				
Todas las conexiones eléctricas están seguras y en buen estado. Revise los cables y enchufes en busca de desgaste o daños, para reparar o reemplazar cualquier componente defectuoso.				
Todos los dispositivos de seguridad están en su lugar y funcionando correctamente. Esto incluye interruptores de seguridad, barreras de protección, bloqueos de emergencia y sistemas de apagado automático. Verifique también el estado de las señalizaciones de seguridad.				
OBSERVACIONES:				

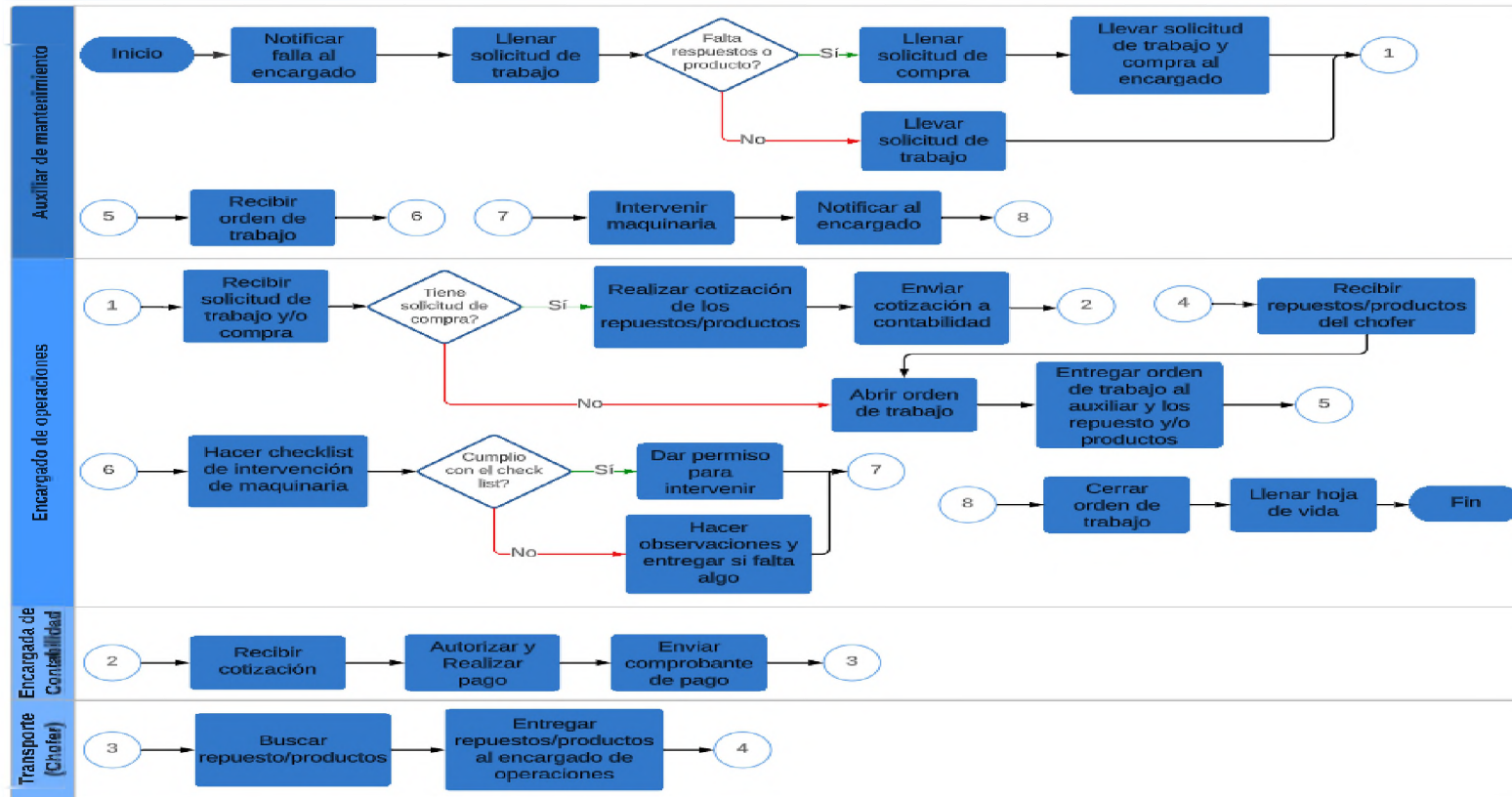
Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 42: Checklist Intervención de maquinaria.

 CHECKLIST DE COMPROBACIONES INICIALES PARA INTERVENCIÓN DE MAQUINARIA		Código:		Versión: 1	
		Fecha de realizado: 09/06/2023		Fecha de revisión: 09/06/2023	
Área:					
Fecha					
Hora de Inicio:					
Hora de Fin:					
Máquina:					
Operario					
ASPECTO A EVALUAR			CUMPLIMIENTO		
			SI	NO	
La máquina está apagada y desconectada de la fuente de energía antes de comenzar cualquier intervención, ayudará a prevenir accidentes y lesiones.					
De manera visual la máquina presenta daños, fugas o cualquier otro problema evidente. Preste especial atención a las partes móviles, conexiones eléctricas y componentes hidráulicos o neumáticos.					
Los dispositivos de seguridad están en su lugar y funcionando correctamente. Nota: Esto incluye interruptores de seguridad, barandillas de protección, bloqueos de emergencia y sistemas de apagado automático.					
Se tiene las herramientas en buen estado para la intervención, están limpias, en buen estado de funcionamiento y son compatibles con los componentes de la máquina que va a intervenir.					
Uso de equipos de protección personal (EPP) adecuados para la intervención, como guantes, gafas de seguridad, casco, protectores auditivos, entre otros, según sea necesario.					
El EPP esté en buen estado y correctamente ajustado.					
La máquina está bloqueada para evitar que se encienda accidentalmente mientras se está realizando la intervención.					
Los trabajadores están informados sobre la intervención y las precauciones que deben tomar, para evitar que se encienda.					
Tiene el manual de la máquina, para familiarizarse con las instrucciones específicas para la intervención que va a realizar.					
La maquinaria quedó en funcionamiento después de la intervención.					
OBSERVACIONES:					

Fuente de elaboración propia, 2023

Figura 43: Diagrama de flujo de las actividades



Fuente de elaboración propia, 2023

Si se implementa el nuevo flujo, el seguimiento de las fallas de las maquinarias ha mejorado significativamente. Se contará con un proceso estructurado que permite gestionar de manera más eficiente y efectiva todas las incidencias relacionadas con las máquinas. A continuación, se explica cómo funcionará:

Cuando un empleado o usuario detecta una falla en una maquinaria, simplemente completa el formulario de solicitud de falla. Este formulario nos proporciona información detallada sobre la falla, incluyendo la descripción del problema, la ubicación de la maquinaria y la persona que reporta la falla. Esto nos ayuda a tener una visión clara de lo que está sucediendo y a actuar rápidamente.

Una vez recibida la solicitud de falla, equipo encargado la revisa y evalúa la gravedad de la situación. Si se determina que se requieren suministros o piezas de repuesto para solucionar la falla, se genera una solicitud de compra. En esta solicitud se incluyen todos los detalles necesarios, como el número de identificación de la maquinaria, la descripción de los elementos a comprar y las cantidades requeridas. La solicitud de compra se envía al departamento de compras para su procesamiento.

Al completar el checklist de verificación y confirmar que se cumplen todos los requisitos, el empleado está autorizado para proceder con la intervención en la maquinaria, siempre supervisado por el encargado del departamento de mantenimiento. Este último, como responsable de garantizar la eficiencia y seguridad del proceso de mantenimiento preventivo, será el encargado de coordinar y supervisar las actividades del personal a cargo de realizar las tareas de mantenimiento y reparación. Asegurará que solo

personal calificado y debidamente preparado realice estas intervenciones, ayudando a prevenir accidentes, minimizar errores y garantizar un trabajo de calidad.

Una vez aprobada la solicitud de compra y recibidos los suministros necesarios, se genera una orden de trabajo. Esta orden incluye todos los detalles pertinentes para llevar a cabo la reparación o mantenimiento de la maquinaria afectada. Se especifica la descripción detallada de la tarea a realizar, los materiales a utilizar, la fecha de inicio y finalización, y el técnico o equipo responsable del trabajo. En este punto, es importante destacar que el encargado del departamento de mantenimiento tendrá la potestad de realizar las tareas asignadas sin la necesidad de notificar a ningún superior, agilizando así el proceso de mantenimiento. Por otro lado, el auxiliar de mantenimiento requerirá la aprobación y/o supervisión del encargado de mantenimiento para llevar a cabo ciertas tareas específicas.

Cada vez que se lleva a cabo una intervención en una maquinaria, se actualizará su hoja de vida. Tanto el encargado del departamento de mantenimiento como su auxiliar serán responsables de registrar toda la información relevante sobre las acciones realizadas. Esto incluye la fecha de la intervención, el tipo de mantenimiento efectuado, las piezas reemplazadas y el tiempo de inactividad de la máquina. Para garantizar un seguimiento riguroso y confiable, se mantendrán fichas técnicas físicas que contendrán esta información, las cuales luego serán escaneadas y guardadas de manera digital para facilitar el acceso y la gestión eficiente de los datos.

Si se implementa este flujo, se logrará una mayor eficiencia en la gestión de las fallas de las maquinarias. Se tendrá un seguimiento riguroso de cada incidencia, desde el

reporte inicial hasta la resolución final. Esto permite tomar acciones preventivas y correctivas de manera oportuna, minimizando el tiempo de inactividad de las máquinas y optimizando los recursos.

5.1.4 Comparación de la vida útil de los componentes

Dado

Estimación con MTBF: Al multiplicar el MTBF de 22.57 semanas por 44 horas a la semana, obtenemos un tiempo promedio entre fallas de aproximadamente 993.08 horas.

Estimación con rango máximo de toneladas: Considerando el rango máximo de 15000 toneladas para la vida útil del dado y la producción de 8 toneladas por hora, se estima una vida útil de aproximadamente 1875 horas de funcionamiento.

Diferencia porcentual entre las estimaciones:

Para calcular la diferencia porcentual, podemos utilizar la fórmula:

$$\text{Diferencia porcentual} = ((\text{Valor2} - \text{Valor1}) / \text{Valor1}) * 100$$

Diferencia porcentual entre las estimaciones:

$$((993.08 - 1875) / 1875) * 100 \approx -47.04\%$$

La diferencia porcentual entre las estimaciones de vida útil del dado utilizando el MTBF y el rango máximo de toneladas es aproximadamente del -47.04%. Esto significa

que la estimación basada en el MTFBF indica una vida útil aproximadamente de un -47.04% menor en comparación con las horas de funcionamiento máximo.

Rodamiento del eje principal

20.5729 semanas x 44 horas/semana = 905.1576 horas (MTBF del rodamiento del eje principal)

Ahora podemos comparar las horas máximas de funcionamiento del dado (1875 horas) con el MTBF del rodamiento del eje principal (905.1576 horas).

$$\text{Diferencia porcentual} = ((\text{Valor2} - \text{Valor1}) / \text{Valor1}) * 100$$

$$\text{Diferencia porcentual} = ((905.157 - 1875) / 1875) * 100 \approx -51.72. \%$$

Por lo tanto, la diferencia porcentual entre las horas máximas de funcionamiento del dado y el MTBF del rodamiento del eje principal, considerando las 44 horas por semana, es de aproximadamente -51.72%. Esto indica que el MTBF del rodamiento del eje principal tiene una estimación de tiempo de funcionamiento bajo en un -51.72% en comparación con las horas máximas del dado.

Rodamiento de acondicionador

Si consideramos que el MTBF (Mean Time Between Failures) del rodamiento de acondicionador es de 16.3082 semanas, podemos calcular el MTBF en horas teniendo en cuenta que trabajamos con 44 horas por semana:

16.3082 semanas x 44 horas/semana = 717.8508 horas (MTBF del rodamiento de acondicionador)

Ahora podemos comparar las horas máximas de funcionamiento del dado (1875 horas) con el MTBF del rodamiento de acondicionador (717.8508 horas).

$$\text{Diferencia porcentual} = ((\text{Valor2} - \text{Valor1}) / \text{Valor1}) * 100$$

$$\text{Diferencia porcentual} = ((717.85 - 2500) / 2500) * 100 \approx -71.29\%$$

Por lo tanto, la diferencia porcentual entre las horas máximas de funcionamiento del dado y el MTBF del rodamiento de acondicionador, considerando las 44 horas por semana, es de aproximadamente -71.29%. Esto indica que el MTBF del rodamiento de acondicionador tiene una estimación de tiempo de funcionamiento menor en un -71.29% en comparación con las horas máximas del dado.

Deflector

$$17.5434 \text{ semanas} \times 44 \text{ horas/semana} = 771.7128 \text{ horas (MTBF del deflector)}$$

Ahora podemos comparar las horas máximas de funcionamiento del deflector (2500 horas) con el MTBF del deflector (771.7128 horas).

$$\text{Diferencia porcentual} = ((\text{Valor2} - \text{Valor1}) / \text{Valor1}) * 100$$

$$\text{Diferencia porcentual} = ((771.71 - 2500) / 2500) * 100 \approx -58.84\%$$

Por lo tanto, la diferencia porcentual entre las horas máximas de funcionamiento del deflector y el MTBF del deflector, considerando las 44 horas por semana, es de

aproximadamente -58.84%. Esto indica que el MTBF del deflector tiene una estimación de tiempo de funcionamiento bajo en un -58.84% en comparación con las horas máximas del deflector.

Buje frontal del alimentador

24.94 semanas x 44 horas/semana = 1097.36 horas (MTBF del buje frontal del alimentador)

Ahora podemos comparar las horas máximas de funcionamiento del buje frontal del alimentador (1875 horas) con el MTBF del buje frontal del alimentador (1097.36 horas).

$$\text{Diferencia porcentual} = ((\text{Valor2} - \text{Valor1}) / \text{Valor1}) * 100$$

$$\text{Diferencia porcentual} = ((1097.36 - 1875) / 1875) * 100 \approx -41.47\%$$

Por lo tanto, la diferencia porcentual entre las horas máximas de funcionamiento del buje frontal del alimentador y el MTBF del buje frontal del alimentador, considerando las 44 horas por semana, es de aproximadamente -41.47%. Esto indica que el MTBF del buje frontal del alimentador tiene una estimación de tiempo de funcionamiento menor en un -41.47% en comparación con las horas máximas del buje frontal del alimentador.

Cadena del rodillo del alimentador

Si consideramos que el MTBF (Mean Time Between Failures) de la cadena rodillo del alimentador es de 38.09 semanas, podemos calcular el MTBF en horas teniendo en cuenta que trabajamos con 44 horas por semana:

38.09 semanas x 44 horas/semana = 1678.96 horas (MTBF de la cadena rodillo del alimentador)

Ahora podemos comparar las horas máximas de funcionamiento de la cadena rodillo del alimentador (1875 horas) con el MTBF de la cadena rodillo del alimentador (1678.96 horas).

$$\text{Diferencia porcentual} = ((\text{Valor2} - \text{Valor1}) / \text{Valor1}) * 100$$

$$\text{Diferencia porcentual} = ((1678.96 - 1875) / 1875) * 100 \approx -10.46\%$$

Por lo tanto, la diferencia porcentual entre las horas máximas de funcionamiento de la cadena rodillo del alimentador y el MTBF de la cadena rodillo del alimentador, considerando las 44 horas por semana, es de aproximadamente -10.46%. Esto indica que el MTBF de la cadena rodillo del alimentador tiene una estimación de tiempo de funcionamiento bajo en un -10.46% en comparación con las horas máximas de la cadena rodillo del alimentador.

Cuchilla cortadora

Si consideramos que el MTBF (Mean Time Between Failures) de las cuchillas cortadoras es de 40.72 semanas, podemos calcular el MTBF en horas teniendo en cuenta que trabajamos con 44 horas por semana:

40.72 semanas x 44 horas/semana = 1793.28 horas (MTBF de las cuchillas cortadoras) Ahora podemos comparar las horas máximas de funcionamiento de las

cuchillas cortadoras (2670 horas) con el MTBF de las cuchillas cortadoras (1793.28 horas).

- Diferencia porcentual = $((\text{Valor2} - \text{Valor1}) / \text{Valor1}) * 100$
- Diferencia porcentual = $((1793.28 - 2670) / 2670) * 100 \approx -32.84\%$

Por lo tanto, la diferencia porcentual entre las horas máximas de funcionamiento de las cuchillas cortadoras y el MTBF de las cuchillas cortadoras, considerando las 44 horas por semana, es de aproximadamente -32.84%. Esto indica que el MTBF de las cuchillas cortadoras tiene una estimación de tiempo de funcionamiento menor en un -32.84% en comparación con las horas máximas de las cuchillas cortadoras.

Análisis Comparativo del MTBF y las Horas Máximas de Funcionamiento de los Componentes

Tabla 43: Análisis comparativo del MTBF y horas de funcionamiento

Componentes	MTBF Weibull (Horas)	Horas máximas de funcionamiento	Diferencia porcentual (%)
Dado	993.08	1875	-47.04
Rodamiento del Eje principal	905.16	1875	-51.72
Rodamiento de Acondicionador	717.85	2500	-71.29
Deflector	771.71	1875	-58.84
Buje frontal del alimentador	1097.36	1875	-41.47
Cadena Rodillo del Alimentador	1678.96	1875	-10.46
Cuchillas cortadoras	1793.28	2670	-32.84

Fuente de elaboración propia, 2023

En resumen, al analizar la tabla 43, podemos observar las siguientes diferencias entre las estimaciones basadas en el MTBF y las horas máximas de funcionamiento:

- El MTBF del dado es un 88.91% menor que las horas máximas de funcionamiento.
- El MTBF del rodamiento del eje principal es un 107.46% menor que las horas máximas de funcionamiento.
- El MTBF del rodamiento de acondicionador es un 161.59% menor que las horas máximas de funcionamiento.
- El MTBF del deflector es un 224.62% menor que las horas máximas de funcionamiento.
- El MTBF del buje frontal del alimentador es un 70.94% menor que las horas máximas de funcionamiento.
- El MTBF de la cadena rodillo del alimentador es un 11.06% menor que las horas máximas de funcionamiento.
- El MTBF de las cuchillas cortadoras es un 48.82% menor que las horas máximas de funcionamiento.

Estas diferencias porcentuales indican que las estimaciones basadas en las horas máximas de funcionamiento son considerablemente mayores que las estimaciones basadas en el MTBF para la mayoría de los componentes. Es importante tener en cuenta estas diferencias al planificar el mantenimiento y la vida útil de los diferentes elementos de la máquina, ya que la elección de la estimación puede afectar la programación de mantenimiento y la durabilidad de los componentes.

Según (Neal, 2015) “Millson estima que el tiempo de vida útil promedio de un dado es entre 5000 a 15000 toneladas; sin embargo, esto depende del uso y el tipo de material utilizado, el material más duro desgastará la matriz con más facilidad”. En base a este dato, se tomó la vida útil de 15000 toneladas, para hacer las estimaciones de la diferencia porcentual entre el MTBF de Weibull y las expectativas de horas.

Según (PelletSolucion, 2014) “Es recomendable reemplazar el rodillo y la matriz al mismo tiempo cada 500 horas de uso para conseguir los rendimientos de producción máximos”. Por lo tanto, el dado, rodamiento del eje principal, rodamiento de acondicionador, buje frontal de alimentado y cadena de rodillo del alimentador, tendrán que cambiarse cada que se cambie la matriz en este caso dado y los rodillos en este caso los rodamientos.

5.2 Plan de Capacitación del personal (Área de Mantenimiento)

El objetivo general de este plan de capacitación del personal en el área de mantenimiento es capacitar a los participantes en los principios básicos del mantenimiento industrial para alargar la vida útil de la maquinaria y asegurar su correcto funcionamiento, de igual manera que dale educación pertinente para el curriculum personal de cada empleado y evitar las cancelaciones por negligencia técnica.

El primer curso que se quiere recomendar es un curso impartido por el Instituto Nacional de Formación Técnico Profesional (INFOTEP), el cual es impartido de manera gratuita aportando los conocimientos plasmados en la Tabla 44.

Tabla 44: Tabla de contenido; Curso Mantenimiento Industrial básico

Módulo	Tema
Módulo 1	Introducción al Mantenimiento Industrial
	Conceptos básicos de mantenimiento industrial
	Tipos de mantenimiento y sus aplicaciones
	Gestión del mantenimiento
Módulo 2	Mantenimiento Preventivo
	Planificación y programación del mantenimiento preventivo
	Inspección y monitoreo de equipos
	Registro de mantenimiento
Módulo 3	Mantenimiento Correctivo
	Identificación y diagnóstico de fallas
	Reparación y reemplazo de componentes
	Pruebas y verificación del correcto funcionamiento
Módulo 4	Seguridad en el Mantenimiento Industrial
	Normas y regulaciones de seguridad en el área de mantenimiento
	Identificación y control de riesgos laborales
	Uso de equipos de protección personal (EPP)
Módulo 5	Resolución de Problemas en el Mantenimiento Industrial
	Técnicas de diagnóstico de problemas
	Herramientas para la resolución de problemas
	Mejora continua en el mantenimiento

Fuente de elaboración propia, 2023

NOTA: Es importante comunicarse con el INFOTEP para verificar la disponibilidad e inscripciones para este curso en particular.

Adicional a esto, se sugiere realizar un curso más especializado en el mantenimiento productivo, ya que los análisis previamente realizados, dieron prueba a que se necesita un nivel más alto a la hora del mantenimiento.

El curso técnico adicional sugerido es Mantenimiento Productivo Total (TPM), este de igual manera es impartido por INFOTEP, de manera gratuita y con una duración menor al anterior. En este curso se aportarán los conocimientos plasmados en la Tabla 45.

Tabla 45: Tabla de contenido; Curso Mantenimiento Productivo Total

Tabla de contenido del curso de TPM	
Módulo	Duración (horas)
Explicación del concepto de mantenimiento productivo total	20
Relación del mantenimiento productivo total con otras estrategias y metodologías	
Metodologías de análisis utilizadas en el MPT	
Programas de mantenimiento correctivo y planeado	
Elaboración de un programa de actividades para la implantación del MPT	
Planificación, administración y evaluación de programas de implantación del MPT	
Identificación y aplicación de metodologías de análisis de problemas del MPT	
Creación y gestión de equipos de mantenimiento autónomo de trabajadores	

Fuente de elaboración propia, 2023

Al concluir este Curso de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Infotep, serás capaz de:

- Explicar el concepto de mantenimiento productivo total.
- Explicar la relación que tiene el mantenimiento productivo total con otras estrategias y metodologías como el Justo a Tiempo, la Calidad Total y las Técnicas 5's.

- Aplicar metodologías de análisis utilizadas en el TPM.
- Explicar en qué consisten los programas de mantenimiento correctivo y planeado (preventivo y predictivo).
- Elaborar un programa de actividades para la implantación del mantenimiento productivo total en la empresa.

5.2.1 Plan de viáticos para el plan de capacitación

A continuación, se presenta un plan de viáticos de un empleado que participará en un curso que beneficiará a la empresa, en el curso propuesto en la tabla 44 y tabla 45:

En la tabla 46, se puede observar el plan de viático sugerido para el desarrollo de la tabla 44.

Tabla 46: Tabla de contenido; Curso Mantenimiento Productivo Total

Concepto	Descripción
Curso	Mantenimiento industrial básico.
Fecha	Fechas en las que se realizará el curso.
Duración	120 horas.
Ciudad	Santo Domingo, Distrito Nacional
Costo del curso	Gratis
Transporte	150 Pesos
Alojamiento	Gratis
Alimentación	100 Pesos
Viáticos diarios	250 Pesos / día
Otros gastos	N/A
Total general	250 Pesos

Fuente de elaboración propia, 2023

- $175 \text{ horas} / 4 \text{ horas semanales} = 44 \text{ semanas}$
- Asimismo, si el viático es de 250 pesos por día y se cubren dos días a la semana, podemos determinar lo siguiente:
- $\text{Viático semanal} = 250 \text{ pesos/día} * 2 \text{ días} = 500 \text{ pesos}$
- Por lo tanto, el total de viáticos para las 44 semanas sería:
- $\text{Total, de viáticos} = 500 \text{ pesos/semana} * 44 \text{ semanas} = 22,000 \text{ pesos}$
- A continuación, se presenta en la tabla 45, para visualizar estos cálculos:

Tabla 47: Costo total del curso de mantenimiento industrial básico.

SEMANAS	HORAS SEMANALES	VIATICO SEMANAL
44	4	500
TOTAL	22000	PESOS

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 47 se puede observar el plan de viático sugerido para el desarrollo del curso visualizado en la tabla 43.

Tabla 48: Tabla de contenido; Curso Mantenimiento Productivo Total

Concepto	Descripción
Curso	Mantenimiento productivo total
Fecha	Fechas en las que se realizará el curso.
Duración	20 horas.
Ciudad	Santo Domingo, Distrito Nacional
Costo del curso	Gratis
Transporte	150 Pesos
Alojamiento	Gratis
Alimentación	100 Pesos
Viáticos diarios	250 Pesos / día
Otros gastos	N/A
Total general	250 Pesos

Fuente de elaboración propia, 2023

Tomando en cuenta de que la duración total del curso es de 20 horas y de que el curso se imparte dos veces por semanas, dos horas cada clase;

- Se puede calcular que: 20 horas / 4 horas semanales = 5 semanas
- Viático 250 pesos / día * 2 días = 500 pesos semanales
- 500 pesos semanales * 5 semanas = 2,500 Pesos totales.

Esto queda visualizado en la tabla 49:

Tabla 49, Costo total del curso de mantenimiento productivo total.



SEMANAS	HORAS SEMANALES	VIATICO SEMANAL
5	4	500
TOTAL	2500	PESOS

Fuente de elaboración propia, 2023

5.3 Fichas técnicas y/o Formularios

5.3.1 Ficha técnica de máquina peletizadora

Figura 44: Ficha técnica maquina peletizadora 2023.

 <small>— DESDE 1962 —</small>		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
		EQUIPO		MÁQUINA PELETIZADORA CPM CENTURY			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
DATOS							
FABRICANTE	E.S.E		No. DE SERIE	81007-1089	UBICACIÓN	PRODUCCIÓN	
MARCA	CPM				ESTADO DE LA MÁQUINA	EN FUNCIONAMIENTO	
MODELO	CENTURY		No. DE MÁQUINA	N/A	FECHA	N/A	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS							
TEMP MIN	32 °C	TEMP MAX	200 °C	GARANTÍA	NO		
VOLTAJE	440 V			MEDIDAS			
POTENCIA	300 HP			ALTO	LARGO	ANCHO	PESO
CAPACIDAD	8 TON/H			N/A	N/A	N/A	N/A
AMPERAJE	N/A						
FRECUENCIA	40 Hz						
R.P.M	500-1750 R.P.M						
USO DEL EQUIPO							
FUNCIONES			IMAGEN DEL EQUIPO				
<p>Se introduce el material mediante transportadores a la cámara de peletización, donde se encuentra una matriz con agujeros del tamaño deseado. El material es comprimido y forzado a través de los agujeros de la matriz, que le dan forma a los pellets. El tamaño y la forma de la matriz varían según el tipo de material y el tamaño de pellet deseado.</p>							

Fuente de elaboración propia, 2023.

5.3.2 Formulario de Orden de trabajo

Figura 45: Ficha Orden de trabajo, 2023.

ALBACA — 1967 —	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		MT-FOM-01			
	ORDEN DE TRABAJO		Versión:			
		Fecha:				
		1/1				
ORDEN DE TRABAJO No	-	EQUIPO	-	CÓDIGO	-	
MODO DE DETECCIÓN	-	TIPO DE PERSONAL	Interno	Externo	ESTATUS	
FECHA DE EJECUCIÓN	FECHA DE FINALIZACIÓN	HORA INICIO	HORA FINAL			
PRIORIDAD		TIPO DE MANTENIMIENTO		CORRECTIVO		
ALTA	MEDIA			PREDICTIVO		
BAJA				PREVENTIVO		
DESCRIPCIÓN DE TRABAJO						
TRABAJO A REALIZAR			TRABAJO REALIZADO			
MATERIALES/HERRAMIENTAS						
MATERIAL REQUERIDO			MATERIAL UTILIZADO			
REPUESTOS						
Código Repuesto	Descripción		Cantidad	Utilizado S/N	Costo	
HORAS HOMBRE						
	TI	TII	TIII	TIV	Total	Costo
Horas Estimadas						
Horas Reales						
OBSERVACIONES						
REALIZADO POR	REVISADOR POR		RECIBIDO POR			

Fuente de elaboración propia, 2023.

Como se puede visualizar en la Figura 45, que presenta el formulario de orden de trabajo utilizado por el Departamento de Mantenimiento. A continuación, proporcionaré una descripción de cada sección del formulario:

- Versión: Esta sección indica la versión del formulario de la Orden de Trabajo.
- Fecha: La fecha en la que se completa la Orden de Trabajo.
- Orden de Trabajo No: Un número único asignado a cada orden de trabajo.
- Equipo: El equipo específico en el que se realizará el mantenimiento.
- Código: Código de identificación del equipo.
- Tipo de Personal: Indicación del tipo de personal involucrado en el mantenimiento.
- Centro de Costo: Centro de costos asociado al equipo o proyecto.
- Modo de Detección: Indicación de si la detección de la necesidad de mantenimiento fue interna o externa.
- Estado: Estado actual de la orden de trabajo.
- Fecha de Ejecución: Fecha en que se llevó a cabo el trabajo de mantenimiento.
- Fecha de Finalización: Fecha en que se completó el trabajo de mantenimiento.
- Hora de Inicio: Hora de inicio del trabajo de mantenimiento.
- Hora Final: Hora de finalización del trabajo de mantenimiento.
- Prioridad: Nivel de prioridad asignado a la orden de trabajo (Alta, Media o Baja).

- Tipo de Mantenimiento: Tipo de mantenimiento a realizar (Correctivo, Predictivo o Preventivo).
- Descripción de Trabajo: Descripción detallada del trabajo de mantenimiento a realizar.
- Trabajo a Realizar: Espacio para registrar el trabajo planificado.
- Trabajo Realizado: Espacio para registrar el trabajo realizado una vez completado.
- Materiales/Herramientas: Sección para listar los materiales y herramientas necesarios para el trabajo de mantenimiento.
- Material Requerido: Lista de materiales requeridos para el trabajo.
- Material Utilizado: Lista de materiales utilizados durante el trabajo.
- Repuestos: Sección para registrar los repuestos utilizados durante el mantenimiento.
- Código Repuesto: Código de identificación del repuesto.
- Descripción: Descripción del repuesto utilizado.
- Cantidad: Cantidad utilizada del repuesto.
- Utilizado S/N: Indicación de si el repuesto fue utilizado o no.
- Costo: Costo del repuesto utilizado.
- Horas Hombre: Registro de las horas dedicadas al trabajo de mantenimiento.
- TI, TII, TIII, TIV: Categorías de horas hombre.
- Total: Total de horas hombre utilizadas.
- Costo: Costo total asociado a las horas hombre utilizadas.

- Observaciones: Espacio para registrar cualquier observación o nota relevante.
- Realizado por: Nombre o firma del responsable que realizó el trabajo de mantenimiento.
- Revisado por: Nombre o firma del responsable que revisó el trabajo de mantenimiento.
- Recibido por: Nombre o firma del responsable que recibió el trabajo de mantenimiento.

5.3.3 Formulario de Solicitud de trabajo

Figura 46: Formulario de Solicitud de trabajo, 2023.

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		MT-FOM-02
		SOLICITUD DE TRABAJO		Versión: 1
				Fecha: Mayo 2023
No. DE SOLICITUD	FECHA	EQUIPO		CÓDIGO
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA				
SOLICITANTE	Nombre:		Firma de recibido	
	Cargo			
	Tel:			
	Firma:			

Fuente de elaboración propia, 2023.

En la Figura 46, se puede visualizar el formulario de hoja de vida utilizado por el Departamento de Mantenimiento para realizar un seguimiento de la información relevante

sobre el equipo y las órdenes de trabajo. A continuación, proporcionaré una descripción de cada sección del formulario:

- Versión: Esta sección indica la versión del formulario de la Hoja de Vida.
- Fecha: La fecha en la que se completa la Hoja de Vida.
- Código: Código de identificación del equipo.
- Equipo: Nombre o descripción del equipo.
- Serial: Número de serie del equipo.
- Marca: Marca del equipo.
- Fecha: Fecha en la que se realizó la orden de trabajo.
- No. Orden de Trabajo: Número de la orden de trabajo asociada al equipo.
- Procedimiento Realizado: Descripción detallada del procedimiento o trabajo realizado en el equipo durante la orden de trabajo.
- Tiempo de Parada: Tiempo total de inactividad del equipo debido a la orden de trabajo.
- Tiempo de Reparación: Tiempo total empleado en la reparación del equipo durante la orden de trabajo.
- Costo Mano de Obra: Costo asociado a la mano de obra utilizada durante la orden de trabajo.
- Costo Repuestos: Costo asociado a los repuestos utilizados durante la orden de trabajo.
- Costo Total: Costo total de la orden de trabajo, incluyendo mano de obra y repuestos.

- No. Orden de Trabajo: Número de identificación de la orden de trabajo relacionada con el equipo.
- Procedimiento Realizado: Descripción detallada del procedimiento o trabajo realizado en el equipo durante la orden de trabajo.
- Tiempo de Parada: Duración total de la inactividad del equipo debido a la orden de trabajo.
- Tiempo de Reparación: Tiempo total empleado para la reparación del equipo durante la orden de trabajo.
- Costo Mano de Obra: Costo asociado a la mano de obra utilizada en la orden de trabajo.
- Costo Repuestos: Costo asociado a los repuestos utilizados en la orden de trabajo.
- Costo Total: Costo total de la orden de trabajo, incluyendo mano de obra y repuestos.

- 1/1: Número de identificación de la Solicitud de Compra.
- Fecha de Solicitud: Espacio para ingresar la fecha en la que se realiza la solicitud de compra.
- Fecha de Autorización: Espacio para ingresar la fecha en la que se autoriza la solicitud de compra.
- Equipo: Nombre o descripción del equipo para el cual se necesita la compra.
- Cantidad: Cantidad requerida del repuesto o producto.
- Repuesto/Producto: Nombre o descripción del repuesto o producto que se solicita.
- Fecha Requerida: Fecha en la que se necesita que se entregue el repuesto o producto.
- Observaciones: Espacio para agregar cualquier observación o información adicional relevante.
- Solicitante: Nombre o firma del solicitante de la compra.
- Recibe: Nombre o firma de la persona que recibe la solicitud de compra.

5.4 Corrida Especulativa del Impacto Potencial de un Plan de Mantenimiento Preventivo

Se desarrolló una corrida especulativa para analizar el impacto potencial de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la prevención de fallas. Se utilizarán los datos de los periodos 2020, 2021 y 2022 para evaluar las fallas mencionadas anteriormente y se establecerá una mejora ideal.

A continuación, se presenta la tabla 50, que explica por qué estas fallas no ocurrirían si se implementa un plan de mantenimiento preventivo:

Tabla 50: Tabla de solución de fallas y/o averías.

Falla	Explicación
Desgaste y/o rotura de la matriz	Las inspecciones regulares y la lubricación adecuada pueden prevenir el desgaste y la rotura de la matriz.
Desgaste y/o rotura de rodamiento eje principal	La lubricación periódica y el monitoreo de vibraciones pueden detectar y prevenir el desgaste o rotura de los rodamientos del eje principal.
Desgaste y/o rotura de rodamiento de acondicionador	Un mantenimiento adecuado y la lubricación de los rodamientos del acondicionador pueden evitar el desgaste y la rotura.
Desgaste de deflector	Las inspecciones regulares pueden detectar y reemplazar el deflector desgastado antes de que cause problemas.
Desgaste y/o rotura del buje frontal alimentador	Un plan de mantenimiento preventivo puede incluir la inspección y lubricación del buje frontal para prevenir el desgaste y la rotura.
Cadena de Rodillo Alimentador rotura	El mantenimiento regular, como la limpieza y lubricación de la cadena, puede evitar roturas inesperadas.
Desgaste y/o rotura cuchillas cortadoras	Las inspecciones periódicas y el afilado o reemplazo regular de las cuchillas pueden prevenir el desgaste y la rotura.
Abolladura conducto de alimentación	Un mantenimiento adecuado puede incluir la revisión regular de los conductos de alimentación para evitar abolladuras y repararlas si es necesario.
Rebobinado de motor	El mantenimiento preventivo y las pruebas eléctricas regulares pueden detectar problemas en el motor antes de que requiera un rebobinado.
Rotura de Arandela	La inspección visual y el reemplazo periódico de las arandelas pueden prevenir roturas inesperadas.
Desgaste de fijador	El mantenimiento regular y el apriete adecuado del fijador pueden evitar su desgaste prematuro.

Falla	Explicación
Rotura de retenedora	Las inspecciones periódicas y el reemplazo preventivo de las retenedoras pueden prevenir roturas inesperadas.
Rotura de sellos	Las inspecciones regulares pueden detectar y reemplazar los sellos desgastados antes de que causen una rotura.
Cabezal de elevador pellet roto	Las inspecciones y el mantenimiento adecuado del cabezal del elevador pueden prevenir roturas y problemas en su
Fallo de pasadora (Fusible)	Un plan de mantenimiento preventivo puede incluir la revisión y reemplazo regular de fusibles para evitar fallos inesperados.
Rotura del disco de corte	Las inspecciones regulares y el reemplazo preventivo del disco de corte pueden evitar su rotura durante el funcionamiento.
Fallo del contactor	El mantenimiento regular y las pruebas eléctricas pueden detectar problemas en los contactores y prevenir fallos durante su operación.

Fuente de elaboración propia, 2023.

Teniendo en cuenta los datos proporcionados, se realizará una simulación especulativa para evaluar el impacto de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Se utilizarán los datos recopilados durante los periodos 2020, 2021 y 2022, y se comparan con la mejora ideal y máxima esperada del 90% en la prevención de las fallas mencionadas.

Para llevar a cabo la simulación, se calculará el porcentaje de fallas que ocurrieron durante esos periodos y se establecerá una línea de base. A continuación, se analizará cómo la implementación del plan de mantenimiento preventivo podría haber reducido esas fallas.

Por ejemplo, si se observó que durante los periodos mencionados se produjeron un total de 100 fallas, la mejora ideal del 90% implicaría reducir esas fallas a 10. Además, la mejora máxima esperada también se establecería en un 90%.

5.5 KPI, Indicadores clave de rendimiento y Factibilidad del plan

En el proceso de análisis y evaluación de la gestión de una planta o área de producción, es fundamental contar con información precisa y confiable. Para ello, es necesario considerar una serie de parámetros fijos que nos permitirán realizar cálculos y obtener indicadores relevantes para la toma de decisiones.

En esta ocasión, presentamos en la tabla 51, que recopila los datos no variables que se han tomado en cuenta en el análisis de indicadores para una planta en particular. Estos datos representan aspectos clave relacionados con los días laborables, los días de semana trabajados, las horas de trabajo diarias, los sábados laborados y las horas de trabajo por sábado.

Tabla 51: Lista de parámetros no variables.

LISTA DE PARÁMETROS FIJOS		
Días laborables	304 días	304 días
Días de semana trabajados	262 días	262 días
Horas de trabajo por día	8 horas	8 horas
Sábados trabajados	42 días	42 días
Horas de trabajo por sábado	4 horas	4 horas
Total de horas de trabajo	2,264 horas	2,264 horas

Fuente de elaboración propia, 2023

5.5.1 Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)

$MTBF = \text{Tiempo total de funcionamiento} / \text{Número de fallas}$

Datos 2020 con las mejoras aplicadas:

Se supuso que, al llevar a cabo todas nuestras recomendaciones, se alcanzaría una mejora óptima ideal del 90%, en el número de fallas, lo que resultaría en una reducción significativa del tiempo de inactividad de 122 horas a tan solo 12.2 horas, como se puede apreciar en la Tabla 52.

Estos cambios hipotéticos han posibilitado incrementar el tiempo total de operación de la máquina de 2,142 horas a 2,251.8 horas. Además, el MTBF experimentaría un notable aumento, pasando de 164.76 horas a 1,732.15 horas. Estos resultados resaltan la hipotética mejora significativa en la disponibilidad y confiabilidad de la máquina peletizadora, lo cual tendría un impacto positivo en la eficiencia y productividad de la planta.

Tabla 52: Cuadro comparativo del MTBF del 2020.

Indicadores	Valor antes de la especulación	Valores con reducción del 90%
Tiempo fuera de servicio	122 horas	12.2 horas
Tiempo total de operación	2,142 horas	2,251.8 horas
Número de fallas	13 fallas	1.3 fallas
MTBF (Mean Time Between Failures)	164.76 horas	1732.15 horas

Fuente de elaboración propia, 2023

Datos 2021 con las mejoras aplicadas:

Suponiendo la implementación completa de nuestras recomendaciones, se han logrado mejoras significativas en el rendimiento de la máquina peletizadora. Mediante una reducción del 90% en las fallas, se ha conseguido disminuir el tiempo de inactividad a tan solo 22.2 horas, mejorando así el tiempo total de operación a 2237.8 horas y aumentando el MTBF a un valor impresionante de 100.80 horas. Es importante destacar que el 90% representa una meta ideal o máxima esperada. Estos resultados evidencian una mejora notable en la disponibilidad y confiabilidad del equipo, impulsando la eficiencia y productividad de la planta. Como se puede apreciar en la Tabla 52, los datos respaldan estas suposiciones y los avances significativos hipotéticos.

Tabla 52: Cuadro comparativo del MTBF del 2021

Indicadores	Valores originales	Valores con reducción del 90%
Total de hora fuera de servicio	222 horas	22.2 horas
Tiempo total de operación	2,038 horas	2237.8 horas
Número de fallas	25 fallas	2.5 fallas
MTBF (Mean Time Between Failures)	81.52 horas	100.80 horas

Fuente de elaboración propia, 2023

Datos 2022 con las mejoras aplicadas:

La hipotética implementación de nuestras recomendaciones ha generado mejoras significativas en el desempeño de la máquina peletizadora. Mediante una reducción del 90% en el número de fallas, hemos logrado disminuir de manera considerable el tiempo de inactividad a tan solo 23.3 horas, lo cual ha tenido un impacto directo en el incremento

del tiempo total de operación a 2,236.7 horas y en la notable mejora del MTBF, alcanzando un valor impresionante de 959.81 horas. Estos resultados, claramente observables en la Tabla 53, demuestran una significativa mejora hipotética en la disponibilidad y confiabilidad del equipo, generando un impulso tangible en la eficiencia y productividad de toda la planta.

Tabla 53: Cuadro comparativo del MTBF del 2022.

Indicadores	Valores originales	Valores con reducción del 90%
Tiempo fuera de servicio	233 horas	23.3 horas
Tiempo total de operación	2,027 horas	2,236.7 horas
Número de fallas	22 fallas	2.2 fallas
MTBF (Mean Time Between Failures)	92.13 horas	959.81 horas

Fuente de elaboración propia, 2023

5.5.2 Disponibilidad

Este es un indicador que mide el tiempo en el que un sistema o equipo está operativo y disponible para su uso.

Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo de funcionamiento total} - \text{Tiempo de inactividad total})}{\text{Tiempo de funcionamiento total}}$$

Datos 2020 con las mejoras aplicadas:

Antes de la mejora ideal, la máquina peletizadora tuvo un tiempo total de operación de 2,264 horas, con un tiempo inactivo de 122 horas. Como resultado, el tiempo total disponible fue de 2,142 horas, lo que condujo a una disponibilidad del 94.61%. Sin embargo, tras la aplicación de una mejora que reduce los errores en un 90%, el tiempo inactivo se redujo drásticamente a sólo 12.2 horas. Esto aumentó el tiempo total disponible a 2,251.8 horas, logrando una disponibilidad del 100%. Esta mejora del 90% en la reducción de errores representa el valor ideal máximo. La máquina peletizadora operó y estuvo disponible durante todo el tiempo total disponible, lo cual impacta positivamente en la eficiencia y productividad de la planta. Como se puede observar en la Tabla 54.

Tabla 54: Cuadro comparativo de disponibilidad del periodo 2020.

Indicador	Valor antes de la especulación	Valores con reducción del 90%
Tiempo total de operación (horas)	2,264	2,264
Tiempo inactivo (horas)	122	12.2
Tiempo total disponible (horas)	2,142	2,251.8
Disponibilidad (%)	94.61%	99.46%

Fuente de elaboración propia, 2023

Datos 2021 con las mejoras aplicadas:

Como se puede observar la Tabla 55, antes de realizar la propuesta de mejora, la máquina peletizadora operó durante un total de 2,260 horas, experimentando un tiempo inactivo de 222 horas. Esto se tradujo en un tiempo total disponible de 2,038 horas,

reflejando una disponibilidad del 90.18%. Sin embargo, tras implementar la mejora, se logró reducir significativamente el tiempo inactivo a tan solo 22.2 horas. Esta optimización incrementó el tiempo total disponible a 2,237.8 horas, aumentando la disponibilidad al 99.02%.

La tabla comparativa deja en evidencia el impacto positivo que la reducción de errores ha tenido en el tiempo inactivo y, en consecuencia, en la disponibilidad de la máquina peletizadora. Al alcanzar una disponibilidad del 99.02%, se garantiza que la maquinaria esté operativa y disponible durante el 99.02% del tiempo total de operación evaluado. Esta mejora es esencial para potenciar la eficiencia y productividad de la planta.

Tabla 55: Cuadro comparativo de disponibilidad del periodo 2021.

Indicador	Valor antes de la especulación	Valores con reducción del 90%
Tiempo total de operación (horas)	2,260	2,260
Tiempo inactivo (horas)	222	22.2
Tiempo total disponible (horas)	2,038	2,237.8
Disponibilidad (%)	90.18%	99.02%

Fuente de elaboración propia, 2023

Datos 2022 con las mejoras aplicadas:

En la Tabla 56, se muestra cómo la mejora en la reducción de errores afecta al tiempo inactivo y, por ende, a la disponibilidad de la máquina peletizadora. Después de la mejora, el tiempo inactivo se reduce en un 90%, lo que a su vez aumenta la disponibilidad de la máquina al reducir el tiempo no productivo. La disponibilidad mejora significativamente, pasando del 89.69% antes de la mejora al 99.04% después de

implementarla. Esto indica que la máquina está operativa y disponible para producir casi todo el tiempo disponible en el período evaluado, lo cual representa una mejora sustancial en la eficiencia y productividad de la planta.

Tabla 56: Cuadro comparativo de disponibilidad del periodo 2022.

Indicador	Valor antes de la especulación	Valores con reducción del 90%
Tiempo total de operación (horas)	2,260	2,260
Tiempo inactivo (horas)	233	23.3
Tiempo total disponible (horas)	2,027	2,236.7
Disponibilidad (%)	89.69%	99.04%

Fuente de elaboración propia, 2023

5.5.3 El costo promedio por reparación

Costo promedio por reparación 2020

- Costo promedio de reparación antes de la especulación: 29,672.11 RD (calculado previamente)
- Número total de fallos antes de la especulación: 13 fallos

Después de la especulación de una mejora del 90% en la cantidad de fallos, podemos calcular el nuevo costo promedio de reparación y compararlo con el valor original. Aquí está la tabla comparativa:

Tabla 57: Cuadro comparativo de costo promedio por reparación 2020.

Indicadores	Valor antes de la especulación	Valor con reducción del 90%
Costo promedio de reparación (RD\$ por fallo)	RD\$ 29,672.11	RD\$ 2,967.21
Número total de fallos	13 fallos	1.3 fallos (especulación)

Fuente de elaboración propia, 2023

Observaciones:

- El costo promedio de reparación antes de la especulación se mantiene en 29,672.11 RD, ya que no hay información específica sobre una reducción en los costos asociados con las reparaciones.
- Sin embargo, si asumimos una mejora del 90% en la cantidad de fallos, el número total de fallos se reduciría a aproximadamente 1.3 fallos (redondeado).
- En base a esto, podemos especular que el nuevo costo promedio de reparación sería RD\$2,967.21, calculado dividiendo el total de gastos (RD\$385,737.53) entre el nuevo número total de fallos (1.3 fallos).

Ten en cuenta que esta especulación se basa en la reducción del número de fallos, pero no considera una posible reducción de los costos de reparación en sí mismos.

Costo promedio por reparación 2021

- Costo promedio de reparación antes de la especulación: RD\$ 11,777.25 (calculado previamente).

- Número total de fallos antes de la especulación: 25 fallos.

Después de la especulación de una mejora del 90% en la cantidad de fallos, podemos calcular el nuevo costo promedio de reparación y compararlo con el valor original. Aquí está la tabla comparativa:

Tabla 58: Cuadro comparativo de costo promedio por reparación 2021.

Indicadores	Valor antes de la especulación	Valor con reducción del 90%
Costo promedio de reparación (RD\$ por fallo)	RD\$ 9,287.47	RD\$ 928.75
Número total de fallos	25 fallos	2.5 fallos (redondeado)

Fuente de elaboración propia, 2023

Observaciones:

- El costo promedio de reparación antes de la especulación es de RD\$ 11,777.25 por fallo o avería.
- Si especulamos una mejora del 90% en la cantidad de fallos, el número total de fallos se reduciría a aproximadamente 2.5 fallos (redondeado).
- En base a esto, podemos especular que el nuevo costo promedio de reparación sería de RD\$ 1,177.73, calculado dividiendo el total de gastos (RD\$ 294,431.38) entre el nuevo número total de fallos (2.5 fallos).

Es importante tener en cuenta que esta especulación se basa en la reducción del número de fallos, pero no considera una posible reducción de los costos de reparación en sí mismos.

Costo promedio por reparación 2022

- Costo promedio de reparación antes de la especulación: RD\$ 16,262.09
(calculado previamente)
- Número total de fallas antes de la especulación: 20 fallas

Después de la especulación de una mejora del 90% en la cantidad de fallas, podemos calcular el nuevo costo promedio de reparación y compararlo con el valor original. Aquí está la tabla comparativa:

Tabla 59: Cuadro comparativo de costo promedio por reparación 2022.

Indicadores	Valor antes de la especulación	Valor con reducción del 90%
Costo promedio de reparación (RD por fallo)	RD\$ 16,262.09	RD\$ 1,626.21
Número total de fallas	22 fallas	2 fallas (redondeado)

Fuente de elaboración propia, 2023

Observaciones:

- El costo promedio de reparación antes de la especulación es de RD\$ 16,262.09 por fallo o avería.
- Si especulamos una mejora del 90% en la cantidad de fallas, el número total de fallas se reduciría a aproximadamente 2 fallas (redondeado).
- En base a esto, podemos especular que el nuevo costo promedio de reparación sería de RD\$ 1,626.21, calculado dividiendo el costo total de

reparación (RD\$ 357,766.10) entre el nuevo número total de fallas (2 fallas).

Es importante tener en cuenta que esta especulación se basa en la reducción del número de fallos, pero no considera una posible reducción de los costos de reparación en sí mismos.

5.5.4 Análisis de la cantidad de dinero perdido

En este apartado, se presenta el cálculo de la cantidad de dinero perdido debido al tiempo fuera de servicio en cada periodo, así como una comparación entre la cantidad de dinero perdido antes y después de especular una mejora que aumenta en un 90% la disponibilidad de la máquina.

Los datos utilizados corresponden al año 2020.

Tabla 60: Cantidad de dinero perdido en el periodo 2020.

Paso	Cálculo	Resultado
Convertir toneladas a quintales	8 toneladas * 10 quintales/tonelada	80 quintales
Calcular producción por hora (en quintales)	Producción por hora = 8 toneladas/hora * 10 quintales/tonelada	80 quintales/hora
Calcular cantidad de dinero perdida por hora	Cantidad de dinero perdida por hora = Producción por hora * 637 pesos / quintal	\$50,960 pesos/hora
Calcular cantidad de dinero perdida en 122 horas	Cantidad de dinero perdida en 122 horas = Cantidad de dinero perdida por hora * 122 horas	\$6,187,040 pesos

Fuente de elaboración propia, 2023

A partir de la tabla 60, se puede observar que en el año 2020 se perdieron un total de \$6,187,040 pesos debido al tiempo fuera de servicio. Posteriormente, se especula una mejora que reduce el tiempo inactivo de 122 horas a 12.2 horas, manteniendo los mismos cálculos para determinar la cantidad de dinero perdido por tiempo fuera de línea.

Tabla 61: cuadro comparativo de la cantidad de dinero perdido 2020.

Variable	Valor antes de la especulación	Después de la reducción del 90%
Tiempo inactivo (horas)	122	12,2
Disponibilidad (%)	94.61%	99.46%
Cantidad de dinero pérdida (pesos)	RD\$6,187,040	RD\$622,588

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 61, se observa una mejora significativa al pasar de una pérdida de \$6,187,040 pesos antes de la mejora a una pérdida de \$622,588 pesos después de la mejora, lo cual representa una mejora especulada considerable.

Los datos utilizados corresponden al año 2021.

Tabla 62: Cantidad de dinero perdido en el año 2021.

Paso	Cálculo	Resultado
Convertir toneladas a quintales	8 toneladas * 10 quintales/tonelada	80 quintales
Calcular producción por hora (en quintales)	Producción por hora = 8 toneladas/hora * 10 quintales/tonelada	80 quintales/hora
Calcular cantidad de dinero perdida por hora	Cantidad de dinero perdida por hora = Producción por hora * 637 pesos / quintal	\$50,960 pesos/hora
Calcular cantidad de dinero perdida en 222 horas	Cantidad de dinero perdida en 222 horas = Cantidad de dinero perdida por hora * 222 horas	\$11,313,120 pesos

Fuente de elaboración propia, 2023

Según los datos presentados en la tabla 62, se evidencia que durante el año 2021 se registró una pérdida monetaria total de \$11,313,120 pesos debido al tiempo en que la máquina estuvo fuera de servicio. Se plantea una especulación basada en una posible mejora que reduce el tiempo inactivo de 222 horas a 22.2 horas, y se realiza un análisis utilizando los mismos cálculos para determinar la cantidad de dinero perdido debido a esta situación.

Tabla 63: cuadro comparativo de la cantidad de dinero perdido en el año 2021.

Variable	Valor antes de la especulación	Después de la reducción del 90%
Tiempo inactivo (horas)	222	22,2
Disponibilidad (%)	90.18%	99.02%
Cantidad de dinero pérdida (pesos)	RD\$ 11,313,120	RD\$ 1,131,312

Fuente de elaboración propia, 2023

Se evidencia en la tabla 63, la mejoría al reducir la pérdida de \$\$11,313,120 pesos a \$1,131,312 pesos, tras implementar las mejoras propuestas. Esto indica una mejora sustancial según la especulación realizada.

Los datos utilizados corresponden al año 2022.

Tabla 64: Cantidad de dinero perdido en el año 2022.

Paso	Cálculo	Resultado
Convertir toneladas a quintales	8 toneladas * 10 quintales/tonelada	80 quintales
Calcular producción por hora (en quintales)	Producción por hora = 8 toneladas/hora * 10 quintales/tonelada	80 quintales/hora
Calcular cantidad de dinero perdida por hora	Cantidad de dinero perdida por hora = Producción por hora * 637 pesos / quintal	\$50,960 pesos/hora
Calcular cantidad de dinero perdida en 233 horas	Cantidad de dinero perdida en 233 horas = Cantidad de dinero perdida por hora * 233 horas	\$11,873,680 pesos

Fuente de elaboración propia, 2023

De acuerdo a los datos presentados en la tabla 64, se constata que en el año 2022 se produjo una pérdida financiera total de RD\$11,873,680 pesos debido al período en el que la máquina permaneció sin operar. Se propone una suposición basada en una mejora potencial que disminuye el tiempo de inactividad de 233 horas a 23.3 horas, y se realiza un análisis empleando los mismos cálculos para determinar el monto de dinero perdido debido a esta circunstancia.

Tabla 65: cuadro comparativo de la cantidad de dinero perdido en el año 2022.

Variable	Valor antes de la especulación	Después de la reducción del 90%
Tiempo inactivo (horas)	233	23.3
Disponibilidad (%)	89.69%	99.04%
Cantidad de dinero pérdida (pesos)	RD\$11,873,680	RD\$1,187,368

Fuente de elaboración propia, 2023

Se evidencia en la tabla 65, una mejora sustancial al transitar de una pérdida de RD\$11,873,680 pesos previa a la implementación de las mejoras, a una pérdida de RD\$1,187,368 pesos posterior a la aplicación de dichas mejoras, lo cual indica un avance considerable en términos de eficiencia y reducción de pérdidas

5.5.5 Inversión inicial

Para iniciar un plan de mantenimiento preventivo, es importante contar con las herramientas y suministros siguientes:

Tabla 66: Tablas de herramientas necesarias para el mantenimiento

Herramientas	Cantidad	Precio (RD\$)	Costo (RD\$)
Empuñadura de pistola de grasa 7000PSI profesional resistente manguera flexible de 18"	2	\$1,565.30	\$3,130.60
CHEVRON REGAL R&O 220 5 GALLON PAIL	1	\$7,476.11	\$7,476.11
Aceite Mobil Dte Oil Light Iso Vg 32 Cubeta De 5 Galones	1	\$10,906.20	\$10,906.20
CAMPANA DE PLÁSTICO 8" PICO ANCHO EMBUDO COCHE ACEITE AGUA	2	\$300.00	\$600.00
Martillo de goma con mango de fibra de vidrio, 16 onzas, negro	1	\$467.56	\$467.56
Juego de destornilladores de llave dinamométrica de 1/4 pulgadas 30 piezas de puntas Philips, hexagonales, ranuradas y Torx Rango de ajuste de par de 10 a 60 pulgadas	1	\$2,298.41	\$2,298.41
Gafas de seguridad antiniebla DeWalt DPG82-11 lente transparente, doble molde	2	\$670.14	\$1,340.28
Wells Lamont FX3 Extreme Dexterity - Guantes de trabajo extra para hombre, pantalla táctil, talla L 7853C, color negro	2	\$747.34	\$1,494.68
Casco con borde completo ventilado, clase C, patrón KARBN premium, linterna recargable, banda acolchada que absorbe el sudor, almohadilla superior	2	\$3,010.70	\$6,021.40
Total			\$33,735.24

Fuente de elaboración propia, 2023

La inversión inicial para dos personas que realizarán los cursos de mantenimiento básico industrial y TPM incluye el costo de las herramientas, estimado en RD \$33,735.24 y el costo de los dos cursos, que serían RD \$24,500.00 por persona en total.

Por lo tanto, el costo total de la inversión inicial para las dos personas que realizarán los cursos sería de RD \$33,735.24 (herramientas) + (RD \$24,500 x 2 personas) = RD \$82,735.24. Con este gasto, se ahorra las pérdidas de toneladas que se tuvo en los años 2020, 2021 y 2022.

5.5.6 Costos y gastos totales de la propuesta

Tabla 67: Tablas de ahorro por tiempo de fuera de línea

Ahorros por tiempo fuera de línea	Antes	Propuesta
Promedio de horas fuera de línea (2020-2022)	192.3	57.7
Gastos por toneladas horas (2020-2022)	RD\$50,960.00	RD\$50,960.00
Equivalente promedio del gasto de materia prima (2020-2022)	RD\$9,799,608.00	RD\$2,940,392.00
Ahorro esperado por año	RD\$6,859,216.00	

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 67, se puede apreciar el ahorro por tiempo fuera de línea, tomando en cuenta los datos recopilados que abarcan desde el 2020 - 2022:

- Promedio de horas fuera de línea (2020-2022): Se toma el promedio de las horas fuera de línea registradas durante el período de 2020 a 2022. En este caso, el promedio antes de la implementación del plan es de 192.3 horas, mientras que después de la implementación se reduce a 57.7 horas.

- Gastos por toneladas horas (2020-2022): Representa el gasto asociado a las toneladas-hora durante el período de 2020 a 2022. En este caso, el gasto se mantiene constante en RD\$50,960.00 antes y después de la implementación del plan.
- Equivalente promedio del gasto de materia prima (2020-2022): Se calcula el equivalente promedio del gasto de materia prima durante el período de 2020 a 2022. Antes de la implementación, el gasto promedio es de RD\$ 9,799,608.00, mientras que después de la implementación se reduce a RD \$2,940,392.00.
- Ahorro esperado por año: Es el ahorro estimado por año al reducir las horas fuera de línea y optimizar los gastos de toneladas-hora y materia prima. En este caso, el ahorro esperado por año es de \$6.859.216,00.

Tabla 68: Tablas de ahorro por reducción de fallas

Ahorros por reducción de fallas	Antes	Propuesta
Promedio de fallas por año	20	2
Gasto promedio de reparación por año	RD\$ 325,230.12	RD\$ 32,523.01
Ahorro esperado	RD\$ 292,707.11	

Fuente de elaboración propia, 2023

En la tabla 68, se observa el ahorro por fallas y/o averías, tomando en cuenta los datos recopilados que abarcan desde el 2020 - 2022:

- Promedio de fallas por año: Se calcula el promedio de las fallas registradas por año. Antes de la implementación, el promedio es de 20 fallas por año, mientras que después de la implementación se reduce a 2 fallas por año.
- Gasto promedio de reparación por año: Representa el gasto promedio de reparación por año debido a las fallas. Antes de la implementación, el gasto promedio es de RD\$ 325,230.12, mientras que después de la implementación se reduce a RD\$ 32,523.01.
- Ahorro esperado: Es el ahorro estimado al reducir las fallas y los gastos de reparación por año. En este caso, el ahorro esperado es de RD\$ 292,707.11.

Costo de implementación y desarrollo del plan de mantenimiento

- Costos y gastos: La implementación del plan de mejora requiere inversiones en capacitación, viáticos y materiales/suministros. Estos costos son necesarios para llevar a cabo el proyecto y lograr los objetivos de mejora.
- Ahorro estimado por las implementaciones de las mejoras indicadas: La reducción promedio de horas fuera de línea, de 192.3 a 57.7, generaría un ahorro anual de RD\$ 6,859,216.00. Esto indica que, al implementar el plan, se minimizan las interrupciones en las operaciones, lo que se traduce en un ahorro significativo para la empresa.
- Ahorros estimados por reducción de fallas: La disminución promedio de fallas por año, de 20 a 2, resultaría en un ahorro anual de RD\$ 292,707.11.

Al reducir las fallas y los costos asociados a las reparaciones, la empresa obtendría un ahorro adicional.

- Total, neto (Costos - Ahorros): El total neto muestra el beneficio final después de restar los ahorros totales de los costos totales. En este caso, el total neto es de RD\$ 7,089,687.35. Esto indica que la implementación del plan de mejora no solo cubre los costos y gastos, sino que también genera un ahorro neto considerable para la empresa.

Tabla 69: Costo de implementación y desarrollo del plan de mantenimiento

Categoría	Costo/ Gasto	Descripción
Capacitación	RD\$ 0,00	Programas de capacitación para el personal involucrado en el proyecto
Viáticos de la capacitación	RD\$ 22,000.00	Gastos de viáticos para la capacitación
Viáticos de la capacitación 2	RD\$ 2,500.00	Gastos de viáticos adicionales para la capacitación
Materiales y Suministros	RD\$ 37,735.24	Compra de herramientas y suministros necesarios para la ejecución del plan
Total de Costos	RD\$ 62,235.24	
Ahorros Estimados		
Ahorro estimado por las implementaciones de las mejoras indicadas	RD\$ 6,859,216.00	Costo asociado a la interrupción de las operaciones debido a problemas técnicos
Ahorro estimado por la resolución de fallas	RD\$ 292,707.11	Costo derivado de las fallas o errores en el proceso
Total de Ahorros	RD\$ 7,151,923.11	
Total Neto (Ahorros - Costos)	RD\$7.089.687,35	

Fuente de elaboración propia, 2023

CONCLUSIONES

El presente proyecto de grado, llevado a cabo en la compañía Alimentos Balanceados ALBACA S.R.L, inició con un relevamiento del proceso productivo de peletizado para detectar las áreas con fallas, utilizando herramientas como el mapa de proceso y el diagrama de flujo para entender cómo operaba el proceso y qué maquinarias participaban. Además, se realizó una revisión de los equipos empleados en el proceso de peletizado.

Se empleó el diagrama de pescado para analizar las fallas de las maquinarias mediante las "6M", con el fin de identificar qué aspectos requerían una solución específica. El diagrama de Pareto se utilizó para determinar la maquinaria con mayor incidencia en las fallas del proceso de peletizado, encontrando que la CPM Peletizadora grande tenía un 43% de eventualidad. Asimismo, mediante el análisis de criticidad, se identificaron los equipos más críticos, los cuales podían afectar gravemente la productividad de la empresa.

Se evaluó el indicador MTBF mediante la distribución Weibull de los componentes con más fallas en la CPM Peletizadora grande, así como la confiabilidad de estos con el tiempo. Además, se evaluaron indicadores generales de la CPM Peletizadora grande, como MTTR, costo por reparación y disponibilidad, con el objetivo de obtener una visión integral del sistema, ya que estos no se miden en la empresa.

Con base en los hallazgos, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo, incluyendo la codificación de equipos y sub-equipos, rutinas de mantenimiento con

frecuencia y procedimientos seguros. Se empleó un diagrama de flujo para reportar fallas, utilizando fichas y formularios del plan para un seguimiento y control efectivo de la maquinaria, junto con la integración de un checklist para asegurar una práctica óptima de mantenimiento.

Adicionalmente, se propuso capacitar a los empleados mediante cursos del INFOTEP, brindándoles una mejor perspectiva sobre el mantenimiento industrial, complementado con otro curso de TPM.

En conclusión, la propuesta desarrollada ha alcanzado satisfactoriamente los objetivos específicos planteados inicialmente, cumpliendo de manera efectiva con el objetivo general del proyecto.

RECOMENDACIONES

Es imprescindible implementar la propuesta de plan de mantenimiento preventivo desarrollada en este trabajo.

Crear conciencia y fomentar una cultura de mantenimiento preventivo en toda la organización. Promover la importancia de la realización regular de las rutinas de mantenimiento preventivo y el seguimiento de las buenas prácticas para maximizar la vida útil y el rendimiento de los equipos.

Evaluar la gestión de repuestos y establecer un sistema eficiente para garantizar la disponibilidad oportuna de los mismos. Mantener un inventario adecuado de repuestos críticos y establecer acuerdos con proveedores confiables para reducir el tiempo de espera en caso de necesitar repuestos específicos.

Evaluar y seleccionar un software de mantenimiento adecuado para lograr un mejor control y gestión de las actividades de mantenimiento.

Seguir con los planes de capacitación establecidos y complementarlos con cursos ofrecidos por el INFOTEP.

Implementar los indicadores de mantenimiento para lograr una gestión eficiente y efectiva de los activos, y optimizar los recursos disponibles.

Evaluar la posibilidad de realizar inversiones en equipos nuevos y mejorados, para mejorar la eficiencia y reducir los costos de reparación.

BIBLIOGRÁFICAS

Creus Solé, A. (1991). *Fiabilidad y seguridad de procesos industriales*. Marcombo.

Patton, J. D. (1995). *Preventive Maintenance*. International Society for Measurement and Control.

Navarro Elola, L., Pastor Tejedor, A. C., & Mugaburu Lacabrera, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Marcombo.

Schensul, S. L., Schensul, J. J., & LeCompete, M. D. (1999). *Essential ethnographic methods: observations, interviews, and questionnaires (Ver todos los formatos y ediciones Ed.)*. AltaMira Press, Walnut Creek.

Mora Gutiérrez, L. A., & Mora, L. A. (2000). *Mantenimiento: planeación, ejecución y control (L. J. Buitrago D., Ed.)*. Alfaomega Grupo Editor.

Arnoletto, E. J. (2000). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. Eumed.net.

Lifraia, J. R. (2001). *Manual de confiabilidad, Mantenibilidad e disponibilidad*. Qualitymark Editora.

García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Díaz de Santos.

Hidalgo, L. (2005). *Confiabilidad y Validez en el Contexto de la Investigación y Evaluación Cualitativas*.

Ulloa, A. (2009, marzo 4). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una industria productora de hormigón premezclado*.

Díaz Sanjuan, L. (2010). *La observación (Psic. Ma. Elena Gómez Rosales ed.)*. Departamento de publicaciones.

Cañón A, B., Botero A, M., & Olarte C, W. (2010, abril). *Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción*. *scientia et technica*, vol. xvi (núm. 44), 354.

García Palencia, O. (2012). *Gestión moderna del mantenimiento industrial: principios fundamentales* (A. Gutiérrez M., Ed.). Ediciones de la U.

Ruiz, R. M. (2012). *In Voces diferentes: mujeres científicas en México* (p. 6). Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Carmen, M. (2019). *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad en la empresa procode S.a.c para la reducción de pérdidas económicas*.

Lubricación: La herramienta fundamental de mantenimiento industrial. (2019, August 16). Amerquip. Retrieved September 29, 2022, from <https://www.amerquip.com/lubricacion-la-herramienta-fundamental-de-mantenimiento-industrial/>

Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. mcgraw hill méxico.

Huaman, E. (2021, April 13). *El mantenimiento y las inspecciones*. uncia. Retrieved September 29, 2022, from <https://uncia.com.pe/el-mantenimiento-y-las-inspecciones/>

Márquez, A. C., & de Leon, P. M. (2004). *Ingeniería de mantenimiento*. AENOR ediciones.

Pérez, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Ediciones USTA.

asana. (2022, December 7). *¿Qué es un diagrama de flujo y cómo hacerlo?* [2022]
• Asana. Asana. Retrieved June 28, 2023, from <https://asana.com/es/resources/what-is-a-flowchart>

Beltrán Sanz, J. (2002). *Guía para una gestión basada en procesos*. Instituto Andaluz de Tecnología.

Del Carmen Ovalles Acosta, J., Gisbert Soler, V., & Pérez Molina, A. I. (2017, 12 22). Herramientas para el análisis de causa raíz (acr). *3C Empresa*, Edición especial (1-9), 9. <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.1-9>

De Saeger, A. (2016). *El diagrama de Ishikawa: Solucionar los problemas desde su raíz*. 50Minutos.es.

Lopez, R. (2018, July 17). *Confiabilidad y análisis estadístico para la predicción de fallas, seguridad, riesgo, costo y garantías de los equipos gestión del mantenimiento ing. j. - ppt descargar*. SlidePlayer. Retrieved June 28, 2023, from <https://slideplayer.es/slide/13155970/>

Neal, A. (2015, May 20). *Mantenimiento de una planta de alimentos balanceados*. Aqua Feed. Retrieved June 19, 2023, from <https://aquafeed.co/entrada/mantenimiento-de-una-planta-de-alimentos-balanceados-20423/>

Parra, C., & Crespo, A. (2012, September 5). *IngeCon. Mantenimiento Mundial*. Retrieved June 21, 2023, from <http://www.mantenimientomundial.com/notas/Metodos-basicos-de-criticidad-activos.pdf>

PelletSolucion. (2014, May 25). *Documentacion. PelletSolucion*. Retrieved June 19, 2023, from http://www.pelletsolucion.com/wp-content/uploads/2016/01/CUIDA_TU_M%C3%81QUINA.pdf

Peña, G. M., & Feliz, R. G. (2006). *Manual De Mantenimiento De Maquinarias Para La Industria De Inyección Y Soplado De Botellas Plásticas*. UNPHU.

reliabilityweb.com. (2010, July 28). *Cálculo de los Parámetros de la Distribución de Weibull*. Reliabilityweb. Retrieved June 28, 2023, from <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/calculo-de-los-parametros-de-la-distribucion-de-weibull>

Rodríguez, C., & Torrez, M. (2018). *Análisis de las fallas en el proceso productivo de una empresa de alimentos balanceados* (Vol. 6(1), 48-60.). Revista de Ciencias Empresariales.

Smith J. (2018). *Principles of Industrial Engineering* (3rd ed. ed.). Person.

Tamborero del Pino, J. (2015, May 15). *La distribución de Weibull*. NTP 331: Fiabilidad: la distribución de Weibull. Retrieved June 28, 2023, from https://www.cso.go.cr/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20331%20-%20Fiabilidad%20la%20distribucion%20de%20Weibull.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Curso de Mantenimiento Industrial Básico en Infotep

Curso de Mantenimiento Industrial Básico en Infotep



Detalles del curso

Duración:	175 horas
Fecha de inicio:	Favor consultar con el Infotep
Horario:	Variable
Modalidad:	Tienes la opción de presencial y semipresencial
Precio:	Libre de costo (Gratis)
Dirigido a:	Personas jóvenes y adultas de ambos sexo con actitud e interés de manejar los principios básicos del mantenimiento industrial
Edad:	Tener de edad 16 años en adelante, al momento de tomar el curso.
Escolaridad:	Haber aprobado el 2.º año del primer ciclo de secundaria (antiguo 8.º curso). También puede ser un título de bachiller o universitario.
Documentos:	Copia de la cédula (ambos lados) o copia del pasaporte (en caso de extranjeros) y certificado de la escolaridad.
Técnica:	Para la modalidad virtual debe saber el manejo y uso del computador
Disponibilidad:	Cupos limitados

Anexo 2: Curso de Mantenimiento Productivo Total en Infotep

Curso de Mantenimiento Productivo Total (TPM), vía Infotep



Detalles del curso

Duración:	20 horas
Fecha de inicio:	Favor consultar con el Infotep
Horario:	Variable
Modalidad:	Tienes la opción de presencial, semipresencial y online
Precio:	Libre de costo (Gratis)
Dirigido a:	Personas jóvenes y adultas de ambos sexo con actitud e interés de enunciar el concepto de mantenimiento productivo total.
Edad:	Más de 18 años.
Escolaridad:	Haber aprobado el 2.º año del primer ciclo de secundaria (antiguo 8.º curso). También puede ser un título de bachiller o universitario.
Documentos:	Copia de la cédula (ambos lados) o copia del pasaporte (en caso de extranjeros) y certificado de la escolaridad.
Técnica:	Manejo y uso del computador
Disponibilidad:	Cupos limitados

Anexo 3: Empuñadura de Pistola de Grasa



Empuñadura de pistola de grasa 7000PSI profesional resistente
manguera flexible de 18" manual 14 OZ - mostrar título original

★★★★★ 2 valoraciones del artículo

Estado: Nuevo

Cantidad: No hay existencias / 905 vendidos

Precio: **US \$28.59**
Aproximadamente
RD \$1 576.77

[Agregar a la Lista de favoritos](#)

Envío: **US \$86.51** (aproximadamente RD \$4,771.12) eBay International Shipping [Ver detalles](#)
Ubicado en: Walton, Kentucky, Estados Unidos
Este artículo puede estar sujeto a aranceles e impuestos al momento de la entrega

Entrega: Prevista entre el **jue. 3 ago.** y el **jue. 24 ago.** a 10205 [Ver detalles](#)
Ten en cuenta que el tiempo previsto de entrega es **demás de 25 días hábiles.**

Devoluciones: 30 días para la devolución. El comprador paga por la devolución del artículo. [Ver detalles](#)

Pagos:

Anexo 4: CHEVRON REGAL R&O 220



CHEVRON REGAL R&O 220

Chevron [Product Info](#) [Product Data](#)

★★★★★ (WRITE A REVIEW)

SIZE OPTIONS: **(Obligatorio)**

5 Gallon Pail

CANTIDAD:

Agregar al carrito

SIZE PRICE: **\$136.55**

SKU: 273205448

WEIGHT: 40.00 LBS

Anexo 5: Juego de Embudo de Plástico



"Juego de embudo de plástico de 200 mm embudo de boca ancha plástico para verter gasolina combustible en polvo 8" - mostrar título original

★★★★★ 17 valoraciones del artículo

Estado: Nuevo

Cantidad: ó disponibles

Precio: **GBP 8.90**
Aproximadamente RD \$625.58

¡Cómpralo ahora!

Agregar al carro de compras

Mejor oferta:

Hacer oferta

♥ Agregar a la Lista de favoritos

↶ Respira tranquilo. Se aceptan devoluciones.

Envío: **GBP 45.95** (aproximadamente RD \$3,229.83) envío rápido a República Dominicana mediante Programa de envíos globales de eBay [Ver detalles](#)

Ubicado en: Doncaster, South Yorkshire, Reino Unido

Costos de importación: **Gratis** monto confirmado al completar la transacción [i](#)

Entrega: Prevista entre el **jue. 6 jul.** y el **mar. 11 jul.** a 10205 [i](#)
Incluye **seguimiento internacional**

Devoluciones: 30 días para la devolución. El comprador paga por la devolución del artículo. [Ver detalles](#)

Pagos:

Los gastos de envío y de importación internacionales se pagan a Pitney Bowes Inc. [Más información](#)

Anexo 6: Martillo de Goma con Mango de Fibra de Vidrio



Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom



YIYITOOLS YY-2-005 Martillo de goma con mango de fibra de vidrio, 16 onzas, negro

Visita la tienda de YIYITOOLS

4.7 ★★★★★ 4,663 calificaciones

Opción [Amazon](#) para "rubber mallet hammer"

-45 % **US\$ 7.76**

Precio recomendado: ~~US\$ 14.09~~ [i](#)

Sin depósito de derechos de importación y US\$55.65 de envío a República Dominicana [Detalles](#) [v](#)

Estilo: **Martillo de mazo**

Wood Handle + Stake Pack - 10 Ct

Mango de madera

Mango de madera + llave de tubo

Mango de madera + cepillo pelacables

Mazo

Martillo de mazo

Color: **Negro**



Tamaño: **16 onzas**

8oz

16 onzas

24oz

Juego

Marca

YIYITOOLS

Material de la Cabeza

Rubber

Material del mango

Caucho, Plástico reforzado con vidrio

Color

Negro -

Dimensiones del artículo

14,3 x 3,9 x 2,7 pulgadas

LxWxH

Anexo 7: Juego de Destornilladores de llave Dinamotrica



Neiko 10574A - Juego de destornilladores de llave dinamo­m­trica de 1/4 pulgadas | 30 piezas de puntas Philips, hexagonales, ranuradas y Torx | Rango de ajuste de par de 10 a 60 pulgadas | Precisi­on de armas de fuego y armer­ia

Visita la tienda de Neiko

4.6 1,453 calificaciones

US\$41.97

Sin dep­osito de derechos de importaci­on y US\$55.81 de envio a Rep­ublica Dominicana Detalles

Disponible a un precio menor de otros v­endedores que pod­rian no ofrecer envio Prime gratis.

Estilo:

Juego de destornilladores de llave ingle...

Color	Black,blue
Marca	Neiko
Material	Aleaci ­ on de acero
Cantidad por paquete	1
Estilo de cabezal	Cuadrado fijo



Anexo 8: Gafas de Seguridad Antiniebla Dewalt



Gafas de seguridad antiniebla DeWalt DPG82-11 lente transparente, doble molde

Visita la tienda de DEWALT

4.5 46,309 calificaciones

Opci­on Amazon para "safety goggles for men"

-39% US\$12.24

Precio recomendado: US\$49.99

Sin dep­osito de derechos de importaci­on y US\$53.13 de envio a Rep­ublica Dominicana Detalles

Disponible a un precio menor de otros v­endedores que pod­rian no ofrecer envio Prime gratis.

Marca	DEWALT
Color	Clear Lens
Material	Plastic
Tipo de marca	Full Rim
Material del armaz ­ on	Plastic

Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom

Anexo 9: Guantes de Trabajo Extra



Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom



Wells Lamont FX3 Extreme Dexterity - Guantes de trabajo extra para hombre, pantalla táctil, talla L 7853C, color negro

Visita la tienda de Wells Lamont

4.4 ★★★★★ 807 calificaciones

Opción Amazon para "wells lamont fx3 gloves"

US\$16⁹⁹

Sin depósito de derechos de importación y US\$55.04 de envío a República Dominicana Detalles ▾

Tamaño: L

M	L	XL
US\$16.99	US\$16.99	US\$16.99

Material Cuero sintético Elastano Neopreno

Marca Wells Lamont

Talla L

Color Negro -

Características especiales Transpirable, Resistente a la abrasión, Pantalla táctil

Anexo 10 Casco con Borde Completo



Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom



Klein Tools 60347 - Casco con borde completo ventilado, clase C, patrón KARBON premium, linterna recargable, banda acolchada que absorbe el sudor, almohadilla superior

Visita la tienda de Klein Tools

4.7 ★★★★★ 5,832 calificaciones

US\$54⁹⁹

Sin depósito de derechos de importación y US\$70.14 de envío a República Dominicana Detalles ▾
Disponible a un precio menor de otros vendedores que podrían no ofrecer envío Prime gratis.

Estilo: Casco duro con luz alcalina.

Sombrero duro	Hard Hat w/ Earmuffs	Casco duro con luz alcalina.	Casco duro
Sombrero duro con luz recargable			

Color: Blanco



Marca	Klein Tools
Talla	Hard Hat w/Alkaline Light
Estilo	Casco duro con luz alcalina.
Color	Blanco
Peso del artículo	1.3 Libras

Anexo 11 Aves Premium

AVES PREMIUM
PRE- INICIADOR POLLO CROUMBER PREMIUM
INICIADOR POLLO CROUMBER PREMIUM
INICIADOR POLLO EN HARINA PREMIUM
INICIADOR POLLO PELETIZADO PREMIUM
CRECIMIENTO POLLO EN HARINA PREMIUM
CRECIMIENTO POLLO PELETIZADO PREMIUM
ENGORDE POLLO EN HARINA PREMIUM
ENGORDE POLLO PELETIZADO PREMIUM
CRECIMIENTO POLLO CROUMBER PREMIUM
ENGORDE POLLO CROUMBER PREMIUM

Anexo 12 Cerdos Premium

CERDOS PREMIUM
CERDA GESTANTE PREMIUM EN HARINA
CERDA GESTANTE PREMIUM PELETIZADA
CERDA MADRE PREMIUM EN HARINA
CERDA MADRE PREMIUM PELETIZADA
INICIADOR DE CERDOS PREMIUM EN HARINA
INICIADOR DE CERDO PREMIUM PELETIZADO
CRECIMIENTO DE CERDO PREMIUM EN HARINA
CRECIMIENTO DE CERDO PREMIUM PELETIZADO
ENGORDE DE CERDO PREMIUM EN HARINA
ENGORDE DE CERDO PREMIUM PELETIZADO

Anexo 13 Vacunos Premium

VACUNOS PREMIUM
LECHERO 19% ESPECIAL EN HARINA
LECHERO 19% ESPECIAL PELETIZADO
LECHERO 18 % ESPECIAL HARINA
LECHERO 18% ESPECIAL PELETIZADO
LECHERO 18% ECONOMICO
LECHERO 16% EN HARINA
LECHERO 16% PELETIZADO
INICIADOR DE BECERRO PELETIZADO
CRECIMIENTO BECERRO EN HARINA
CRECIMIENTO BECERRO PELETIZADO

Anexo 14 Cerdos Especial

CERDOS ESPECIAL
CRECIMIENTO DE CERDO ESPECIAL HARINA
CRECIMIENTO DE CERDO ESPECIAL PELETIZADO
ENGORDE DE CERDO ESPECIAL EN HARINA
ENGORDE DE CERDO ESPECIAL PELETIZADO
MANTENIMIENTO DE CERDO PELETIZADO

Anexo 15 Conejos, Cabras, Peces, Alimento Para Gallos

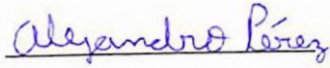
CONEJOS
CONEJOS 16% ESPECIAL
CONEJOS 13%
CABRAS
CABRA LECHERA 18% PELETIZADA
CRECIMIENTO CABRA PELETIZADO
OVEJO PELETIZADO
PECES
ALIMENTOS PARA PECES 28%
ALIMENTO PARA GALLOS
FUNDA DE 5 LBS
FARDO DE 10 FUNDAS DE 5 LBS

Anexo 16 Materia Prima

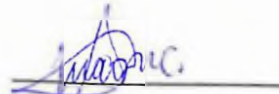
MATERIA PRIMA
MAIZ IMPORTADO
MAIZ CASQUEADO AMERICANO
HARINA DE MAIZ
HARINA DE SOYA
AFRECHO DE TRIGO
MAIZ CRIOLLO
ALFALFA POR FUNDA DE 55LBS
AVENA EN CASCARA DE 55LBS
CALCIO
GRASA
HARINA DE PESCADO
MELAZA EN GALON
MELAZA POR LIRAS
SAL
PASTA DE ARROZ

“PROPUESTA DE MEJORA PARA REDUCIR LAS FALLAS EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE PELETIZADO DE LA EMPRESA ALIMENTOS
BALANCEADOS ALBACA”.

HOJA DE EVALUACION



Alejandro Josué Pérez Rosario
Sustentante 1



Juan Miguel Castro
Sustentante 2


José Enrique Ramírez Pérez
Asesor


Eleazar González Soto
Miembro del jurado


Francisco A. Terrero Salcedo
Miembro del jurado

ANSER CABRERA S.
Anser Cabrera Sánchez
Presidente del jurado.


Nelby María Zapata
Directora de la escuela de Ingeniería industrial

Alejandro Josué Pérez Rosario
Calificación Numérica: 91
Calificación Alfabética: A

Juan Miguel Castro
Calificación Numérica: 91
Calificación Alfabética: A

9 enero 2024
Fecha

