



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO DE MOLIENDA EN UNA INDUSTRIA
DE BALANCEADO PARA CAMARÓN

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Industrial

AUTORES: Devora Nathaly Miranda Mejía
Jonathan Guillermo Padilla Miranda

TUTOR: Ing. Tania Rojas Párraga, Msc.

Guayaquil – Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Devora Nathaly Miranda Mejía con documento de identificación N° 1207684042 y Jonathan Guillermo Padilla Miranda con documento de identificación N°0940538705; manifestamos que:

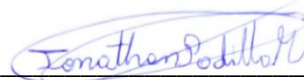
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 01 de marzo del año 2023

Atentamente,



Devora Nathaly Miranda Mejía
C.I: 1207684042



Jonathan Guillermo Padilla Miranda
C.I. 0940538705

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Devora Nathaly Miranda Mejía con documento de identificación N° 1207684042 y Jonathan Guillermo Padilla Miranda con documento de identificación N°0940538705, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Desarrollo de plan de mantenimiento para el mejoramiento de la eficiencia de los equipos del proceso de molienda en una industria de balanceado para camarón”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Industriales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 01 de marzo del año 2023

Atentamente,



Devora Nathaly Miranda Mejía
C.I: 1207684042



Jonathan Guillermo Padilla Miranda
C.I. 0940538705

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Tania Rojas Párraga, Msc con documento de identificación N° 0919958363, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Desarrollo de plan de mantenimiento para el mejoramiento de la eficiencia de los equipos del proceso de molienda en una industria de balanceado para camarón”, realizado por Devora Nathaly Miranda Mejía con documento de identificación N° 1207684042 y Jonathan Guillermo Padilla Miranda con documento de identificación N°0940538705, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 01 de marzo del año 2023

Atentamente,



Ing. Tania Rojas Párraga, Msc

C.I 0919958363

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por bendecirme con vida, salud y perseverancia para alcanzar este logro, que enormemente me enorgullece.

Mi profundo agradecimiento al Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, PhD, por haberme brindado su apoyo a lo largo de estos años de estudio, por transmitirme el anhelo de superación personal y profesional.

A mis maestros por todas sus enseñanzas y en especial a mi tutora Ing. Tania Rojas Párraga, Mgs, por haberme brindado su guía y apoyo a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Roberth Ordoñez, Mgs gracias por toda su ayuda brindada, a cada una de las personas que de una u otra manera han contribuido para lograr esta meta.

Miranda Mejia Devora Nathaly

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por dar la fuerza de seguir adelante con mi estudio y no rendirme jamás para así continuar con este proceso de obtener unos de los deseos anhelados.

Gracias a nuestros padres Guillermo Padilla y Rosaura Miranda por su amor, sacrificio y trabajo que sean dedicado en todos estos años que me han apoyado para así poder cumplir mi meta.

Gracias, hermanos Jenniffer Padilla Miranda, Jefferson Padilla Miranda y Jhomayra Padilla Miranda por el apoyo que he recibido de ustedes y los consejos que me andado para así no rendirme y continuar con mi carrera.

Gracias a mis tíos, Nolberto Miranda y José Padilla por el apoyo los consejos que me han dado en el trascurso de este tiempo.

Padilla Miranda Jonathan Guillermo

DEDICATORIA

El presente Proyecto Técnico está dedicado a toda familia, ellos me han demostrado de diversas formas su confianza y apoyo incondicional a lo largo de estos años de vida universitaria. El camino no ha sido fácil pero sus palabras de aliento me motivaron a seguir perseverando y alcanzar las metas trazadas, son lo más valioso que Dios me ha dado, mis logros son de ustedes.

Miranda Mejia Devora Nathaly

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a toda mi familia, pero principalmente a mis padres ya que por su gran esfuerzo y sacrificio al apóyame económicamente con mis estudios he logrado culminar mi carrera con las expectativas que me propuse desde un inicio, por lo que espero se sientan orgullosos del gran persona y profesional en el que me he convertido, de igual forma dedico esta tesis a mis hermanos por sus palabras de aliento y su grata compañía en todos los días de mi vida. A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Padilla Miranda Jonathan Guillermo

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
Introducción.....	16
Capítulo 1: Planteamiento del Problema	18
1.1. Antecedentes	18
1.2. Importancia y Alcances	18
1.3. Justificación	20
1.4. Delimitación.....	21
1.4.1. Delimitación Temporal.....	21
1.4.2. Delimitación Espacial	21
1.4.3. Delimitación Académica.....	21
1.5. Objetivos	21
1.5.1. Objetivo General.....	21
1.5.2. Objetivos Específicos	22
1.6. Hipótesis.....	22
1.7. Metodología de Investigación.....	22
Capítulo 2: Marco Teórico	24
2. Estado del Arte	24
2.1. Fabricación de alimentos.....	29

2.2.	Componentes del Sistema de molienda	29
2.2.1	Alimentador de molino.	29
2.2.2	Filtro de manga del molino	30
2.2.3	Molino de martillos	31
	Descripción General	31
2.3	Mantenimiento	32
2.4	Mantenimiento Industrial	32
2.5	Mantenimiento Correctivo	33
2.6	Mantenimiento Preventivo	34
2.6.1	Objetivos principales	35
2.6.2	Ventajas	35
2.7	Mantenimiento Predictivo	36
2.7.1	Ventajas	37
2.8	Indicadores de Mantenimiento	37
2.9	Tendencias para alcanzar el máximo rendimiento	38
2.9.1	El costo del mantenimiento correctivo	39
2.9.2	Dispositivos e I o T	39
2.9.3	Creación de una hoja de ruta digital	40
2.9.4	Gestión de decisiones de big data	41
2.9.5	Resolver los desafíos de la industria de procesamiento	41
2.9.6	La industria 4.0	42
	Capítulo 3: Marco Metodológico	44
3.1.	Recolección de datos	44
3.2.	Fuentes	44
3.3.	Procesos para la producción de alimento balanceado	45
3.4.	Sistema de Molienda con molino a martillos	46
3.4.1	Acopio de materia prima	48
3.4.2	Dosificación o formulación	48
3.4.3	Pesaje	48
3.4.4	Molienda	48
3.4.5	Premezclas	52
3.4.6	Mezclado	52
3.4.7	Paletizado	52
3.4.8	Extrusión	53

3.4.9	Enfriado y secado	53
3.4.9.1	Ensayado/Expedición a granel	53
3.5	Inventario proceso de Molienda.	53
3.6	Causas de fallos imprevistos	57
3.7	Lucro cesante.....	58
3.8	Procedimiento de Mantenimiento	59
3.9	Hoja de Control de Fallos.....	61
Capítulo 4: Presentación y Discusión de Resultados.....		70
4.1	Diagnóstico de la situación actual	70
4.3	Propuesta.....	73
4.4	Inspección diaria y regular de los equipos	75
4.5	Instalación de elementos de supervisión y control.....	81
4.6	Plan de mantenimiento preventivo	87
4.7	Cronograma del Plan de Mantenimiento Planificado.....	89
	89
	Cronograma.....	90
	Presupuesto	91
	Conclusiones	92
	Recomendaciones	93
	Bibliografía	94
	Anexos	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exportación de Camarón Ecuatoriano, libras vs dólares	19
Figura 2. Flujograma del proyecto, por la Ing. A. Proaño Villacrés (2021)	25
Figura 3. Diagrama de flujo de proceso, por los Ing. J. Pierre Mazzini Barros y J. Vicente López Tóala (2022)	28
figura 4. Fases del proceso de molienda.....	47
figura 5. Proceso de molienda.	48
figura 6. Alimentador del molino.	49
figura 7. Descarga de un molino de martillos.	50
figura 8. Proceso de molienda desde el molino al filtro de mangas.....	51
figura 9. Filtro de mangas o separador de partículas.....	51
Figura 10. Porcentaje de fallas de molinos en los últimos 12 meses	56
Figura 11. Diagrama de Ishikawa	57
Figura 12. Pareto de fallos en los molinos	60
Figura 13. Supervisión Industrial	82
Figura 14. Sinergia de la información mediante plataforma IOT	86
Figura 15. Comunicación sistema SCADA	87
Figura 16. Toneladas perdidas Vs Lucro cesante.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Exportación de Camarón Ecuatoriano de Enero a Noviembre de 2022.....	19
Tabla 2. Protocolo de Limpieza y Mantenimiento por el Ing. D. Chachapoya Rivas (2014)	26
Tabla 3. Flujograma de procesos de molienda del camarón	45
Tabla 4. Número de molinos en la planta de alimentos	54
Tabla 5. Número de fallo de los molinos en los últimos 12 meses.	55
Tabla 6. Resumen de numero de fallos en los últimos 12 meses.	56
Tabla 7. Cálculo del lucro cesante.....	59
Tabla 8. Hoja de control de fallas.....	62
Tabla 9. Procedimiento de mantenimiento del molino de martillo	64
Tabla 10. Procedimiento de mantenimiento del alimentador	66
Tabla 11. Procedimiento de mantenimiento del filtro de manga	67
Tabla 12. Inspección diaria del alimentador de molino.....	75
Tabla 13. Inspección regular del alimentador de molino	76
Tabla 14. Inspección diaria del filtro de manga	77
Tabla 15. Inspección regular del filtro de manga	78
Tabla 16. Inspección diaria del molino de martillo.....	79
Tabla 17. Inspección regular del molino de martillo.....	80
Tabla 18. Ficha Técnica del alimentador de molino	101
Tabla 19. Ficha Técnica del filtro de manga	102
Tabla 20. Ficha Técnica molino a martillos	103
Tabla 21. Número de horas de paradas y toneladas perdidas.....	72

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Partes del alimentador del molino.....	30
Gráfico 2. Filtro de manga del molino	30
Gráfico 3. Molino de Martillo	31
Gráfico 4. Sensor de vibración.....	83
Gráfico 5. Sensor de distancia.....	84
Gráfico 6. Sensor de temperatura.....	85

RESUMEN

El presente proyecto técnico está orientado al desarrollo de un plan de mantenimiento para el mejoramiento de los equipos que intervienen en el proceso de molienda de las industrias de balanceado para camarón. Actualmente la industria de camarón es un sector muy productivo y constante crecimiento en el país, siendo indispensable el alimento balanceado, por tanto, su producción es mayor y se requiere que los equipos que intervienen en el proceso estén en óptimas condiciones.

Sin embargo, para que las maquinas estén disponibles de ejecutar procesos al instante que se requiera, es importante que la industria cuente con planes de mantenimiento efectivo que contribuya con la limpieza, así como preservar el estado físico de estos, con acciones que mitiguen la vida útil de maquinaria evitando así los mantenimientos correctivos que derivan en paradas inesperadas de producción.

Para cumplir con los objetivos planteados se analizará la situación actual en el área de molienda de una determinada planta, los datos se recolectarán a través de visitas técnicas programadas para constatar el estado físico de los equipos y conocer el funcionamiento del proceso, también se contará con la información brindada por parte de la empresa mediante datos precisos que aporten en el desarrollo del proyecto.

Se desarrollará el plan de mantenimiento de los equipos que intervienen en el área de la molienda tomando en consideración los manuales de los fabricantes, además, se realizará la propuesta de implementación de equipos de automatización como sensores de temperatura, vibración y distancia por medio de tecnologías IOT que emitirán alarmas en tiempo real cuando el equipo presente anomalías, para así tomar decisiones correctas de mantenimiento antes que se generen daños mayores.

Como resultado de la propuesta de mantenimiento preventivo planteada se espera reducir los mantenimientos correctivos presentados en la máquina, ocasionando paradas de producción que deriven en pérdidas económicas para la empresa, incorporando tecnologías para monitorear las señales de campo, previniendo fallas.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, proceso de molienda, industria de balanceado, fallas, paradas inesperadas.

ABSTRACT

The present technical project is oriented to the development of a maintenance plan for the improvement of the equipment that intervenes in the grinding process of the shrimp-balancing industries. Currently the shrimp industry is a very productive and constantly growing sector in the country, balanced feed being essential, therefore, its production is greater and the equipment involved in the process is required to be in optimal conditions. However, for the machines to be available to execute processes as soon as required, it is important that the industry have effective maintenance plans that contribute to cleaning, as well as preserving their physical state, with actions that mitigate life. machinery useful, thus avoiding corrective maintenance that leads to unexpected production stops.

In order to meet the stated objectives, the current situation in the grinding area of a certain plant will be analyzed, the data will be collected through scheduled technical visits to verify the physical state of the equipment and learn about the operation of the process, there will also be the information provided by the company through precise data that contributes to the development of the project.

The maintenance plan for the equipment involved in the grinding area will be developed taking into consideration the manufacturers' manuals, in addition, the proposal for the implementation of automation equipment such as temperature, vibration and distance sensors will be made through technologies IOT that will emit alarms in real time when the equipment presents anomalies, in order to make correct maintenance decisions before major damage is generated.

As a result of the proposed preventive maintenance proposal, it is expected to reduce the corrective maintenance presented in the machine, causing production stops that result in economic losses for the company, incorporating technologies to monitor field signals, preventing failures.

Keywords: Preventive maintenance, milling process, balancing industry, failures, and unexpected stops.

Introducción

La industria camaronera desempeña un papel muy importante en el desarrollo económico del país, tanto que el Ecuador actualmente está considerado como el primer país exportador de camarón a nivel mundial. Sin embargo, el crecimiento constante ha generado una sociedad competitiva en función de la calidad del producto, la demanda y las necesidades del consumidor, por lo que la producción y calidad del producto, depende en gran medida de la disponibilidad de los equipos y maquinaria.

Para lograr dicho objetivo, es importante que los equipos, materiales e infraestructura cuenten con las condiciones necesarias para poder soportar dicho trabajo, debido a que la industria trabaja en horarios rotativos, donde el índice de producción es lo más importante, el constante uso de maquinaria, accesorios e infraestructura no sean degradados con el paso del tiempo en función al número de operaciones, por lo que es necesario para mejorar el rendimiento y alargar la vida útil la implementación de un plan de mantenimiento, para poder diagnosticar y prevenir el daño total de un equipo o insumo.

Mediante diversos tipos de mantenimiento ya sean estos correctivos, preventivos y predictivos, estos tienen un rol clave para alcanzar las metas establecidas, incrementado la vida útil de los equipos, contribuyendo a minimizar los tiempos muertos de los equipos e inactividades del personal técnico, reducir paros inesperados por fallas de las maquinarias, inconveniente en los accesorios de transportación de producto e infraestructura que afectan directamente a la calidad y producción del producto representando un alto costo de pérdida para la empresa. Se requiere contar con equipos confiables en óptimas condiciones y lograr a tiempo las entregas de los pedidos a los clientes, mejorando la calidad, el servicio oportuno e incrementar los índices de producción.

En todo el proceso de la elaboración de alimento balanceado existen diferentes tipos de maquinarias, pero se ha podido determinar que en la etapa de molienda es donde se encuentra la mayor cantidad de problemas en la producción, los cuales impiden el desarrollo normal de la producción. Estos problemas pueden ser solucionados de manera eficiente, si se analiza estos inconvenientes existentes y se aplica un plan general de mantenimiento en cada uno de los elementos y dispositivos que conforman el proceso.

El presente trabajo tiene como parte de los objetivos diseñar un plan de mantenimiento en el proceso de molienda en el área de producción de una industria de balanceado, mismo que debe ser adherido como parte de una cultura organizacional que permita analizar los estados de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso, identificar fallos al sistema que puedan ocasionar pérdidas en la producción o algún percance al personal.

Se tomarán medidas de contingencia para realizar las correcciones respectivas sin alterar la productividad o reducir el impacto de pérdida, la finalidad es optimizar el sistema mediante una sinergia de procesos enfocados a maximizar la productividad con los recursos disponibles y tomar acciones tanto preventivas como correctivas mediante un plan de mantenimiento anual contra eventos y/o siniestros sin alterar o degradar la calidad del producto y el índice productivo respetando las normas y estándares de calidad y seguridad.

Capítulo 1: Planteamiento del Problema

1.1. Antecedentes

El área de molienda de una industria de balanceado presenta polución en el ambiente, esto afecta la correcta ejecución de los procesos y causa deterioro en la salud de los trabajadores por la exposición continua a estas partículas, esto produce contaminación al medio en donde se genera suciedad en las máquinas causando grumos en los equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos provocando un sobrecalentamiento en ellos, daños constantes a los motores, a los rodamientos y bandas los cuales se generan de forma constante.

Teniendo en cuenta los daños mencionados, esto hace que el incremento de mantenimiento preventivo y correctivo haga parar la producción, disminuyendo el rendimiento e incumpliendo de la demanda, esto forja una pérdida aproximadamente del 7% al no cubrirla, debido a las averías o fallas, asimismo de incrementar los costos de reparación y limpieza.

1.2. Importancia y Alcances

La validez en un proceso industrial es tan importante como la calidad y eso se visualiza en los mantenimientos que se les realicen a las maquinarias; los módulos que se utilizan para el balanceo de las máquinas de camarones presentan situaciones leves y graves que en ocasiones puede perjudicar a la producción y al producto final, sean estos como el no mantenimiento en el momento adecuado o el mantenimiento por uso de acuerdo con la antigüedad.

Las empresas o industrias que utilizando maquinarias para la elaboración de productos alimenticios deben considerar cada una de las situaciones que se puedan presentar en las mismas, sean estas leves o graves ya que al final desencadenan un problema a futuro. Con este proyecto técnico se busca beneficiar a la empresa de balanceado de camarones en el proceso de molienda con un mantenimiento preventivo y constante.

De acuerdo con los datos publicados por la Cámara Nacional de Acuicultura (CNA), las estadísticas de enero a noviembre de 2022, se evidencia un récord en la exportación con 2.141'316.957 libras de camarón, lo que represento \$ 6,162,642,023 millones vendidos. Convirtiéndolo como el principal producto de exportación no petrolera del país, ver Tabla 1.

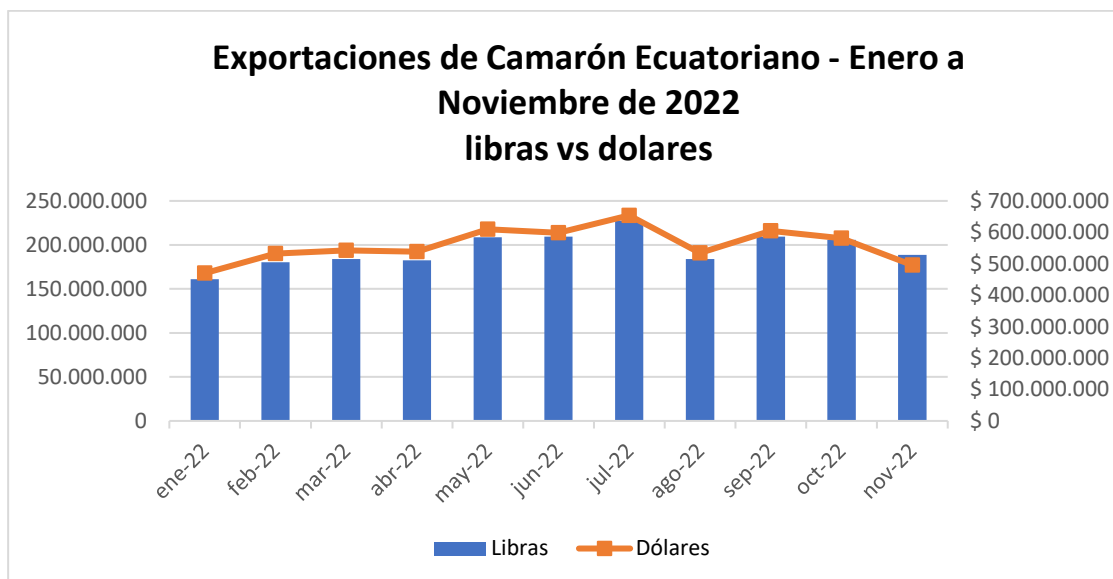
Tabla 1. Exportación de Camarón Ecuatoriano de Enero a Noviembre de 2022

RESUMEN HISTÓRICO MENSUAL (2022)		
Mes	Libras	Dólares
ene-22	161.094.284	\$ 470.006.159
feb-22	180.446.924	\$ 532.430.796
mar-22	184.010.336	\$ 542.702.977
abr-22	182.579.815	\$ 538.747.730
may-22	208.671.837	\$ 610.058.453
jun-22	209.466.750	\$ 599.027.188
jul-22	227.749.024	\$ 653.990.770
ago-22	183.783.270	\$ 534.345.750
sep-22	209.270.183	\$ 604.738.274
oct-22	205.648.136	\$ 580.802.946
nov-22	188.596.398	\$ 495.790.979
Total	2.141.316.957	\$ 6.162.642.023

Fuente: Banco Central de Ecuador (BCE)

Elaborado por: Cámara Nacional de Acuicultura

Figura 1. Exportación de Camarón Ecuatoriano, libras vs dólares



Fuente: Banco Central de Ecuador (BCE)

Elaborado por: Cámara Nacional de Acuicultura

Las cifras revisadas en la figura 1, son alentadoras para las industrias de balanceado, que para abastecer la demanda en del mercado, debe aumentar su producción. Se estima que en el país hay 206 empresas con actividades destinadas a la fabricación de alimento de distintas especies. Según lo asegura Jorge Josse, Director Ejecutivo de la Asociación de Productores de Alimentos Balanceados (APROBAL), las ventas anuales del sector generan 3.550 millones de dólares, de los cuales un 60 por ciento corresponde a dietas pecuarias (pollo, cerdos, huevos y ganado) y un 40 por ciento a camarón (Armijos Medrano, 2022).

1.3. Justificación

Actualmente la demanda del mercado acuícola desde el periodo 2017 ha tenido un crecimiento exponencial, el camarón fue el principal producto de exportación no petrolera en 2020, abarcando el 26% de ellas con USD 3.824 millones vendidos en el exterior. Entre enero y diciembre de 2021 se exportaron 1.855'634.851 libras de camarón, lo que representó 5.08 millones de dólares vendidos lo que representa un 20% más que en el año 2020, por lo que el balanceado ha sido uno de los insumos más requeridos del camarón por lo que incide en la calidad del producto. Las industrias se ven obligadas a innovar los procesos buscando que la calidad sea prioridad.

La empresa requiere tener la capacidad de poder garantizar la calidad de la producción y el buen funcionamiento de los equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos para evitar paros imprevistos, así como contribuir a mejorar la seguridad e higiene de los trabajadores dentro de la industria, favoreciendo un entorno libre de agentes contaminantes para evitar incurrir en malestares vinculadas a la parte laboral.

Es de vital importancia la integración de nuevas tecnologías que contribuyan a reducir el número de mantenimiento anual a los equipos, mejorar los tiempos del proceso productivo, detectar fallas de los dispositivos que permitan tomar acciones predictivas optimizando el proceso de molienda, reforzando la calidad del producto final, a la vez sostener la vida útil de las máquinas contribuyendo al cuidado y limpieza, que garantice el correcto funcionamiento y rendimiento de las mismas, aprovechando los recursos existentes.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación Temporal

El proyecto técnico se efectúa en un tiempo de seis meses a partir de la fecha de aprobación por los miembros de Consejo de la Carrera de Ingeniería Industrial.

1.4.2. Delimitación Espacial

El proyecto técnico se realiza en las instalaciones de una empresa de alimentos de balanceado para ser específicos en el área de molienda ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas.

1.4.3. Delimitación Académica

El proyecto implica en la elaboración de un plan de mantenimiento para maquinarias de la producción de molienda y así poder obtener una mayor productividad y eficiencia en la calidad de los productos, aplicando conocimientos de diversas materias como lo son Gestión de Mantenimiento y Factores de riesgo de seguridad y salud ocupacional, Ingeniería de Métodos y Producción.

1.5. Objetivos

A continuación, se presenta los objetivos tanto general del trabajo de titulación como los objetivos específicos que se determinaron para la presente investigación; parte fundamental para el desarrollo y experimentación de este.

1.5.1. Objetivo General

Desarrollar un Plan de Mantenimiento para mejorar la eficiencia de los equipos en el proceso de molienda en una industria de balanceado para camarón, por medio de la implementación de nuevas tecnologías que permitan identificar posibles fallas y con ello atenuar los mantenimientos correctivos que puedan presentarse.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del proceso de molienda que forma parte de la línea de producción, mediante el levantamiento de información para determinar el estado de operatividad de los equipos.
- Establecer un plan de monitoreo de los equipos del proceso de molienda a través de la implementación de dispositivos de automatización para reducir la frecuencia de los mantenimientos correctivos.
- Realizar el cronograma de mantenimiento del proceso de molienda, basado en las actividades de la nueva propuesta.

1.6. Hipótesis

Con esta propuesta de mantenimiento en el proceso de molienda para una industria de balanceado se mejorará los tiempos de producción, la calidad del producto terminado con la implantación de nuevas tecnologías, dando como inquietudes las siguientes preguntas: ¿Será que la propuesta de mantenimiento se reducirá las fallas imprevistas?, ¿Será que la propuesta de mantenimiento con nuevas tecnologías advertirá fallas en tiempo real?

1.7. Metodología de Investigación

Para desarrollar el presente proyecto se utilizan los conocimientos propios adquiridos durante los años de formación universitaria, además, se usan otros métodos que se emplean en el estudio de un problema o una oportunidad de mejora como base para sustentar el estudio de investigación.

El enfoque de este estudio es la investigación cuantitativa porque usan datos numéricos y cuantificables para determinar el tiempo de uso, número de fallos, corrientes de operación, voltaje y demás parámetros físicos necesarios para el plan de mantenimiento, con el que se indagará para dar solución eficaz a la problemática.

Además, el uso de la investigación documental del cual se obtienen datos e información complementaria de diferentes magnitudes como libros, revistas, artículos

científicos, páginas web, periódicos, entre otros, con la finalidad de recopilar información investigada por otros autores, que sirven para mejorar el funcionamiento de los equipos existentes.

Por medio de la investigación de campo se realizan visitas técnicas a la planta de balanceado para la inspección y acercamiento visual de los equipos que intervienen en el proceso de molienda, además sirve considerando que se debe realizar una ficha de cada máquina para poder establecer las características y especificaciones de estas.

Capítulo 2: Marco Teórico

Estado del Arte

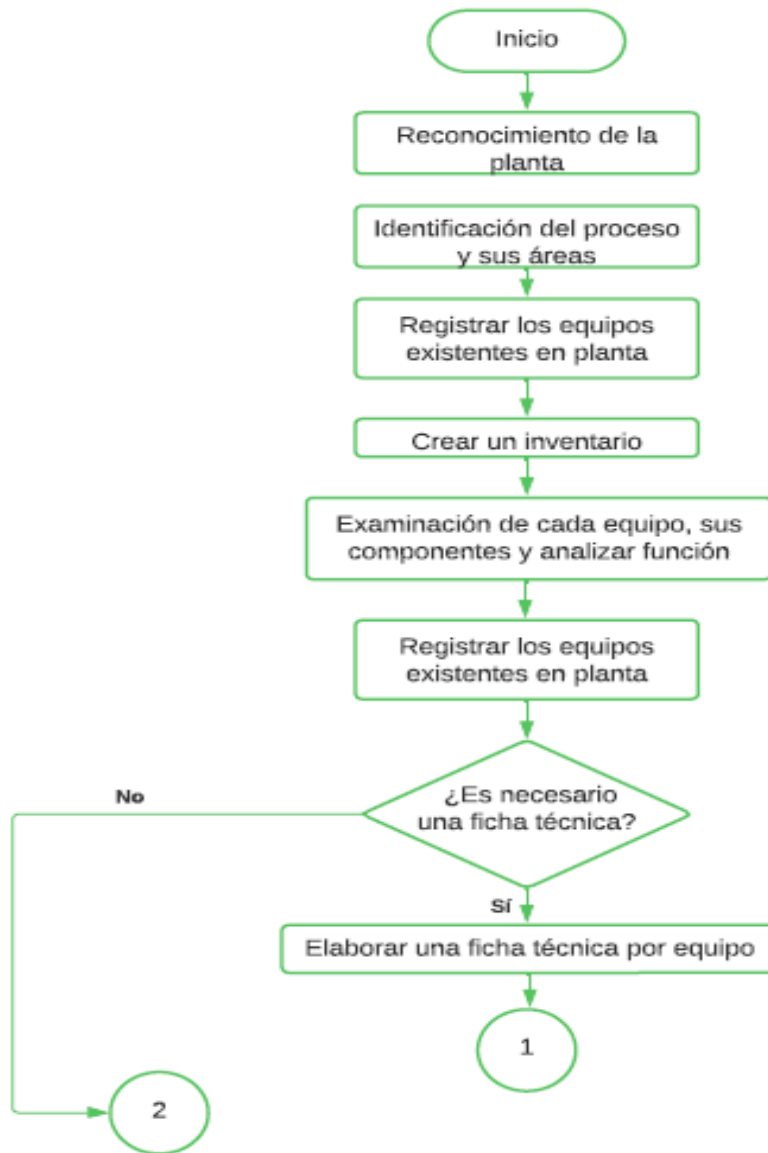
En el proyecto técnico denominado “Desarrollo de un Plan de mantenimiento preventivo para el molino Santa Rosa de la empresa Industrias Catedral S.A.” de la Ingeniera Mecánica Alison Proaño Villacrés de la Universidad Técnica de Ambato manifiesta que para un mantenimiento preventivo se debe recolectar información o datos relevantes para generar fichas técnicas y confirmar que las normativas del país se cumplen para que así se visualice resultados óptimos, como evidencia de evaluación a través de la práctica o el uso de las maquinarias (Proaño Villacrés, 2021).

Probar y evaluar cada parte clave de cada equipo de manera práctica. Se prioriza una revisión exhaustiva de cada actividad en el mantenimiento regular; a través del cual puede garantizar un trabajo en la máxima capacidad, vida útil y correcto funcionamiento de cada dispositivo. Por tanto, el mantenimiento de la aplicación evita el mayor número posible de fallos programación, y garantizar que el proceso de producción entregue productos de calidad al mercado (Proaño Villacrés, 2021).

En dicho proyecto muestran hojas de vida de mantenimiento, en donde se detalla periódicamente los tiempos para realizar un mantenimiento y de actividades que se deben realizar de manera diaria, semanal, mensual semestral y demás; teniendo en cuenta valores de los dispositivos que cumplen con funciones principales, así mismo la disponibilidad y el tiempo medio entre las fallas técnicas que se puedan presentar.

De acuerdo con la fiabilidad de un mantenimiento en maquinarias o dispositivos que se utilizan en la molienda del balanceo de camarones se tiene por medio del tiempo de operación y el tiempo de paralización, cumpliendo con normativas de la NTP679, las cuales regulan de forma óptima las condiciones de un trabajo garantizado (Proaño Villacrés, 2021). Ver figura 2.

Figura 2. Flujograma del proyecto, por la Ing. A. Proaño Villacrés (2021)



En el proyecto técnico del Ing. Diego Leonardo Chachapoya Rivas denominado “Producción de alimentos Balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos” de la Universidad Politécnica Nacional manifiesta que para mejorar la producción, lo que se utilizaron son herramientas informáticas que buscaron la combinación de los productos y así dar como resultado la reducción en el costo final; esto no solo se buscaba en la empresa sino más bien disminuir el riesgo de accidentes y contaminación del alimento por parte de las maquinarias, con la implementación y trabajo del personal a través del registro de monitoreo, limpieza, operación y fechas de mantenimientos de los equipos considerando como parte principal la molienda y mezcla para una producción de calidad (Chachapoya Rivas, 2014).

El control que se llevaba a contabilizar era sobre los fragmentos que ingresaban a la molienda y de la uniformidad de tamaño para que los nutrientes se encuentren completamente distribuidos y no dañen las maquinarias a un largo plazo.

En general, las empresas buscan alternativas de mejora para sí mismo sin perjudicar a trabajadores y a la calidad de los productos; esto se visualiza siempre y cuando existan clientes que consuman el producto, así la visión del mantenimiento a las maquinarias se mantendrá con una visión favorable, dejando a favor ganancias y no pérdidas a lo largo de los años.

Además del tratamiento antifúngico que reciben las materias primas, los equipos no pueden ser excepciones, principalmente porque son fuentes de contaminación y deben ser higienizados regularmente como se detalla a continuación en el protocolo de limpieza y mantenimiento de la Tabla 2.

PROTOCOLO DE LIMPIEZA	
DIRIGIDO:	Técnico de planta Bodeguero o Ventas Operario
LIMPIEZA:	
a. Diaria: Se inicia una vez concluida la producción, todos los días se debe limpiar de superficies de toda el área de producción (piso, maquinarias y equipos) ordenar el área de bodega de materia prima e insumos y producto final.	
b. Fin de Semana: se desinfectará el sistema de molienda y mezcla haciendo circular por los equipos 20 kg de salvadillo, con 3 litros Inhisalm. Se deja este producto en el interior de los equipos hasta el próximo uso donde previamente debe retirarse el producto y pesarse para dar de baja.	
c. semestral: consiste en limpieza profunda donde incluye encalar las paredes que se encuentren sucias limpiezas de estanterías y limpieza de pallets.	
MANTENIMIENTO:	
a. Fin de Semana: Engrasar chumaceras.	
b. Quincenal: Realizar mantenimiento preventivo de motores.	
c. Chequeo mensual de molino de martillos, cambio de martillos y pernos de del molino de martillos previamente evaluando el desgaste, pero se sugiere cambiarlos de forma anual	
d. Se debe registrar las actividades en un registro de mantenimiento para llevar el control.	

Tabla 2. Protocolo de Limpieza y Mantenimiento por el Ing. D. Chachapoya Rivas (2014)

En el trabajo de titulación “Propuesta de un diseño de modelo de calidad y mejora continua, basada en las directrices de la norma internacional ISO: 9001:2015, para una industria de Balanceado de Camarón en la ciudad de Guayaquil” de la Maestría en Producción y operaciones industriales de la Universidad Politécnica Salesiana los Ingenieros Jean Pierre Mazzini Barros y José Vicente López Tóala mencionan que como objetivo principal es de plantear un modelo de calidad y mejora continua para que la industria de balanceado de camarón utilice las herramientas de análisis en la causa y el efecto para dar las soluciones respectivas a los factores que inciden en el crecimiento o desarrollo de la organización, agregado a eso comentan que de acuerdo con encuestas realizadas las empresas no aplican normas internacionales para la producción de los productos (Mazzini Barros & López Toala, 2022).

Las compañías que trabajan con maquinarias para balanceado de camarones deben considerar mucho las fichas de atención al cliente, los registros de conformidad, los procesos de análisis, las quejas, los reclamos, el mantenimiento, la capacitación del personal ante cualquier situación que se presente y la selección de los dispositivos electrónicos. Adicional a ello, se busca que la industria de balanceo de camarones en la molienda sea garantizada con un producto de calidad en los estándares nacionales e internacionales a través de la satisfacción y del mantenimiento.

En la figura 3, se observa el diagrama de flujo del proceso de alimento balanceado para camarón, el diagrama de flujo es similar al de otras industrias con la misma actividad comercial. El proceso de molienda es muy importante para determinar el grado de granularidad que se desea para el producto terminado.

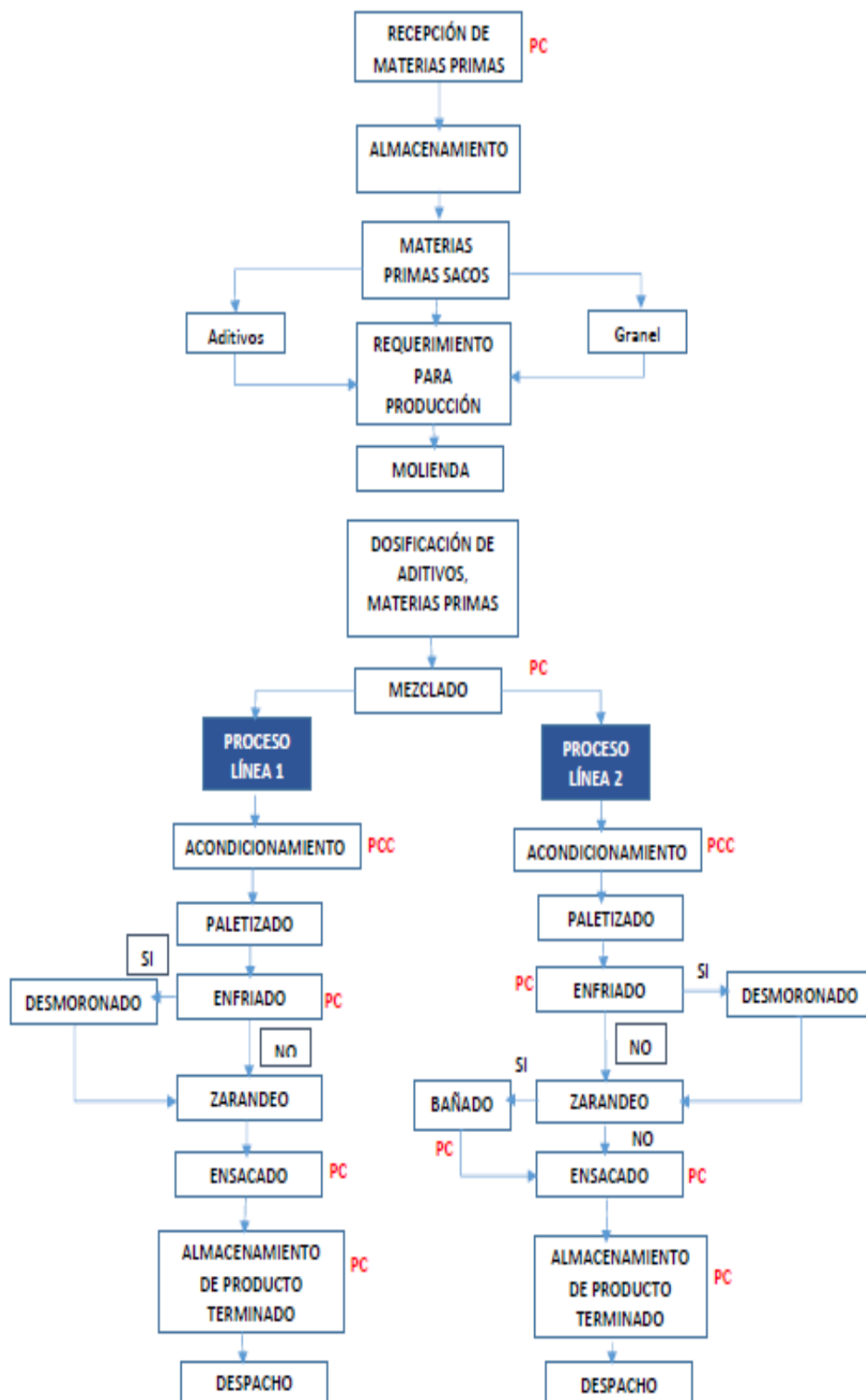


Figura 3. Diagrama de flujo de proceso, por los Ing. J. Pierre Mazzini Barros y J. Vicente López Tóala (2022)

2.1. Fabricación de alimentos

En la industria de alimento balanceado, la molienda es muy importante, ya que la misma implica una transformación física de la materia sin alterar la naturaleza, y es de vital importancia en diversos procesos industriales, ya que el tamaño de partículas representa en forma indirecta áreas, que afectan a otras áreas, se debe contar con eficiencia y precisión respecto al tamaño de las partículas (Muñoz López, 2017).

En síntesis, es importante conocer el tamaño de partícula de un material dado. La molienda es una operación mecánica que reduce el volumen de masa promedio de una muestra sólida. La reducción de partículas se realiza fraccionando o clasificando mecánicamente la muestra hasta reducirla al tamaño deseado. Los métodos de reducción más comunes utilizados en las máquinas rectificadoras son compresión, impacto, fricción de cizallamiento y cizallamiento (Valencia Guaricela & Espinoza Moncayo, 2019).

Alimentar correctamente a los animales es la base para una producción eficiente, sostenible y rentable. Los productores no solo deben preocuparse por la calidad o la composición de las materias primas, sino que también deben comprender cómo se procesa el alimento balanceado para un mejor uso (NutriNews.com, 2021).

2.2. Componentes del Sistema de molienda

A continuación se detallan los diferentes elementos que forman parte del Sistema de molienda.

2.2.1 Alimentador de molino.

El alimentador de molino tiene tres componentes, mismos que requieren de actividades de mantenimiento para su conservación y buen funcionamiento tal como se puede apreciar en el gráfico 1.

- 1.- Alimentador del molino.
- 2.- Compuerta reguladora de abastecimiento.
- 3.- Motores reductores de control

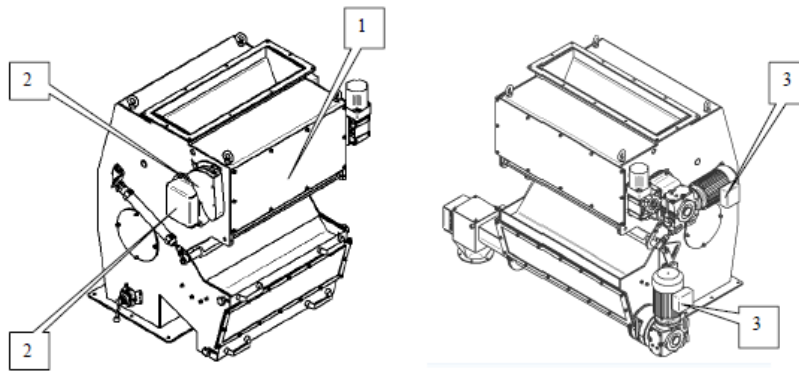


Gráfico 1. Partes del alimentador del molino
Fuente: Manual de usuario

2.2.2 Filtro de manga del molino

El filtro de manga tiene tres componentes, mismos que requieren de actividades de mantenimiento para su conservación y buen funcionamiento tal como se puede apreciar en el gráfico 2.

- 1.-Puerta principal de acceso a las mangas
- 2.- Descarga de material de polvos del filtro.
- 3.- Tapa superior del filtro de manga

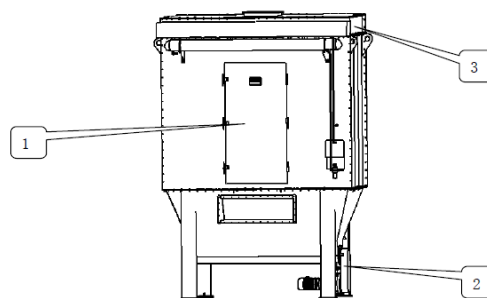


Gráfico 2. Filtro de manga del molino
Fuente: Manual de usuario

2.2.3 Molino de martillos

El molino de martillos tiene siete componentes, mismos que requieren de actividades de mantenimiento para su conservación y buen funcionamiento tal como se puede apreciar en el grafico 3.

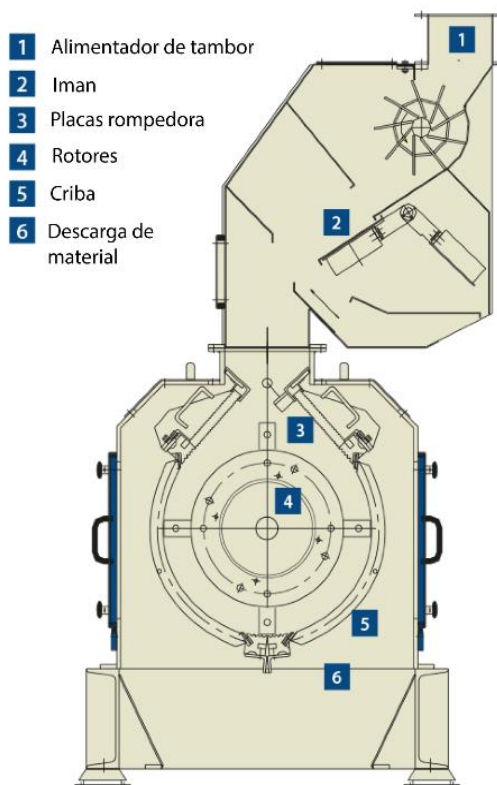


Gráfico 3. Molino de Martillo
Fuente: Manual de usuario

Descripción General

En el presente proyecto se diseña un plan de mantenimiento de acuerdo con las necesidades de los equipos y los cuales se definen en el desarrollo de este. Considerando que la calidad de los productos es el factor más importante al momento de que el consumidor decide comprar, es por ello que se genera este plan de mantenimiento considerando como punto final la calidad y desde ahí retroceder a cada uno de los puntos a analizar.

Una vez que se ha analizado la finalidad o el principal factor de lo que se busca en este plan de mantenimiento, se considera que el mantenimiento preventivo ayuda a que la

producción no pare y que se tenga a tiempo una solución ante cualquier eventualidad; se obtienen diferentes propuestas o se visualizan diferentes acciones, empezando por la codificación de equipos que posee la empresa o podría poseer.

2.3 Mantenimiento

En el proyecto técnico, la palabra mantenimiento es la que permite realizar las acciones de mantener o restaurar un artículo o dispositivo con una función requerida y que incluya con las combinaciones no solo técnicas sino también administrativas, dando como gestión principal a la restauración de un elemento que se encuentra en un estado que le permita funcionar como lo requiere la persona (AEC, 2019)

Cabe mencionar que el mantenimiento ayuda en conservar las normas de calidad internacionales, ya que por la menor avería y/o la incorrecta calibración de las máquinas, puede echar a perder todo un lote de producción por no cumplir con los estándares de calidad específicos (Marcillo Díaz, 2016).

Es importante comprender la vital relevancia que tiene un correcto funcionamiento de los equipos y máquinas que intervengan en los procesos de producción con respecto a las ganancias de las organizaciones. Según los investigadores afirman que los empresarios para mejorar el área de mantenimiento lo hacen a través de una parte de la inversión de los recursos de la empresa, en donde contratan a personal que se encuentran altamente capacitados para la prevención y detención de las fallas que existan o que se puedan presentar dando así una garantía óptima en el proceso de producción (Olarte et al. 2010).

La razón por la cual la mayoría de las industrias se preocupan por implementar un plan de mantenimiento dentro de la organización es beneficio de todos, en especial de los dueños de dicha empresa y los productos.

2.4 Mantenimiento Industrial

Las programaciones de mantenimiento hacen que las organizaciones cuenten con las siguientes ventajas (Ayo Tarapues, 2015):

- ✓ La calidad versus el costo sirve para la elaboración de los productos.
- ✓ La entrega debe ser oportuna y en el tiempo acordado como cumplimiento a los clientes.
- ✓ Reducción de la tasa de riesgo de accidentes de trabajo por mal estado de máquinas o componentes.
- ✓ Al existir situaciones no esperadas en los procesos de producción, se debe buscar que el costo de fallas imprevista disminuya.
- ✓ Detección anticipada de fallas producidas por el desgaste de piezas permitiendo una adecuada programación en el cambio o reparación de estas.
- ✓ Prevenir en las maquinarias los daños irreversibles.
- ✓ Facilita la elaboración del presupuesto de la empresa acorde con las necesidades.

Ayo Tarapues (2015) afirma que las empresas que no cuentan con un mantenimiento bien planeado presentan pérdidas por los siguientes inconvenientes:

- ✓ Paradas inesperadas del proceso de producción.
- ✓ Presenta averías inesperadas de los equipos.
- ✓ Daños en la materia prima.
- ✓ Fabricación de productos defectuosos.
- ✓ Incumplimiento en los tiempos de entrega de los productos.
- ✓ Riesgo de accidentes laborales.

2.5 Mantenimiento Correctivo

Se describe como aquel mantenimiento que se ejecuta para reparar una falla en los equipos que han sufrido algún tipo de avería, daños y que por ese motivo ha dejado de funcionar en óptimas condiciones. En la mayoría de las ocasiones este tipo de mantenimiento corresponde a una acción no planificada, fundamentalmente conformada por obligaciones de mantenimiento inevitables que no pueden planearse previamente dentro de un periodo de tiempo determinado. Este mantenimiento no planificado es el mantenimiento de emergencia el cual se debe efectuar de carácter urgente ya sea por

una avería imprevista y que se debe reparar lo más pronto posible (Hidalgo Pazmiño, 2018).

La actividad que requiere acción urgente debe ser agregada, incorporada y reemplazada según los componentes programados para lo cual se aplica algunos pasos para el mantenimiento correctivo, que algunos autores han mencionado diversos pasos ordenados para realizar un mantenimiento correctivo adecuado.

Los principales pasos que se debe seguir de manera ordenados para realizar un mantenimiento correctivo adecuado son (Morales Criollo, 2019):

- ✓ Identificación del fallo
- ✓ Ubicación
- ✓ Evaluación
- ✓ Reparación
- ✓ Verificación

2.6 Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento es definido como la vigilancia y la asistencia del personal relacionado con el mantenimiento para conservar los equipos en condiciones óptimas de trabajo, mediante inspecciones sistematizadas, la localización y reparación de los fallos, ya sean previos a la aparición y que se pueda transformar en una avería significativa (Tirado Guamán, 2017).

Este previene situaciones de falla, daño o defecto de la maquina provocado un paro imprevisto en la producción de la empresa, este tipo de mantenimiento es un gran aliado de la calidad de los productos. Esta caracterizado por acción de desarme parcial de los equipos, seguido de un proceso de limpieza, además de que permite inspeccionar, reparar, cambiar y lubricar la máquina, estas inspecciones pueden estar acompañadas de cambio o rectificaciones de partes y/o dispositivos en mal estado (Montoya García, 2017).

El mantenimiento preventivo se emplea principalmente para detectar, a través de la eficiente planificación y programación de los análisis periódicos, las fallas previstas en equipos, sistemas e instalaciones, que modifican el proceso de producción o el desempeño del objeto averiado, generando las mejores condiciones para los equipos y alargando la vida útil. Además, puede estar orientado a monitorear que las variables críticas de operación de un equipo se mantengan en estándares apropiados ya sean niveles de combustible, temperaturas apropiadas de operación, consumo de corriente, capacidad de carga, entre otras (Loya Ñato , 2020).

2.6.1 Objetivos principales

El mantenimiento preventivo tiene como principal objetivo la reducción de mantenimientos correctivos evitando fallas graves y reparaciones costosas, a continuación, se detallan algunos objetivos.

- ✓ A los equipos y a la infraestructura se le debe incrementar la vida útil.
- ✓ Con los componentes se debe minimizar los fallos críticos.
- ✓ Mejora la planificación y programación de las actividades de mantenimiento de los equipos.
- ✓ Reduce los costos de producción por fallos imprevistos.
- ✓ Mejora los niveles de seguridad industrial del personal

2.6.2 Ventajas

Entre las ventajas más relevantes del mantenimiento preventivo según la investigación de (Tirado Guamán, 2017), son las siguientes:

- ✓ Reducir el número de paros en la planta con la realización de varias reparaciones oportunas.
- ✓ Se asigna las tareas de mantenimiento de forma eficiente evitando acumulaciones de trabajo y mejorando la plantilla.
- ✓ Planificar los mantenimientos en el tiempo más pertinente para la realización de la reparación de averías, evitando afectar la producción.

- ✓ Obtener y almacenar las piezas o elementos necesarios para realizar el cambio y/o reparaciones oportunas.
- ✓ Evitar que los pequeños fallos existentes se trasformen en grandes averías, exclusivamente en sistemas de seguridad.

2.7 Mantenimiento Predictivo

Puede ser definido como una técnica para presagiar el punto futuro de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, en base a un plan de mantenimiento, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida útil del componente se prolonga (Pérez Rondón, 2021).

En la mayoría los fallos en los equipos aparecen de forma inicial, en un grado en que es posible la detección, ya que relaciona una variable física con el desgaste o estado de los equipos. Ante esto es necesario establecer un seguimiento de aquellos parámetros que pueden anticipar del comienzo de una falla o deterioro, y establecer para cada uno de ellos qué nivel vamos a considerar como normal y cuál inadmisibles, de tal forma que la detección desencadene la acción pertinente para la reparación o restauración. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, el seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación (García Cordova, 2017).

El mantenimiento predictivo está basado en ensayos y análisis no destructivos o invasivos que facilitan la detección de anomalías, entre los más conocidos son: el análisis de vibración, termografías, ensayos de tintas penetrantes, ensayos de tintas fluorescentes, partículas magnéticas, ensayos de ultrasonido, entre otros. Estos ensayos permiten saber el estado o condición en la que se encuentran la máquina para predecir cuál será el comportamiento y vida útil de la misma, en caso de requerimiento poder programar las reparaciones, sin alterar el proceso productivo de la empresa y evitar los paros prolongados de los equipos (Chiguano Allauca, 2020).

2.7.1 Ventajas

Según (Morales Criollo, 2019), las ventajas del Mantenimiento Predictivo son un sinnúmero, entre las más importantes con las siguientes:

- ✓ Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.
- ✓ Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones porque permite predecir una avería que puede ser reparada con un mantenimiento programado.
- ✓ Mejora el conocimiento y el control del estado de la maquinaria, equipo e instalación.

2.8 Indicadores de Mantenimiento

Estos indicadores ayudan a verificar o medir el rendimiento real de los equipos, para tener la seguridad de poder atender los requerimientos de producción. Los indicadores más frecuentes para utilizar son los índices de disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad, es una manera de identificar el desempeño operativo de los equipos.

Disponibilidad

Es definida como la probabilidad de que una máquina efectúe las funciones que se requieran en un momento o periodo de tiempo determinado, siempre que funcione y se conserve de acuerdo con las características para las que fue fabricado. Para calcular este indicador, es necesario obtener el tiempo disponible, que se representa como resta entre el tiempo total y el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada (Flores Velasquez , 2021).

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ totales - Horas\ de\ paradas\ por\ mantenimiento}{Horas\ totales}$$

Se suele detallar de manera más práctica por medio de los tiempos medios entre fallos conocido como MTBF y el tiempo que no está disponible y que ocurre entre el fallo y la reparación MTTR, dado que son los datos que se conocerán en cada sistema.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF= Tiempo total de mantenimiento / número de paradas

MTTR= Tiempo total de paradas / número de paradas (mantenimientos correctivos)

Fiabilidad

Es la probabilidad en un período de tiempo específico, de que el equipo pueda realizar su función o su actividad en las condiciones de utilización, o sin presentar avería. La medida de fiabilidad es el MTBF (Mean Time Between Failure), o también conocido como el tiempo medio entre fallos (Anaguano Lamiña, 2018).

$$\text{Fiabilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de paradas por mantenimiento no programado}}{\text{Horas totales}}$$

Mantenibilidad

Este indicador se puede definir como la probabilidad de que el equipo, después de presentar el fallo o la avería sea puesto en estado de marcha es decir en funcionamiento en un tiempo dado. La medida de la mantenibilidad es el MTTR (Mean Time To Repair), o tiempo medio para reparación (Anaguano Lamiña, 2018).

Un equipo tiene mejor mantenibilidad cuando es más rápido y fácil de realizar las tareas de mantenimiento, este es un campo muy amplio y en este estudio se tomará únicamente los tiempos empleados para realizar tareas de mantenimiento correctivo (Gallegos et al, 2020).

2.9 Tendencias para alcanzar el máximo rendimiento

En la actualidad existen herramientas o tecnología con las cuales el rendimiento de equipos o maquinas puede alcanzar el máximo funcionamiento, el internet de las cosas, los diversos dispositivos electrónicos y el albergue en la nube permiten a las organizaciones que aborden de forma proactiva el uso de los activos industriales,

implica el uso de equipos rotativos que son utilizados en la totalidad en todas las industrias que se ve el procesamiento (Tecnología para la Industria, 2020).

Esto permite que los fabricantes maximicen la rentabilidad tanto en el rendimiento como en el aumento, algunas de estas empresas u organizaciones utilizan planes de mantenimiento predictivo o el monitoreo confiable a través de los análisis de las maquinarias, sin embargo estas no aprovechan de forma eficiente los datos recopilados en la producción de los productos y que sirven como base al rendimiento de los equipos y de una producción general en toda el área de maquinarias (Tecnología para la Industria, 2020).

2.9.1 El costo del mantenimiento correctivo

El mantenimiento no planificado también conocido como mantenimiento reactivo, que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje, tiene un costo mayor al planificado, es decir puede costar hasta siete veces más, en los cuales incluye el pedido de piezas de manera urgente, las horas adicionales o extras de los empleados y el tiempo en el cual se inactiva el proceso de uso de las maquinarias. Esto puede desviarse de las previsiones presupuestarias e impactar negativamente en los objetivos comerciales de la empresa. Para entender el mantenimiento reactivo y las consideraciones específicas que sobre el mismo se pueden realizar conviene de entrada conocer los aspectos generales (Pérez Rondón, 2021).

Afortunadamente, la evolución en los programas de confiabilidad es notoria e inminente, los fabricantes reconocen la necesidad de liberarse de los silos de datos y adoptar nuevas tecnologías para brindar información procesable que los ayude a tomar decisiones comerciales más rápidas e informadas.

2.9.2 Dispositivos e I o T

A medida de la evolución del internet de las cosas I o T, que es la tendencia a utilizar dispositivos que requieren mantener un enlace directo con un sistema que permite la recolección de información, lo que es primordial es la conexión de los dispositivos

en la nube, convirtiéndose este en el principal pilar del éxito de un mantenimiento. Cada día son aplicados a nuevas áreas o ramas con múltiples disciplinas, esto permite que el personal de la empresa pueda conectarse, sin temor a un daño, y acceder a los datos que se obtienen de las maquinarias y aislarlos para tener una visión más despejada y holística del estado de ellos (Flores Zermeño & Cossio Franco, 2021).

Los diferentes datos que se analizan son las vibraciones, las temperaturas y las operaciones dando así una vista general e instantánea del estado de las maquinas; referente a estos datos obtenidos se puede tomar decisiones rápidas y estratégicas para evitar un paro en la producción o el daño definitivo de una de las máquinas.

Este nuevo nivel de conectividad es uno de los sectores tecnológicos de más rápido crecimiento. Una red de objetos físicos, con sensores incorporados, un software y otras tecnologías con el fin de intercambiar datos y conectarse con otros dispositivos y sistemas a través de Internet de manera simultánea, es ideal para muchas industrias de procesos, ya que existen innumerables condiciones de operación diferentes y difíciles, una de ella es la temperatura que está relacionada con la humedad extrema y crean un entorno propenso a la contaminación, mientras que el lavado frecuente puede afectar el rendimiento del equipo y provocar fugas de lubricante (Salinas et al. 2022).

Los dispositivos conectados permiten que los datos de estas máquinas se recopilen y almacenen para el análisis de tendencias. Con este análisis, los concesionarios pueden prevenir de manera proactiva problemas que podrían conducir a retiros del mercado u otras violaciones de las regulaciones gubernamentales.

2.9.3 Creación de una hoja de ruta digital

Para tener un programa o el desarrollo de un plan de mantenimiento exitoso lo que se debe hacer de comienzo es evaluar el flujo diario de la planta con las referencias y prácticas que se hacen en la industria, luego de ello crear una hoja que permita guardar la información de todo lo que requerimos teniendo en cuenta la prioridad que es la limpieza de las máquinas y asignar a cada técnico sus actividades. Es

necesario que cada técnico este capacitado en las actividades de limpieza a realizar. En las hojas de ruta se puede agregar los objetivos comerciales y los requisitos presupuestarios; la consideración de un traslado total o parcial es primordial para tener éxito en la creación o diseño de dicho plan de mantenimiento (Salas Maceda, 2022).

2.9.4 Gestión de decisiones de big data

Diversas empresas carecen del tiempo, la dedicación o de la experiencia para diagnosticar el estado de una máquina, consideran que el mantenimiento se debe realizar una vez que existe una falla parcial (no para el proceso de producción) o una falla total (se para completamente el proceso de producción), ante el desconocimiento de lo que puede suceder o lo que está sucediendo con sus maquinarias no toman en cuenta las alarmas y signos que advierten anomalías en los equipos o simplemente lo toman como un daño más, los dispositivos inteligentes son los encargados de recopilar datos activos para identificar el daño de las maquinas sea este de menor nivel o de mayor nivel y de esta manera actuar eficaz.

Al tener un dispositivo inteligente, permite que los usuarios y encargados de la producción visualicen de forma constante cada parte de la maquinaria, cuando se debe realizar el mantenimiento y prevenir un paro total de la producción, obteniendo resultados favorables a través de competencias básicas de los trabajadores, optimiza la toma de decisiones en tiempo real y el análisis de la información, siendo esta más productiva y competitiva al usar nuevas tecnologías, tales como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial, la tecnología cognitiva, la nanotecnología, el Internet de las cosas (I o T), entre otras, que ayudan a mejorar el proceso productivo de la industria (Rodríguez Quijano, 2021).

2.9.5 Resolver los desafíos de la industria de procesamiento

El aprovechamiento de big data a través de dispositivos conectados puede ayudar a mitigar algunos de los desafíos diarios que presentan las plantas de procesamiento. Por ejemplo, en la industria láctea se requiere técnicas complejas de procesamiento, llenado y envasado, esto sumado a la exposición regular a la humedad y agentes de

limpieza que provocan la pérdida de lubricante en los rodamientos y las cadenas. Los datos de los equipos adquiridos por medio de dispositivos conectados pueden ayudar a garantizar que los niveles de lubricante estén en niveles apropiados para evitar fallas prematuras. En las empresas que están expuestas a temperaturas y humedad en condiciones extremas, les beneficia significativamente tener un plan de monitoreo de condiciones con conectividad en la nube puede ayudar a mantener las operaciones en funcionamiento y los equipos en óptimas condiciones.

Entre los desafíos en relación a la implementación y estructuración del Big Data en los sectores industriales de estudio se enfoca en la naturaleza no estructurada de las informaciones obtenidas de los procesos e interacción hombre-máquina como los sensores en los dispositivos, sistemas de radiofrecuencia. En la Industria 4.0, una correcta manipulación de los factores de eficiencia, eficacia y exactitud son esenciales para la toma de decisiones empresarial en relación a la información de salida del Big Data, estos se actualizan de manera constante para brindar datos reales, actualizados y precisos para el posterior análisis y toma de decisiones (Araque et al. 2021).

2.9.6 La industria 4.0

La digitalización industrial proporciona una mayor interconectividad entre las máquinas y dispositivos gracias al uso cada vez mayor de big data. La Industria 4.0 utiliza datos de manera estratégica para optimizar los procesos para aumentar la eficiencia y mejorar la productividad. Entre los beneficios de estas medidas incluyen un control eficaz, transparencia, velocidad, productividad, modularidad, disponibilidad y seguridad. Se refiere a la digitalización de las cadenas de valor industriales con la idea de utilizar las tecnologías emergentes para implementar el Internet de las cosas y los servicios con el objeto de integrar diferentes procesos de ingeniería que permiten una producción operada de una manera eficiente y flexible con bajos costos y alta calidad (Cabrera et al. 2020).

Los dispositivos conectados a través de herramientas digitales es el primer paso en el camino hacia la mejora del rendimiento de los equipos rotativos, ayudando a los fabricantes a reducir los costes y aumentar la producción. Los fabricantes obtienen

muchos conocimientos operativos a partir del análisis de datos y de acciones correctivas proporcionada por estos dispositivos.

La industria 4.0 tiene como principales tecnologías algunas herramientas como sistemas ciber, físicos de integración, máquinas y robots, internet de las cosas (I o T), impresión 3D, big data y análisis de macrodatos, computación en la nube, simulación de entornos virtuales, inteligencia artificial, ciber seguridad, y realidad aumentada, entre otros (Herrera at al. 2020).

El principal objetivo de esta industria es alcanzar el máximo rendimiento de las máquinas en industrias de procesamiento, esto ayudara a detectar las señales de fallas mecánicas en equipos industriales, por lo que hay que analizar acerca de las mejores soluciones tecnológicas para las plantas industriales, enfocadas en automatización y mantenimiento. La implementación de la industria 4.0 la migración a la industria inteligente se realiza con las restricciones de la infraestructura existente y de la capacidad tecnológica instalada. Específicamente, en nuestro país aún no es visible una política pública o del interés del sector privado para dar ese gran salto a una nueva revolución industrial (Alvarez Vásquez & Arroyo Morocho, 2021).

Capítulo 3: Marco Metodológico

Este capítulo se enfoca en la descripción y desarrollo de los procesos para la elaboración del plan de mantenimiento para el mejoramiento de la eficiencia de los equipos del proceso de molienda en una industria de balanceado para camarón, considerando los objetivos específicos ya establecidos.

3.1. Recolección de datos

Para la obtención de datos de la situación actual de industria de balanceado para camarón, ubicada en el Cantón Duran y la información proviene de la empresa. Para el desarrollo de este proyecto es relevante conocer la situación actual de los equipos que intervienen en el subproceso de molienda, y de esta manera indagar en las funciones específicas de cada equipo, las características específicas y esenciales de cada uno en este proceso para la elaboración del producto final. Además, se verifica el estado físico de los equipos y la cantidad de polvo que hay en esta área que afecta directamente a las máquinas ya que se encuentran en condiciones insalubres.

3.2. Fuentes

Para la recolección de datos del siguiente proyecto técnico, se basa primordialmente en la información que consta en los registros de la empresa por medio de la colaboración del jefe de Mantenimiento, quien brindó información limitada por temas de confidencialidad de la industria. Además, se realizó las visitas técnicas del caso a la planta para recolectar información de forma visual.

Durante las visitas a la industria se logró conocer el proceso de molienda y cada uno de los equipos que intervienen, esto permitió que de manera visual se pueda constatar el estado de los equipos.

Otro recurso del que se hará uso es el análisis de los documentos disponibles como lo son los manuales de los fabricantes de los molinos, esta información aportará significativamente para la planificación de las tareas de mantenimiento.

3.3. Procesos para la producción de alimento balanceado

En la tabla 3 se describe el proceso para la producción de alimentos balanceados para camarón, que a continuación se detallan, para conocer cada proceso.

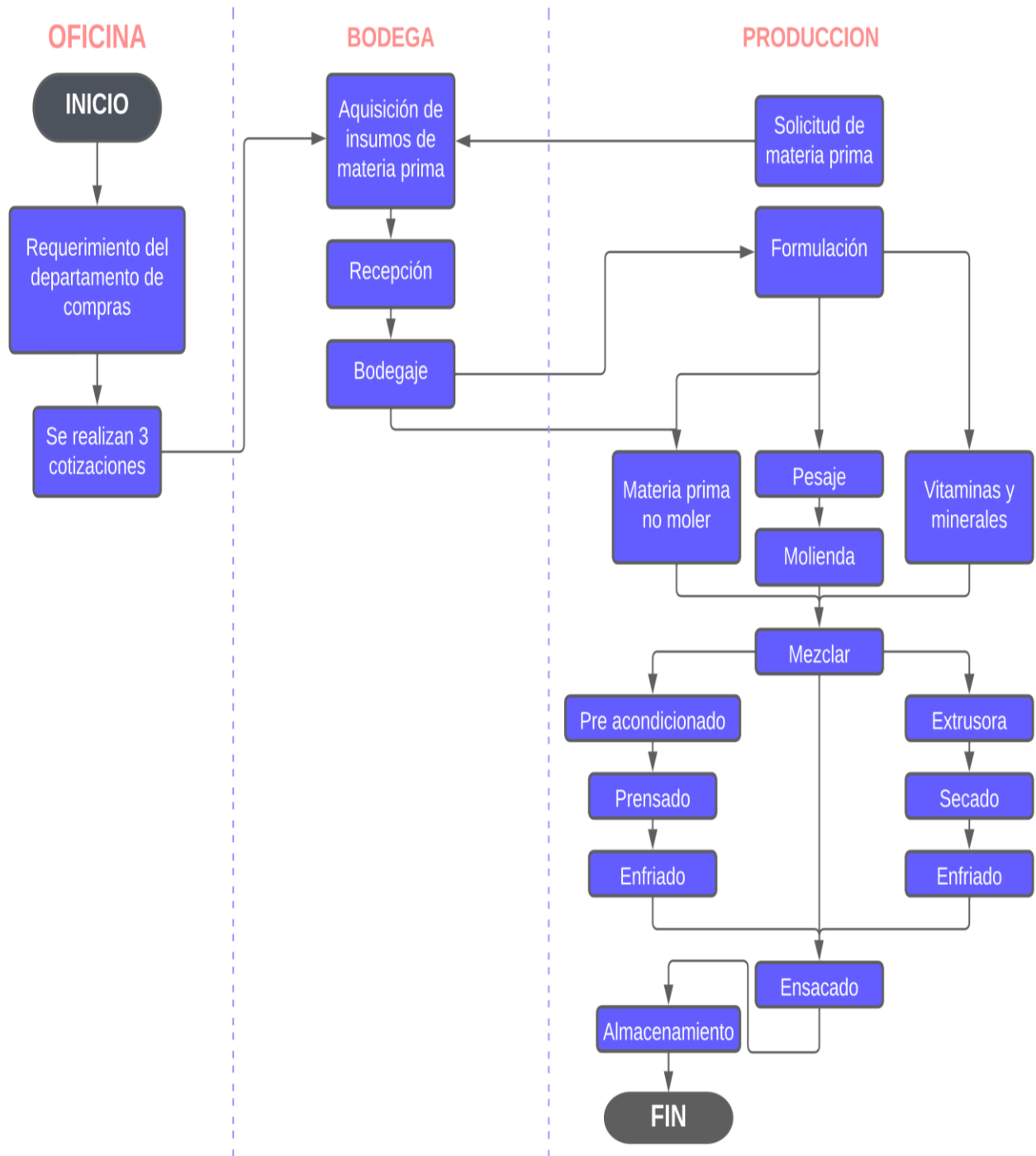


Tabla 3. Flujograma de procesos de molienda del camarón

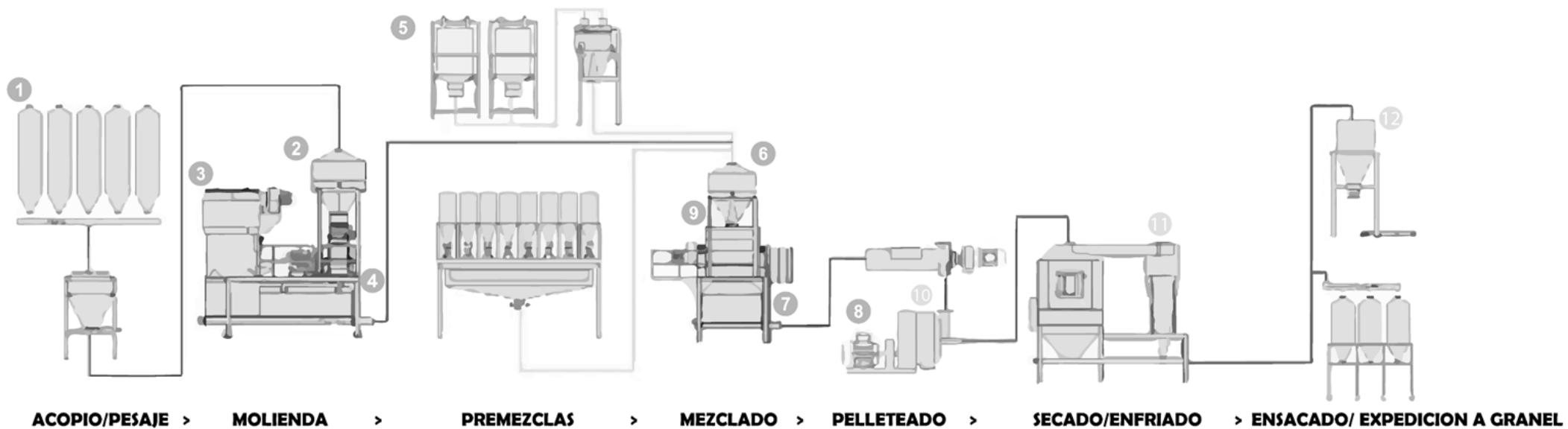
Fuente: Elaboración propia

3.4. Sistema de Molienda con molino a martillos

Para comenzar con la descripción del sistema de molienda utilizado en esta empresa es importante mencionar que posee algunas fases en donde se incluye el uso de 3 equipos fundamentales para el proceso que son:

1. Alimentador de molino: Elemento que se utiliza para la carga de molinos, divisores de muestras y alimentación continua de materia prima a granel.
La alimentación del molino es la clave para una buena molienda ya que la planta funcionara de manera rápida y eficaz con una dosificación adecuada de materia prima.
2. Filtro de manga: Se usa para separar las partículas, cuenta con un cabezal que está conformado por electroválvulas, inyectores de aire y las mangas.
3. Molino de martillos: elemento principal para la molienda, encargado de moler la materia prima de gran tamaño, se puede usar como único elemento del sistema de molienda, pero por sí solo su rendimiento sería realmente bajo.

Las fases del proceso de molienda son las siguientes:



1- Tolvas de materia prima.

2- Alimentador de molino.

3- Filtro de mangas.

4- Plenum.

5- Tolvas de materia no moler.

6- Ingreso de producto.

7- Salida de producto.

8- Motor.

9- Ingreso de aire.

10- Prensa.

11- Secador.

12- Ensamado.

figura 4. Fases del proceso de molienda

3.4.1 Acopio de materia prima

El punto de partida en las plantas de alimentos inicia con la recepción de materias primas, Las materias primas se receptan, se pesan y acopian en tolvas que tengan la capacidad de almacenamiento del pesaje, Este puede oscilar entre 1000 a 2000 toneladas de materia prima.

3.4.2 Dosificación o formulación

En esta parte del proceso se controlan las adiciones de todo tipo de ingredientes: mayores, menores y hasta micro ingredientes este proceso es importante la precisión de acuerdo con la determinación de la formula ya que se debe lograr una medición altamente precisa para cada ingrediente, por lo que las básculas digitales cuentan con sensores ópticos y precisos además de un registro de mantenimiento óptimo y un plan de calibraciones con personal especializado, para evitar alternaciones en la formula, según la etapa del ciclo de vida del camarón por ejemplo: si es para larvas, post larvas, crecimiento, engorde, etc.

3.4.3 Pesaje

Dada la variedad de ingredientes diferentes entre sí la materia prima está dividida en distintos grupos, la tolva podrá tener en su interior, un bacht compuesto por soja, arroz, harinas de soja, carne, aves o pescado, sal y maíz entero. Además, en otro grupo están los componentes de vitaminadas que se agregaran.

3.4.4 Molienda

El procedimiento de molienda inicia con la homogenización del pesaje de cada uno de los componentes, lo cual resulta crucial para prevenir cualquier tipo de variabilidad, disminuir el rendimiento y evitar el consumo excesivo de energía. Dentro de las tolvas colocadas sobre el molino, se encuentra un mecanismo extractor que eleva la materia

prima desde la base y la descarga por la parte superior, siguiendo el principio de los mezcladores Nautas, el cual se ilustra en la figura 5

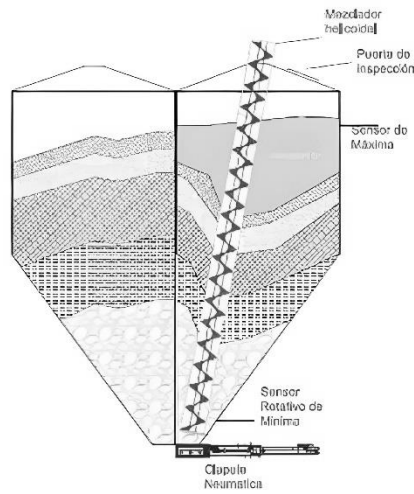


figura 5. Proceso de molienda.

Una vez realizada la homogenización del pesaje pasa al alimentador que cumple la función de suministrar al molino constantemente. Este está controlado por un variador de frecuencia que en el momento que el consumo del molino es menor al nominal comienza a aumentar su velocidad angular en (rpm) para enviar mayor pesaje (kg/h).

Por otro lado, cuando el consumo del molino vuelva a la normalidad este realiza el proceso contrario para evitar daños permanentes en el motor del molino o simplemente evitar que el molino se obstruya, ver figura 6.

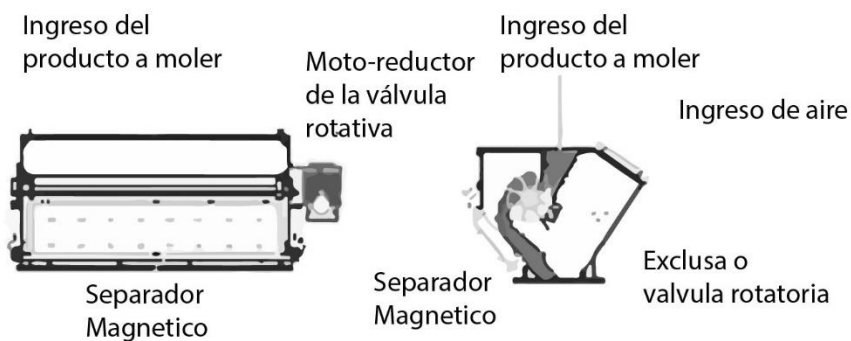


figura 6. Alimentador del molino.

Las estructuras solidas se trituran por medio de la operación de molinos de martillos para obtener la granulometría deseada tanto en forma como en tamaño y poder homogenizar el siguiente proceso. En este proceso es muy importante la criba y el tiempo de zarandeo para tener la estructura requerida. El proceso es simple, un número

determinado de martillos golpean la materia prima y la hacen pasar a través de las cribas las partículas menores al diámetro de estas.

Cuando el material alcanza el tamaño ideal, éste se expulsa por las aberturas de la criba como ya fue mencionado anteriormente. Para tener mayor eficiencia de extracción, se adicionan equipos auxiliares para asistir al Molino, La figura 7 muestra una descarga típica de un molino de martillos industrial.

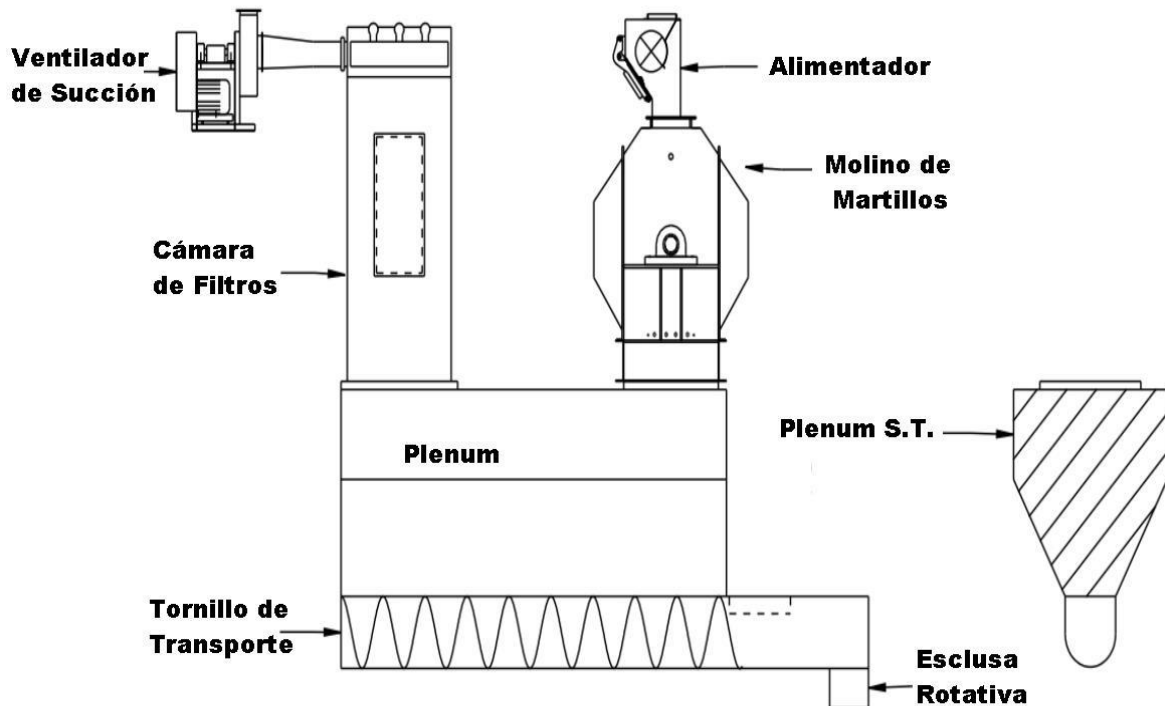


figura 7. Descarga de un molino de martillos.

La descarga inicia con el ventilador de succión que crea una corriente de aire que tiene como entrada el alimentador del molino. El objetivo de la corriente es la de refrescar el material y llevar a las partículas cercanas a la salida de la criba. En cuanto están fuera del molino, el flujo del material y aire van al Plenum, (que es una tolva que une el filtro de mangas y el molino a martillos) gracias a esto las partículas del tamaño deseado caen al Tornillo de Transporte. Las partículas muy ligeras siguen siendo transportadas por el aire, pero son capturadas por el filtro de mangas, permitiendo sólo la salida de aire limpio al exterior como se observa en la figura 8.

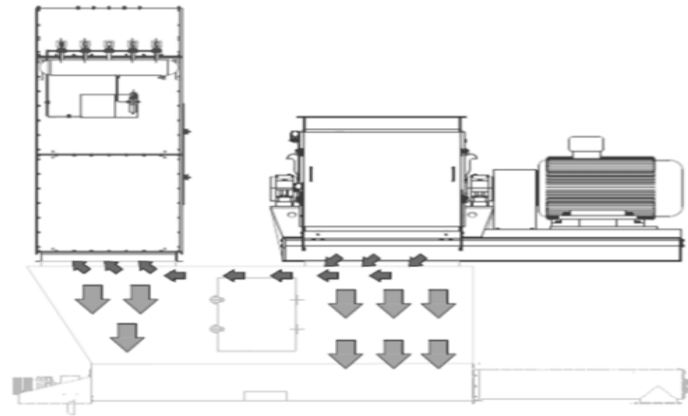


figura 8. Proceso de molienda desde el molino al filtro de mangas.

En el sistema de Molienda, según la figura 9 el filtro de manga (separador de Partículas) se encuentra entre el Molino y el Ventilador de aspiración. El ventilador aspira el material a través de las cribas asistiendo al rendimiento del molino y al pasaje de las partículas por la criba.

Además, esta aspiración también sirve para recoger el aire que entrega el rotor evitando se creen sopladuras de aire y polvo.

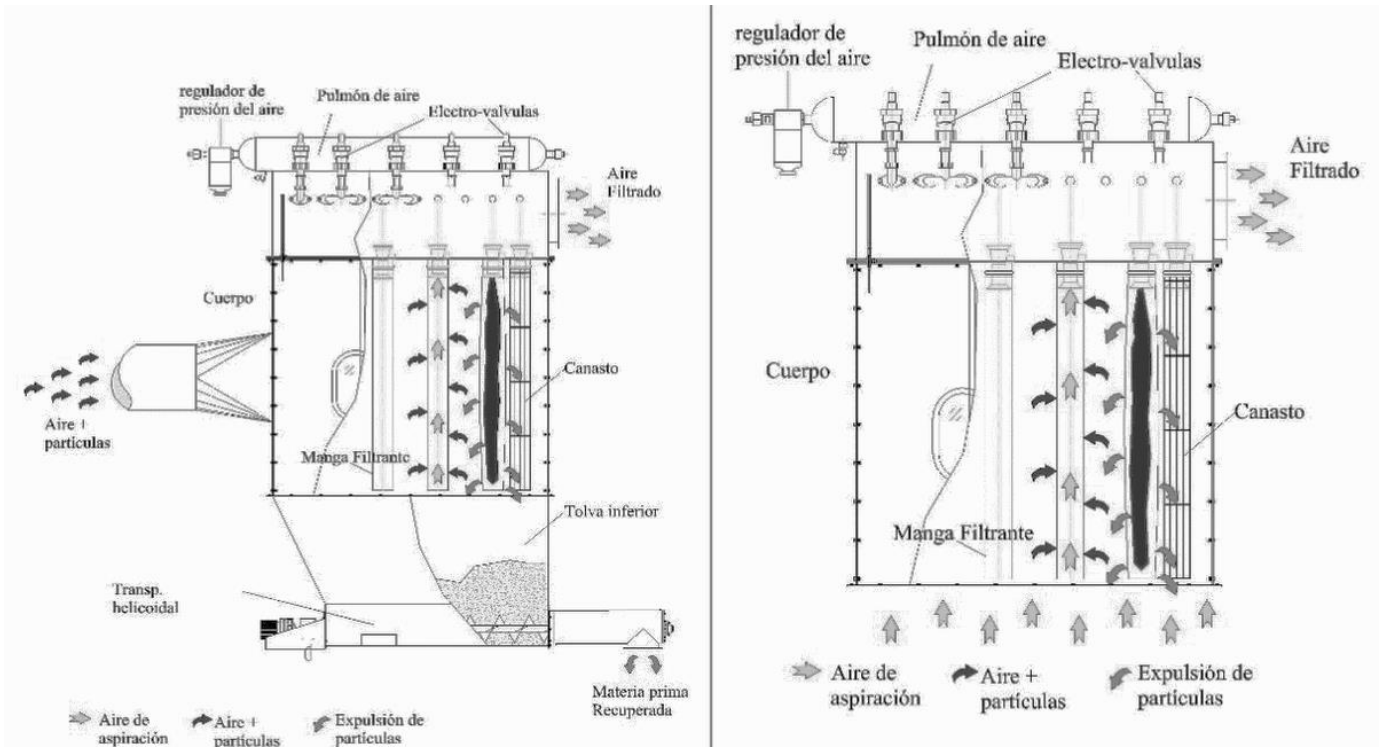


figura 9. Filtro de mangas o separador de partículas.

3.4.5 Premezclas

Luego de pasar por el proceso de molienda todos los ingredientes de gran dimensión son pesados y premezclados por mezcladoras fijas. Estas premezclas pasan por un sistema de molinos con cribas de selección o por pulverizadores. Los ingredientes mayores molidos se depositan en la tolva de mezclado y de ahí pasan a la mezcladora en donde los líquidos y las premezclas vitamínicas y otros ingredientes que no requieren ser molidos, son adicionados. Este proceso sirve para evitar las obstrucciones de malla ocasionadas por elementos altos en grasa.

3.4.6 Mezclado

En este proceso de mezcla se unen todas las materias primas, las sólidas luego de la molienda ya sean granos o pastas, se agregan las vitaminas, minerales y demás químicos, la sal, aceites, grasas y melazas. Estos ingredientes son descargados en el equipo por medio de sistemas gravimétricos o de bombeo, que son pesados en cada batch con el objetivo de crear una mezcla homogénea que cumpla la programación de la fórmula para cubrir los requisitos nutricionales de la especie en la fase de desarrollo en que se encuentre, durante un tiempo programado de aproximadamente entre 5 a 10 minutos. Es decir, la muestra debe ser igual en contenido nutricional al resto. La importancia radica en la idea de cubrir el alimento diario para el camarón. Para realizar la mezcla se tienen en cuenta diferentes tipos de ingredientes los cuales son posible definir como: ingredientes mayores, Como trigo, maíz y pescado como ingredientes de mayor cantidad y luego los de cantidad reducida como las harinas y afrechos luego tenemos los ingredientes menores, de igual manera los de mayor cantidad, es decir, minerales y luego los menores como aglutinantes, medicamentos, etc.

3.4.7 Paletizado

El Proceso de Paletización de Alimentos para Camarón es clave para el desarrollo de la industria ya que representa el 60% de la producción, consiste en comprimir o prensar las mezclas previamente acondicionadas a través de una matriz que le da forma cilíndrica, este proceso es determinante para producir un alimento denso y sumergible con todos requerimientos nutricionales de la especie.

3.4.8 Extrusión

Es importante del proceso de extrusión ya que consiste empujar la mezcla a través de los orificios de la matriz para crear los pellets con una mayor hidroestabilidad lo otorga productos con mejor calidad y los alimentos se preparan en menor tiempo de cocción, así como también se disminuyen los estragos de los nutrientes que son sensibles al calor, esto es lo que lo hace diferente al proceso de Paletizado.

3.4.9 Enfriado y secado

Lo que se pretende este proceso de enfriamiento es disminuir la temperatura, y separar la humedad y el calor del alimento balanceado, con la finalidad de prolongar la conservación del producto. El proceso está formado por una recámara vertical, donde el producto fluye por gravedad y mediante un ventilador se aspira el aire a través de las columnas donde se encuentra el alimento.

3.4.9.1 Ensacado/Expedición a granel

La producción de alimentos culmina con el proceso de pesaje y ensacado y es donde se empaqueta el producto con el principal objetivo de conservarlo hasta la venta al mercado y utilización de los clientes. Los parámetros de calidad en este proceso son esenciales ya que deben cumplir con las expectativas y las especificaciones del producto final, y es que el cliente por lo general examina el empaque, por el hecho de que proporciona la comodidad para la distribución, conservación y manipulación. El pesaje del alimento es fundamental en el proceso y la calibración cumple un papel determinante para evitar excedentes o faltantes en el empaque, por lo general los empaques son de 25 kg, también es importante la codificación, el registro de la información y con el almacenamiento del producto terminado se cierra el proceso de producción.

3.5 Inventario proceso de Molienda.

Se realizó un inventario del total de molinos que intervienen en el sistema de molienda de la industria de balanceado para camarón, de acuerdo con la tabla 4. Existen cinco molinos que operan de manera simultánea para abastecer la capacidad operativa de producción de la planta.

Tabla 4. Número de molinos en la planta de alimentos

Número de molinos en el proceso de Molienda	Año de Fabricación
Molino #1	2012
Molino #2	2013
Molino #3	2008
Molino #4	2016
Molino #5	2019

Fuente: Datos suministrados por la empresa
Elaborado por: D. Miranda & J. Padilla

A continuación, se procede a levantar la información de acuerdo los datos proporcionados por la empresa de la cantidad de fallas inesperadas que se han registrado en los últimos 12 meses y cuya causa de los paros sea en los molinos, en la tabla 5 se puede observar que la mayor cantidad de fallas se ha registrado en el molino uno, mismo equipo que tiene fecha de fabricación del 2012, seguido del molino tres, del año 2008, luego el molino cinco del año 2019, le sigue el molino dos con fecha de fabricación del año 2013, y por último el molino cuatro con fecha de fabricación del año 2016.

Se puede evidenciar que la cantidad de fallas es muy significativa dentro del proceso de producción, y representa serios problemas en la industria que requieren atención, por cuanto es indispensable establecer un cronograma de mantenimiento que pueda disminuir los mantenimientos correctivos.

	ENERO					FEBRERO					MARZO					ABRIL					MAYO					JUNIO										
Fallos comunes	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5						
Daño de criba (en la recamara del molino)	1		1				1		1		1								1		1	1								1	1					
Desbalance de molinos																													1				1			
Mangas saturadas															1																					
Rodamiento de chumacera mal estado (molino)																																				
Motor con fallas mecánicas																1																				
Fallo eléctrico		1									1		1										1						1					1		
Fallo de operadores																														1						
Atascamiento del alimentador																																			1	
Total, daños por mes	3					2					4					3					5					5										

	JULIO					AGOSTO					SEPTIEMBRE					OCTUBRE					NOVIEMBRE					DICIEMBRE									
Fallos comunes	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5					
Daño de criba (en la recamara del molino)			1											1						1															
Desbalance de molinos																																			
Mangas saturadas																									1										
Rodamiento de chumacera mal estado (molino)		1																																1	
Motor con fallas mecánicas																																			
Fallo eléctrico							1						1												1										
Fallo de operadores																				1															
Atascamiento del alimentador								1																											
Total, daños por mes	2					2					2					2					2					1									

Tabla 5. Número de fallo de los molinos en los últimos 12 meses.

En la tabla 6, se detalla de manera resumida el número de fallas que han presentado los molinos en los últimos 12 meses para mayor comprensión de los datos.

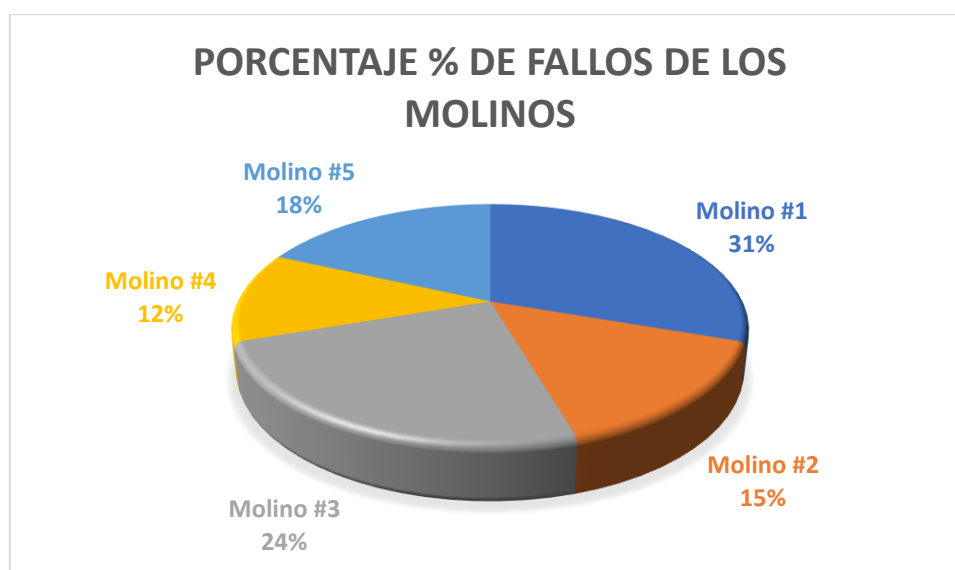
Molinos	Horas de trabajo diario	Capacidad operativa (t/h)	N° de fallos últimos 12 meses
Molino #1	22	8	10
Molino #2	22	8	5
Molino #3	22	8	8
Molino #4	22	8	4
Molino #5	22	8	6

*Fuente: Datos suministrados por la empresa
Elaborado por: D. Miranda & J. Padilla*

Tabla 6. Resumen de numero de fallos en los últimos 12 meses.

En la Figura 10. Se analiza el porcentaje de fallos de los molinos en un lapso de los últimos doce meses, en donde el molino #1 tiene un porcentaje de fallas de 31%, seguido del molino #3 con el 24%, luego el molino #5 con un 18% de fallas, le sigue el molino # 2 con un 15% y por último el molino #4 con un 12% de fallas.

Figura 10. Porcentaje de fallas de molinos en los últimos 12 meses

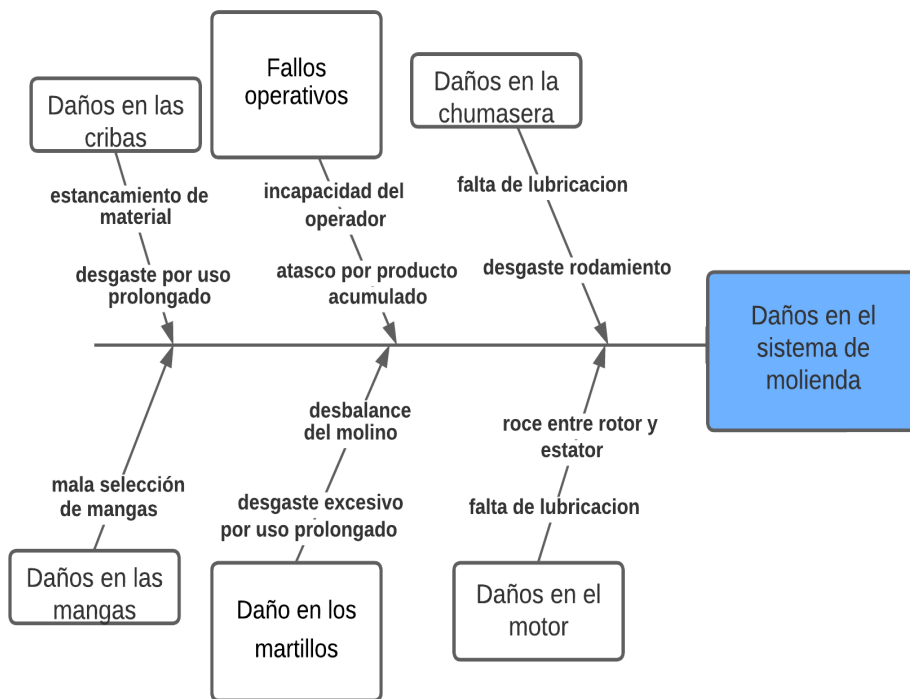


Elaborado por: D. Miranda & J. Padilla

3.6 Causas de fallos imprevistos

Para poder identificar de manera visual las principales posibles causas que podrían ocasionar un fallo, se hará uso de la herramienta de Diagrama Ishikawa indicada en la figura 11. Entre los daños más frecuentes que presentan los equipos, durante proceso de producción y desencadena en paro inesperado son:

Figura 11. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Datos suministrados por la empresa.

Elaborado por: D. Miranda & J. Padilla

Como alcanzamos a observar en el diagrama anterior se muestran los principales daños que se pueden producir en un sistema de molienda entre ellos cabe destacar la apertura de la criba ya que este elemento influye bastante en la vida útil de los martillos del molino.

Además, que de la utilidad fundamental en la producción de la planta ya que según sea el pedido se usara una abertura de criba u otra.

Otro de los factores que más paradas por mantenimiento genera es el fallo de los martillos por culpa del desgaste excesivo de los mismos se pueden ocasionar paradas

por mantenimiento realmente preocupantes de 24 hasta 48 horas lo que produce una pérdida considerable y un aumento en el lucro cesante.

3.7 Lucro cesante

Con el fin de realizar un análisis más profundo del sistema de molienda se realiza un estudio calculando el lucro cesante para la conocer la ganancia que se ha dejado de obtener en consecuencia de los tiempos de parada de los molinos.

Para calcular el lucro cesante se tiene en cuenta los siguientes valores:

$$\text{Lucro cesante} = \frac{\text{CMD} + \text{CMI} + \text{CO} + \text{DE}}{\text{TP}}$$

CMD: Costos de mano directa (personal operativo)

CMI: Costo de mano de obra indirecta (personal administrativo)

CO: Costos operacionales.

DE: Depreciación de equipos (depreciados a 10 años)

TP: toneladas de producción

Basándonos en la fórmula previamente planteada, es posible determinar el lucro cesante para cada molino. Este indicador representa la medida mínima que puede rendir una utilidad a la empresa y por lo tanto con este proyecto de tesis se busca reducir este indicador mediante un adecuado y optimo plan de mantenimiento.

Como definición el lucro cesante hace referencia a las ganancias que se dejan de percibir como consecuencia directa del hecho lesivo, es decir, como una parada de maquina debido a una falla tanto eléctrica como mecánica o incluso una inadecuada maniobra del personal operador.

Esto implica que cualquier evento que paralice un proceso industrial tal como tenemos en nuestro proyecto de tesis a consecuencia de un riesgo cubierto que denote el daño parcial o total de la maquinaria. Por lo tanto, el amparo de Lucro Cesante se activa únicamente cuando exista una pérdida física de este tipo.

A continuación, se detalla el cálculo del lucro cesante en la tabla 7:

Rubro de gastos	Personal	Salario mensual	Subtotal
GASTOS ADMINISTRATIVOS (MANO DE OBRA INDIRECTA)			
Gerente de proyectos	1	\$5.000,00	\$5.000,00
Gerente de operaciones	1	\$5.000,00	\$5.000,00
Jefe de planta	2	\$3.000,00	\$6.000,00
Jefe de mantenimiento	1	\$3.000,00	\$3.000,00
Jefe de calidad	1	\$3.000,00	\$3.000,00
Coordinadores de Mantenimiento	5	\$1.460,00	\$7.300,00
Supervisores de producción	6	\$1.450,00	\$8.700,00
Supervisores de calidad	6	\$1.250,00	\$7.500,00
SUBTOTAL-1			\$ 45.500,00
GASTOS TÉCNICOS (MANO DE OBRA DIRECTA)			
Operadores	170	\$650,00	\$ 110.500,00
SUBTOTAL-2			\$ 110.500,00
GASTOS OPERACIONALES			
Costos de mantenimiento (mensual)			\$ 200.000,00
Costos de energía eléctrica y combustible (mensual)			\$ 300.000,00
SUBTOTAL-3			\$ 500.000,00
SUB-TOTAL GASTOS			\$ 656.000,00
Depreciación de equipos			\$ 250.000,00
TOTAL GASTOS			\$ 906.000,00
PRODUCCION MENSUAL PROMEDIO (toneladas)			12000
RESULTADO LUCRO CESANTE			75,5

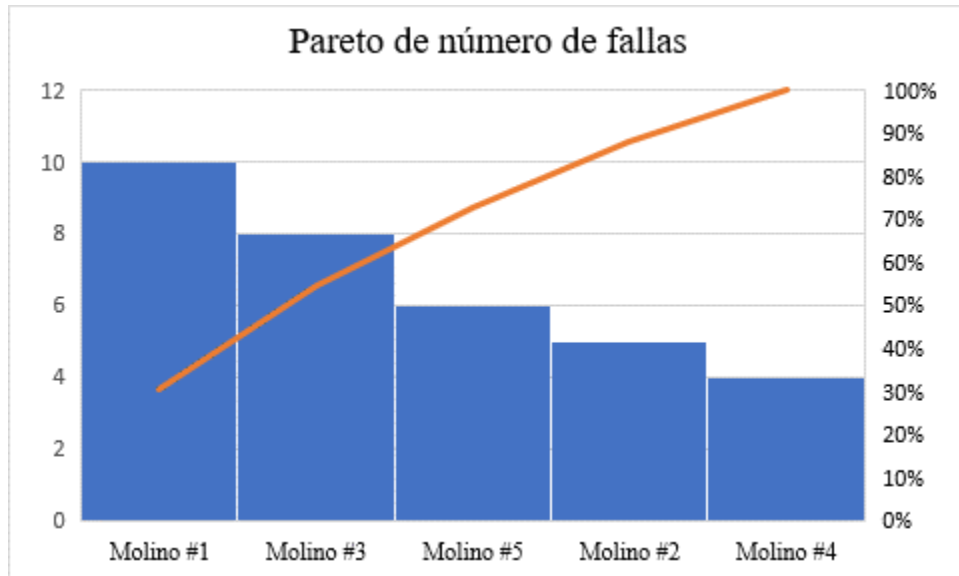
Tabla 7. Cálculo del lucro cesante.

3.8 Procedimiento de Mantenimiento

El mantenimiento de los molinos que forman parte del subproceso de mantenimiento se planificara tomando en cuenta las instrucciones por el fabricante, y es que, de acuerdo con los antecedentes de fallas presentadas en los molinos, se entiende que la planificación basada en la experiencia del operador o por voluntad propia del jefe de mantenimiento no ha sido la más adecuado.

Lo que se pretende es evitar o reducir la probabilidad de experimentar algunas fallas dentro de los equipos de la planta. Además, por ser todos los cinco molinos de la misma marca y modelo se analizará el mantenimiento para el molino uno, y se propone como alternativa replicar el plan de mantenimiento para los demás molinos existentes en el subproceso de molienda, ya que debido a las fallas que presentan requieren atención.

Figura 12. Pareto de fallos en los molinos



Elaborado por: D. Miranda & J. Padilla

Al analizar los molinos con mayor número de fallos, se pueden identificar patrones y tendencias de fallas específicas que pueden estar relacionadas con factores como el diseño del molino, la calidad de los materiales utilizados, la frecuencia de uso, el nivel de mantenimiento, entre otros.

Con esta información, se puede desarrollar un plan de mantenimiento preventivo específico para estos molinos, que incluya inspecciones, pruebas y reparaciones regulares para reducir el riesgo de fallas futuras y maximizar la disponibilidad y la vida útil de los molinos, utilizando la herramienta diagrama de Pareto, como se puede observar en el Figura 12. Por cuanto se analizará el molino #1 que es que presenta fallas más frecuentemente, como se mencionó anteriormente el plan de mantenimiento que se plantea puede ser replicada y ejecutado en los cuatros molinos restantes.

3.9 Hoja de Control de Fallos

Para poder llevar un control de fallos de los equipos se hará uso de las hojas de control, con esto se pretende recopilar información de utilidad para generar un historial de daños de la maquinaria, con el objetivo de poder planificar el mantenimiento preventivo de acuerdo con las necesidades de la maquinaria que posee la planta de alimento balanceado.

La hoja de control de fallos es una herramienta importante en una empresa de molienda de balanceado para camarones por varias razones. En primer lugar, ayuda a mejorar la eficiencia al identificar las causas de los problemas y tomar medidas para corregirlos. En segundo lugar, facilita la toma de decisiones informadas sobre cómo mejorar el proceso de producción. En tercer lugar, ayuda a mantener la calidad del producto y la satisfacción del cliente al reducir la probabilidad de errores en el producto final. Por último, permite la mejora continua del proceso al identificar patrones y tendencias en las fallas y tomar medidas para evitar que se presenten problemas en el futuro.

En el caso de la planta de alimentos balanceados, ya cuenta con un historial de daños de la maquinaria, sin embargo, el problema es que estas hojas de control de fallos no se encuentran disponibles en algunas ocasiones al momento de presentarse algún mantenimiento correctivo, haciendo que muchas veces no se registre alguna reparación que se realice. Además, el diseño de las hojas no registra toda la información necesaria para el mantenimiento, y para el historial de cada maquinaria, debido a estas razones lo siguiente es rediseñar estas hojas de control de fallos en caso de futuras reparaciones en la industria de alimentos balanceados. Con toda la información que proporciona estas hojas de historial de fallas se podrá realizar el plan de mantenimiento preventivo para las maquinarias y además la gestión de los repuestos que se necesitarían.

En la tabla 8, se puede observar el formato de la hoja de control de fallas, donde contiene la información necesaria para la realización del mantenimiento planificado, que va a hacer utilizado en la industria de alimento balanceado para camarón.

INSTITUCION		PLANTA AGROINDUSTRIAL				
REGISTRO/No DE SERIE DEL EQUIPO		HORA DE OPERACIÓN		FECHA		
REFERENCIAS APLICABLES						
No. DEL MANUAL TECNICO		UBICACIÓN		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO		
<p>Columna a: Ponga el número del artículo del Manual</p> <p>Columna b: Ponga el símbolo de condición aplicable</p> <p>Columna c: Escriba las deficiencias y defectos.</p>			<p>Columna d: Escribir la acción conectiva acerca de la deficiencia o los defectos enumerados en la columna c.</p> <p>Columna e: En esta columna van las iniciales de la persona que superviso y da V.B. a la acción correctiva al momento de terminarse.</p>			
SIMBOLOS DE LA CONDICIÓN						
<p>Una "X" Indica una deficiencia en el equipo, el equipo se considera inseguro para la operación y no es operable.</p> <p>Una "(X)" encerrada en un círculo indica un defecto en el equipo, que no es una deficiencia que debe corregirse para hacer totalmente servible.</p> <p>La línea Horizontal "—" indica que ya es tiempo de que se haga una inspección requerida, el reemplazo de componentes, la comprobación de la operación de mantenimiento.</p>			<p>Una marca diagonal "/" indica una falla, aunque no es una condición seria existe en el equipo; o que este equipo no funciona bien satisfactoriamente.</p> <p>La inicial del nombre en tinta negro azul, indica una aplicación satisfactoria de la acción correctiva existe.</p>			
NOMBRE DE RESPONSABLES LA INSPECCIÓN				Hombre/Hora		
Articulo Numero (a)	Condición (b)	DEFICIENCIA Y DEFECTOS (c)		Acción Correctiva (d)		Inicial cuando es corregido (e)

JEFE DE PRODUCCION

JEFE DE MANTENIMIENTO

Tabla 8. Hoja de control de fallas

Una vez que se ha propuesto la codificación de la maquinaria, la realización de las fichas de las máquinas y las propuestas de la hoja de registro del historial de fallos de la maquinaria en la planta, el siguiente paso que se va a realizar es establecer el cronograma de mantenimiento para que la empresa pueda llevar un registro de las necesidades que se tengan en las maquinarias; dicho cronograma debe estar dividido en dos partes o secciones las cuales son: Lista de maquinarias y actividades de las maquinarias.

Importante hay que recalcar que el mantenimiento debe ser separado en periodos ya sean estos diarios, semanales, mensuales y anuales con la finalidad de visualizar el funcionamiento o alguna falla de las maquinarias, sean estas las posibles eventualidades que se puedan presentar y en donde la empresa sabrá cómo actuar ante esta situación.

El procedimiento de mantenimiento detalla el tipo de actividad a realizar, el procedimiento a seguir, el tiempo que tomara la ejecución del mantenimiento preventivo y la clasificación, este procedimiento se realizó a cada uno de los componentes del molino.

A continuación, en la tabla 9, se detalla el procedimiento de mantenimiento, de acuerdo con la necesidad de cada parte del molino y sus elementos, que ya fueron detallados anteriormente.

Tabla 9. Procedimiento de mantenimiento del molino de martillo

Mantenimiento Preventivo molino de martillo				
Parte	Actividad	Procedimiento	Duración	Clasificación
Molino de martillos	Cambio de cribas	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Abrir puerta de la recamara • Retirar malla (criba) de la recamara • Instalar malla nueva • Cerrar puertas. • Desbloquear equipo • Encender equipo 	1 hora	Mecánico
	Cambio de martillos	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Abrir puerta de la recamara • Retirar martillos de los ejes de la recamara • Instalar nuevos martillos, debidamente pesados sus conjuntos. • Cerrar puertas. • Desbloquear equipo • Encender equipo 	4 horas	Mecánico
	Termografía	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar Termografías en el campo mediante cámara termográfica • Analizar las termografías mediante software • Enviar informe de fallos encontrados 	1 hora	Predictivo
	Análisis de vibración	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mediciones de vibración con analizador • Analizar las mediciones con los registros • Enviar informe de fallos encontrados 	1 hora	Predictivo

	Mantenimiento del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Desmontaje del motor • Ingreso al taller • Desmontaje de sus partes estator, rotor. • Cambio de rodamientos del rotor. • Limpieza, secado y barnizado del estator. • Medición de aislamiento y resistencia de los devanados del estator. • Montaje del motor. • Desbloquear equipo y encenderlo 	24 horas	Eléctrico
--	-------------------------	--	----------	-----------

Continuación de la tabla 9

Mantenimiento Preventivo molino de martillo				
Parte	Actividad	Procedimiento	Duración	Clasificación
Molino de martillos	Cambio de chumaceras	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Desacoplar molino y motor • Desmontaje de chumaceras del eje del rotor del molino • Montaje de chumaceras nuevas en el eje del rotor • Acoplar molino y motor • Desbloquear equipo • Encender equipo 	8 horas	Mecánico
	Alineación Laser	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Instalar equipo de medición laser. • Instalar naylas para alineamiento de equipo • Desbloquear equipo • Encender equipo 	1 hora	Mecánico
	Inspecciones de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar inspecciones visuales de los elementos de seguridad del equipo • Enviar informe de fallos encontrados 	1 hora	Predictivo

En la tabla 10, se han detallado las acciones a seguir para cada parte del alimentador del molino, de acuerdo con sus necesidades específicas. Esto incluye la limpieza de piezas, la lubricación de rodamientos, el reemplazo de componentes dañados o desgastados, entre otros aspectos importantes.

Es fundamental llevar a cabo estas tareas de mantenimiento en los plazos y frecuencias recomendados por el fabricante para evitar posibles fallos en el equipo. Además, es importante contar con personal capacitado y herramientas adecuadas para llevar a cabo estas actividades de manera segura y eficiente.

Tabla 10. Procedimiento de mantenimiento del alimentador

Mantenimiento Preventivo a Alimentador de molino				
Parte	Actividad	Procedimiento	Duración	Clasificación
Alimentador o molino	Termografía	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar Termografías en el campo mediante cámara termográfica • Analizar las termografías mediante software • Enviar informe de fallos encontrados 	1 hora	Predictivo
	Análisis de vibración	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mediciones de vibración con analizador • Analizar las mediciones con los registros • Enviar informe de fallos encontrados 	1 hora	Predictivo
	Mantenimiento del motor reductor	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Desmontaje del motor • Ingreso al taller • Desmontaje de sus partes estator, rotor. • Cambio de rodamientos del rotor. • Limpieza, secado y barnizado del estator. • Medición de aislamiento y resistencia de los devanados del estator. • Montaje del motor. 	24 horas	Eléctrico

		<ul style="list-style-type: none"> • Desbloquear equipo. • Encender equipo 		
	Cambio de chumaceras	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Desacoplar molino y motor • Desmontaje de chumaceras del eje del rotor del molino • Montaje de chumaceras nuevas en el eje del rotor • Acoplar molino y motor • Desbloquear equipo. • Encender equipo 	8 horas	Mecánico

A continuación, en la tabla 11, se detalla el procedimiento de mantenimiento, de acuerdo con la necesidad de cada parte del filtro de manga y sus elementos, que ya fueron detallados anteriormente.

Tabla 11. Procedimiento de mantenimiento del filtro de manga

Mantenimiento Preventivo a Filtro de manga				
Parte	Actividad	Procedimiento	Duración	Clasificación
Filtro de manga	Limpieza de mangas	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Abrir puerta de la recamara • Retirar mangas recamara • Limpiar y lavar mangas nuevas • Cerrar puertas. • Desbloquear equipo • Encender equipo 	8 horas	Mecánico
	Cambio de diafragmas	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Abrir puerta de la recamara • Cambiar diafragmas de válvulas • Cerrar puertas. • Desbloquear equipo • Encender equipo 	4 horas	Mecánico
	Balanceo ventilador	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Instalar equipo para medición del balance • Soldar pesos para balacear • Desbloquear equipo • Encender equipo 	2 horas	Mecánico
	Termografía	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar Termografías en el campo mediante cámara termográfico • Analizar las termografías mediante software • Enviar informe de fallos encontrados 	1 hora	Predictivo

Continuación de la tabla 11

Mantenimiento Preventivo a Filtro de manga				
Parte	Actividad	Procedimiento	Duración	Clasificación
Filtro de manga	Análisis de vibración	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mediciones de vibración con analizador • Analizar las mediciones con los registros • Enviar informe de fallos encontrados 	1 hora	Predictivo
	Mantenimiento del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Desmontaje del motor • Ingreso al taller • Desmontaje de sus partes estator, rotor. • Cambio de rodamientos del rotor. • Limpieza, secado y barnizado del estator. • Medición de aislamiento y resistencia de los devanados del estator. • Montaje del motor. • Desbloquear equipo. • Encender equipo 	24 horas	Eléctrico
	Cambio de chumaceras	<ul style="list-style-type: none"> • Apagar equipo • Bloquear equipo • Desacoplar molino y motor • Desmontaje de chumaceras del eje del rotor del molino • Montaje de chumaceras nuevas en el eje del rotor • Acoplar molino y motor • Desbloquear equipo • Encender equipo 	8 horas	Mecánico

Una vez que se ha realizado el procedimiento de mantenimiento preventivo se procede a realizar la propuesta en base a las necesidades existentes en la planta, a fin de reducir los mantenimientos correctivos y alargar la vida útil de los equipos.

Capítulo 4: Presentación y Discusión de Resultados

4.1 Diagnóstico de la situación actual

- A. De acuerdo con la información levantada y en base al análisis realizado se puede establecer que la industria de alimento para camarón presenta inconvenientes en el proceso de molienda, debido al no continuo mantenimiento preventivo, y esto se evidencia en los indicadores analizados en el capítulo anterior, que de acuerdo con los datos proporcionado por la empresa y a las visitas realizadas, la cantidad de fallas se ha incrementado en los últimos meses.
- B. Debido al incremento de paradas de máquinas, no se ejecutan los mantenimientos preventivos planificados, y se deben realizar mantenimientos correctivos para su funcionamiento, para lo cual se invierten varias horas de trabajo con la finalidad de dar cumplimiento con la producción establecida, lo cual genera las multas del caso por incumplimiento en la entrega del producto terminado.
- C. En términos numéricos la planta presenta en el proceso de molienda con los cinco molinos que operan, un total de 33 fallas en los últimos 12 meses, esto equivale 71,5 horas de parada de molinos, que a consecuencia se refleja en pérdidas de 572 toneladas de no producir y un lucro cesante considerable por las fallas presentadas.
- D. Se evidencia la presencia polución en el área de molienda, debido a la ausencia de un plan que permita controlar las partículas sólidas en el ambiente, lo cual deriva en una adherencia de estas a las paredes de los equipos e incluso ingresando al interior de las máquinas. Estas partículas resultantes del proceso de molienda de la materia prima es el causante de muchos de las averías en los equipos.
- E. Es importante destacar que la presencia de partículas sólidas en el ambiente de trabajo no solo afecta el funcionamiento de los equipos de molienda, sino que también puede tener un impacto negativo en la salud de los trabajadores de la planta. La inhalación de partículas finas puede causar irritación en los ojos y en las vías respiratorias, lo que a largo plazo puede derivar en enfermedades respiratorias crónicas. Además, la presencia de polvo en el ambiente puede ser un riesgo de incendio, especialmente si se trata de polvos combustibles.

4.1.2 Análisis de indicadores de mantenimiento

En el caso de estudio del molino #1 que representa el porcentaje de la disponibilidad de tiempo que el equipo va a estar operativo y en óptimas condiciones cuando sea requerido, es decir, la relación de alta disponibilidad es directamente proporcional al valor resultante que se muestra en la ecuación (1):

$$\text{Disponibilidad} = \frac{6336 - (26.5 + 153)}{6336} * 100\% = 97\% \quad (1)$$

Además, se calcula el tiempo promedio entre fallos (MTBF) que es una medida representativa para evaluar el lapso que la maquina funciona de manera correcta antes de presentar averías, es decir, mientras mayor sea el resultado más fiable es la máquina.

La Ecuación (2), muestra el tiempo que transcurre entre fallas del molino #1 que es de 26.3 días.

$$MTBF = \frac{6336 - 26.5}{10} = 630.95 \text{ horas} = 26.3 \text{ dias} \quad (2)$$

Por otro lado, el tiempo promedio de reparación (MTTR) indica el lapso que tarda el técnico en reparar la máquina, es decir el tiempo que la maquina presenta una avería hasta que tarda en su estado operativo. Esta es una medida de mantenibilidad.

En la Ecuación (3), representa el tiempo promedio de reparación el molino # 1 que es de 2.65 horas.

$$MTTR = \frac{26.5}{10} = 2.65 \text{ horas} \quad (3)$$

4.2 Caso de estudio

Las averías antes mencionadas, son una muestra del problema actual que afecta la línea de producción del proceso de molienda y en base a la tabla 12 adjunta se visualiza que la mayor cantidad de paradas se presentan en el molino 1, el cual presento 10 fallas en los últimos doce meses del año, y esto equivale a 26,5 horas de inactividad, ocasionando una pérdida de producción de 212 toneladas de materia prima, es decir por cada hora de inactividad del molino 1 se deja de producir 8 toneladas.

Tabla 12. Número de horas de paradas y toneladas perdidas 2021

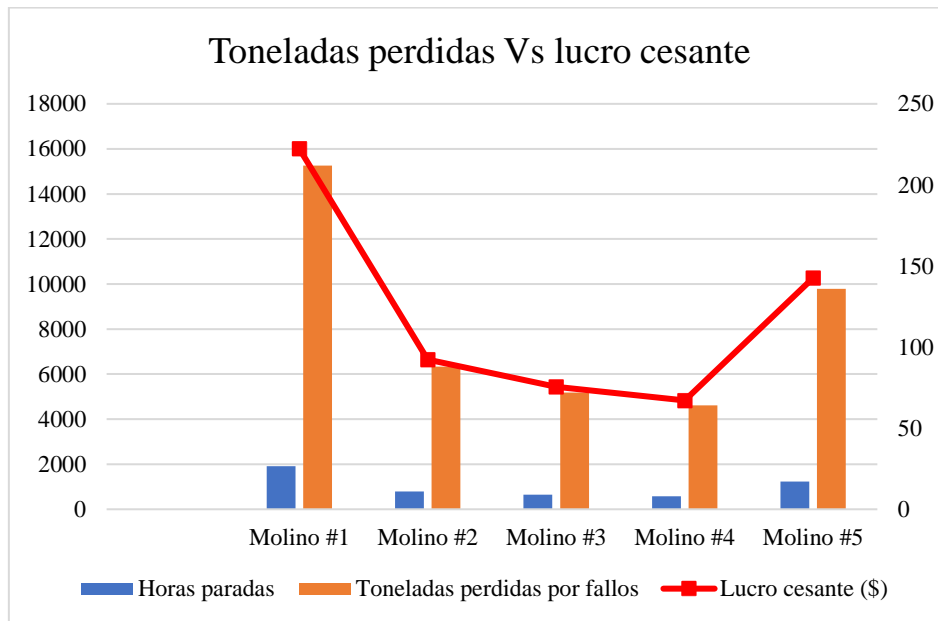
Molinos	Horas de trabajo diario	Capacidad operativa (t/h)	Fallos últimos 12 meses	Horas paradas	Toneladas perdidas por fallos	Lucro cesante (\$)
Molino #1	22	8	10	26.5	212	\$16.006,00
Molino #2	22	8	5	11	88	\$6.644,00
Molino #3	22	8	8	9	72	\$5.436,00
Molino #4	22	8	4	8	64	\$4.832,00
Molino #5	22	8	6	17	136	\$10.268,00

Fuente: Datos suministrados por la empresa

Elaborado por: D. Miranda & J. Padilla

En la figura 13, a continuación, se puede observar la comparación entre el número de toneladas perdidas y el lucro cesante que proporciona información sobre el desempeño de cinco molinos utilizados en la industria de alimentos para camarón en términos de horas de trabajo diario, capacidad operativa, fallos en los últimos 12 meses, horas paradas, toneladas perdidas por fallos y lucro cesante en dólares. El Molino #1, el cual tiene una capacidad operativa de 8 toneladas por hora, experimentó 10 fallos en los últimos 12 meses, resultando en un total de 26.5 horas paradas, 212 toneladas perdidas y un lucro cesante de \$16.006,00. Los Molinos #2, #3, #4 y #5 experimentaron un menor número de fallos en comparación con el Molino #1, aunque también tuvieron horas paradas y toneladas pérdidas significativas debido a estos fallos. En general, en la figura se puede observar una visión general del desempeño de los molinos y resalta la importancia de implementar un mantenimiento preventivo adecuado para evitar fallos costosos y reducir el lucro cesante.

Figura 13. Toneladas perdidas Vs Lucro cesante



Fuente: Datos suministrados por la empresa

Elaborado por: D. Miranda & J. Padilla

4.3 Propuesta

En el siguiente capítulo se detallará los resultados obtenidos en el diseño del plan de mantenimiento preventivo e impulsar el mantenimiento predictivo para el proceso de molienda en el cual se debe monitorear:

- Las vibraciones
- Analizar el aceite
- Realizar inspecciones visuales regulares
- Mantener un registro de datos detallado.

Al utilizar estas estrategias se pueden prevenir fallas severas que comprometan el estado de la maquinaria y con ello prolongar la vida útil de los equipos.

La propuesta de mantenimiento predictivo se basa en los siguientes puntos clave:

1. **Monitoreo de vibraciones:** Los molinos de martillo pueden generar vibraciones que pueden afectar la calidad del producto final y aumentar la probabilidad de fallas. Por lo tanto, se puede implementar un sistema de monitoreo de vibraciones que permita detectar cualquier anomalía. Se pueden utilizar sensores de vibración para medir la amplitud y la frecuencia de las vibraciones. Con los datos recopilados, se

puede realizar un análisis de vibraciones para identificar cualquier problema y programar el mantenimiento preventivo necesario.

2. **Análisis de grasa:** El aceite en los molinos de martillo se utiliza para lubricar las piezas móviles y reducir el desgaste. Sin embargo, con el tiempo, el aceite puede contaminarse con partículas de metal y otros contaminantes que pueden acelerar el desgaste del equipo. Se puede implementar un sistema de análisis de aceite para monitorear la calidad del aceite y detectar cualquier problema. Los datos recopilados se pueden utilizar para programar el mantenimiento preventivo necesario, como el cambio de aceite o la limpieza del sistema de lubricación.
3. **Inspección visual:** Una inspección visual periódica puede ayudar a identificar problemas potenciales en los molinos de martillo. Se deben inspeccionar regularmente las piezas críticas, como los martillos, las cribas y las cuchillas. Se deben buscar signos de desgaste, fisuras o roturas. Con los datos recopilados, se pueden programar el mantenimiento preventivo necesario para evitar fallas en el futuro.
4. **Registro de datos:** Es importante registrar todos los datos de mantenimiento y operación de los molinos de martillo en un sistema centralizado. Esto incluye el historial de mantenimiento, el tiempo de operación, las reparaciones realizadas y cualquier otra información relevante.

En relación con la planificación y gestión de mantenimiento de equipos, es fundamental destacar la importancia de elaborar un cronograma preciso y detallado. Para ello, es necesario tener en cuenta varios factores clave, como los resultados obtenidos en las fichas técnicas previamente recopiladas y la información proporcionada por los fabricantes de los equipos en cuanto a sus especificaciones técnicas y vida útil. Asimismo, se deben considerar los años de funcionamiento de los equipos y el tipo de operación al que están sometidos, con el objetivo de identificar aquellos que requieren un mayor control y verificación.

Es importante que el cronograma de mantenimiento contemple las diferentes necesidades de cada equipo y que se establezcan prioridades en función del riesgo asociado a su parada o mal funcionamiento. De esta manera, se pueden evitar paradas

innecesarias que puedan afectar negativamente a la productividad y a la calidad del trabajo.

4.4 Inspección diaria y regular de los equipos

Estos mantenimientos deben realizarse únicamente por parte de técnicos capacitados, no es recomendable la manipulación por parte de personal no autorizado a los mantenimientos y que no haya recibido la debida capacitación de los usos de los equipos, además se debe tener al alcance del personal de mantenimiento los manuales del fabricante.

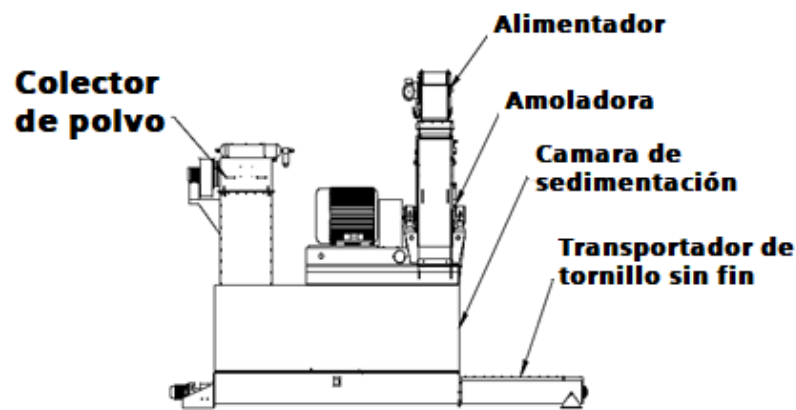


figura 14. Partes del alimentador de molino

A continuación, en la tabla 13 se detalla la lista de las principales inspecciones diarias del alimentador de molino que de acuerdo con el fabricante del equipo deben realizarse y de esta manera alargar la vida útil de la máquina.

Tabla 13. Inspección diaria del alimentador de molino

Lista de elementos de inspección diaria					
No.	Elementos	Posición de Inspección	Ciclo	Instrumento de medición	visualización
1	Máquina	Comprobar ruidos normal o anormal	Diario	sonómetro	Verificar
2	Motor de pasos	Comprobar que la temperatura sea inferior a 85 °C	Diario	HMI KTP-700 mediante termocupla	Verificar

	Motor de pasos	Comprobar ruidos normal o anormal	Diario	sonómetro	Verificar
3	Motor	Comprobar que la temperatura sea inferior a 45 °C	Diario	HMI KTP-700 mediante termocupla	Verificar
	Motor	Comprobar que el valor actual este dentro del rango nominal	Diario	HMI KTP-700	Verificar
	Motor	Comprobar ruidos normal o anormal	Diario	sonómetro	Verificar

A continuación, en la tabla 14 se detalla la lista de los principales mantenimientos regulares del alimentador de molino que de acuerdo con el fabricante del equipo deben realizarse y de esta manera alargar la vida útil de la máquina.

Tabla 14. Inspección regular del alimentador de molino

Lista de elementos de inspección regulares					
No.	Posición	Posición de Inspección	Ciclo	Método	Solución
1	Interruptor de aproximación	Compruebe el estado de luz indicadora. (on/off)	Semanal	Inspección	Reemplazar
2	Accionamiento de motor paso a paso	Comprobar funcionamiento normal	una vez cada mes	Medición	Reemplazar
3	Cojinete con pedestal	Compruebe posible fuga de aceite	Trabajando durante 1000 h	Inspección	Reemplazar
4	Dispositivo de seguridad	Verifique que las señales de advertencia sean legibles.	Cada mes	Inspección	Reemplazar
		Interruptor de seguridad	una vez cada mes	Limpieza	Reemplazar

En la tabla 15 se detallan los principales mantenimientos diarios que deben ejecutarse en el filtro de manga, los cuales incluyen la limpieza de la superficie del filtro, la verificación del estado de las bolsas y el cambio de estas si es necesario, la revisión de

las válvulas y el estado del ventilador, entre otros aspectos relevantes. Con la ejecución correcta de estos mantenimientos diarios, se garantiza un mayor rendimiento del filtro de manga y una menor probabilidad de fallas o averías en las máquinas, lo que se traduce en un ahorro económico y una mayor eficiencia en los procesos productivos.

Tabla 15. Inspección diaria del filtro de manga

Lista de elementos de inspección diaria (antes o durante cada ejecución)					
No.	Posición	Posición de Inspección	Ciclo	Método	Solución
1	Máquina	Comprobar ruidos normal o anormal	Diario	Escuchando	Verificar la estructura interna y externa
2	Burbuja de aire	Comprobar que la temperatura sea inferior a 45 °C	Diario	Termómetro	Comuníquese con el fabricante
		Comprobar que el valor actual este dentro del rango nominal	Diario	Amperímetro	
		Comprobar ruidos normal o anormal	Diario	Escuchando	
3	Manguito filtrante	Verificar acumulación de material en la superficie.	Diario	Inspección	Limpie el polvo acumulado en la superficie de la manga filtrante

Para prolongar la vida útil del filtro de manga y garantizar su correcto funcionamiento, es necesario llevar a cabo una serie de mantenimientos regulares recomendados por el fabricante del equipo. En la tabla 16 se presentan los principales mantenimientos regulares que deben realizarse, los cuales incluyen la limpieza periódica de las bolsas del filtro, la revisión y ajuste de las válvulas, el reemplazo de piezas desgastadas y la lubricación del ventilador, entre otros. Estas tareas de mantenimiento son cruciales para evitar averías y asegurar la eficiencia en los procesos productivos. Por lo tanto, es recomendable seguir rigurosamente las indicaciones del fabricante en cuanto a los mantenimientos regulares que se deben realizar en el filtro de manga.

Tabla 16. Inspección regular del filtro de manga

Lista de elementos de inspección regulares					
No.	Posición	Posición de Inspección	Ciclo	Método	Solución
1	Manguito filtrante	Compruebe si hay alguna abrasión	Semanal	Inspección	Reemplácelo cuando la manga del filtro falle
2	Manómetro de presión diferencial	Compruebe si el manómetro diferencial está averiado o no	Semanal	Inspección	Reparar o reemplazar manómetro de presión diferencial
3	Procesador de suministro de aire	Compruebe si hay impurezas y agua acumulada.	Semanal	Inspección	Limpiar las impurezas y drenar el agua acumulada
4	Válvula de solenoide	Verifique que la bobina de control y la válvula de diafragma no presenten daños	Semanal	Inspección	Reemplace la bobina y el diafragma de la válvula solenoide
5	Instrumento de control de impulsos	Compruebe si el indicador de flash y la visualización del valor son normales o no	Semanal	Inspección	Verifique o reemplace el instrumento de control
6	Dispositivo de seguridad	Verifique las marcas de advertencia por si faltan o están desgastadas	Mensual	Inspección	Pegue las marcas de seguridad de nuevo

En la tabla 17 se detalla la lista de los principales mantenimientos diarios que deben ejecutarse en el molino de martillo que de acuerdo con el fabricante del equipo deben realizarse y de esta manera alargar la vida útil de las máquinas.

Tabla 17. Inspección diaria del molino de martillo

Lista de elementos de inspección diaria (antes o durante cada ejecución)					
No.	Posición	Posición de Inspección	Ciclo	Método	Solución
1	Martillo	comprobar si hay grietas	Diario	Inspección	Reemplace con uno nuevo martillo
2	Maquina	Compruebe si hay ruido anormal	Diario	Escuchando	Revise el rotor y la correa
		Compruebe si hay alguna anomalía vibración	Diario	Detección	Revise los rodamientos en ambos fin de casualidad
3	cojinete	Compruebe si hay ruido anormal	Diario	Escuchando	Compruebe si el rodamiento necesita ser remplazado
		Comprobar si la temperatura es inferior a 35 °C	Diario	Termómetro	Reemplace el lubricante o aceite o aceite
4	Motor	Comprobar si la temperatura es inferior a 45 °C	Diario	Escuchando	Contáctese con el fabricante del motor para el mantenimiento
		Compruebe si hay ruido anormal	Diario	Amperímetro	
5	Cámara Molienda	Compruebe si hay acumulaciones de material	Diario	Inspección	Limpiar Material Acumulado en la Maquina

En la tabla 18 se detalla la lista de los principales mantenimientos regulares que deben ejecutarse en el molino de martillo que de acuerdo con el fabricante del equipo deben realizarse y de esta manera alargar la vida útil de las máquinas.

Tabla 18. Inspección regular del molino de martillo

Lista de elementos de inspección regulares					
No.	Posición	Posición de Inspección	Ciclo	Método	Solución
1	Maquina	Compruebe si hay aflojamiento de piezas de fijación	Mensual	Inspección	Apriete los sujetadores
2	cojinete	Compruebe si necesita limpieza o lubricación	Mensual	Inspección	Añadir lubricante o aceite
		Compruebe el cojinete para ver si está desgastado	Mensual	Inspección	Reemplace con un nuevo cojinete
3	Sello de cojinete de pedestal	Compruebe si hay fugas de aceite	Mensual	Inspección	Reemplazar con un nuevo sello
4	cinturones	Verifique la tensión de la cadena	Quincenal	Inspección	Ajuste la tensión de la correa y reemplace con una correa nueva si el ajuste no funciona
5	Ventilador	Verifique las condiciones de trabajo	Quincenal	Inspección	Reemplazar con un nuevo ventilador
6	Sistema Descarga	Compruebe el cierre y la condición de sellado	Quincenal	Inspección	Reemplace con uno nuevo sistema de descarga

Una vez detallada la lista de mantenimientos requeridos para los componentes de los molinos, es importante considerar la instalación de sensores que permitan un mejor control de fallos en la maquinaria. Estos sensores pueden anticipar posibles anomalías mediante el uso de alarmas, lo que permite tomar medidas oportunas para prevenir daños mayores. Tanto los mantenimientos regulares como los planificados son necesarios para asegurar el buen funcionamiento de los molinos, pero la instalación de sensores es una herramienta adicional que puede mejorar la eficiencia del proceso y minimizar costos de reparación y mantenimiento a largo plazo.

4.5 Instalación de elementos de supervisión y control

A continuación, se detalla la instalación de los elementos de supervisión y monitoreo para hacer más eficiente la producción del proceso de molienda, mediante el análisis de los datos obtenidos a través de los sensores en los equipos para así poder predecir posibles fallos, temperaturas anormales, velocidad del motor, etc. Para alimentar el sistema de monitoreo, se utilizará una fuente de 24V DC. Cada señal analógica se enviará a un PLC que utilizará tecnología IOT para convertirla en datos digitales de acuerdo con los parámetros de operación de cada equipo. De esta manera, se podrá realizar un monitoreo en tiempo real y se recibirán alarmas cuando se detecten comportamientos anormales en las funciones del equipo que puedan afectar la productividad. Esta solución facilitara el tema de mantenimientos preventivos y/o correctivos. La figura 15. ilustra como la tecnología como soporte a la industria ha optimizado los procesos de producción.

Para implementar un plan de mantenimiento predictivo en el Molino 1, se pueden colocar sensores en puntos estratégicos del equipo para monitorear variables críticas que afecten su funcionamiento, para ello se propone la ubicación adecuada de los sensores y variables a monitorear siendo los siguientes:

1. **Sensor de vibración:** este sensor se debe instalar en la base del molino para detectar vibraciones anormales que indiquen problemas en los cojinetes, ejes o engranajes.
2. **Sensor de temperatura:** este sensor debe montarse en la carcasa del motor para tener la posibilidad de monitorear la temperatura del equipo.
3. **Sensor de presión:** este sensor se debe colocar en los sistemas hidráulicos y neumáticos para monitorear la presión y detectar posibles fugas o problemas de sobrepresión en las válvulas.
4. **Sensor de flujo de aceite:** en las chumaceras del molino nos permitiría monitorear la cantidad y la calidad de la lubricación, lo que podría ayudarnos a detectar problemas de lubricación antes de que causen daños graves al molino.

Este sistema permite detectar tempranamente patrones anormales en las variables monitoreadas y generar alertas para programar mantenimiento preventivo en momentos específicos, evitando reparaciones o reemplazos costosos. Además, se podría implementar un monitoreo remoto para que los técnicos de mantenimiento reciban alertas en tiempo real y visualicen los datos para tomar decisiones informadas sobre el

mantenimiento del molino, maximizando la eficiencia, prolongando la vida útil del equipo y reduciendo los costos de mantenimiento.

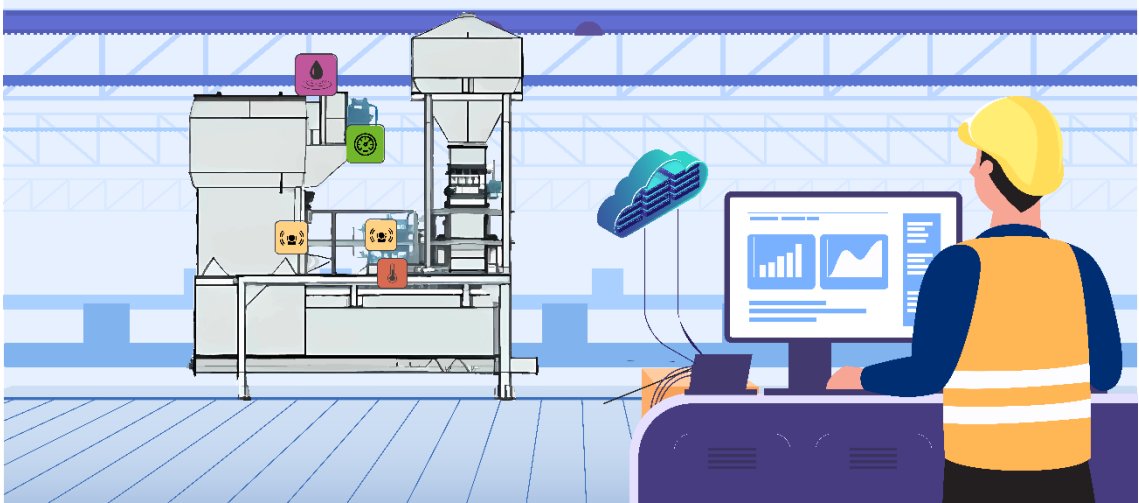


Figura 15. Supervisión Industrial
Fuente: Pick Data; 2018

Sensor de vibración

Es importante destacar que los sensores de vibración utilizados en el sector industrial varían en cuanto a su sensibilidad, rango de medición y frecuencia, lo que permite adaptarlos de manera óptima a las necesidades específicas de cada aplicación. En este caso, el sensor de vibración a instalar será el VTV121 que estará instalado en la chumacera y en el motor este nos indicará con precisión cualquier anomalía en el funcionamiento del equipo.

El sensor de vibración a utilizar contará con una señal de salida normalizada de 4 a 20 mA, lo que permitirá su fácil integración con otros equipos y sistemas de monitoreo. Además, se alimentará por una fuente de tensión de 24V y su configuración será en lazo cerrado, lo que permitirá enviar la señal analógica directamente a un PLC para su procesamiento y análisis. Con esta implementación, se espera contar con una monitorización constante y en tiempo real del comportamiento del motor del molino de martillos, lo que permitirá detectar y corregir cualquier fallo o anomalía de manera inmediata y asegurar la eficiencia y continuidad del proceso de molienda. El gráfico 4, muestra el esquema del sensor de vibración.

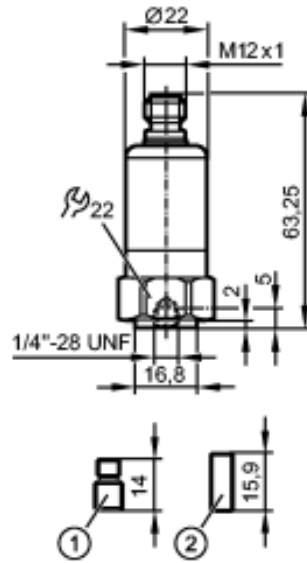


Gráfico 4. Sensor de vibración
Fuente: (Electrorboo; 2022)

La norma ISO 10816 establece que el rango de vibración normal se puede expresar en términos de la velocidad de la vibración, medida en mm/s (milímetros por segundo), en función de la velocidad de rotación de la máquina y del tipo de máquina. El rango de vibración normal para cada nivel de zona se presenta en la figura 16 siguiente:

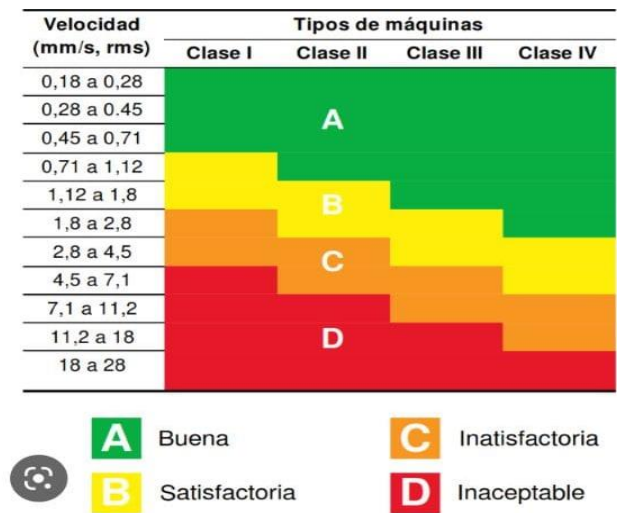


figura 16. Rangos de severidad de vibración según la norma ISO10816.

Sensor de presión

El sensor de presión de la serie 830 como se observa en el grafico 5, es una herramienta especializada para medir la presión diferencial de líquidos o gases en condiciones húmedas. Se distingue por su velocidad, ya que utiliza sensores de capacitancia que responden 20

veces más rápido que los sensores convencionales. Además, tiene puertos de purga para la eliminación completa del aire en la línea de medición y las cavidades de presión.

Este sensor puede ser colocado en un molino de martillos para monitorear la presión del aire en la cámara de molienda. De esta manera, se puede controlar la cantidad de aire en el sistema para asegurar que la molienda se realice de manera eficiente y óptima. También puede ser utilizado para monitorear la presión diferencial de los gases en el sistema de ventilación del molino, lo que ayuda a prevenir la acumulación de polvo y el deterioro del equipo.

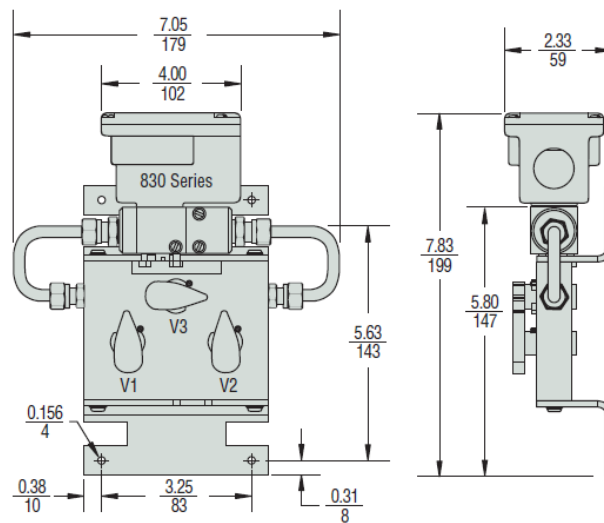


Gráfico 5. Sensor de presión
Fuente: (directindustry; 2022)

Sensor de temperatura

El sensor TS2239 detecta la temperatura y los cambios que se presentan en el entorno, sobre todo con los equipos y bandas transportadoras, ya que a mayor temperatura estos tendrán una pérdida de su eficiencia que disminuirá el índice de producción Y se instalara en la carcasa del motor. Se utilizará sensor de temperatura con sonda plana, evaluará el funcionamiento de los equipos con rangos de temperatura de 20 a 45 grados y un tiempo de supervisión de 10 sg con una precisión de $\pm 15^{\circ}\text{C}$.

La señal es enviada mediante cable de comunicación hacia el sistema SCADA, una vez la señal es registrada y analizada con los parámetros indicados en SCADA, este enviara la información a la nube (IOT), el valor de temperatura que se presenta para evitar

problemas de rendimiento de los equipos y daños en la producción. En el gráfico 6, muestra el esquema del sensor de temperatura.

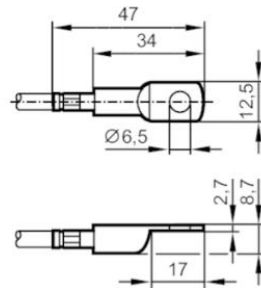


Gráfico 6. Sensor de temperatura
Fuente: (IFM; 2022)

Sensor de flujo de aceite

El sensor de flujo Eicos FH12B06 como se puede observar en la figura 17, es una herramienta diseñada para medir el flujo de aceites viscosos en aplicaciones de medio caudal. Este sensor tiene un rango de trabajo que puede ser ajustado para detectar el flujo ideal en una aplicación específica. Funciona en modo Normalmente Abierto (NA), lo que significa que la señal estará activa cuando el flujo supere el ajuste del sensor y se desactivará cuando disminuya por debajo de este.

Para instalar el sensor, se puede colocar en la línea de suministro de aceite que alimenta el molino. Ajustar el rango de trabajo del sensor es fundamental para lograr mediciones precisas y controlar el flujo de aceite adecuadamente en el molino. Con el modo NA del sensor, se logra una mayor precisión en la medición y control del flujo de aceite en el molino de martillos.

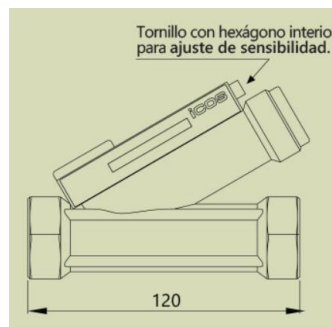


figura 17. Sensor de flujo de aceite.

Gestor de la información por medio de internet industrial

La información medida, por los dispositivos de instrumentación y control son enviados a un dispositivo SCADA el evaluara la información y la mostrara mediante

una plataforma amigable para el operador que pueda interpretar los valores obtenidos por los sensores, la sinergia de información es almacenada y transmitida en tiempo real lo cual vuelve a la solución como vanguardista. Se utilizará un modem integrador el cual cumple la función de enviar la información terminada a una base de respaldo y a su vez de transmitir la señal dentro de una plataforma interactiva como se valida en la figura 18.



*Figura 18. Sinergia de la información mediante plataforma IOT
Fuente: (Pick Data; 2018)*

Arquitectura de la información

Dentro de la arquitectura del sistema SCADA los sensores y elementos de instrumentación control son los únicos dispositivos que funcionan como emisores de señal, envían una señal digital a dispositivos PLC o RTU, estos gracias a su lógica estandarizan la señal en función a los parámetro medibles programados, la información digital es enviada a un servidor, donde almacena su información en un hardware, esta información es conocida como información del sistema y transmitida a un ordenador maestro.

Por otro lado, esta información almacenada en una base de datos es enviada mediante un modem a un sistema de almacenamiento de la nube mediante por medio de conexión wifi y accediendo a una aplicación una vez se den los accesos desde el ordenador maestro, se tendrá la visualización de una interfaz gráfica mostrando los resultados obtenidos.

Solo el ordenador maestro es el único capaz de confutar los accesos y visualizaciones de la interfaz del sistema. La figura 19 muestra las etapas de la arquitectura SCADA.

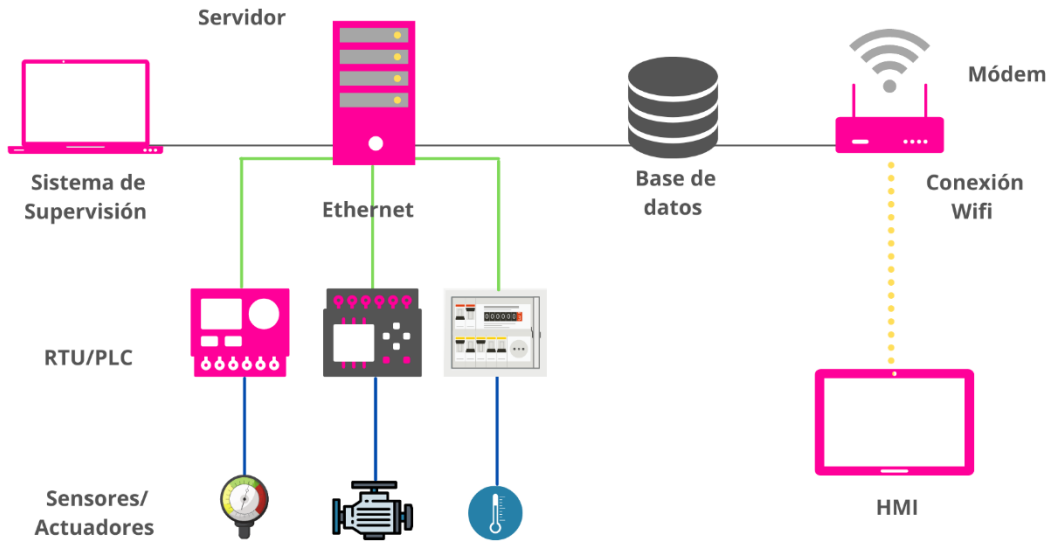


Figura 19. Comunicación sistema SCADA
Fuente: (Pick Data; 2018).

4.6 Plan de mantenimiento preventivo

FALLOS FRECUENTES	Número total de Fallos	Horas por paradas	Toneladas perdidas por fallos	Lucro cesante (\$)
Fallo eléctrico	9	17,5	140	\$10.570,00
Fallos en el motor	1	12	96	\$7.248,00
Daño de criba	13	11	88	\$6.644,00
Mangas saturadas	2	8	64	\$4.832,00
Daños en la Chumacera	2	8	64	\$4.832,00
Desbalance de molinos	2	6	48	\$3.624,00
Atascamiento del alimentador	2	5	40	\$3.020,00
Fallo operativo	2	4	32	\$2.416,00
TOTAL	33	71,5	572	\$43.186,00

Tabla 19. Fallos frecuentes en el proceso de molienda.

En la tabla 19, se detallan los daños más frecuentes que presentan los equipos, y que representan mayor cantidad de horas de parada durante proceso de molienda.


Al analizar el lucro cesante, se evidencia que el molino 1 generó una mayor pérdida económica en comparación con los demás molinos. Por tanto, es fundamental establecer estrategias y medidas concretas para minimizar este tipo de situaciones y garantizar el éxito y sostenibilidad de la línea de producción.

A continuación, se detalla el cronograma anual de mantenimientos planificados para los equipos que intervienen en el proceso de molienda. Estos mantenimientos deben realizarse con personal capacitado y siempre en pareja. Además, en anexos se agregará el formato de hoja de repuestos a utilizar, para mantener documentada la información.

4.7 Cronograma del Plan de Mantenimiento Planificado

INDUSTRIA DE ALIMENTO		PLAN DE MANTENIMIENTO PERIODICO DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA CAMARON													
		Revisado por:	dd/mm/año				Fecha de elaboracion	dd/mm/año							
Equipo	Actividad	Frecuencia	Tiempo estimado	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviemb	Diciembr
Molino de martillos	Cambio de cribas	Semanal	1 hora	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Molino de martillos	Cambio de martillos	Trimestral	4 horas	█											
Molino de martillos	Termografía	Mensual	1 hora		█		█		█		█		█		█
Molino de martillos	Análisis de vibración	Mensual	1 hora		█		█		█		█		█		█
Molino de martillos	Mantenimiento del motor	Anual	24 horas												
Molino de martillos	Medición de corriente y voltaje	Mensual	1 hora		█		█		█		█		█		█
Molino de martillos	Cambio de chumaceras	Anual	8 horas												
Molino de martillos	Alineación Laser	Anual	1 horas												
Molino de martillos	Inspecciones de seguridad	Mensual	2 horas		█		█		█		█		█		█
Alimentador	Termografía	Mensual	1 hora		█		█		█		█		█		█
Alimentador	Análisis de vibración	Mensual	1 hora		█		█		█		█		█		█
Alimentador	Mantenimiento del motor	Anual	24 horas												
Filtro de manga	Limpieza de mangas	Trimestral	8 horas	█											
Filtro de manga	Balanceo ventilador	Semestral	2 horas												
Filtro de manga	Mantenimiento del motor	Anual	24 horas												
Filtro de manga	Cambio de diafragmas	Semestral	4 horas												

Cronograma

	CRONOGRAMA DE PROYECTO DE TITULACIÓN																			
	DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO DE MOLIENDA EN UNA INDUSTRIA DE BALANCEADO PARA CAMARÓN																			
	2022				2022				2023				2023				2023			
	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	semana				semana				semana				semana				semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Análisis de Información	■	■	■																	
Levantamiento de la información	■	■	■																	
Tutorías con el Tutor	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	
Elaboración de Investigación de Plan de Mantenimiento				■	■															
Capítulo 1						■														
Revisión de Borrador por tutor							■													
Capítulo 2								■												
Marco teórico									■											
Investigación del tema										■										
Revisión de Borrador por tutor											■									
Retroalimentación de acuerdo a las correcciones												■								
Capítulo 3													■							
Plan de Mantenimiento: Estructura														■						
Plan de Mantenimiento: Correcciones															■					
Revisión de Borrador por tutor																■				
Capítulo 4																	■			
Conclusiones y Recomendaciones																		■		
Revisión de Borrador por tutor																			■	
Revisión del Proyecto																				■
Sustentación del proyecto técnico																				■

Presupuesto

PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MOLINO # 1 EN INDUSTRIA DE BALANCEADO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
SENSORES					
1	Suministro e instalación de sensor de temperatura Fuente de alimentación 24Vdc incluye acometida de control hasta PLC	U.	1,00	\$ 279,84	\$ 279,84
2	Suministro e instalación de sensor de vibración (Chumacera y motor) Fuente de alimentación 24Vdc incluye acometida de control hasta PLC	U.	2,00	\$ 716,81	\$ 1433,62
3	Suministro e instalación de medidor de corriente para ventilador (CTs + Transductor) Fuente de alimentación 24Vdc incluye acometida de control hasta PLC	U.	1,00	\$ 228,90	\$ 228,90
4	Configuración, Pruebas y puesta en marcha	GLB	1,00	\$ 3.360,00	\$ 3.360,00
5	Sensor de presión diferencial 830 series	U	1,00	\$ 50,00	\$ 50,00
6	Sensor de flujo Eicos FH12B06	U	1,00	\$200,00	\$200,00
INTEGRADOR DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA SCADA					
1	Sistema gestor de energía (PICK DATA) incluye: - Modem - 1 Servidor (Maestro) - 2TB almacenamiento digital por medio de la nube - Plataforma virtual IoT Pick Data Evo - 12 meses de acceso a la plataforma - incluye accesorios para integración y comunicación por Ethernet	GLB.	1,00	\$ 10.078,50	\$ 10.078,50
2	Licencia para 3 accesos (Visualizador)	GLB	1,00	\$ 175,50	\$ 175,50
3	Modificación de la arquitectura SCADA	GLB	1,00	\$ 2.340,00	\$ 2.340,00
OFERTA TOTAL:					\$18.145,86

Conclusiones

Una vez finalizado este proyecto técnico, se concluye lo siguiente:

- Tras analizar la situación actual del proceso de molienda y considerando las pérdidas generadas por las 33 averías presentadas en los últimos 12 meses y teniendo en cuenta los molinos que intervienen en el proceso, se hace evidente la necesidad de implementar un plan de mantenimiento adecuado. En el caso de estudio se centra en el molino #1 ya que representa la mayor cantidad de pérdidas y frecuencia de fallos. Es posible mejorar la disponibilidad que actual de 97%, así como reducir el tiempo promedio entre fallas (MTBF) de 26,3 días y el tiempo promedio de reparación (MTTR) de 2,65 horas a un menor tiempo de duración lo que se traduce en una producción continua y sin interrupciones, reducción de costos de mantenimiento y pérdidas económicas por toneladas no procesadas.
- El porcentaje que representa la inversión de \$18,145.86 USD frente a las pérdidas de \$43,186.00 USD generadas por las 71.5 horas de paradas no programadas en los últimos 12 meses es del 42.01%. Invertir en tecnología de monitoreo y control puede va a reducir los costos de mantenimiento y evitar pérdidas significativas debido a interrupciones no programadas en la producción. Además, permite una planificación más efectiva del mantenimiento, mejorando la eficiencia del proceso de molienda.
- El cronograma de mantenimiento preventivo propuesto es esencial para mejorar la eficiencia de los equipos y reducir los costos generados por paradas inesperadas. Este plan se basa en las especificaciones técnicas del fabricante, la experiencia del departamento de mantenimiento y contempla inspecciones diarias y regulares, así como la limpieza de los equipos para asegurar su correcto funcionamiento. La implementación de este plan anual permitirá reducir la frecuencia de los mantenimientos correctivos.

Recomendaciones

- Es recomendable que la planta de alimento es de reducir o eliminar la polución presente en el proceso de molienda, por medio de la instalación de una tolva de supresión de polvo para mantener el área limpia y así alargar la vida útil de los equipos.
- Se recomienda que el plan de mantenimiento a través de sensores propuesto al proceso de molienda de la planta de alimenta sean aplicados las demás áreas del proceso de producción que inicia desde el ingreso de la materia prima hasta la salida del producto final.
- Se recomienda realizar un sistema de respaldo eléctrico, para que en caso de alguna falla o apagón se pueda recurrir al abastecimiento de la energía de respaldo, para garantizar el suministro sin interrupciones mientas retorna de manera normal el flujo eléctrico.
- Se recomienda realizar los mantenimientos de acuerdo con el cronograma planificado para evitar mantenimientos correctivos debido a errores humanos. Los manuales de mantenimiento del fabricante de los equipos deben ser socializado y al alcance de todo el personal técnico.

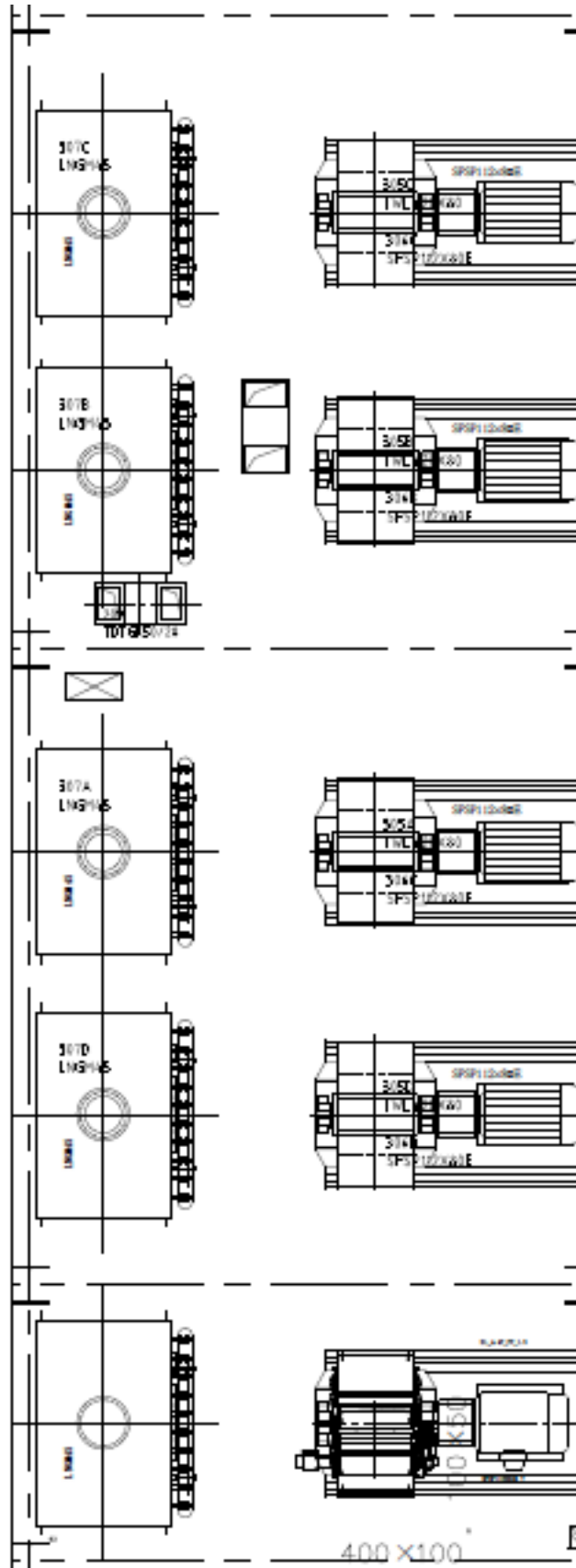
Bibliografía

- Alvarez Vásquez, O. W., & Arroyo Morocho, F. R. (28 de 06 de 2021). Análisis de la Industria 4.0 como factor diferenciador del Sector Industrial del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 3314-3324. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.533
- Salinas Anaya, Y. D., Galván Rodríguez., D. G., Guzmán Prince, I., & Orrante Sakanassi, J. A. (29 de 03 de 2022). El impacto del internet de todas las cosas (IoT) en la vida cotidiana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 1-10. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1959
- AEC. (23 de noviembre de 2019). AEC: Transformadora y Líder. (AEC) Recuperado el 05 de Diciembre de 2022, de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>
- Araque González, G. A., Gómez Vásquez, M., Vélez Uribe, J. P., & Suárez Hernández, A. H. (2021). Big Data y las implicaciones en la cuarta revolución industrial - Retos, oportunidades y tendencias futuras. *Revista Venezolana de Gerencia*, 33-47. Obtenido de <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/rvg>
- Armijos Medrano, S. (19 de Mayo de 2022). Industria de alimento balanceado mueve la economía de varios sectores. Obtenido de Editorial Vistazo: <https://www.vistazo.com/enfoque/industria-de-alimento-balanceado-mueve-la-economia-de-varios-sectores-NK1792791>
- Ayo Tarapues, J. F. (17 de junio de 2015). Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 11 de Diciembre de 2022, de BibDigital de EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10788>
- Cabrera, H. R., Rodríguez Pérez, B., León González, J. L., & Medina León, A. (2020). Ideas y conceptos básicos para la comprensión de las industrias 4.0. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 8-15. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000400008#B5
- Chachapoya Rivas, D. L. (2014). Produccion de alimentos balanceados en una planta procesadora en el Canton Cevallos. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Chaparro Sandoval , B. A. (2018). Documentación del programa de mantenimiento basado en confiabilidad de la empresa Molinos San Miguel S.A.S en la ciudad de Santa Marta. Santa Marta, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11912/5651>
- Chiguano Allauca , W. W. (2020). Desarrollo de un plan de mantenimiento en el subproceso de molienda en La Industria Harinera S. A. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

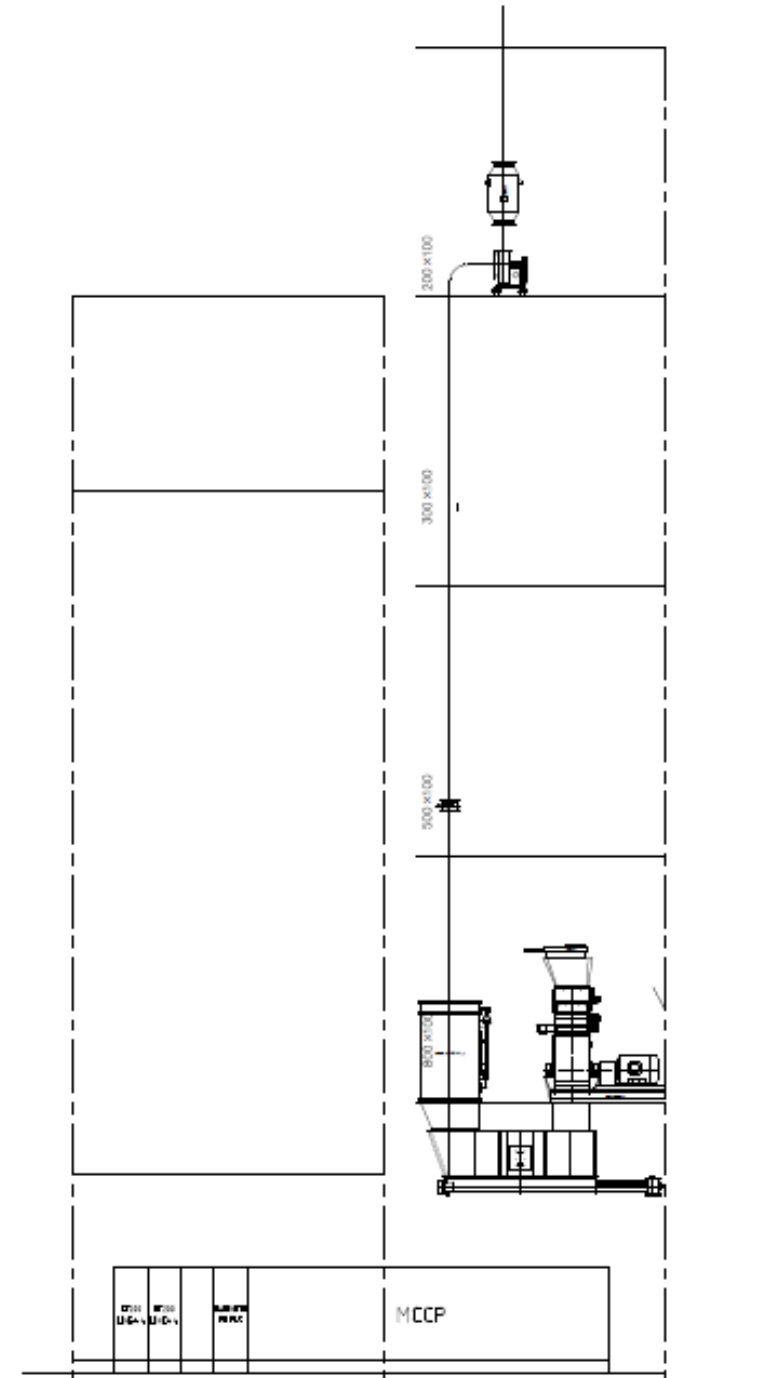
- Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31428>
- Flores Zermeño, F. J., & Cossio Franco, E. G. (2021). Aplicaciones, Enfoques y Tendencias del Internet de las Cosas (IoT):Revisión Sistemática de la Literatura. *Academia Journals*, 13(9), 1-10. Obtenido de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/543/1/Aplicaciones%20enfocoes%20y%20tendencias%20del%20IoT.pdf>
- Garcia Cordova, M. (2017). Una polémica trascendental sobre el mantenimiento Preventivo y Predictivo. *Revista de Investigaciones Sociales*, 1-11.
- Herrera Sanchez, G., Moran Bravo, L. D., Gallardo Navarro, J. L., & Silva Juarez , A. (2020). Gestión del mantenimiento y la industria 4.0. *Revista de Ingeniería Innovativa*, 18-28.
- Hidalgo Pazmiño, F. P. (2018). Desarrollo de un Manual de mantenimiento preventivo para las enderezadoras Steb de la empresa Adelca -Planta de Aceria. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Loya Ñato , D. R. (2020). Diseño de un Plan de Mantenimiento predictivo para el area de abastecimiento corte termico para la empresa SEMEDI. 2020: Universidad Tecnológica Indoamérica. Obtenido de <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1612>
- Marcillo Díaz, C. (12 de julio de 2016). ESPE. Recuperado el 11 de diciembre de 2022, de Repositorio de la ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12055/3/T-ESPE-053362-D.pdf>
- Mazzini Barros, J. P., & López Toala, J. V. (2022). Propuesta de un diseño de modelo de calidad y mejora continua, basado en las directrices de la norma internacional ISO: 9001:2015, para una Industria de Balanceado de Camarón en la Ciudad de Guayaquil. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Montoya García, S. (22 de julio de 2017). Universidad Tecnológica de Pereira. (P. .: Pereira, Ed.) Recuperado el 11 de Diciembre de 2022, de Repositorio de Universidad Tecnológica de Pereira: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3cbe2e50-016a-4225-a0ff-6918fe7d3500/content>
- Morales Criollo, C. L. (23 de julio de 2019). Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 11 de diciembre de 2022, de Repositorio de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29867/1/Tesis%20I.%20M.%20530%20-%20Morales%20Criollo%20Carlos%20Luis.pdf>
- Muñoz López, D. L. (10 de julio de 2017). Universidad Andina Simón Bolívar. Recuperado el 11 de diciembre de 2022, de Repositorio de Universidad Andina Simón Bolívar: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5999/1/T2492-MAE-Mu%c3%b1oz-Estudio.pdf>

- NutriNews.com. (29 de 10 de 2021). Obtenido de Fabricación de alimentos: importancia de la Molienda: <https://nutrinews.com/fabricacion-de-alimentos-importancia-de-la-molienda/>
- Olarte C., W., Botero A., M., & Cañon A., B. (2010). Importancia del Mantenimiento Industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et technica*, 354-356.
- Pérez Rondón, F. A. (12 de julio de 2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial, Primera(Primera)*. (E. USTA, Ed.) Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. Recuperado el 11 de diciembre de 2022
- Proaño Villacrés, A. L. (2021). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para el molino Santa Rosa de la empresa Industrias Catedral S.A. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Rodriguez Quijano, O. G. (2021). Importancia Del Big Data Para El Desarrollo De La Industria 4.0. Bogota. D.C: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/35593/1/2021omarrodriguez.pdf>
- Salas Maceda, M. D. (2022). Propuesta de de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de Prehilado e Hilado de una fabrica textil. Peru: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/578614>
- Tecnología para la Industria. (30 de Octubre de 2020). Tecnología para la Industria. (Redacción, Editor, & tecnologiaparalaindustria.com) Recuperado el 18 de diciembre de 2022, de [tecnologiaparalaindustria.com: https://tecnologiaparalaindustria.com/tendencias-para-alcanzar-el-maximo-rendimiento-de-las-maquinas-en-industrias-de-procesamiento/](https://tecnologiaparalaindustria.com/tendencias-para-alcanzar-el-maximo-rendimiento-de-las-maquinas-en-industrias-de-procesamiento/)
- Tirado Guamán, J. G. (25 de junio de 2017). Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 11 de Diciembre de 2022, de Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26544>
- Valencia Guaricela, F. T., & Espinoza Moncayo, M. A. (5 de marzo de 2019). Universidad del Azuay. Recuperado el 11 de Diciembre de 2022, de Dspace De la Universidad del Azuay: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9047/1/14692.pdf>

Planos del área y ubicación de los molinos



Plano-vista parte lateral



Fichas técnicas

Para poder llevar de manera efectiva la selección del tipo de mantenimiento que más se adapte a cada equipo en primero que se debe realizar es un inventario de los equipos que componen la planta, realizar los respectivos registros y como tenemos entendido ese inventario ya se realizó anteriormente, y puede ser tan detallada como se requiera.

Con el inventario ya elaborada y la codificación de los equipos, el paso siguiente es la realización de una ficha técnica para cada uno de los equipos que componen la planta ya previamente elaborada. Esta ficha técnica debe contener los datos más sobresalientes de cada uno de los equipos que conforman la planta. En el momento de elaborar estas fichas se debe comenzar por los equipos más significativos y luego continuar hasta terminar con la totalidad de los equipos, en este caso al tratarse de un proyecto técnico en el proceso de molienda, únicamente se realizará la ficha técnica de los equipos que intervienen en dicho proceso (Chaparro Sandoval , 2018).

En la ficha del equipo se debe anotar los siguientes datos más relevantes y significativos, y que puedan con las cuales en un futuro exista alguna avería específica o revisión de la condición de trabajo poder tener los datos más relevantes de estos equipos, tales como:

- Código del equipo
- Datos generales
- Características (especificaciones)
- Fotografía del equipo
- Repuestos críticos
- Herramientas especiales, etc.

A continuación, se detallan en la tabla 20, tabla 21 y tabla 22, la ficha técnica de los equipos que intervienen en el proceso de molienda de la industria de alimento balanceado para camarón, mismas que contienen información importante y características de los equipos, a fin de conservar de manera documentada la ficha y pueda estar al alcance cuando sea necesario a futuro alguna revisión.

Tabla 20. Ficha Técnica del alimentador de molino

INDUSTRIA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA CAMARON			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
FICHA TECNICA		Nº	1
CARACTERISTICAS GENERALES			
Alimentador del molino #1			
CÓDIGO	SFSP112X80 E C		
MARCA	FAMSUN		
Nº DE SERIE	1000741398-01		
MODELO	SFSP112X80		
COLOR	PLOMO		
PROCEDENCIA	CHINA		
UBICACIÓN	MOLIENDA		
AÑO DE ELABORACIÓN	2008		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FUNCIÓN
VOLTAJE	440 V	DIMESIONES (mm)	
FRECUENCIA	60 HRETZ	LARGO	1470
POTENCIA	0.75 kW	ANCHO	984
AMPERAJE	1.5 A	ALTO	1078
RPM	1775 RPM	PESO (kg)	1000
TEMPERATURA DE TRABAJO		Entre -10°C y +40°C	
		<p>Según la corriente de trabajo del molino de martillos, la alimentación al molino de martillos se puede controlar a través de un VFD y, por lo tanto, la apertura de la compuerta de alimentación para que el molino de martillos alcance su condición de carga completa rápidamente y funcione de manera constante bajo esta condición. Se adopta una interfaz humano-computadora humanizada para el controlador, con una operación simple y conveniente, lo que reduce significativamente la dificultad de operación para las operaciones. Se emplea una estructura de eliminación de piedras con clasificación de aire, que puede eliminar eficazmente las impurezas como la piedra. Se utiliza el dispositivo separador magnético, que puede eliminar la sustancia ferrosa del flujo de material para garantizar que se proporcione un flujo de material limpio para el molino de martillos. Se adopta un rodillo largo con cavidades poco profundas para reducir la posibilidad de que el material se atasque en la cavidad.</p>	

Tabla 21. Ficha Técnica del filtro de manga

INDUSTRIA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA CAMARON			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
FICHA TECNICA		Nº	1
CARACTERISTICAS GENERALES			
Filtro de manga del molino # 1			
CÓDIGO	SFSP112X80 E C		
MARCA	FAMSUN		
Nº DE SERIE	1000741398-01		
MODELO	SFSP112X80		
COLOR	PLOMO		
PROCEDENCIA	CHINA		
UBICACIÓN	MOLIENDA		
AÑO DE ELABORACIÓN	2008		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FUNCIÓN
VOLTAJE	440 V	DIMENSIONES (mm)	
FRECUENCIA	60 HRETZ	LARGO	760
POTENCIA	22 kW	ANCHO	1730
AMPERAJE	37 A	ALTO	2710
RPM	3650 RPM	PESO (kg)	2500
TEMPERATURA DE TRABAJO		Entre -10°C y +50°C	
		<p>Puede usarse para el pretratamiento del aire que contiene polvo, el polvo de gran tamaño se asienta en primer lugar, el polvo de tamaño pequeño se filtra a través de una manga filtrante para mejorar la vida útil de la manga; (2) Un mecanismo de montaje y desmontaje rápido fabricado con tecnología patentada para funda de tela es aplicable para mejorar el entorno operativo y la eficiencia del trabajo; (3) Con estructura tipo caja y estructura de puerta de gran apertura, es conveniente para reemplazar la bolsa de tela, mejorando el entorno de operación y la eficiencia de trabajo; (4) La válvula solenoide TDFK es más fácil de desmontar e instalar. Es posible inyectar aire en una bolsa con una válvula solenoide. Tiene una buena eficiencia de limpieza de polvo y un rendimiento confiable. (5) El instrumento de control de impulsos TKZM se adopta para controlar el funcionamiento de la válvula solenoide, de modo que se pueda lograr una regulación multicircuito con buena capacidad de ajuste, precisión y rendimiento estable</p>	

Tabla 22. Ficha Técnica molino a martillos

INDUSTRIA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA CAMARON			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
FICHA TECNICA		Nº	1
CARACTERISTICAS GENERALES			
Molino de martillos # 1			
CÓDIGO	SFSP112X80 E C		
MARCA	FAMSUN		
Nº DE SERIE	1000741398-01		
MODELO	SFSP112X80		
COLOR	PLOMO		
PROCEDENCIA	CHINA		
UBICACIÓN	MOLIENDA		
AÑO DE ELABORACIÓN	2008		
CARACTERISTICAS TÉCNICAS			FUNCIÓN
VOLTAJE	440 V	DIMESIONES	
FRECUENCIA	60 HRETZ	LARGO	2800
POTENCIA	200 kW	ANCHO	1216
AMPERAJE	310 A	ALTO	1650
RPM	1770 RPM	PESO (kg)	4230
TEMPERATURA DE TRABAJO		Entre -10°C y +40°C	
		<p>Los materiales para moler son alimentados desde la entrada en la parte superior de la máquina por un alimentador auxiliar e ingrese a la cámara de molienda desde el lado izquierdo o derecho a través de una placa guía. Los materiales se muelen gradualmente bajo el impacto de martillos, girando a alta velocidad y la acción de frotamiento contra la pantalla, luego pase a través de las aberturas de la pantalla bajo los efectos de la fuerza centrífuga y el flujo de aire antes siendo descargado de la salida en el marco de la base.</p>	