

Universidad Técnica Nacional
Sede Regional del Pacífico
Ingeniería en Producción Industrial

Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en
Ingeniería en Producción Industrial

“Optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un Plan
de mantenimiento preventivo en la Fábrica de Harinas de Centroamérica,
durante un período de 8 meses”.

Sustentantes:
José Arcadio Loría Sánchez, 603420679
Keiryn Paola Quirós Ramírez, 207650591

Puntarenas
Junio, 2021

Dedicatoria

A Dios por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera profesional, y por darme una familia que en todo momento me ha apoyado.

A mis padres, por toda la ayuda y apoyo que me han dado durante años, por su amor incondicional, su paciencia, sin su valiosa ayuda, esto no hubiese sido posible, cada uno de estos logros es por y para ellos.

A mi abuela, que ahora está en el cielo, por sus lindos gestos y preocupaciones durante este proceso.

Keiryn Paola Quirós Ramírez, 2021.

Dedico este trabajo, primera y enteramente a nuestro amado Dios, quien nos ha prestado vida, y me permitió poder culminar los estudios satisfactoriamente, llegando hasta la culminación de este trabajo.

A mis padres y familia, que han estado conmigo a lo largo de este viaje que emprendí, para poder ser profesional, por su apoyo y amor mostrado, que me impulsó a terminar y llegar a este punto, donde finalizo esta etapa de mis estudios.

Josué 1:9

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque el señor tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas”.

José Arcadio Loría Sánchez, 2021.

Agradecimientos

Agradezco una vez más a Dios, por haberme dejado llegar a este punto.

A cada uno de los profesores que han formado parte de este proceso, y a quienes les debo gran parte de mi conocimiento, de manera especial al profesor tutor, Ing. Javier Peralta Matarrita, a los profesores lectores, Ing. Saddy Guzmán Obando e Ing. Harvey Calvo Alfaro, a la directora de carrera Ing. Kathia Somarribas Quirós, por todo su apoyo y guía durante este proyecto.

A Andrés Alfonso Godínez Aguilar, por todo su apoyo y comprensión en este proceso, por su paciencia y motivación, por creer en mí y escucharme en todo momento y finalmente por ser parte importante de este logro.

A la empresa FHACASA, en especial al Departamento de Mantenimiento por toda la ayuda brindada, al asesor, el Ing. Alberth Méndez González, Jefe de mantenimiento por toda la guía que nos dio, durante la realización de este proyecto.

Keiryn Paola Quirós Ramírez, 2021.

Primeramente, le doy gracias infinitas a nuestro amado Dios, que me ha permitido estos años de estudios universitarios, que me ayudó a superar toda prueba, y traerme a este momento donde concluyo mis estudios. Reconozco y entiendo su bondad y su poder por guiarme siempre.

A mis amados padres, familiares, quienes, a través de estos años, me han dado de su apoyo incondicional, y me han animado a superarme, alentándome y siendo ejemplos en mi vida.

Al tutor, el Ing. Javier Peralta Matarrita, que dio su apoyo, en el desarrollo de este trabajo, asimismo agradezco al Ing. Saddy Guzmán Obando, quien nos orientó y asesoró para lograr la culminación de nuestro trabajo.

A los profesores que, gracias a su labor y su experiencia, pudimos adquirir conocimiento, y así lograr nuestra formación profesional.

Y, por último, le doy gracias a Fábrica de Harinas de Centroamérica y personal, jefes y encargados del Departamento de Mantenimiento, por darnos la oportunidad de realizar este proyecto en su planta, gracias porque nos suministró información, conocimientos y experiencia y así formar la base de este trabajo.

José Arcadio Loría Sánchez, 2021.

Índice de contenido

RESUMEN	xiii
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Área de estudio.....	4
1.2 Delimitación del problema.....	5
1.3 Proceso de molienda de trigo.....	5
1.4 Justificación	16
1.5 Estado de la cuestión (estado del arte).....	17
1.6 Objetivos.....	25
CAPÍTULO 2.....	26
APROXIMACIÓN AL MARCO TEÓRICO	26
CAPÍTULO 3.....	38
ESTRUCTURA METODOLÓGICA	38
3.1 Tipo de investigación	39
3.2 Alcance de la investigación.....	39
3.3 Fuentes de información	40
3.4 Instrumentos y técnicas para la recolección de datos	41
3.5 Procedimientos metodológicos de la investigación	42
3.6 Definición, operacionalización e instrumentación de variables.....	44
CAPÍTULO 4.....	47
DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	47
4.1 Cantidad de horas de paro en el molino A, de la planta de producción FHACASA. 53	
4.2 Diagrama de Pareto para equipos del Molino A	55
4.3 Cantidad de horas de paro en el Molino B, de la planta de producción FHACASA. 57	
4.4 Diagrama de Pareto para equipos del Molino B	59

4.5 Análisis de costos	63
4.6 Selección de los equipos a estudiar	64
4.7 Equipos preseleccionados para el PMP en el Molino A.	64
4.8 Equipos preseleccionados para el PMP del molino B.	65
4.9 Indicadores de mantenimiento, para los 10 primeros meses del 2019, de los molinos A y B.....	66
CAPÍTULO 5.....	67
PROPUESTA	67
5.1 Equipos seleccionados Molino A.....	72
5.2 Equipos seleccionados Molino B.....	74
5.3 Codificación de equipos.....	75
5.4 Codificación de equipos molino A	76
5.5 Codificación de equipos molino B	84
5.6 Disponibilidad operacional de los molinos A y B	89
5.6 Hojas de trabajo RCM, de los equipos de molino A	96
5.7 Hojas de trabajo RCM, de los equipos del molino B... ¡Error! Marcador no definido.	
CAPÍTULO 6.....	135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
6.1 Conclusiones	136
6.2 Recomendaciones	137
Diagrama de Gantt (Cronograma)	139
Bibliografía	140
ANEXOS	144

Índice de Figuras

Figura 1: Ejemplo de un diagrama Ishikawa.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2: Diagrama Ishikawa	50
Figura 3: Disponibilidad de los molinos A y B de los 10 primeros meses del 2019.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4: Nueva disponibilidad de los molinos A y B.	93
Figura 5: Hoja RCM, impactor.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6: Frecuencia de mantenimiento del impactor...	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7: Hoja RCM, esclusa.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8: Frecuencia de mantenimiento de la esclusa.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 9: Hoja RCM, válvula silo concreto.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10: Frecuencia de mantenimiento de la válvula silo concreto.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11 Hoja de trabajo RCM, filtro ventilador.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12: Frecuencia de mantenimiento del filtro de ventilación de aspiración.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13: Hoja RCM, Cernedor.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 14: Frecuencia de mantenimiento del cernedor.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 15: Hoja RCM, Molino T1/T2.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16: Frecuencia de mantenimiento del molino T1/T2.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17: Hoja RCM, Molino T3.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18: Frecuencia de mantenimiento del molino T3.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19: Molino T4F.	¡Error! Marcador no definido.

Figura 20: Frecuencia de mantenimiento del molino T4F. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 21: Rosca dosificadora de aditivos. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 22: Frecuencia de mantenimiento de la rosca dosificadora de aditivos. . **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 23: Soplane del filtro de harina. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 24: Frecuencia de mantenimiento del soplane del filtro de harina. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 25: Hoja RCM, Molino T3. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 26: Frecuencia de mantenimiento del molino T3. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 27: Hoja RCM, línea de esclusas. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 28: Frecuencia de mantenimiento de línea de esclusas 2. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 29: Hoja RCM, Cernedor. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 30: Frecuencia de mantenimiento del cernedor. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 31: Hoja RCM, Molino T1/T2. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 32: Frecuencia de mantenimiento del molino T1/T2. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 33: Hoja RCM, Cernedor. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 34: Frecuencia de mantenimiento del cernedor de seguridad. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 35: Procedimiento de trabajo del cernedor molino A. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 36: Procedimiento de trabajo del soplane del filtro de harina, molino A. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 37: Procedimiento de trabajo de la esclusa de la báscula de acemite, molino A.
..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 38: Procedimiento de trabajo, válvula silo concreto, molino A. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 39: Procedimiento de trabajo de la rosca dosificadora de aditivos, molino A.
..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 40: Procedimiento de trabajo, del cernedor de seguridad, molino B. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 41: Procedimiento de trabajo del Molino T1 / T2, molino B. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 42: Procedimiento de trabajo de la báscula de acemite, molino B. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 43: Procedimiento de trabajo del molino T3, del molino B. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 44: Procedimiento de trabajo del cernedor, del molino B. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 45: Recepción, descarga y transporte de trigo ... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 46: Movimiento y almacenamiento de granos ... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 47: Primera limpia de trigo..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 48: Segunda limpia de trigo..... 146

Figura 49: Proceso de limpieza de trigo 146

Figura 50: Proceso de limpieza de trigo **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 51: Molienda de trigo 148

Figura 52: Manejo de impurezas 148

Figura 53: Manejo de impurezas y subproducto..... 149

Figura 54:Confección de harina integral.....	149
Figura 55:Despacho y empaque de harinas.....	150
Figura 56: Impactor	150
Figura 57:Soplante del filtro de harina.....	151
Figura 58: Molino T1/T2	151
Figura 59:Esclusa de la báscula de acemite	¡Error! Marcador no definido.
Figura 60: Molino T3.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 61: Válvula silo concreto	152
Figura 62: Filtro del ventilador de aspiración.....	153
Figura 63: Molino T4F	¡Error! Marcador no definido.
Figura 64: Rosca dosificadora de aditivos.....	154
Figura 65: Equipos planta FHACASA.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 66: Nivel 1, planta de producción	172
Figura 67: Nivel 2, planta de producción	173
Figura 68: Nivel 3, planta de producción	174
Figura 69: Nivel 4, planta de producción	175
Figura 70: Nivel 5, planta de producción	176
Figura 71: Sótano, planta de producción.....	177

Índice de tablas

Tabla 1: Cuadro de Variables.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2: Cantidad de horas de paro en el molino A.....	55
Tabla 3: Cantidad de horas de paro en el molino B..	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4: Análisis de costo por paros en los molinos A y B.	63
Tabla 5: Costo de oportunidad.	63
Tabla 6: Equipos preseleccionados para el PMP del molino A	64
Tabla 7: Equipos preseleccionados para el PMP del molino B.	65
Tabla 8: Indicadores de mantenimiento Molino A y B.....	66
Tabla 9: Definición tipo de modo de falla.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10: Equipos seleccionados Molino A.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11: Equipos seleccionados Molino B	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12: Codificación de equipos.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13: Ejemplo codificación de equipos.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14: Codificación de equipos.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15: Ejemplo codificación de equipos	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16: Codificación de equipos.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 17: Ejemplo codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 18: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 19: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 20: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 21: Ejemplo codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 22: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 23: Ejemplo codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 24: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.

Tabla 25: Ejemplo codificación de equipo	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 26: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 27: Ejemplo codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 28: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 29: Ejemplo codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 30: Codificación de equipo	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 31: Ejemplo de codificación.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 32: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 33: Ejemplo de codificación.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 34: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 35: Ejemplo de codificación.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 36: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 37: Ejemplo de codificación.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 38: Codificación de equipo.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 39: Ejemplo de codificación.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 40: Disponibilidad de los molinos A y B de los 10 primeros meses de 2019.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 41: Proyección de la nueva disponibilidad.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 42: Análisis de costo económico.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 43: Costo de oportunidad propuesto.	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general diseñar una propuesta de mantenimiento preventivo en la empresa FHACASA/ Fábrica de Harinas de Centroamérica, mediante la técnica RCM (Mantenimiento centrado en la fiabilidad), con el fin de maximizar el tiempo de operación de los equipos; por lo que la investigación propuesta busca contribuir a la regulación efectiva de la gestión del mantenimiento y diseñar una técnica de mantenimiento preventivo para que la empresa tenga una producción más eficiente, de manera que pueda tener seguridad y control de los equipos existentes.

Metodológicamente, la investigación se desarrolla con un enfoque mixto, dicha estructura consiste en la observación y en el análisis, lo cual hace referencia al método cualitativo. También se utilizan números para analizar y comprobar los datos recolectados, de tal forma que hace referencia al método cuantitativo.

Se determinó la cantidad de mecanismos existentes, se extrajo un histórico de fallas del sistema GMA (Gestión de Manufactura Automatizado), de los 10 primeros meses del 2019, para posteriormente realizar un diagrama Pareto, que evidencie cuáles son los equipos que generan mayor problema en los procesos de la empresa y de esta forma poder analizarlos con una hoja de trabajo RCM, donde se estudia algunos aspectos importantes, como función, fallas funcionales, modos de falla, partes, subpartes, causas y acciones preventivas, para de esta forma generar rutinas de mantenimiento que prolonguen la vida útil de los equipos, prevenga su deterioro físico, garantice la seguridad de los trabajadores y la conservación del medio ambiente.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Las empresas avanzan en su posicionamiento competitivo por medio de esfuerzos, acciones y decisiones orientadas a garantizar sistemas y activos operando de manera eficaz; clientes y usuarios satisfechos; riesgos reducidos; mínimos incidentes ambientales y costos óptimos. Por ende, el mantenimiento se considera un componente fundamental para el buen funcionamiento de la empresa, repercutiendo directamente en su proceso productivo.

FHACASA / Fábrica de Harinas de Centroamérica es una empresa dedicada a la industria alimentaria, en la elaboración de harina de trigo, que busca la más alta calidad en sus procesos de producción y, para esto, es necesario contar con un plan de mantenimiento preventivo que contribuya a la optimización del proceso y, además, a una mayor disponibilidad y confiabilidad en los equipos, para de esta manera obtener ventajas competitivas.

Es por esta razón que en el presente proyecto se va a diseñar una propuesta de mantenimiento preventivo, con el fin de mantener una funcionabilidad óptima en los equipos y así disminuir las 6 grandes pérdidas en las que una organización puede incurrir por la falta de un plan de mantenimiento preventivo adecuado, las cuales son: Pérdidas por averías en los equipos, pérdidas debido a preparaciones, pérdidas provocadas por tiempo de ciclo en vacío y paradas cortas, pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida, pérdidas por defectos de calidad, recuperaciones y reprocesados y pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo.

Con un adecuado plan de mantenimiento preventivo se pueden disminuir dichas pérdidas, lo que indudablemente le generará a la organización evitar paradas inadecuadas y por ende pérdidas de dinero, permitiéndole de esta manera obtener una mayor disponibilidad y funcionabilidad de los equipos, que le genere ventajas

competitivas y además le permita posicionarse como una empresa de alta calidad en el mercado.

Es importante destacar que en el presente trabajo se va a diseñar una propuesta de mantenimiento preventivo, para esto se tomará un histórico de fallas del sistema GMA (Gestión de manufactura automatizado), de los 10 primeros meses del 2019, de cada equipo. En este histórico se verán la cantidad de horas de paro de cada dispositivo, para posteriormente realizar un diagrama de Pareto, y poder atender los equipos que generen un mayor problema y afecten la producción, de los mecanismos seleccionados para el diseño del plan de mantenimiento, se llenará una hoja de trabajo RCM, donde se detalla el análisis correspondiente a cada activo de la empresa, en esta se estudiarán, las funciones, modos de fallas, fallas funcionales, partes, subpartes del equipo, causas y acciones correctivas.

1.1 Área de estudio

El presente proyecto es realizado en la planta de producción de la empresa FHACASA / Fábrica de Harinas de Centroamérica, específicamente en el departamento de mantenimiento, lo cual permite realizar un amplio estudio, que lleve a cabo el análisis de los diversos factores que provoquen problemas o fallas en dicho departamento, con el fin de aplicar herramientas que mejoren esos inconvenientes y así poder lograr una mayor disponibilidad y tiempo de operación de los equipos, que le permita reducir costos de mantenimiento y producción.

Mediante la metodología RCM (Mantenimiento centrado en la fiabilidad), se diseñará el mantenimiento preventivo. Por medio de un diagrama de proceso se atenderán los equipos de mayor criticidad, definidos por el departamento de producción, serán estos los equipos que formaran parte del plan de mantenimiento preventivo, estos equipos se codifican según su área de proceso, se dividirá en sistemas y subsistemas, para identificar las causa que ocasionan los fallos, se hará un análisis detallado del funcionamiento de las máquinas, y se determinarán las consecuencias de cada modo de fallo.

Cuando se determine las consecuencias de cada modo de fallo de las máquinas que se hayan definido como críticas, se le definirán las medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

1.2 Delimitación del problema

El proyecto se realiza en la planta de producción de FHACASA / Fábrica de Harinas de Centroamérica, específicamente en el departamento de mantenimiento, en el cual laboran 17 personas; durante el 2020. Dicho proyecto consiste en el diseñar una propuesta de mantenimiento preventivo, donde se analicen diversas variables como lo son: disponibilidad y funcionabilidad de los equipos, frecuencia con la que cada mecanismo debe ser revisado, duración de las órdenes de mantenimiento.

Esto con el fin de optimizar el funcionamiento de los equipos y obtener una mayor disponibilidad de estos, para disminuir distintos fallos que se pueden presentar por la falta de un plan de mantenimiento preventivo adecuado, como lo son las averías y fallos.

Cabe destacar que el proyecto se encuentra normativamente en el área de Ingeniería en Producción Industrial, donde es posible aplicar diversos conocimientos y herramientas; como, por ejemplo, producción, operaciones, que facilitan el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, en la empresa FHACASA / Fábrica de Harinas de Centroamérica.

1.3 Proceso de molienda de trigo

1.3.1. Generalidades

El trigo limpio y húmedo, una vez que ha cumplido con su reposo, es extraído de los silos de acondicionamiento por medio de los dosificadores y es trasladado por medio de transporte horizontal y vertical a una máquina llamada despuntadora. Esta máquina tiene como objetivo eliminar los residuos de polvo, acumulados en la ranura

del grano. En este paso el trigo es sometido a una agitación por medio de rascadores que giran a alta revolución dentro de un cilindro compuesto por una malla metálica con orificios de medida inferior al tamaño del grano y por medio del cual el grano queda adentro del cilindro y el polvo atraviesa la malla.

Posteriormente, el trigo pasa por un sistema de aspiración (Tarara), el cual sirve para separar del trigo la basura liviana extraída de la despuntadora. Finalmente, si se requiere, se puede adicionar agua al trigo para completar la humectación de la capa exterior del grano, el cual es llevado a un depósito, comúnmente llamado “Depósito T-1”, en el cual permanece por aproximadamente 5 minutos antes de iniciar el proceso de molienda. Este proceso de limpieza es conocido también como “Segunda Limpia”.

El trigo ya preparado, se extrae del depósito T-1 y es pesado en una báscula electrónica que controla las cantidades ingresadas al molino. Inmediatamente después, el flujo de trigo pasa por un imán que captura el material ferroso presente, como tuercas, tornillos y similares que pudiesen causar daños a la maquinaria y al producto.

El proceso de molienda lo podemos separar en las siguientes etapas principales:

- Sistema de Roturas (trituración).

- Clasificación de los productos por cernido.

- Purificación de sémolas.

- Sistema de Reducción (compresión).

- Pasajes colectores.

- Producto Terminado y subproductos.

1.3.2. Sistema de Roturas (Trituración)

Conocidos también como trituradores, son la primera fase del proceso de molienda. Se inicia cuando el trigo limpio y acondicionado llega al primer banco T1.

El sistema de roturas tiene de 4 a 5 bancos de molienda, según sea el diseño (son los T1, T2, T3, T4 grueso y fino, T5 grueso y fino (según el caso). Un banco de molienda consiste en dos cilindros paralelos, muy cerca entre sí, que rotan en direcciones opuestas por donde el producto pasa y es molido. El sistema de roturas posee cilindros con estrías para cortar el trigo y producir sémolas, semolinas, harinas y hojuelas de afrecho con endospermo. El producto molido pasa a clasificarse para sus correspondientes pasajes en los cernedores, que son máquinas de oscilación cuya función es cernir y clasificar el producto molido. Forman parte del sistema de rotura los cepillos, que consisten en un rotor con cuchillas que raspan el afrecho contra una malla metálica de forma cilíndrica, para desprender la harina que se encuentre pegada en las capas interiores del afrecho.

La alimentación del producto dentro de los bancos es a través de dos rodillos alimentadores que pueden ajustarse para que abra o cierre el paso de producto, a fin de mantener siempre una cortina regular a lo largo de la alimentación. Algunos bancos pueden variar la velocidad de los cilindros alimentadores mediante un diferencial de engranajes o variadores de velocidad que poseen. Bajo los cilindros existen cepillos raspadores que limpian las estrías, sujetos al sistema mediante un mecanismo que separa los cepillos de los cilindros al momento de desembragar. Aquí se genera un proceso continuo y repetitivo: molienda-cernido-molienda.

1.3.3. Clasificación de los Productos (Cernido)

Por medio de transporte neumático (aire), el trigo triturado se traslada a otra máquina llamada cernedor, cuya función es clasificar los productos de molienda. Es una máquina importante dentro del proceso de molinería. Los cernedores utilizan como principio de separación la diferencia en tamaño. Consisten en una pila de tamices de diferentes orificios por donde el producto se tamiza. Lo que pasa el tamiz es recogido por una bandeja y lo dirige a una salida a través de las paredes. Otros productos van de salida a través de las puertas. El movimiento de la pila de tamices es circular y hacia adelante por la acción de un contrapeso. Cada pila de tamices se conoce como pasaje. Los pasajes tienen diferentes salidas para diferentes productos según sea su diagrama.

Dependiendo del número de pasajes de rotura y del número de clasificaciones que se hayan diseñado para estas sémolas, así será el número de diferentes tamices que se necesiten y se ubiquen en el cernedor. Para los molinos se dispone de un diagrama proporcionado por el fabricante que se elaboró de acuerdo con las especificaciones generales de nuestros productos.

Los productos de los pasajes de rotura siempre son una mezcla de:

- Partículas gruesas de cáscara con endospermo aún adherido a ellas (producto grueso del sistema de roturas).
- Partículas finas de cáscara con endospermo aún adherido a ellas (producto fino del sistema de roturas).
- Sémolas (que pueden ser gruesas, medianas o finas).
- Semolinas (que pueden ser gruesas o finas).

- Harinas.

Las sémolas de diferentes tamaños que van desde el banco de rotura al cernedor son clasificadas de la siguiente manera:

- Sémolas gruesas 1,110 - 590 micrones (20 - 36).
- Sémolas finas 590 - 340 micrones (36 - 60).
- Semolina gruesa 340 - 212 micrones (60 - 6N).
- Semolina fina 212 – 150 micrones (6N - 9N).

Los productos clasificados por el cernedor se muelen por separado en los bancos de trituración o compresión, dependiendo de su granulometría. La función de los bancos de trituración (T-1 al T-5) es romper el grano y los productos gruesos que contengan gran cantidad de cáscara, mientras que la función principal de los bancos de compresión (C-1 al C-10) es moler las partículas de sémola para convertirlas en harina.

Las harinas producidas son apartadas del proceso de molienda y van a un transportador que las recoge.

1.3.4. Sistema de Reducción

El objetivo del sistema de reducción es convertir las sémolas ya purificadas en harina. Este proceso se hace en varios pasos por las razones siguientes:

- a) Con el objeto de mantener las características de panificación es necesario mantener una molienda suave y reducción de forma gradual, ya que la presión de la molienda hace cambiar las características del gluten y el almidón del endospermo.

- b) Con el objeto de procesar sémolas de diferentes granulaciones, contenidos de ceniza y calidades en forma separada, ya que de esa forma la reducción es más eficiente y los productos con calidades similares pueden agruparse mejor.

El sistema de reducción utiliza cilindros lisos en sus bancos de molienda con el objeto de evitar reducir partículas de afrecho o germen junto con la harina. La configuración de los bancos es igual a la del sistema de rotura, a excepción que los cilindros son lisos y se limpian con cuchillas y no con cepillo.

La mayoría de los diagramas divide el sistema de reducción de la siguiente manera:

Primera Calidad	C 1 a C 3
Segunda Calidad	C 4 a C 6
Tercera Calidad	C 7 a C 8
Cuarta Calidad	C 9 a C 10

Debido a la presión de los cilindros y a la humedad que contiene el producto, bajo los bancos del sistema de reducción existen máquinas auxiliares conocidas como disgregadores (de impacto) y desatadores (de tambor). Su tarea es la de deshacer hojuelas que se forman cuando el producto es comprimido, y de esa forma previenen el desplazamiento de producto en los cernedores. Al mismo tiempo ayuda a incrementar la extracción de harina. La compresión de los cilindros desde el C1 al C10

debe de ser suave, a fin de evitar calentamiento en los cilindros, que repercutan en la calidad de la harina.

Los productos molidos son cernidos después de cada pasaje de reducción. Si el producto contiene partículas de afrecho o germen, éstas son clasificadas antes que alcancen los tamices de harina. La abertura de los tamices de harina es seleccionada de acuerdo con la granulación que se desea, cuidando que la harina tenga el mínimo de pekar.

1.3.5. Pasajes Colectores

Muchos productos que provienen de la salida de los pasajes del sistema de reducción contienen todavía partículas de endospermo con afrecho o germen, y que tienen poca diferencia en cuanto a su granulación y su calidad. De estos productos se puede todavía sacar harina para mantener máximos resultados en cuanto extracción se refiere. Estos productos se recogen y se envían a pasajes colectores.

Los pasajes colectores generalmente son el C4, C7 y C10. Ellos siempre son equipados con cilindros lisos, para aplastar el germen y reducir el endospermo sin dañar las numerosas partículas de afrecho.

1.3.6. Producto Terminado

En cada uno de los pasajes de molienda anteriormente descritos, las harinas producidas son recolectadas a un transporte de tornillo sin fin. A las harinas se les agregan vitaminas y otros aditivos para la panificación. Existen diferentes máquinas dosificadoras que agregan al final del transportador de tornillo de las harinas. Las

cantidades para dosificar van en función del flujo de harina que se esté produciendo, y las concentraciones las define el Laboratorio de Aseguramiento de Calidad.

Al final del transportador de tornillo, existe un mezclador intensivo que contribuye a que todas las porciones de harina provenientes del sistema de molienda junto con sus ingredientes se mezclen homogéneamente.

Forma parte de este sistema de producto terminado un cernedor de control. Es normal que tamices de harina se averíen debido al desgaste, o que se rompan por cualquier objeto extraño que llegue a ellos. Si eso ocurriera, partículas de afrecho u objetos extraños pueden alcanzar el transportador de harina, pero serán separados en el cernedor de seguridad.

Las harinas antes de pasar al silo de producto terminado son pesadas a través de una báscula. Esta báscula además de registrar la cantidad de harina producida registra la extracción de harina con respecto al trigo que entró al proceso. La extracción técnica se conoce como la relación porcentual entre los datos de la báscula de harina y los datos de la báscula de entrada al proceso conocida como T1.

La harina ya pesada pasa a través de un desinfestados con el objeto de asegurarse que huevos de insecto no alcancen el silo de harina junto con el producto terminado. Los desinfestadores de harina, conocidos también como esterilizadores, son máquinas que trabajan con altas revoluciones y golpean la harina a través de su fuerte carcasa.

Finalmente, las harinas pasan hacia los silos de producto terminado. El transporte es por medio de sistemas de presión de aire (sistemas neumáticos de desplazamiento positivo).

Cuando las harinas alcanzan el silo, el aire tiene que aspirarse para que los silos no se presuricen. Hay filtros especiales con manguillas que evitan que se contamine el medio ambiente, así como también recuperan partículas finas de harina que se incorporan al proceso.

El Subproducto de la Molienda se clasifica en acemite y salvadillo de trigo, los cuales son pesados a través de una báscula y luego se trasladan por medio de transporte mecánico y neumático al silo donde permanecerán de manera temporal hasta ser empacados en sacos o despachados directamente en camiones a granel. En el caso del germen, por ser poca su extracción, se empaca directamente después del proceso de molienda.

1.3.7 Tipos de Harina

a) Harina Fuerte

La harina fuerte es aquella que se destaca por su alto rendimiento en la elaboración de pan de volumen, es decir, el pan de molde, pan baguette o cualquier tipo de pan que requiera crecimiento, gracias a su contenido proteínico de alta calidad. Los factores climáticos en el cultivo del trigo influyen de manera directa sobre la cantidad y calidad de estas proteínas, siendo la harina fuerte obtenida de una variedad de trigo que se siembra durante la primavera y se cosecha en el otoño (estaciones de Norte América). Es de color blanco y se compone de almidón (65 -70%), agua (12.5 - 14%), proteínas que en este tipo de harina están en un rango del 11.5 a 13.5%, materias grasas (1.2-1.4%) y materias minerales (0.50-0.62%).

Dentro de la familia de Harinas Duras producidas en los molinos se encuentran las siguientes especialidades:

- Harina Fuerte.
- Harina Extra-Fuerte.
- Harina Hariflor.
- Harina Fuerte Bimbo T1.
- Harina Silver Winter.

b) Harina Semifuerte

La harina semifuerte es aquella que se caracteriza por ser de calidad intermedia entre una harina fuerte y una suave. Esto radica en que el porcentaje de proteínas es inferior en cantidad y calidad con relación a la harina fuerte. Los factores climáticos en el cultivo del trigo influyen de manera directa sobre la cantidad y calidad de estas proteínas. La harina semifuerte se obtiene de una variedad de trigo que se siembra durante el invierno y se cosecha durante la primavera (estaciones de Norte América). Es de color blanco y se compone de almidón (65-70%), agua (12-14%), proteínas que en este tipo de harina están en un rango del 9.5 a 11.5%, materias grasas (1.2-1.4%) y materias minerales (0.50 - 0.62%).

Este tipo de harina se utiliza básicamente para la elaboración de productos de repostería como hojaldres, panes dulces, etc. Esto se debe a que este tipo de productos no requieren mayor crecimiento o volumen en sus procesos, por lo que el porcentaje de proteínas resulta suficiente para su elaboración.

Dentro de la familia de Harinas Semifuertes producidas en los molinos se encuentran las siguientes especialidades:

- Harina Semifuerte Sin Aditivos.
- Harina Semifuerte Con Aditivos.
- Harina Semifuerte T3.
- Harina Semifuerte Hojaldre.

c) Harina Suave

La harina Suave es aquella que se caracteriza por ser de baja Proteína. Los factores climáticos en el cultivo del trigo influyen de manera directa sobre la cantidad y calidad de estas proteínas. La harina suave se obtiene de una variedad de trigo que se siembra durante el invierno y se cosecha en primavera (estaciones de Norte América). Es de color blanco y se compone de almidón (65-70%), agua (12-14%), proteínas que en este tipo de harina están en un rango del 8.5 a 10%, materias grasas (1.2-1.4%) y materias minerales (0.50 - 0.62%).

Este tipo de harina se utiliza básicamente para la elaboración de productos de repostería como pasteles, galletas, etc. Esto se debe a que este tipo de productos no requieren mayor crecimiento o volumen en sus procesos, por lo que el porcentaje de proteínas resulta suficiente para su elaboración.

Dentro de la familia de Harinas Suaves producidas en el Molino se encuentran las siguientes especialidades:

- Harina Suave.
- Harina Silver Cakes.
- Harina Suave C .

d) Harinas Integrales:

La harina base es Fuerte y se obtiene de bodega de producto terminado. El acemite y el salvadillo se obtienen directamente del molino.

Lleva Los ingredientes mencionados al área del empaque de integrales donde se encuentra una mezcladora. Luego vierte los ingredientes según las proporciones establecidas en la hoja de especificaciones y se mezclan durante 15 minutos. Al terminar el proceso de mezclado lleva una muestra al laboratorio para su validación. Empaca manualmente, coloca el código que identifica este producto y lo pasa por el detector de metal.

1.4 Justificación

FHACASA / Fábrica de Harinas de Centroamérica es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de harina de trigo, como tal se diseñan y fabrican tres tipos de harina: Harinas fuertes, son aquellas que se destacan en la elaboración de pan de volumen; harinas semi fuertes, son aquellas que se utilizan para pastas hojaldres y reposterías, se destacan en una posición intermedia entre una harina fuerte y una suave y harinas suaves son aquellas que se caracterizan por ser de baja proteína dedicadas a la producción de galletas.

Los procesos de fabricación se realizan con el objetivo de obtener harinas de alta calidad y para ello es necesario contar con un plan de mantenimiento preventivo que contribuya a la optimización del proceso de producción, y a la vez permita una mayor disponibilidad y confiabilidad en los equipos.

Con un plan de mantenimiento preventivo debidamente establecido e implementado, muchos de estos inconvenientes podrían ser subsanados, evitando paradas por mantenimiento correctivo de equipos y pérdidas de dinero, debido

a que al realizar un mantenimiento únicamente correctivo se dan tiempos improductivos, además de que tal vez no se cuente con los repuestos necesarios para realizar la reparación o el cambio, asimismo de incurrir en costos mayores y reducir la vida útil de los equipos.

Por otra parte, cabe mencionar que una adecuada técnica de mantenimiento, indica la frecuencia adecuada, en la que un equipo debe ser intervenido antes que suceda el fallo.

Es por esta razón que en este proyecto se busca diseñar una propuesta de mantenimiento que prevenga al máximo los problemas de las máquinas en la empresa FHACASA / Fábrica de harinas de Centroamérica, para preservar el funcionamiento de los equipos y evitar al máximo los inconvenientes en el proceso de la producción de harinas.

Hay que tener en cuenta que el tener un método de manutención preventivo, no implica saber exactamente cuándo y cómo puede ocurrir un desperfecto mecánico, sino reducir la posibilidad de paros inesperados de la maquinaria antes de que ocurran.

1.5 Estado de la cuestión (estado del arte)

En este punto se realiza una recolección y análisis de los aportes más importantes ejecutados en diversos estudios o publicaciones, sobre planes de mantenimiento preventivo en diversas plantas de producción.

Cabe destacar que el Departamento de Mantenimiento en una organización es de suma importancia, ya que mantiene en funcionamiento los equipos, y de esta forma

puede aumentar la productividad y disminuir los costos. Medrano, & González, (2017)

señalan:

El mantenimiento se considera como una actividad fundamental para asegurar la disponibilidad necesaria de los equipos, edificios e instalaciones. De ello depende en gran medida que la planta física se conserve en buenas condiciones de operación.

El mantenimiento debe considerarse como una parte integral e importante en la organización que maneja una fase de operaciones.

La dependencia del departamento de producción con el Departamento de Mantenimiento aumenta con la complejidad del equipo que se utiliza hoy en día en la industria. El costo del mantenimiento representa una parte importante del costo total de la producción. Por ello este departamento debe de contar con personal calificado (ingenieros, técnicos, etc.) en las diferentes disciplinas, a fin de atender día a día todas las tareas del turno (p.10).

El mantenimiento preventivo de los equipos en una organización es de suma importancia, ya que permite obtener una mayor disponibilidad y funcionabilidad de los mecanismos, permitiendo de esta manera una mejor optimización en los procesos productivos. Medrano, (2017) destacan:

El mantenimiento preventivo pretende reducir en lo posible las interrupciones y depresión excesiva de las propiedades de una

empresa, al conservar el equipo, maquinaria o instalación en óptimas condiciones de operación. Como hemos mencionado, la intervención de este tipo de mantenimiento es prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla, por lo que su implementación permite detectar y corregir el origen de posibles fallas en lugar de repararlas cuando ya se han producido.

Para que la aplicación del mantenimiento preventivo resulte costeable deberá estar bien planeado y aplicado. Por ello todo programa de mantenimiento preventivo se debe revisar de forma continua con el fin de hacerlo más eficiente (p. 66).

En toda empresa se busca preservar las máquinas y equipos de producción, ya que, en un eventual reemplazo, el costo puede ser elevado. Vargas, (2010) sostiene:

Los programas de mantenimiento más efectivos se enfocan en garantizar la vida útil del activo, evitando las fallas o minimizando sus consecuencias, lográndose esto mediante el uso de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Entre las estrategias empleadas actualmente, que han beneficiado mayormente a las empresas, se encuentran la atención priorizada en la mejora de la confiabilidad operacional (p.3).

Para el presente proyecto de graduación, el objetivo principal es la optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un plan de

mantenimiento preventivo, basado en la técnica RCM (Mantenimiento basado en la fiabilidad).

Los ingenieros Luis Bejarano y Andrés Fernández de la Universidad Libre de Colombia en Bogotá, en su tesis de pregrado de Ingeniería Mecánica “Modelo de optimización para el mantenimiento proactivo de los equipos para la producción de leche U.H.T de la Cooperativa Colanta S.A basado en RCM”, plantean como modelo de optimización para los planes de mantenimiento actual, el mantenimiento proactivo mediante la metodología RCM. Esto les permitió encontrar la confiabilidad actual de la planta y lograr hacer las modificaciones necesarias a los planes de mantenimiento. Sin embargo, el concepto de mantenimiento proactivo no se está siendo del 100% de acuerdo con lo que dice la literatura, solo están aplicando la metodología de mejora continua, para encontrar las causas que ocasionan una confiabilidad de la planta entre el 50% y el 70%, esto sin emplear rutinas de inspección basadas en condición (Vibraciones, Ultrasonido, entre otras) que permitan eliminar las causas de los problemas (Clavijo & Bueno, 2015). (p.42).

Cabe mencionar que FHACASA/Fábrica de Harinas de Centroamérica, cuenta con un departamento encargado de revisar y controlar todas las tareas relacionadas al mantenimiento de los equipos, que permite analizar las fallas que se puedan presentar.

En la tesis de maestría en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia llamada “Optimización de la programación del mantenimiento de activos de transmisión de energía en ambientes altamente restrictivos y mercado regulado” del ingeniero Héctor Fabio Mejías Restrepo, quien en el 2014 elaboro esta tesis, con el fin de encontrar un nuevo enfoque para la programación del mantenimiento en todas sus modalidades. Encontrando que la clave para un mantenimiento exitoso radica en la buena planificación y programación de las tareas a realizar (Mejías, 2014). (p.27).

Por otra parte, cabe mencionar que el mantenimiento es una parte esencial y que está directamente relacionado con la producción de la empresa, ya que si un equipo falla, la producción se ve afectada, por eso, este tipo de mantenimiento busca realizar las revisiones en el momento adecuado y antes de que ocurra la falla.

En la Journal of Food Engineerin de marzo de 2009, los ingenieros Tsarouhas, Varzakas y Arvanitoyannis escribieron para esa revista el artículo de investigación llamado, “Reliability and maintainability analysis of strudel production line with experimental data – A case study”. Este artículo buscó explicar la afectación que tiene la falla de un equipo cuando este trabaja en línea con los demás, desencadenando aguas abajo y aguas arriba el paro total del proceso de producción que se esté llevando en ese momento, y la caída del

indicador de confiabilidad del área. Debido a lo anterior se tiene en cuenta la importancia de hacer un análisis de confiabilidad y mantenimiento para encontrar las verdaderas causas de la avería y poder hacer una recolección de datos que permita trazar un plan de seguimiento para eliminar la causa raíz del problema (Tsarouhas, Varzakas, & Arvanitoyannis, 2009).

Es importante mencionar que la falta de un plan de mantenimiento adecuado en la organización puede generar diversos problemas, ya que se da un aumento en los costos tanto de mantenimiento como de producción.

En el artículo de investigación llamado “Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC” de la revista energética del 2009 y escrita por el ingeniero Alberto J. Hung C. Se habla de cómo utilizaron el RCM para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en las unidades de generación, debido a que la parada solo tenía una función reactiva dentro de la empresa y era programado de acuerdo con las sugerencias de los fabricantes. Esto les ocasionó aumento de costos dentro de su presupuesto debido a cambios de elementos que todavía estaban en buenas condiciones (Hung, 2009).

Las empresas deben de establecer tareas en el Departamento de Mantenimiento para que los equipos funcionen de una manera adecuada, y de esta

forma se genere una mayor disponibilidad de mecanismos, que permitan aumentar la productividad.

“Maintenance Maturity Assessment: A Method and First Empirical Results in Manufacturing Industry”. Este es el nombre que le dieron los ingenieros Marco Macchi, Luca Fumagalli, Paolo Rosa, Klodian Farruku y Matteo Gasparetti en el 2007 a su artículo de investigación, el que buscaba conocer el grado de madurez del Departamento de Mantenimiento y poderlo clasificar en cinco niveles. Este grado de madurez se encontraba mediante una encuesta en donde evalúan las innovaciones tecnológicas que el Departamento de Mantenimiento utiliza para realizar sus actividades, las políticas de mantenimiento, entre otras variables que determinan a la empresa dentro de un nivel de confiabilidad. (Macchi, Fumagalli, Rosa, Farruku, & Gasparetti, 2011).

Es importante mencionar que la empresa FHACASA / Fábrica de Harinas de Centroamérica, no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo adecuado, debido a que no se tienen objetivos bien definidos, ya que se dedican más que todo al mantenimiento correctivo, cuando se presenta alguna falla, el siguiente artículo resume como diseñar un plan de mantenimiento preventivo adecuado

La revista energética publicó en el 2008 el artículo llamado “Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de

diagnóstico integral o MBC. Resultados finales y evaluación económica” de los ingenieros Pedro L. Hernández, Miguel Carro, Juan Montes de Oca, Luis García y Sergio J. Fernández. Este documento es una recopilación de varias referencias bibliográficas de artículos de investigación Cubana en donde el mantenimiento integral es el punto de partida para la introducción al mantenimiento basado en condición, el cual se fundamenta en la obtención de la relación fallas - variables de estado de diagnóstico a partir de las matrices de fallas y la de parámetros fundamentales óptimos, haciendo uso de todas las técnicas del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) (Hernández, Oca, Fernández, & Enero, 2008).

1.6 Objetivos

Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo en la Fábrica de Harinas de Centroamérica, mediante la técnica RCM (Mantenimiento centrado en la fiabilidad), que permita la maximización del tiempo de operación de los equipos.

Objetivos Específicos

1. Determinar las máquinas de la empresa que formarán parte del plan de mantenimiento preventivo, mediante un diagrama de proceso, atendiendo los equipos de mayor criticidad.
2. Identificar las causas que ocasionan los modos de fallo en los equipos, realizando un estudio detallado del funcionamiento de los mecanismos, determinando las consecuencias de cada modo de fallo.
3. Definir las medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos, con el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo, de forma que se promueva una disminución en los tiempos improductivos.

CAPÍTULO 2

APROXIMACIÓN AL MARCO TEÓRICO

El mantenimiento es una de las tareas más importantes en la organización, ya que el mismo optimiza el funcionamiento de los equipos, y por ende se logra una mayor productividad, García, (2009 – 2012) sostiene que el mantenimiento procura conservar los equipos con un adecuado funcionamiento, para de esta manera obtener una alta disponibilidad con el mejor rendimiento posible:

El término “mantenimiento” se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en EE. UU. En Francia se fue imponiendo progresivamente el término “entretenimiento”. El concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción (ENTRETENIMIENTO) hasta la concepción actual del MANTENIMIENTO con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos con el fin de optimizar el coste global (p. 2).

Actualmente existen diversos tipos de mantenimiento, entre ellos: el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo y el mantenimiento predictivo, el presente proyecto se basa en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, Gamarra, (2013) señala los diversos tipos de mantenimiento existentes, y destaca que el mantenimiento preventivo se divide a su vez en sistemático, el cual toma en cuenta la criticidad de cada mecanismo y condicional o predictivo, el cual está subordinado a un acontecimiento predeterminado.

Por otro lado, es importante mencionar que un plan de mantenimiento preventivo es un sistema que busca realizar inspecciones a los equipos, para evitar cualquier fallo que pueda presentarse, Duffuaa, (2010) señala que el mantenimiento

preventivo, es un conjunto de tareas realizadas con anterioridad, para identificar las causas del problema y hacerles frente para obtener un óptimo desempeño.

El mantenimiento preventivo mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos. Este mantenimiento también es conocido como mantenimiento planificado, mantenimiento proactivo o mantenimiento basado en el tiempo pues se trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos, aquí el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo (p.9).

Cabe destacar que cada tipo de mantenimiento tiene un objetivo dentro de la organización, Azpik (2018) describe que el objetivo principal del mantenimiento preventivo es mitigar los problemas que se puedan presentar en los equipos, para de esta manera prevenir los fallos antes de que ocurran.

Por otra parte, es de suma importancia indicar que existen diversas técnicas para la elaboración de un plan de mantenimiento, entre ellas: Mantenimiento productivo total (TPM), mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM), entre otras.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará la herramienta, mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM), la cual combina prácticas y estrategias de mantenimiento, analizando los efectos que causarán los fallos al proceso.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación,

es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios, pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento. El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados: (Rodríguez, 2014).

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta (p. 143).

Para diseñar un plan de mantenimiento preventivo con la técnica RCM, (Mantenimiento centrado en la fiabilidad), en una organización, se deben de seguir una serie de fases, las cuales se detallan a continuación:

FASE 1: Definición clara de lo que se pretende implantando RCM.

Determinación de indicadores, y valoración de estos antes de iniciar el proceso.

FASE 2: Codificación listado de todos los sistemas, subsistemas y equipos que componen la planta.

El segundo paso es listar los equipos de planta para conocer el inventario.

FASE 3: Estudio detallado del funcionamiento del sistema.

Completar esta fase significa detallar todas las funciones que tiene el sistema que se está estudiando, cuantificando cuando sea posible como se lleva a cabo esa función.

Para que el sistema cumpla su función cada uno de los subsistemas de este, deben funcionar correctamente. Para ello, será necesario listar también las funciones de cada uno de los subsistemas.

Por último, cada uno de los subsistemas está compuesto por una serie de equipos. Dado que algunos subsistemas tienen gran cantidad de equipos, se deberá detallar las funciones de los equipos significativos de este.

Se obtendrán entonces tres listados de funciones:

- Las funciones del sistema en su conjunto.
- Las funciones de cada uno de los subsistemas que lo componen.
- Las funciones de cada uno de los equipos significativos de cada subsistema.

FASE 4: Determinación de fallos funcionales y técnicos.

Un fallo es la incapacidad de un ítem para cumplir alguna de sus funciones. Por ello se dice en el apartado anterior que sí se realiza correctamente el listado de funciones, es muy fácil determinar los fallos: tendrá un posible fallo por cada función que tenga el ítem (sistema, subsistema o equipo) y no se cumpla.

Se definirá como fallo funcional aquel fallo que impide al sistema en su conjunto cumplir su función principal.

Un fallo técnico es aquel que, no impidiendo al sistema cumplir su función principal, supone un funcionamiento anormal de una parte de éste. Estos fallos, aunque de una importancia menor que los fallos funcionales, suponen funcionamientos anormales que pueden tener como consecuencia una degradación acelerada del equipo y acabar convirtiéndose en fallos funcionales del sistema.

FASE 5: Determinación de los modos de fallo.

Una vez determinados todos los fallos que puede presentar un sistema, un subsistema o uno de los equipos significativos que lo componen, deben estudiarse los modos de fallo. Se podría definir 'modo de fallo' como la causa primaria de un fallo, o como las circunstancias que acompañan un fallo concreto.

Cada fallo, funcional o técnico, puede presentar múltiples modos de fallo. Cada modo de fallo puede tener a su vez múltiples causas, y

estas a su vez otras causas, hasta llegar a lo que se denomina ‘causas raíz’.

No obstante, la experiencia demuestra que, si se trata de hacer un estudio tan exhaustivo, los recursos necesarios son excesivos. El análisis termina abandonándose con pocos avances. Por tanto, es importante definir con qué grado de profundidad se van a estudiar los modos de fallo, de forma que el estudio sea abordable y técnicamente factible.

FASE 6: Análisis de la gravedad de los fallos (Criticidad).

El siguiente paso es determinar los efectos de cada modo de fallo y, una vez determinados, clasificarlos según la gravedad de las consecuencias.

La primera pregunta por responder en cada modo de fallo es, pues: ¿qué pasa si ocurre? a partir de esta explicación, se establece las consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, para la producción y para el mantenimiento. Se considerarán tres posibles casos: Fallo crítico, importante y tolerable.

En lo referente a la seguridad y al impacto medioambiental del fallo, se considera que el fallo es crítico si existen ciertas posibilidades de que pueda ocurrir y ocasionar un accidente grave, bien para la seguridad de las personas o bien para el medioambiente. El fallo es

importante si, aunque las consecuencias para la seguridad y el medioambiente fueran graves, la probabilidad de que ocurra el fallo es baja. Por último, se tomará el fallo como tolerable si tiene poca influencia en estos dos aspectos.

En cuanto a la producción, se puede decir que un fallo es crítico si el fallo supone una parada de planta, una disminución del rendimiento o de la capacidad productiva y, además, existe cierta probabilidad de que el fallo pudiera ocurrir. Si la posibilidad es muy baja, aunque pueda suponer una parada o afecte a la potencia o al rendimiento, el fallo debe ser considerado como importante. Y, por último, el fallo será tolerable si no afecta a la producción, por lo que esto se puede considerar de una manera despreciable.

FASE 7: Determinación de medidas preventivas.

Determinados ya los modos de fallo del sistema que se analiza y clasificados estos modos según su criticidad, el siguiente paso es determinar las medidas preventivas que permiten bien evitar el fallo o bien minimizar sus efectos. Desde luego, este es el punto fundamental de un estudio RCM.

Las medidas preventivas que se pueden tomar varios tipos: tareas de mantenimiento, mejoras, formación del personal, modificación de instrucciones de operación y modificación de instrucciones de mantenimiento. Es aquí donde se ve la enorme potencia del análisis

de fallos: no sólo se obtiene un conjunto de tareas de mantenimiento que vitarán estos fallos, sino que además se obtendrán todo un conjunto de otras medidas, como un listado de modificaciones, un plan de formación, una lista de procedimientos de operación necesarios.

En las tareas de mantenimiento se harán inspecciones visuales, lubricación, verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos propios del equipo y verificaciones del correcto funcionamiento realizado con instrumentos externos del equipo. En las tareas condicionales se incluirán limpiezas condicionales, ajustes convencionales y cambios de piezas. En las tareas sistemáticas se harán limpiezas ajustes y sustitución de piezas.

FASE 8: Agrupación de las medidas preventivas.

Determinadas las medidas preventivas para evitar los fallos potenciales de un sistema, el siguiente paso es agrupar estas medidas por tipos (tareas de mantenimiento, mejoras, procedimientos de operación, procedimientos de mantenimiento y formación), lo que luego nos facilitará su implementación.

- Plan de Mantenimiento. Era inicialmente el principal objetivo buscado. El plan de mantenimiento lo componen el conjunto de tareas de mantenimiento resultante del análisis de fallos.

- Lista de mejoras técnicas a implementar. Tras el estudio, se tendrá una lista de mejoras y modificaciones que es conveniente realizar en la instalación.
- Actividades de formación. Estarán divididas normalmente en formación para personal de mantenimiento y formación para personal de operación.
- Lista de Procedimientos de operación y mantenimiento a modificar. Se generará una lista de procedimientos a elaborar o a modificar, que tienen como objetivo evitar fallos o minimizar sus efectos. Como ya se ha comentado, habrá un tipo especial de procedimientos, que serán los que hagan referencia a medidas provisionales en caso de fallo.

FASE 9: Puesta en marcha de las medidas preventivas.

- Implementación de mejoras técnicas: La lista de mejoras obtenida debe ser presentada y abalada a la Dirección de la planta para su realización. Habrá que calcular el coste que supone y solicitar algunos presupuestos. También habrá que exponer y calcular los beneficios que se obtienen de la implementación de cada una de ellas.
- Puesta en marcha de las acciones formativas: El RCM tiene como objetivo la solución a problemas tangibles, y, por tanto, se traducen rápidamente en una mejora de los resultados.

- Puesta en marcha de cambios en procedimientos de operación y mantenimiento: Para la implementación de estos cambios en procedimientos de operación y mantenimiento es necesario asegurar que todos los implicados conocen y comprenden los cambios. Para ello es necesario organizar sesiones formativas en los que se explique a todo el personal que tiene que llevarlos a cabo cada uno de los puntos detallados en los nuevos procedimientos, verificando que se han entendido perfectamente. Este aspecto formativo es el más importante para asegurar la implementación efectiva de los cambios en procedimientos.

FASE 10: Evaluación de las medidas adoptadas, mediante la valoración de los indicadores seleccionados en la fase 1

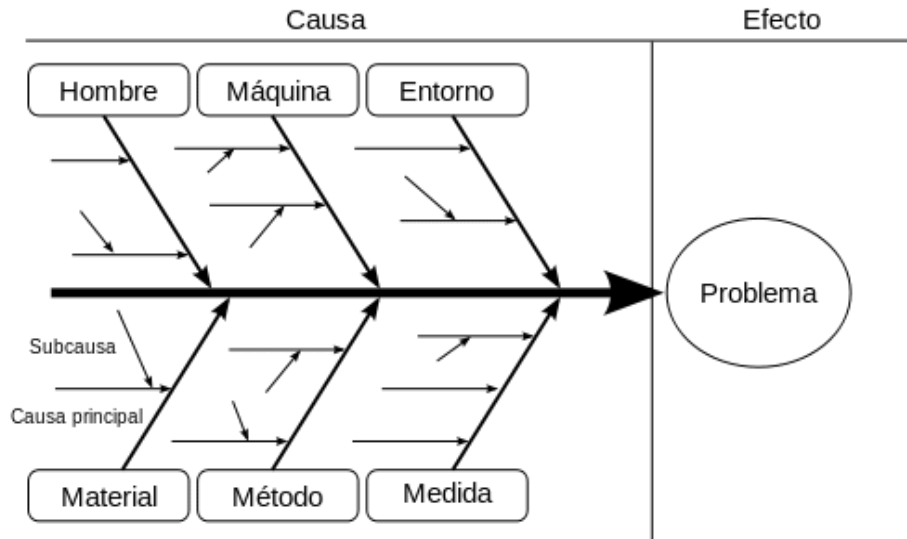
Existen diversas herramientas que facilitan determinar las causas de un problema, para de esta forma analizarlo de una manera más amplia y brindar mejores soluciones, entre ellas se encuentra el diagrama Ishikawa o de causa y efecto.

El diagrama de Ishikawa ayuda a comprender visualmente las causas de los problemas encontrados, esta sencilla herramienta también es conocida como causa-efecto, diagrama de árbol o diagrama espina de pescado. Es un gráfico que en la parte central tiene una línea con el problema principal, de esta línea se desprenden otras líneas en las que se agrupan las posibles causas separadas por grupos:

- Métodos.
- Maquinaria.
- Mano de obra.
- Materiales.
- Mediciones.
- Medio Ambiente.

Para obtener mejores resultados en la búsqueda de las probables causas se debe realizar una tormenta de ideas o realizar sesiones de creatividad (Aguilar), (p. 24).

Figura 1: Ejemplo de un diagrama Ishikawa



Fuente: GEO Tutoriales (2017).

CAPÍTULO 3

ESTRUCTURA METODOLÓGICA

El proyecto se desarrolla en el Departamento de Mantenimiento de la Fábrica de Harinas de Centroamérica, consiste en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, que permita tener una mayor disponibilidad de los equipos, y un mejor funcionamiento de estos, de manera tal que se logre mitigar los impactos que se puedan generar por los diversos fallos que presenten los mecanismos.

3.1 Tipo de investigación

El método cuantitativo es muy utilizado para la resolución de problemas, Sanz, (2017), señala que este tipo de enfoque se basa en la utilización de números para analizar, y comprobar la información de los datos recolectados. Por otra parte, Bonilla, & Rodríguez, (1997), destacan que la investigación cualitativa se interesa por la percepción que tiene el sujeto de su propio contexto, y la observación.

Por esta razón se dice que la investigación se desarrolla con un enfoque mixto, dicha estructura consiste en la observación y en el análisis, lo cual hace referencia al método cualitativo. También se utilizan números para analizar y comprobar los datos recolectados, lo cual hace referencia al método cuantitativo.

3.2 Alcance de la investigación

Según Hernández, Fernández, & Baptista, (2010) de una investigación se pueden obtener cuatro tipos de resultados:

- 1) Estudio exploratorio: Información general respecto a un fenómeno o problema poco conocido, incluyendo la identificación de posibles variables a estudiar en un futuro.

- 2) Estudio descriptivo: Información detallada respecto a un fenómeno o problema para describir sus dimensiones (variables) con precisión.
- 3) Estudio correlacional: Información respecto a la relación actual entre dos o más variables, que permita predecir su comportamiento futuro.
- 4) Estudio explicativo: Causas de los eventos, sucesos o fenómenos estudiados, explicando las condiciones en las que se manifiesta.

De acuerdo con lo anterior se define que la presente investigación se basa en el estudio explicativo, ya que el principal objetivo del proyecto busca la optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, es decir, estudiar las diversas causas que ocasionan problemas en los mecanismos, para de esta forma disminuir el impacto que dichos inconvenientes puedan ocasionar.

3.3 Fuentes de información

Escalante, (2015), define los diferentes tipos de fuentes de información que se utilizan en una investigación, entre ellos están:

- Fuentes primarias: Se basan en la información directa, originaria de un estudio particular o proveniente de personas o comunidades que tienen contacto directo con el fenómeno que se estudia. También son hechos primarios la realidad que el investigador pueda observar y medir.
- Fuentes secundarias: Parten de conclusiones basadas en fuentes primarias. Estas fuentes no tienen un conocimiento de primera mano,

por lo que se basan en un conocimiento que proviene de las fuentes primarias de información. (p.27).

De acuerdo con lo anterior, se logra identificar que en la presente investigación se utiliza la fuente primaria, debido a que se utiliza la observación directa, también se aplica la fuente secundaria ya que se hace uso de libros y artículos, para obtener información.

3.4 Instrumentos y técnicas para la recolección de datos

Existen diversas técnicas para la recolección de datos, entre ellas: Técnica de investigación documental, este tipo de técnica según Baena (1985) “consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información”. (p.54)

También existe la técnica de investigación de campo, este tipo de técnica consiste en el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios. (Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2001) (p.5).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la técnica de investigación utilizada en el presente proyecto es la de campo, ya que primeramente se realiza una

selección de los equipos de la planta de producción que formaran parte del plan de mantenimiento preventivo, para posteriormente explicar los diversos factores que causan fallos en los mecanismos, y de esta manera diseñar el plan de mantenimiento preventivo que permita mitigar los fallos que se puedan generar en los equipos.

3.5 Procedimientos metodológicos de la investigación

Según Fidias, (2012), la población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. La población finita según el autor anteriormente mencionado consiste en una agrupación en la que se conoce la cantidad de unidades que la integran. Además, existe un registro documental de dichas unidades. Por otra parte, una población infinita es aquella en la que se desconoce el total de elementos que la conforman, por cuanto no existe un registro documental de éstos debido a que su elaboración sería prácticamente imposible.

La población seleccionada para el presente proyecto de graduación corresponde a los equipos que generan mayor impacto económico y en tiempos improductivos, en el proceso de la producción de harinas. De la misma forma se identifica como una variable finita, debido a que se pueden seleccionar cada uno de los equipos que formaran parte del plan de mantenimiento preventivo.

Fidias, (2012), destaca que cuando por diversas razones resulta imposible abarcar la totalidad de los elementos que conforman la población accesible, se recurre a la selección de una muestra. La muestra es un subconjunto representativo y finito

que se extrae de la población accesible, por lo descrito anteriormente se toma una muestra de la población para analizar y establecer las mejoras de esta. (p.24).

Para seleccionar la muestra se utiliza una técnica o procedimiento denominado muestreo. Existen dos tipos básicos de muestreo: Probabilístico o Aleatorio y No Probabilístico.

Muestreo Probabilístico o Aleatorio: Es un proceso en el que se conoce la probabilidad que tiene cada elemento de integrar la muestra. Este procedimiento se clasifica en:

- Muestreo al azar simple: Procedimiento en el cual todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser seleccionados. Dicha probabilidad, conocida previamente, es distinta de cero (0) y de uno (1).
- Muestreo al azar sistemático: Se basa en la selección de un elemento en función de una constante K. De esta manera se escoge un elemento cada k veces.
- Muestreo estratificado: Consiste en dividir la población en subconjuntos cuyos elementos posean características comunes, es decir, estratos homogéneos en su interior. Posteriormente se hace la escogencia al azar en cada estrato.
- Muestreo por conglomerados: Parte de la división del universo en unidades menores denominadas conglomerados. Más tarde se determinan los que serán objeto de investigación o donde se realizará la selección.

Muestreo no probabilístico: Es un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra. Éste se clasifica en:

- Muestreo casual o accidental: Es un procedimiento que permite elegir arbitrariamente los elementos sin un juicio o criterio preestablecido.
- Muestreo intencional u opinático: En este caso los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador.

Para el presente proyecto de investigación se utiliza el muestreo no probabilístico, específicamente el muestreo intencional u opinático, debido a que se van a seleccionar los equipos que presenten un mayor impacto económico y en tiempos improductivos, según el historial de cada mecanismo, en el proceso de elaboración de harinas.

3.6 Definición, operacionalización e instrumentación de variables

Según Fidias, (2012) ante la presencia de cualquier problema o incógnita, toda persona está en capacidad de suponer, sospechar y de buscar probables explicaciones. Tales conjeturas se denominan hipótesis.

De la misma manera el autor define una variable como una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que puede sufrir cambios, y que es objeto de análisis,

medición, manipulación o control en una investigación. A su vez destaca que se clasifican según su función en:

Independientes: Son las causas que explican los cambios en la variable dependiente. En los diseños experimentales la variable independiente es el tratamiento que se aplica y manipula en el grupo experimental.

Dependientes: Son aquellas que se modifican por acción de la variable independiente. Constituyen los efectos o consecuencias que se miden y que dan origen a los resultados de la investigación.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se muestra a continuación el cuadro de variables:

Tabla 1: Cuadro de Variables.

Tema	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método	Población	Instrumento
	<u>Problema general</u>	<u>Objetivo general</u>	<u>Hipótesis general</u>	<u>Variable independiente</u>	<u>Método y diseño</u>	<u>Población y Muestreo</u>	<u>Técnica</u>
Optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un plan de mantenimiento preventivo en la Fábrica de Harinas de Centroamérica, Durante un lapso de ocho meses.	¿Existe una técnica definida para el plan de mantenimiento preventivo, en la Fábrica de Harinas de Centroamérica? <u>Problemas específicos</u> a) ¿Cuál es la frecuencia con la que cada equipo debe de cumplir con el plan de mantenimiento preventivo, para evitar una falla en el mismo? b) ¿Cuál debe ser la duración de una orden de mantenimiento, para evitar que el equipo falle antes de su mantenimiento preventivo? c) ¿Cuáles son las medidas preventivas a implementar para evitar los fallos en los equipos o minimizar sus efectos en el proceso de la producción de harinas?	Diseñar una propuesta de mantenimiento preventivo en la Fábrica de harinas de Centroamérica, mediante la técnica RCM (Mantenimiento centrado en fiabilidad), con el fin de maximizar el tiempo de operación de los equipos. <u>Objetivos específicos</u> a) Determinar las máquinas de la empresa que formarán parte del plan de mantenimiento preventivo, mediante un diagrama de proceso, para atender los equipos de mayor criticidad. b) Identificar las causas que ocasionan los modos de fallo en los equipos, realizando un estudio detallado del funcionamiento de los mecanismos, para determinar las consecuencias de cada modo de fallo. c) Definir las medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos, con el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo de forma que se pueda evitar o disminuir los tiempos improductivos.	En el proceso de producción de harinas, se generan fallos en los equipos debido a la falta de un plan de mantenimiento preventivo. <u>Hipótesis específicas</u> a) La empresa FHACASA / Fábrica de Harinas de Centroamérica no cuenta con un control adecuado de los equipos que conforman la planta. b) En el proceso de producción de harinas, los empleados se dedican más que todo al mantenimiento correctivo, de forma tal que no determinan las causas del fallo en los equipos. c) La empresa no cuenta con un adecuado plan de mantenimiento preventivo, por lo que se incurre en tiempos improductivos debido a los fallos presentados.	Análisis de los equipos de la planta de producción. <u>Variable dependiente</u> Disminución de los modos de fallo en los equipos.	1.Explicativo 2.Analítica cuantitativa y cualitativa. 3.Observación y Análisis. <u>Tipo y nivel de investigación</u> 1.Tipo Cuantitativo 2.Tipo Cualitativo	La población corresponde a los equipos que generen mayor impacto económico y en tiempos improductivos en el proceso de la producción de harinas. El muestreo es de tipo no probabilístico.	1.Investigación de campo. <u>Instrumento</u> 1.Observación directa. 2.Recopilación documental. 3. Observación indirecta.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

Al realizar el recorrido por la planta de producción de la empresa FHACASA/ Fábrica de Harinas de Centroamérica, así como la contabilización de los diversos equipos, se encontraron distintas causas que generan problema en el departamento de mantenimiento, que como se mencionó anteriormente, es el departamento donde se está realizando dicho proyecto, a continuación, se exponen las diferentes causas encontradas, detallando cada una, según la herramienta del diagrama espina de pescado.

Para empezar, es importante mencionar que, con respecto a las mediciones, la empresa no tiene determinadas las frecuencias de revisión que deben cumplir los equipos, no están acondicionadas a los dispositivos, y hablando con el técnico, nos comentaba que el tiempo de producción algunas veces no permite parar el equipo para realizar las revisiones, y así cumplir con las frecuencias, por otra parte, cabe mencionar, que el sistema actual que utiliza la empresa, el cual es el SAP, no les permite llevar una trazabilidad adecuada de los mecanismos que se encuentran en planta, y de los fallos que presentan, por ende, existe una falta de seguimiento de procedimientos. Las actividades de mantenimiento tampoco están definidas y todo esto debido a la falta de establecimiento de objetivos bien definidos que atenúen estos problemas.

Además, cabe destacar que con respecto a los materiales, el sistema actual que utiliza la empresa, el cual es el SAP, no les permite llevar una trazabilidad adecuada de los mecanismos que se encuentran en planta, y de los fallos que presentan, por ende, existe una falta de seguimiento de procedimientos y de actualización del plan de inventario de equipos, ya que tampoco se cuenta con un

inventario de diversos materiales, para la reparación de los dispositivos que conforman la planta, las rutinas de mantenimiento no están acondicionadas a los equipos.

Por otra parte, con respecto al personal, se debe mencionar que el plan de mantenimiento esta desactualizado, esto porque existe una falta de capacitación del personal, así como de seguimiento de procedimientos, esto debido a que no hay objetivos bien definidos que le permita a dicho departamento operar de manera eficaz, además, se logró visualizar la falta de sintonía que existe entre el Departamento de Mantenimiento y producción, al no existir una coordinación entre las dos secciones en lo referente a los tiempos de parada de los equipos a mantener. Asimismo, no existe una correcta retroalimentación, debido a la falta de metas bien definidas y modificación de actividades de acuerdo con el desarrollo del plan, ya que estas no están acondicionadas a los equipos.

Asimismo, con respecto a las máquinas y equipos, como ya se mencionó anteriormente, no existen rutinas de mantenimiento bien diseñadas ligadas a una correcta ubicación técnica, ya que no se lleva un control de los equipos que han sido eliminados o integrados a la planta de producción, por otra parte, las frecuencias de revisión que deben cumplir los equipos no se encuentran determinadas, no están acondicionadas a los equipos, las actividades de mantenimiento tampoco y todo esto debido a la falta de establecimiento de objetivos bien definidos.

Con respecto a los métodos de trabajo, al igual que se mencionó anteriormente, no existen rutinas de mantenimiento bien diseñadas para los equipos, se evidencia una falta de seguimiento de procedimientos, y todo esto por la falta de objetivos bien definidos, que le permitan a la empresa operar de manera eficaz.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la imagen anterior, hay diversas causas que provocan la falta de un plan de mantenimiento preventivo, a continuación, se detalla un poco, para que se evidencie de una mejor manera, el problema en dicho departamento.

- Máquinas y equipos: No se tiene un control de los equipos que han sido eliminados o integrados a la planta de producción.
- Medición: Las frecuencias de revisión que deben cumplir los dispositivos no están acondicionadas a los equipos, además el sistema que utiliza la empresa el cual es el SAP, no les permite llevar una trazabilidad correcta de los mecanismos que se encuentran en planta y de los fallos que presenta debido a las especificaciones inadecuadas y la falta de estandarización.
- Personal: El plan de mantenimiento actual está desactualizado, porque existe una falta de capacitación del personal, y por ende una falta de seguimiento de procedimientos, además se evidencia una falta de comunicación entre el departamento de producción y mantenimiento, por otra parte, no existe una adecuada retroalimentación debido a la falta de metas bien definidas.
- Métodos de trabajo: Los métodos de trabajo perjudican en un plan de mantenimiento adecuado, ya que no existen rutinas de mantenimiento bien diseñadas para los equipos, se evidencia una falta de seguimiento de procedimientos, y una falta de objetivos bien definidos que le permitan operar de manera eficaz.

- Medio Ambiente: Además el entorno de la planta de producción es otro de los problemas que perjudica al departamento de mantenimiento, ya que el salitre presentado en la zona favorece para que se den fallos en los equipos, también hay zonas de trabajo con suciedad y acumulación de materia prima, también es importante mencionar que hace mucho calor debido a que es muy cerrado y casi no existe ventilación natural, por otra parte los equipos de producción hacen mucho ruido en la trituración del grano.
- Materiales: Existe una falta de actualización del plan del inventario de materiales, por lo que en ocasiones si se daña algún equipo, no cuentan con algún material, para la reparación de este.

La metodología RCM estudia los efectos de las fallas o averías presentes en un activo o línea de producción, es de particular utilidad conocer un histórico de fallas o averías en las máquinas de interés para enfatizar en aquellas fallas que más impactan sobre la organización, sin embargo, no es válido asumir que los modos de falla más frecuentes del proceso son necesariamente los de mayor impacto, porque pueden haber modos de falla de frecuencia muy baja pero que la consecuencia de la falla sea grave. Los datos que se recopilan exponen y analizan en seguida, representan un insumo de información sobre los equipos, componentes y tipos de fallas más comunes en la línea de producción molino A y molino B.

A partir de la investigación que se obtiene del sistema GMA, (Gestión manufactura automatizado), se logra adquirir información donde se evidencia cuáles son los equipos de producción que tienen la mayor cantidad de horas de paro.

A continuación, se mostrará de manera detallada los equipos que pertenecen a cada molino de producción y la cantidad de horas no productivas para los 10 primeros meses de 2019.

4.1 Cantidad de horas de paro en el molino A, de la planta de producción FHACASA.

<i>Maquinaria Molino A</i>	<i>Sumatoria de los tiempos de paro (h)</i>
Cernedor	12,15
Soplante del filtro de harina	6,38
Molino T1/T2	6,24
Impactor	6,14
Impactor	4,13
Esclusa de la báscula de acemite	4,11
Molino T3	3,42
Válvula silo Concreto	3,09
Filtro del ventilador de aspiración de harina	3,03
Molino T4F	2,49
Rosca dosificadora aditivos	2,16

Molino C5/T5G	1,5
Cepilladora	1,32
Molino C7	1,27
Báscula de salvadillo	1,22
Esclusas	1,19
Elevación T1/T2	1,14
Filtro de harina	1,06
Motor transmisión 1	1
Báscula de harina	0,53
Tarara	0,52
Filtro de impurezas	0,51
Cernedor de seguridad	0,41
MEAC C1B	0,36
Servidor PC	0,31
Báscula Acemite	0,3
Molino T4G	0,3
Ventilador de alta	0,29
Molino C1	0,27

Molino T5G	0,22
Molino C4	0,21
Molino C1B	0,21
MEAC T3	0,2
Esclusa separadora total	0,18
Elevación C1/C2	0,17
Molino C3	0,16
Molino C1/C2	0,16
Molino T5F	0,14
Molino C6	0,12
Molino C5	0,12
MEAG T-1 / T2	0,06
Báscula de trigo	0,04
SUMATORIA	68,83

Tabla 2: Cantidad de horas de paro en el molino A.

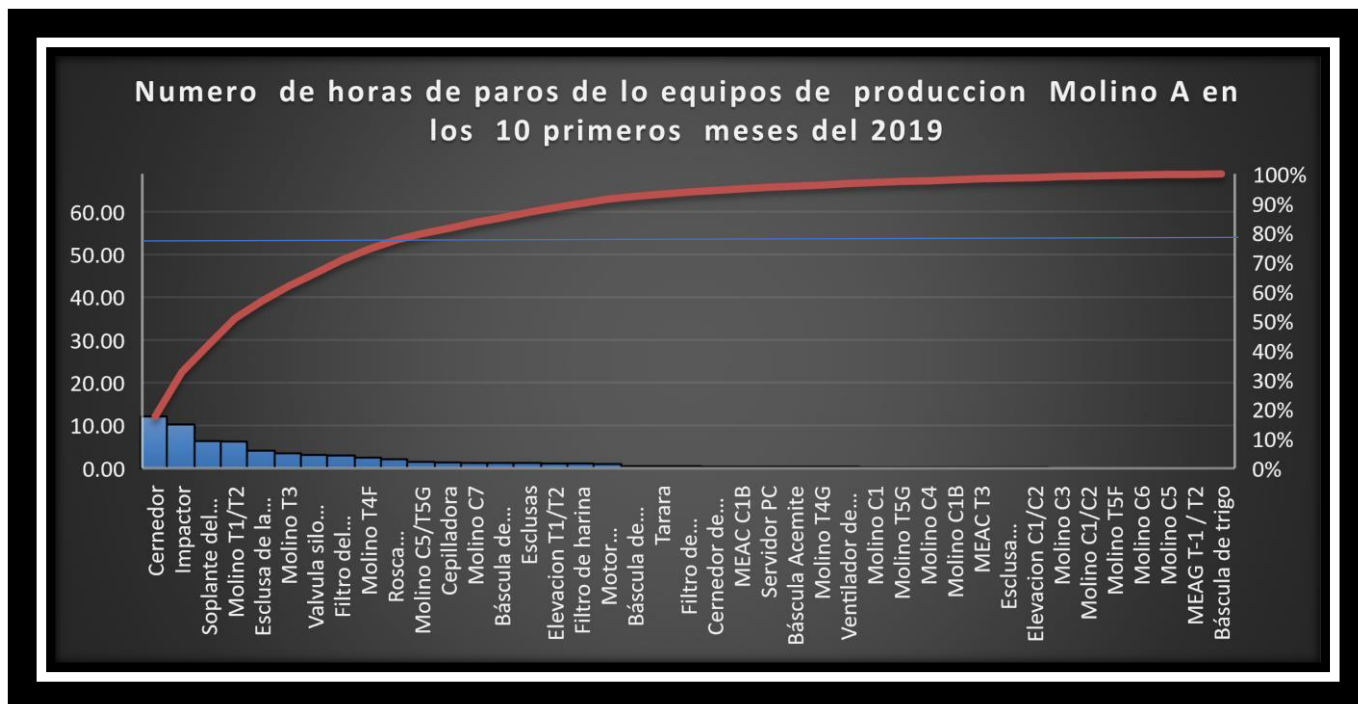
Fuente: Elaboración propia.

4.2 Diagrama de Pareto para equipos del Molino A

En el siguiente gráfico, se muestran los equipos de producción del molino A, el cual facilitará la selección de los mecanismos más críticos, y que sumen mayor cantidad de horas de paro, con base a la técnica del diagrama de Pareto. Los mismos serán seleccionados para el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo, que se desarrolla en este proyecto.

En el siguiente diagrama de Pareto se observa que los equipos más críticos son Cernedor, con un tiempo de paro de 12,15 horas, impactor con un tiempo de 10,27 horas, soplante del filtro de harina, 6,38 horas, molino T1/T2, 6,24 horas, esclusa de la báscula de acemite, 4,11 horas, molino T3, 3,42 horas, válvula de silo concreto, 3,09 horas, filtro del ventilador de aspiración de harina, 3,03 horas, molino T4F, 2,49 horas, rosca dosificadora de aditivos, 2,16 horas, todas estas horas son tiempos de paro de los equipos, y de 41 equipos en total del molino A, estos 10 equipos representan el 80% del tiempo de paro, esto representado en el diagrama de Pareto.

Figura 3: Equipos de producción del molino A preseleccionados para el plan de mantenimiento preventivo.



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Cantidad de horas de paro en el Molino B, de la planta de producción FHACASA.

Se recopiló información de paros en el molino B, se realizó una lista de todos los equipos que tuvieron un paro por desperfectos mecánicos, se sumaron los tiempos por maquinaria.

Se representa en la siguiente tabla:

Tabla 3: Cantidad de horas de paro en el molino B.

Maquinaria Molino B	Sumatoria de los tiempos de paro (h)
Línea de esclusas 2	14,35
Cernedor	6,19
Molino T1/T2	6,18
Cernedor de seguridad	4,25
Molino T3	4,11
Esclusa de la báscula de acemite	2
Soplante del filtro de harina	1,24
Despuntadora	0,59
Flow balance silo 11	0,55
Báscula Acemite	0,45
Precernedor T5	0,39
Esclusa de Subproducto	0,37
compresores	0,3
Vibro cernedor	0,25
Filtro separador total	0,25

Bascula trigo T1	0,17
Molino T5F	0,12
Válvula silo Concreto	0,11
Cepilladora doble T5	0,05
SUMATORIA	41,92

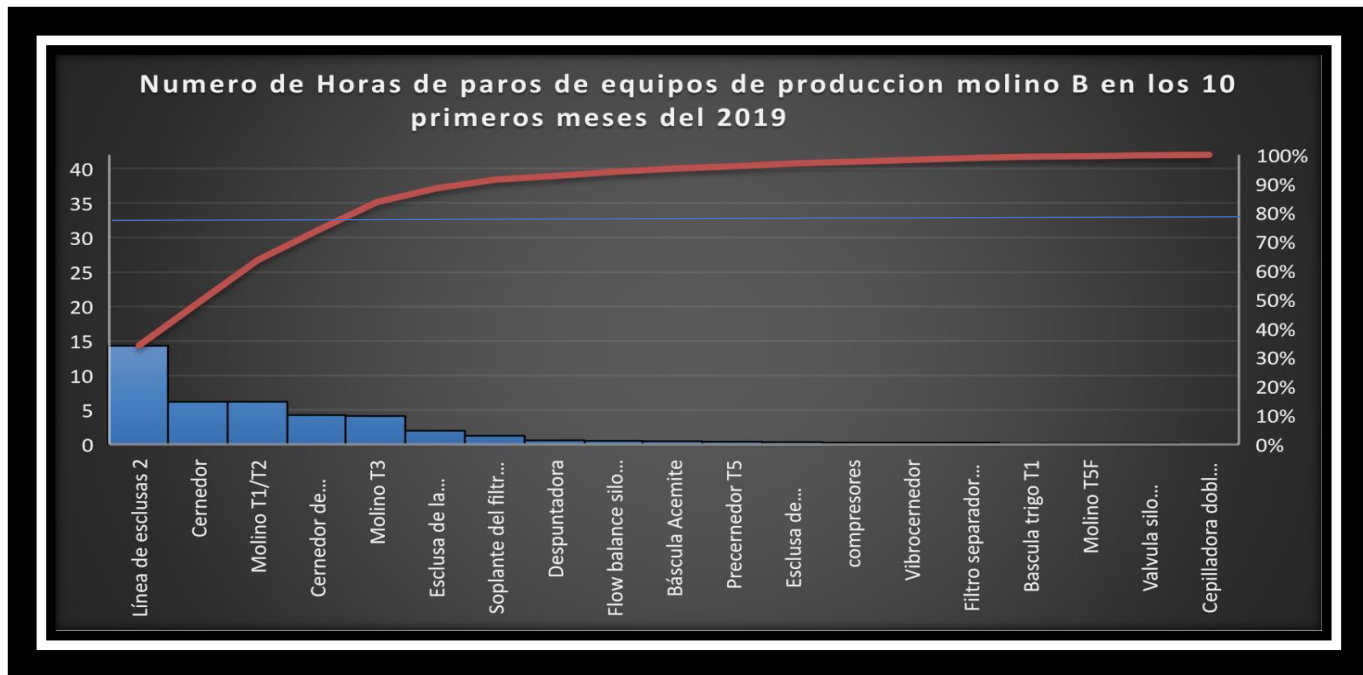
Fuente: Elaboración propia.

4.4 Diagrama de Pareto para equipos del Molino B

En el siguiente gráfico, se muestran los equipos de producción del molino B, el cual facilitará la selección de los mecanismos más críticos, y que sumen mayor cantidad de horas de paro, con base a la técnica del diagrama de Pareto. Los mismos serán seleccionados para el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo, que se desarrolla en este proyecto.

En el siguiente diagrama de Pareto, se observa que los equipos más críticos son, línea de esclusas 2, con un tiempo de paro de 14,35 horas, cernedor, 6,19 horas, molino T1/T2, 6,18 horas, cernedor de seguridad, 4,25 horas, molino T3, 4,11 horas, todas estas horas, son tiempos de paro de los equipos del molino B, y de 19 equipos en total del molino B, estos 5 equipos representan el 80% del tiempo de paro, esto representado en el diagrama de Pareto.

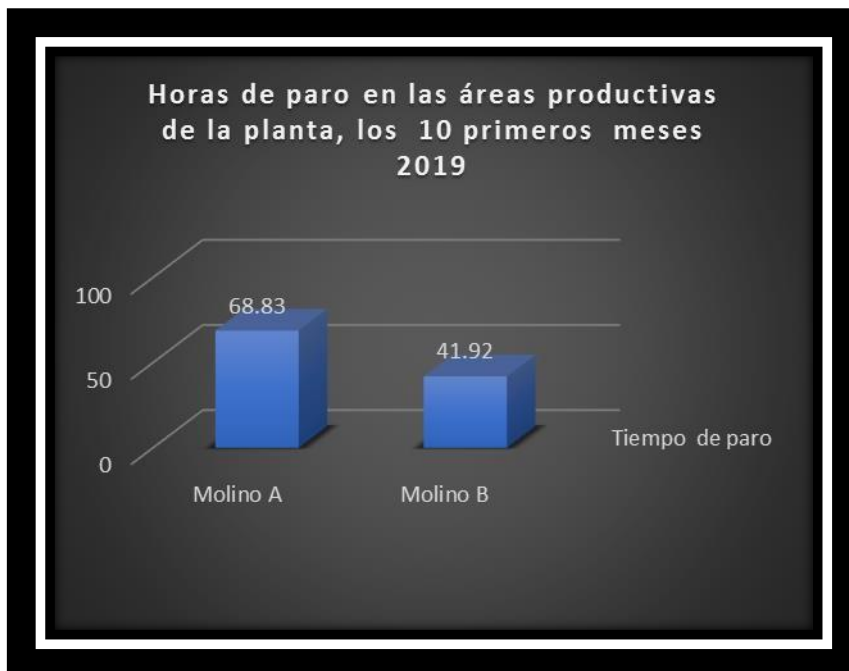
Figura 4: Equipos preseleccionados para el PMP del molino B



Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente gráfico se muestra de manera resumida, la sumatoria de las horas de paros de los molinos A Y B, en las áreas productivas de la planta, de los 10 primeros meses del 2019.

Figura 5: Horas de paro en las áreas productivas de la planta



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede visualizar la cantidad de horas no productivas de los molinos A y B es muy significativa debido a una serie de causas. La principal razón es la cantidad de equipos que se encuentran en cada molino, y que el sistema de producción es en una sola línea, o en flujo continuo.

También cabe mencionar que una de las razones, por las cuales el molino A presenta una mayor cantidad de tiempos de paro, es porque éste posee equipo más tecnológico, por lo que, al ser más electrónico, manda mensajes cuando una falla se va a presentar, y si no se atiende a los 3 minutos de mandar el mensaje, se para el equipo, estas fallas no han logrado ser detectadas por el departamento de mantenimiento, por la inexactitud de especificación del departamento de producción

cuando un equipo para. El molino B, por el contrario, tiene dispositivos más rudimentarios, por lo que hay una menor cantidad de horas de paro.

A partir de la información que se obtiene del sistema GMA, (Gestión de manufactura automatizado), se calcula el costo económico de las horas de paro de los molinos A Y B, en las áreas productivas de la planta, de los 10 primeros meses del 2019.

4.5 Análisis de costos

Análisis económico, por paros de los molinos A y B, en las áreas productivas de la planta, de los 10 primeros meses del año 2019.								
Líneas de producción	Tiempo improductivo por paros en los 10 primeros meses del año 2019 en horas	TM de harina producidas por hora	TM de harina no producidas	Costo de energía por TM en \$	Costo total de de energía en \$	Costo por hora de mano de obra en \$	Costo total de mano de obra en \$	Costo total en \$
Molino A	68,83	12	825,96	66,6	55008,94	8,54	587,8082	55596,74
Molino B	41,92	5	209,6	66,6	13959,36	8,54	357,9968	14317,36
Total	110,75	17	1035,56		68968,3	17,08	945,805	69914,1

Tabla 4: Análisis de costo por paros en los molinos A y B.

Fuente: Elaboración propia.

Costo de oportunidad

El costo de oportunidad, de una decisión económica que tiene varias alternativas, es el valor de la mejor opción no realizada, en este caso la cantidad de harina que se deja de vender por el tiempo de paro de los molinos. Es decir que hace referencia a lo que una persona o empresa deja de ganar o de disfrutar, cuando elige una alternativa entre varias disponibles. El costo de oportunidad es un concepto fundamental de la economía, que puede ser aplicado en la mayor parte de las decisiones económicas.

Tabla 5: Costo de oportunidad.

Análisis económico, por paros de los molinos A y B, en las áreas productivas de la planta, de los 10 primeros meses del año 2019.					
Líneas de producción	Tiempo improductivo por paros en los 10 primeros meses del año 2019 en horas	Kg de harina no producidos por hora	Total, de Kg de harina no producidos por paros en los 10 primeros meses	Precio por Kg de harina en \$	Costo total en \$
Molino A	68,83	12000	825960	0,35	289086
Molino B	41,92	5000	209600	0,25	52400
Total	110,75	17000	1035560		341486

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro de análisis de costo económico de oportunidad, por paros de los molinos A y B, en las áreas productivas de la planta, de los 10 primeros meses del 2019, se logra observar que para el molino A, el total de horas de tiempo improductivo son 68,83 h, el molino produce 12000 Kg de harina por hora, el total de harina no producida, en el total de horas improductivas es de 825960, el precio del Kg de harina para el molino A es de 0,35 dólares para un total de 289086 dólares en no venta de harina .

Y para el molino B, el total de horas de tiempo improductivo son 41,92 horas, el molino produce 5000 Kg de harina por hora, el total de harina no producida, en el total de horas improductivas, es de 209600, el precio del Kg de harina para el molino B es de 0,25 dólares, para un total de 52400 dólares en no venta de harina, para un total de 341486 dólares no vendidos en los 10 primeros meses del 2019.

Es importante mencionar que en estos cálculos económicos no se tomaron en cuenta algunos datos debido a que no se pudieron obtener por la falta de historial.

4.6 Selección de los equipos a estudiar.

Conociendo la situación actual del Departamento de Mantenimiento con respecto al registro de horas no productivas que llevan contabilizadas según información recolectada en el sistema GMA (Gestión de manufactura automatizada), se realiza un análisis que muestre los equipos críticos para la selección.

La selección de las máquinas se realiza utilizando el criterio de mayor tiempo perdido o paros generados a la empresa. Para esto se tabulan los datos reportados para los 10 primeros meses del 2019 y se elabora un diagrama Pareto para los equipos.

El 80% del tiempo perdido se asocia a los activos que se encuentran en el área de producción específicamente en los molinos A y B, esto concretamente en lo que es la tritución del grano de trigo para sacar la harina.

4.7 Equipos preseleccionados para el PMP en el Molino A.

Maquinaria Molino A	Sumatoria de tiempos de paros horas	Acumulado	Cantidad de paros	Porcentaje	Porcentaje total acumulado
Cernedor	12,15	12,15	5	17,65%	17,65%
Impactor	10,27	22,42	5	14,94%	32,59%
Soplante del filtro de harina	6,38	28,8	5	9,27%	41,86%
Molino T1/T2	6,24	35,04	8	9,07%	50,93%
Esclusa de la báscula de acemite	4,11	39,15	9	5,97%	56,90%
Molino T3	3,42	42,57	6	4,97%	61,87%
Válvula silo Concreto	3,09	45,66	5	4,49%	66,36%
Filtro del ventilador de aspiración de harina	3,03	48,69	5	4,40%	70,76%
Molino T4F	2,49	51,18	5	3,62%	74,38%
Rosca dosificadora aditivos	2,16	53,34	7	3,14%	77,52%
SUMATORIA	53,34	106,68	60	77,52%	155,04%

Tabla 6: Equipos preseleccionados para el PMP del molino A

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el cuadro anterior, 11 equipos en el área del Molino A, como lo son, cernedor, impactor, soplante del filtro de harina, molino T1/T2, esclusa de la báscula de acemite, molino T3, válvula silo concreto, filtro del ventilador de aspiración de harina, molino T4F y rosca dosificadora aditivos, contabilizan un total de 53,34 horas de paro durante los 10 primeros 10 meses del 2019, representando un 77,52% de los paros totales durante este período.

4.8 Equipos preseleccionados para el PMP del molino B.

<i>Maquinaria Molino B</i>	<i>Sumatoria de tiempos de paros horas</i>	<i>Acumulado</i>	<i>Cantidad de paros</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje total acumulado</i>
Línea de esclusas 2	14,35	14,35	10	34,23%	34,23%
Cernedor	6,19	20,54	4	14,77%	49,00%
Molino T1/T2	6,18	26,72	19	14,74%	63,74%
Cernedor de seguridad	4,25	30,97	4	10,14%	73,88%
Molino T3	4,11	35,08	4	9,80%	83,68%
SUMATORIA	35,08	70,16	41	83,68%	167,36%

Tabla 7: Equipos preseleccionados para el PMP del molino B.

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el cuadro anterior, 5 maquinarias en el área del Molino B, como lo son, línea de esclusas 2, cernedor, molino T1/T2, cernedor de seguridad, y molino T3, contabilizaron un total de 35,08 horas de paro durante los 10 primeros meses del 2019, representando un 83,68% de los paros totales durante este período.

Un aspecto significativo de indicar es que se ha dado mayor importancia al tiempo perdido que acumulan los equipos, que, a la cantidad de fallos totales, esto porque en algunos casos se tienen máquinas con mayor cantidad de paros, pero el tiempo perdido no es tan grande.

Se presenta el uso de indicadores ya que es de suma importancia, el uso de estos. Para que un departamento tenga claro cómo está realizando su función en términos cuantitativos, y poder definir en cuanto mejorar y saber si su gestión va reflejada hacia los mismos objetivos de la organización.

Según Santiago García Garrido en su artículo a la página Renovetec afirma “Uno de los problemas a los que se enfrenta un responsable de mantenimiento que quiere mejorar los resultados del departamento a su cargo este debe medir la evolución de los aspectos más importantes que definen o determinan la calidad de su trabajo. ¿Qué parámetros determinan que el trabajo de un departamento se está haciendo bien o mal?”.

Un indicador es un hecho cuantitativo que mide la eficacia de un todo o una parte de un proceso o sistema, con referencia a una norma, un plan o un objetivo, establecido en un plan estratégico.

El objetivo principal de un sistema de indicadores es tomar una serie de datos, esto nos da un insumo de información que debe ser analizada con detenimiento para la toma de decisiones, que estas decisiones posteriormente estén alineadas a los objetivos de la organización.

La escogencia de estos indicadores tiene como objetivo predecir el comportamiento de los molinos A y B, en cuanto a saber sobre el tiempo de ocurrencia de cada falla, tiempo invertido en reparaciones, los mantenimientos planeados y su facilidad de elaboración, y demás actividades alusivas a la planeación de las máquinas con el fin de garantizar el funcionamiento del equipo en las condiciones deseadas por el departamento. Para el departamento se estudian los indicadores básicos de mantenimiento, ya que serán el origen para el conocimiento del departamento y son los necesarios para definir los objetivos de este. A continuación, se muestra una tabla resumen con la suma de cada indicador, de los 10 primeros meses del 2019, en los molinos A y B para el departamento de mantenimiento.

4.9 Indicadores de mantenimiento, para los 10 primeros meses del 2019, de los molinos A y B.

INDICADORES DE MANTENIMIENTO PARA LOS 10 PRIMEROS MESES DEL 2019, DE LOS MOLINOS A Y B						
Molino	To	Tnp	MTBF	MTTR (h)	Disponibilidad	Cantidad de paros
Molino A	175 días, 23 horas y 3 minutos	82 horas y 1 minuto	13 días y 15 horas	7:08:00	98,03%	106
Molino B	194 días, 1 hora y 36 minutos	79 horas y 56 minutos	24 días, 3 horas y 35 minutos	5:26	98,27%	134

Tabla 8: Indicadores de mantenimiento Molino A y B

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del tiempo disponible para operar (To) se obtiene al considerar un período de estudio de 10 meses, del 2019, mismo tiempo con que fue hecho el análisis. Este dato se tomó para cada uno de los molinos con ayuda del programa de producción que tiene dicho departamento. Y lo que se hizo fue sumar cada parámetro del mes respectivo, para obtener el total de los 10 primeros meses del 2019.

Para la obtención del tiempo de las paradas no programadas (Tnp) se acude a la información que brinda las órdenes de trabajo de mantenimiento, las cuales también se utilizaron para el análisis. De la misma manera se toma los datos de la cantidad de paros por mantenimiento (Cf) originados durante los 10 primeros meses del 2019 en cada molino.

Así que el primer indicador es MTBF= Tiempo medio entre fallas. “Este parámetro establece el tiempo promedio entre dos fallas en un contexto de funcionamiento dado” (Pistarelli, 2010, p. 27). Y se obtiene sumando dicho indicador, de cada mes, para obtener el total de los 10 primeros meses del 2019.

Otro indicador que se mide para la gestión del mantenimiento es MTTR = Tiempo promedio de reparación. Para la obtención de este indicador, de igual forma se suma el da cada mes, para obtener el total de los 10 primeros meses del 2019.

Y el último indicador es la disponibilidad, este valor es sumamente importante ya que es uno de los objetivos principales del mantenimiento. Se define como la confianza que un equipo ejerza su función satisfactoriamente en un tiempo dado.

El valor obtenido de disponibilidad para cada uno de los molinos fue tomado para un período de estudio de Enero 2019 a Octubre 2019, este indicador da la probabilidad que los molinos funcionen satisfactoriamente en ese porcentaje calculado, para mejorar este indicador se desarrolla el manual de mantenimiento preventivo que contiene las acciones proactivas para prevenir las fallas funcionales.

Es importante destacar, que hay una diferencia de tiempo, con respecto a las horas de paro, y hablando con el jefe de mantenimiento, nos comentó, que hay tiempos que se contabilizan en el indicador, y se los atribuyen al departamento de mantenimiento, pero que en realidad no es porque un equipo pare debido a un fallo, sino porque se dan fallos de red del sistema de gestión automatizado (GMA), lo que provoca paros, y empieza a contabilizar más tiempos, que no son por fallos de algún equipo, pero que el indicador se lo atribuye a mantenimiento.

CAPÍTULO 5

PROPUESTA

En este capítulo se describen las propuestas planteadas a la empresa, para eso se definirá cada termino que se usará en la hoja de RCM, los cuales van a ser utilizados para el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo de cada equipo, esto para que sea más fácil su comprensión. Por lo cual se investigó la norma SAE (Sociedad americana de ingenieros), para fundamentar la aplicación de RCM , a los equipos que se seleccionarán para el diseño del plan.

La norma SAE JA 1011 define los “Criterios de evaluación para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)”, en otras palabras, precisa los criterios mínimos que todo proceso debe cumplir para ser llamado "RCM."

Según la norma SAE JA 1011 indica que, cualquier proceso RCM debe cumplir con siete preguntas básicas y deben de responderse en el siguiente orden:

1. ¿Cuáles son las funciones y los patrones deseados de rendimiento del activo en su estado actual del contexto operativo (funciones)?
2. ¿De qué manera se puede dejar de cumplir con sus funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?
5. ¿De qué manera cada falla sucede (consecuencias de las fallas)?
6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tarea)?
7. ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada (acciones por defecto)?

A continuación, se le dará respuesta a cada una de las preguntas anteriores, definiendo cada termino a utilizar en la hoja de trabajo de RCM de cada equipo.

1. Funciones.

Un proceso RCM comienza preguntando ¿Cuáles son las funciones y los estándares deseados para el rendimiento del activo físico en su contexto operacional actual? “La definición de una función consiste en un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario” (Moubray, 1997, p. 23).

2. Fallas Funcionales.

Existen diversos tipos de fallas en los equipos, que pueden ocasionar el paro, a continuación se explica una de las principales y más importantes.

“Una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según su parámetro de funcionamiento aceptable por el usuario” (Moubray, 1997, p. 50). El RCM recomienda definir una falla funcional en términos de la pérdida de una función específica, más que la falla del activo como un todo.

3. Modos de falla.

“Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional” (Moubray, 1997, p. 56). El RCM recomienda primeramente hacer un listado de las fallas funcionales y luego registrar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional. Los modos de falla tienen nivel de detalle para saber el nivel de profundidad que se realizará al equipo en estudio, (causas) pero dependerá del grupo de trabajo RCM definir el nivel de detalle que desea recibir en la hoja de trabajo.

Para completar la información en la hoja de trabajo se identifica la “Parte” como una primera subdivisión de la máquina, posteriormente se enfoca con mayor detalle la parte seleccionada para establecer la “Subparte” que sería como el componente o unidad que se estudiará, luego se indica el modo de falla y finalmente se busca la causa del modo de falla (nivel de detalle).

A continuación, se muestra una tabla con los tipos de falla:

Tabla 9: Definición tipo de modo de falla.

<i>Tipo de falla</i>	<i>Definición</i>
Interna	El modo de falla ocurre dentro de los límites del sistema en análisis.
Externa	El modo de falla ocurre fuera de los límites del sistema en análisis.

Fuente: Elaboración propia.

4. Efectos de la Falla.

En este paso consiste en realizar un listado de lo que sucede si ocurre un modo de falla. “Los efectos de la falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla” (Moubray, 1997, p.76).

5. Consecuencia de la falla.

“Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. Reconoce que la única razón

para realizar cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas sino evitar o reducir las consecuencias que traería esta falla” (Moubray, 1997, p.10).

6. Acciones proactivas.

Este tipo de tareas se realizan antes que el equipo llegue al estado de falla. Es importante tomar la decisión si para un modo de falla encontrado merece la pena aplicar una tarea proactiva, el criterio a tomar en cuenta es que, si aplicando la tarea proactiva se lograra reducir las consecuencias de la falla lo suficientemente a un nivel que sea aceptado por el usuario del activo, ya que se debe justificar los costos directos e indirectos que tiene realizar la tarea.

El RCM divide en tres categorías las tareas proactivas.

- Tareas de reacondicionamiento cíclicas.
- Tareas de sustitución cíclicas. (Mantenimiento Preventivo).
- Tareas a condición. (Mantenimiento Predictivo).

Un manual de mantenimiento preventivo provee un programa sistemático para programar tareas de rutinas de inspección, chequeos de recorrida, rutas de lubricación y calibración para las máquinas, diagnosticadas en ciclos de mantenimiento, que definen partes a revisar, cambiar o reparar, garantizando el mejoramiento, funcionamiento del equipo.

Las fichas técnicas y las hojas de trabajo RCM, son la base fundamental para la elaboración del manual, a continuación, se muestra una tabla con los equipos seleccionados para realizar el manual de mantenimiento preventivo.

5.1 Equipos seleccionados Molino A

Tabla 10: Equipos seleccionados Molino A.

<i>Código de equipo</i>	<i>Equipo</i>	<i>Función</i>
FHTR-EP-MA-N03	Cernedor	Estas son máquinas que mediante movimientos vibratorios realizan un cribado empleando tamices de telas de seda (para harina o sémolas) para la separación de la sémola (harina), del salvado (cubiertas leñosas del grano)
FHTR-EP-MA-S01	Impactor	El producto llega a través de la entrada central al interior de la máquina donde lo coge la rueda de proyección, gracias al aire circulante en el interior de la carcasa el producto elaborado avanza hacia la salida tangencial
FHTR-EP-MA-N04	Soplante del filtro de harina	El sentido de giro determina la dirección de transporte del soplante, de modo que existe una brida en el lado de presión y otra en el lado de aspiración
FHTR-EP-MA-N04	Soplante del filtro de harina	
FHTR-EP-MA-S01	Molino T1/T2	Una celda báscula registra la cantidad de producto que afluye en la entrada. Los cilindros de alimentación se accionan en función de los datos almacenados en el mando de la máquina y de la señal de la celda báscula. La rendija de alimentación, ajustada al producto durante la puesta en servicio,

FHTR-EP-MA-S01	Esclusa de la báscula de acemite	garantiza una descarga segura. La rueda en rotación de alvéolos asume el material a granel que va fluyendo hacia la entrada y lo lleva al canal de salida. Una celda báscula registra la cantidad de producto que afluye en la entrada. Los cilindros de alimentación se accionan en función de los datos almacenados en el mando de la máquina y de la señal de la celda báscula. La rendija de alimentación, ajustada al producto durante la puesta en servicio, garantiza una descarga segura.
	Molino T3	El distribuidor giratorio conduce la mezcla del producto y del aire de alimentación hacia la una o la otra de las salidas. Control a diario de flujo de producto – molienda – aspiración de la rendija de molienda – alimentación.
	Válvula silo concreto	se utilizan para transportar desde productos a granel pulverulentos hasta productos a granel de grano fino. El material por transportar se mueve desde la entrada hacia la salida mediante un filete de tornillo sin fin giratorio.
	Molino T4F	
	Rosca para aditivos	
FHTR-EP-MA-N01		
FHTR-EP-MA-N01		
FHTR-EP-MA-N02		
FHTR-EP-MA-N02	Rosca dosificadora de aditivos	

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Equipos seleccionados Molino B.

Tabla 11: Equipos seleccionados Molino B

Código de equipo	Equipo	Función
FHTR-EP-MB-N04	Línea de esclusas 2	La esclusa de aire s es un dispositivo muy importante en los sistemas neumáticos de transmisión y desempolvamiento del aire.
FHTR-EM-SC-N01	Cernedor	Estas son máquinas que mediante movimientos vibratorios realizan un cribado empleando tamices de telas de seda (para harina o sémolas) para la separación de la sémola (harina), del salvado (cubiertas leñosas del grano
FHTR-EM-SC-N01	Cernedor	Una celda báscula registra la cantidad de producto que afluye en la entrada. Los cilindros de alimentación se accionan en función de los datos almacenados en el mando de la máquina y de la señal de la celda báscula. La rendija de alimentación, ajustada al producto durante la puesta en servicio, garantiza una descarga segura.
FHTR-EP-MB-N01	Molino T1/T2	
FHTR-EP-MB-N04	Cernedor de seguridad	El cernedor de seguridad puede utilizarse para una clasificación del producto entrante en varias fracciones de granulometría muy precisa o para un cernido de control (repaso) por seguridad para separar productos extraños como piedras, cemento, etc.
FHTR-EP-MB-N04	Cernedor de seguridad	

FHTR-EP-MB-N01	Molino T3	Una celda báscula registra la cantidad de producto que afluye en la entrada. Los cilindros de alimentación se accionan en función de los datos almacenados en el mando de la máquina y de la señal de la celda báscula. La rendija de alimentación, ajustada al producto durante la puesta en servicio, garantiza una descarga segura.
-----------------------	-----------	--

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Codificación de equipos

Actualmente la empresa tiene ya establecido un sistema de codificación para ubicar los equipos dentro de la planta. Esta codificación se respetará para el desarrollo de este proyecto.

El sistema de codificación de la empresa FHACASA, está conformado de la siguiente manera. Las primeras 4 letras corresponden al nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país, Costa Rica, las siguientes 2 letras son utilizadas para identificar a que departamento pertenece el equipo, es decir ubicar en que sección se encuentra el dispositivo, las otras 2 letras identifican la ubicación por molino y departamento, y las últimas 3 letras o dígitos representan al nivel de ubicación. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo.

5.4 Codificación de equipos molino A

Tabla 12: Codificación de equipos.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Cernedor 2 MA	FHA Trigo CR planta Molino A, nivel 3	FHTR-EP-MA-N03

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra un ejemplo de la codificación del activo, para que quede mejor comprendida la tabla anterior.

Tabla 13: Ejemplo codificación de equipos.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
N03	Nivel 03(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Codificación de equipos

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Impactor	FHA Trigo CR planta Molino A, sótano 1	FHTR-EP-MA-S01

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra un ejemplo de la codificación del activo, para que quede mejor comprendida la tabla anterior.

Tabla 15: Ejemplo codificación de equipos.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
S01	Sótano 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Codificación de equipos

	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Soplante del filtro de harina	FHA Trigo CR planta Molino A, nivel 4	FHTR-EP-MA-N04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Ejemplo codificación de equipo.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
N04	Nivel 04(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Molino T1/T2	FHA Trigo CR planta Molino A, sotano 1	FHTR-EP-MA-S01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Codificación de equipo.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo Costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
S01	Sotáno 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Esclusa de la báscula de acemite	FHA Trigo CR planta Molino A, sotáno 1	FHTR-EP-MA-S01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Ejemplo codificación de equipo.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo Costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
S01	Sotáno 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Molino T3	FHA Trigo CR planta Molino A, nivel 1	FHTR-EP-MA-N01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Ejemplo codificación de equipo.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
N01	Nivel 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Válvula silo concreto	FHA Trigo CR planta Molino A, nivel 1	FHTR-EP-MA-N01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Ejemplo codificación de equipo

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
N01	Nivel 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Molino T4F	FHA Trigo CR planta Molino A, nivel 1	FHTR-EP-MA-N01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27: Ejemplo codificación de equipo.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
N01	Nivel 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Rosca para aditivos	FHA Trigo CR planta Molino A, nivel 2	FHTR-EP-MA-N02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Ejemplo codificación de equipo.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MA	Molino A
N02	Nivel 02(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Codificación de equipos molino B

Tabla 30: Codificación de equipo

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Línea de esclusas 2	FHA Trigo CR planta Molino B, nivel 4	FHTR-EP-MB-N04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Ejemplo de codificación.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MB	Molino B
N04	Nivel 04(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia Microsoft Word.

Tabla 32: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Cernedor	FHA Trigo CR planta Molino B, nivel 1	FHTR-EM-MB-N01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Ejemplo de codificación.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EM	Equipo de Mantenimiento
MB	Molino B

N01	Nivel 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)
------------	--

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Molino T1/T2	FHA Trigo CR planta Molino B, nivel 1	FHTR-EP-MB-N01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Ejemplo de codificación.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MB	Molino B
N01	Nivel 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica
Cernedor de seguridad	FHA Trigo CR planta Molino B, nivel 1	FHTR-EP-MB-N01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Ejemplo de codificación.

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)	
EP	Equipo de Producción	
MB	Molino B	
N01	Nivel 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Codificación de equipo.

Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Ubicación técnica

Molino T3	FHA Trigo CR planta Molino B, nivel 1	FHTR-EP-MB-N01
------------------	--	----------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Ejemplo de codificación

FHTR	Nombre de la empresa, que es la planta procesadora de trigo y el país CR (Fabrica de Harina de Centroamérica , trigo costa Rica)
EP	Equipo de Producción
MB	Molino B
N01	Nivel 01(número de piso, o zona donde está ubicado el equipo)

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Disponibilidad operacional de los molinos A y B

En este apartado se estudia la disponibilidad que presentaron los molinos A y B durante los 10 primeros meses del 2019, mismo período de estudio que se utilizó para realizar el capítulo 4 “Diagnóstico del problema”.

Es importante tomar en cuenta la disponibilidad que tienen los equipos, para de esta manera poder mejorarla.

La disponibilidad es un factor muy importante a tomar en cuenta en todas las organizaciones, ya que es un indicador que me muestra como van los objetivos de la empresa, de ahí la importancia de mejorarlo.

“Se define disponibilidad operacional de un equipo o línea de producción, al porcentaje del tiempo en que estuvo disponible para el proceso de operación en las condiciones de seguridad y calidad establecidas” (Pistarelli, 2010) .(p.47).

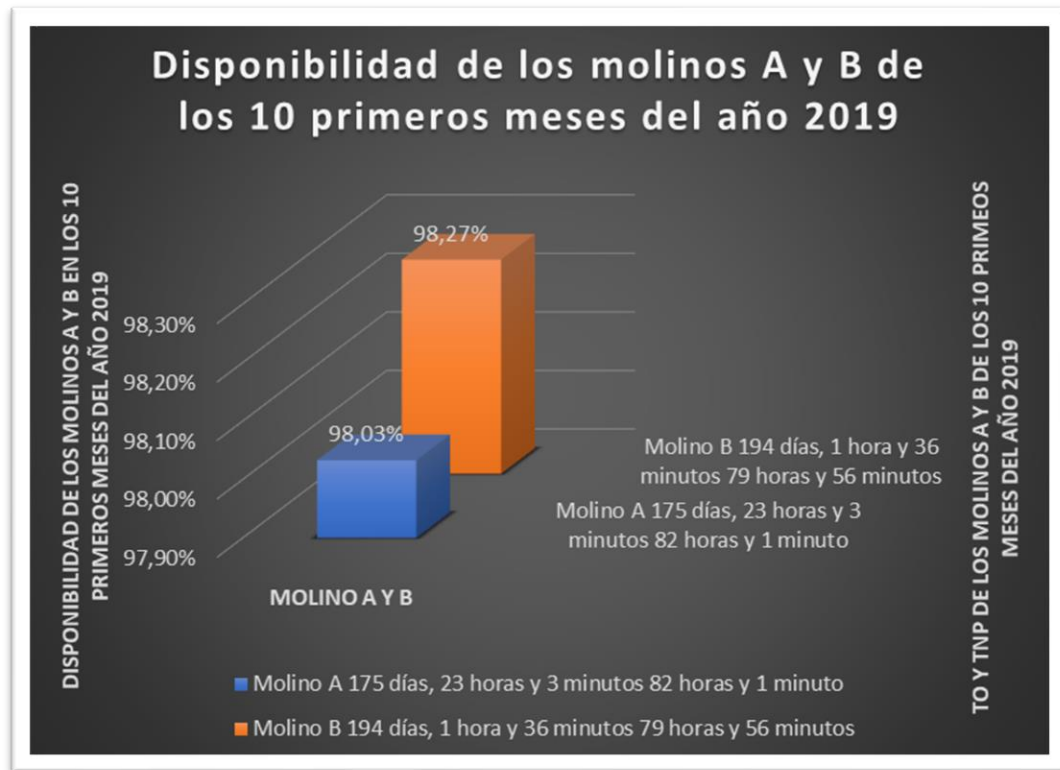
En el apartado 4.9, del capítulo 4, se analizó una serie de indicadores de mantenimiento, dentro de los cuales se encuentra la disponibilidad de estos molinos para el período de tiempo definido. A continuación, se muestra nuevamente los valores de disponibilidad obtenidos de dicho capítulo.

Tabla 40: Disponibilidad de los molinos A y B de los 10 primeros meses del 2019

INDICADORES DE MANTENIMIENTO PARA LOS 10 PRIMEROS MESES DEL 2019, DE LOS MOLINOS A Y B			
Molino	To	Tnp	Disponibilidad
Molino A	175 días, 23 horas y 3 minutos	82 horas y 1 minuto	98,03%
Molino B	194 días, 1 hora y 36 minutos	79 horas y 56 minutos	98,27%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Disponibilidad de los molinos A y B de los 10 primeros meses del 2019.



Fuente: Elaboración propia.

El valor obtenido de disponibilidad es un indicador de la probabilidad que los equipos funcionen satisfactoriamente, para mejorar este indicador, se desarrolla el manual de mantenimiento preventivo basado en RCM para prevenir las fallas funcionales.

Con el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo y un seguimiento de las tareas que se deben realizar, unido a una buena organización y compromiso del

departamento, se logrará afinar las tareas en cuanto a su duración, frecuencia y responsable, con el objetivo de que el manual sea lo más provechoso posible.

Ahora bien, no solo debe ser importante actualizar el plan de mantenimiento, sino también medir su efectividad, para esto se propone el seguimiento de dos indicadores, la disponibilidad y la ejecución de las tareas de mantenimiento, ya que, si estos indicadores continúan igual después de su implementación, provocará resultados no deseados.

Con la implementación de la propuesta de mantenimiento preventivo, se espera beneficios a mediano plazo como: aumento ciclo de vida del activo, mayor planificación de las tareas preventivas, disminución de tiempos por averías y aumentar la disponibilidad de los equipos. Hay que mencionar que depende del sistema analizado: Control, electrónico, eléctrico, mecánico, hidráulico, estructural o una combinación de los anteriores, como es lo usual. Lo tradicional, sin ser una regla exacta es:

- La gran mayoría de tareas son basadas en condición porque la mayoría de las fallas son aleatorias y muchas de ellas dan aviso de que está ocurriendo la falla o que va a ocurrir.
- El segundo grupo son las tareas de búsqueda de falla o pruebas de funcionamiento, incluyendo calibraciones.
- El tercer grupo son los reacondicionamientos cíclicos (limpiezas, lubricaciones, ajustes, entre otros).
- El cuarto grupo son las sustituciones cíclicas que casi siempre son inferiores al 5% de las tareas.

Las otras causas de falla no están sujetas a planes de mantenimiento y pueden estar sujetas a mantener repuestos, realizar rediseños, realizar procedimientos y entrenamientos o dejar fallar.

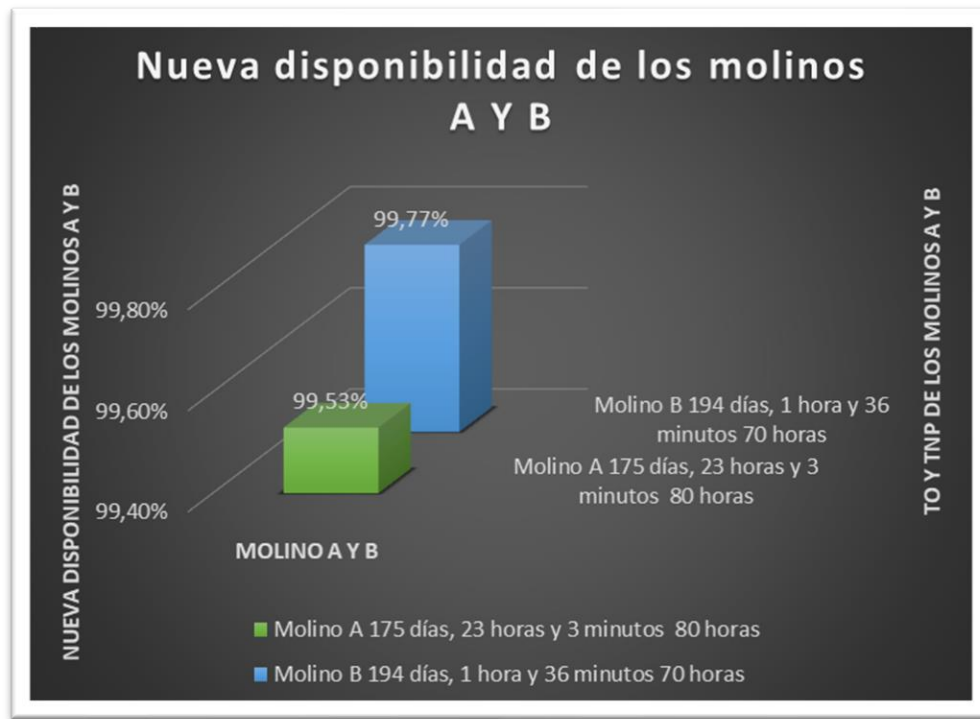
Sin embargo, considerando los problemas comunes de implementar un programa de mantenimiento, por primera vez, se trabaja con un dato conservador de un 1.5% aproximadamente.

Tabla 41: Proyección de la nueva disponibilidad.

INDICADORES DE MANTENIMIENTO PARA LOS 10 PRIMEROS MESES DEL 2019, DE LOS MOLINOS A Y B							
Molino	To	Tnp	Disponibilidad	Cantidad de paros	To	Disponibilidad	Cantidad de paros
Molino A	175 días, 23 horas y 3 minutos	82 horas y 1 minuto	98,03%	106	175 días, 23 horas y 3 minutos	99,53%	104
Molino B	194 días, 1 hora y 36 minutos	79 horas y 56 minutos	98,27%	134	194 días, 1 hora y 36 minutos	99,77%	131

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: Nueva disponibilidad de los molinos A y B.



Fuente: Elaboración propia.

En seguida se presenta un análisis de costo, según la tabla 4,5, con el mismo dato conservador del 1,5%, donde se evidencia, que, con la implementación de la propuesta de mantenimiento preventivo, se logran obtener algunos beneficios a mediano plazo, como por ejemplo ahorros de tiempo y, por ende, más productividad.

Tabla 42: Análisis de costo económico.

Análisis económico, por paros de los molinos A y B, en las áreas productivas de la planta, de los 10 primeros meses del año 2019.								
Líneas de producción	Tiempo improductivo por paros en los 10 primeros meses del año 2019 en horas	TM de harina producidas por hora	TM de harina no producidas	Costo de energía por TM en \$	Costo total de energía en \$	Costo por hora de mano de obra en \$	Costo total de mano de obra en \$	Costo total en \$
Molino A	67,33	12	807,96	66,6	53810,14	8,54	574,9982	54385,13
Molino B	40,42	5	202,1	66,6	13459,86	8,54	345,1868	13805,05
Total	107,75	17	1010,06		67270	17,08	920,185	68190,18
								1723,919

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Costo de oportunidad propuesto.

Análisis económico, por paros de los molinos A y B, en las áreas productivas de la planta, de los 10 primeros meses del año 2019.					
Líneas de producción	Tiempo improductivo por paros en los 10 primeros meses del año 2019 en horas	Kg de harina no producidos por hora	Total, de Kg de harina no producidos por paros en los 10 primeros meses	Precio por Kg de harina en \$	Costo total en \$
Molino A	67,33	12000	807960	0,35	282786
Molino B	40,42	5000	202100	0,25	50525
Total	107,75	17000	1010060		333311
					8175

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan cada una de las hojas de trabajo de RCM, que forman parte del diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo, para cada equipo seleccionado del molino A, con su respectivo análisis.

5.6 Hojas de trabajo RCM, de los equipos de molino A

Tabla 44: Hoja de trabajo RCM, impactor

Hoja de trabajo RCM										
		HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSA				PAGINA :1 DE 1				
MAQUINA		Impactor		CODIGO		FHTR-EP-MA-S01		REALIZADO:		
ZONA		Sotano Molino A		AREA		Molienda		APROBADO:		
								FIRMA:		
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA		EFEECTO	ACCION PROACTIVAS
1	El producto llega a través de la entrada central al interior de la máquina donde lo coge la rueda de proyección. La fuerza centrífuga lanza el producto hacia afuera y lo somete entre los pernos de impacto y las clavijas de impacto a una intensiva acción de rebotamiento. Gracias al aire circulante en el interior de la carcasa el producto elaborado avanza hacia la salidad tangencial.	Perdida de rendimiento en la molienda.	Impactor	Turbina	Desbalance	Desgaste en las clavijas de impacto	Desgaste en la manzana que recibe el eje.		Vibración, ruidos anormales.	Hacer verificaciones y pruebas de balance a la turbina, revisar y cambiar las clavijas desgastadas.
				Tapa	Desajuste en el empaque.	Fatiga y desgaste debido al uso.			Fugas de producto.	Cambiar el empaque. Establecer rutinas para la revisión del mismo.
				Motor	El motor no gira libremente o no gira del todo.	Rodamientos dañados.	Bobinado dañado.	Ruido extraño como si existiera alta fricción en los rodamientos.	Disparo de protección térmica.	Establecer una frecuencia para cambio de rodamientos. Realizar rutinas de mantenimiento predictivo para determinar estado de rodamientos. Realizar rutinas de revisión de conexiones eléctricas y medición de aislamiento en la bobina.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Frecuencia de mantenimiento del impactor.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-S01			
	Máquina	Impactor	Modelo				
NO.		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1		Revisión de ruido y vibración anormales de la turbina		S	52	30	1O
2		Revisión de desgaste de las clavijas del impactor		T	4	180	2M
3		Desgaste de la manzana que recibe el eje		T	4	180	2M
4		Desgaste del empaque de la tapa		T	4	180	2M
5		Fatiga y desgaste debido al uso		T	4	180	2M
6		Revisión de rodamientos del motor		M	12	60	1M
7		Ruidos extraños en el embobinado del motor		s	52	60	1E
8		Limpieza de la protección térmica del motor		T	4	60	1E
9		Limpieza externa del equipo impactor		D	290	30	1O
*PER= Periodo de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quinquenal M=Mensal, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Hoja de trabajo RCM, esclusa

Hoja de trabajo RCM				HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS				PAGINA :1 DE 1				
								REALIZADO:				
								APROBADO:				
								FIRMA:				
MAQUINA	Esclusa de la báscula de acemite	CODIGO	FHTR-EP-MA-S01									
ZONA	Sótano Molino A	AREA	Molienda									
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFECTO	ACCION PROACTIVAS		
1	La rueda en rotación de alvéolos asume el material a granel que va fluyendo hacia la entrada y lo lleva al canal de salida. El material se transporta neumáticamente a presión hacia la esclusa por una caja expulsadora de entrada. Esta caja impide que el aire de fuga de la esclusa arremoline el producto lo que conllevaría pérdidas innecesarias del rendimiento. El aire de fuga se puede aspirar desde la caja de entrada o extraer al entorno	Se imposibilita que el producto se pueda transportar correctamente. Se genera turbulencia debido a la fuga de presión.	Rueda dosificador de alvéolos	Paletas		Fuga de presión de una recamara a otra.	Desgaste		Producto no fluye correctamente o se queda estancado provocando atasques.	Revisar el nivel de desgaste, efectuar el cambio de las placas cuando se considere necesario.		
				Rodamientos		No giran libremente y se traban.	No se cambian dentro del tiempo			Establecer una rutina de cambio de rodamientos.		
					Placas laterales		Perdida de presión en la recamara.	Desgaste				Revisar el nivel de desgaste, efectuar el cambio de las placas cuando se considere necesario.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Frecuencia de mantenimiento de la esclusa

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-S01			
Máquina	Esclusa de la báscula de acemite		Modelo				
NO.	Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.	
1	Revisión fuga de presión de la recámara		S	52	30	1M	
2	Revisión de acoples de ejes		M	12	30	1M	
3	Revisión de rodamientos y vibraciones		S	52	30	1M	
4	Ruidos extraños en el embobinado del motor		s	52	60	1E	
5	Limpieza de la protección térmica del motor		T	4	60	1E	
6	Limpieza externa del equipo impactor		D	290	30	1O	
*PER= Período de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.)							
*FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48: Hoja RCM, válvula silo concreto

Hoja de trabajo RCM			HOJA DE TRABAJO RCM - FHACASA				PAGINA :1 DE 1		
									
REALIZADO:									
APROBADO:									
FIRMA:									
MAQUINA	Válvula de desvío silo concreto	CODIGO	FHTR-EP-MA-N01						
ZONA	Molino A	AREA	Nivel 01						
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA		EFECTO	ACCION PROACTIVAS
1	Se compone de la caja, del distribuidor giratorio y del accionamiento neumático. El distribuidor giratorio conduce la mezcla del producto y del aire de alimentación hacia una de las salidas. En el sentido de flujos de productos, el distribuidor giratorio está estanqueizado metálicamente frente a la caja, lo cual tiene como consecuencia un aumento importante del tiempo de funcionamiento. La forma del distribuidor giratorio esta ejecutada de tal manera que le efecto de las juntas aumenta con la presión de alimentación.	La valvula no realiza el desvío correspondiente por lo tanto no puede distribuir el producto como se debe.	Distribuidor giratorio	Anillos de cojinete	Los anillos de cojinete se atascan en la carcasa.	Cojinetes defectuosos.	La carcasa presenta marcas de fricción debido a los anillos.	Distribuidor no gira	Limpieza de los cojinetes, cambiar los cojinetes.
				Rueda dentada	Atasque de la rueda giratoria	Residuos de producto entre la rueda y la carcasa.	Corrosión entre la rueda y la carcasa.		Limpieza y lubricación de la rueda giratoria.
			Pistón con cremallera	Sellos o retenedores.	Desajuste en los sellos.	Desgaste por el uso	Fugas de aire en el pistón	Limpieza y lubricación del pistón, cambiar los empaques cada cierto tiempo.	
			Electroválvula	Bobina	La bobina no acciona la válvula.	Bobina dañada.	El distribuidor no gira.	Realizar pruebas con la bobina. Cambiar bobina	
Válvula	La válvula no realiza el accionamiento.	Válvula sucia.		Válvula dañada.	Limpieza y lubricación de la válvula. Cambio de válvula.				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49:Frecuencia de mantenimiento, válvula silo concreto

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-N01			
	Máquina	Válvula silo concreto	Modelo				
NO.		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1		Limpieza de los cojinetes		M	12	120	1M
2		Limpieza y lubricación de la rueda giratoria con grasa grado alimenticio		S	52	20	1M
3		Revisión y que haya fuga de aire en el pistón		D	290	10	1O
4		Revisión y cambio de empaques del pistó		T	4	120	1M
5		Limpieza y lubricación de bobina de accionamiento		M	12	120	1E
6		Revisión de sensores de posición		S	52	20	1E
*PER= Período de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50: Hoja de trabajo RCM, filtro del ventilador



HOJA DE TRABAJO RCM - FHACASA

PAGINA :1 DE 1

REALIZADO:

APROBADO:

FIRMA:

MAQUINA		Filtro del ventilador de aspiración	CODIGO	FHTR-EP-MAN04				APROBADO:			
ZONA		Cuarto Piso Molino A	AREA	Molienda				FIRMA:			
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA		EFEECTO	ACCION PROACTIVAS		
1	Filtración de gases con contenido de polvo, el gas con contenido de polvo penetra desde el exterior a través de las mangas de filtro. Las partículas de polvo se depositan sobre la superficie de la manga y el gas depurado escapa en dirección axial a través de las manga.	Pérdida de aspiración en el ventilador, lo que ocasiona atascos de producto en las tuberías de elevación.	Aparato de mando	Válvulas de diafragma	Membrana de hule se rompe o se bloquea.	Fatiga del hule del diafragma.	La temperatura al tiempo casusa fisuras en el diafragma	Imposibilita la correcta limpieza de la manga.	Inspeccionar los diafragmas, establecer una frecuencia de cambio.		
					Bloqueo o ruptura en el resorte del diafragma.	Obstrucción por óxido en el resorte.	Ruptura por fatiga en el resorte.		Inspeccionar los resortes, establecer una frecuencia de cambio.		
				Mangueras de aire	Ruptura de las mangueras.	Temperatura y fatiga por el uso.		Fuga de aire, el aire no llega a la valvula de diafragma.	Inspeccion de mangueras, establecer frecuencia de cambio.		
				Acoples de manguera	La manguera no se sujeta correctamente.	Daño en la prensa interna del acople.		Fuga de aire, el aire no llega a la valvula de diafragma.	Establecer una frecuencia de cambio de acoples.		
				Válvula de escape	La válvula no se acciona	Válvula sucia o dañada.	Bobina dañada.	No se realiza la descarga de aire y las mangas no se limpian.	Revision de la electroválvula completa. Limpieza y lubricación de la válvula.		
				Distribuidor de impulsos	No distribuye correctamente el aire.	Desconfiguración en la tarjeta electrónica.	Desincronización del distribuidor	Las válvulas no reciben aire para limpiar las mangas.	Verificar que los ciclos de limpieza de mangas se realicen correctamente.		
				Tarjeta electrónica	Los ciclos de limpieza de mangas no se realizan.	Tarjeta desconfigurada	Tarjeta dañada.	La limpieza de mangas no se lleva a cabo.	Limpieza y revision de la tarjeta electrónica. Revisión de los ciclos de limpieza de mangas.		
			Cono Inferior	Armazón que sujeta las mangas.	La manga no se sujeta bien y tiende a caerse.	Armazón con alguna partes sueltas.	Armazón mal armado	Pérdida de fuerza en la elevación.	Revisar el correcto armado del armazón.		
				Mangas.	Saturación de la manga.	Exceso de suciedad.	La limpieza no se hace correctamente.		Verificar que la manga se esté limpiando. Cambiar la manga si está muy saturada		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Frecuencia de mantenimiento del filtro de ventilación de aspiración

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-N02			
Máquina	Filtro de ventilación de aspiración		Modelo				
NO.	Inspección			PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	Revisión de los diafragmas			M	12	120	2M
2	Revisión de resortes del diafragma			M	12	120	2M
3	Revisión y limpieza de mangas o filtros			M	12	120	2O
4	Revisión y cambio de acoples			T	4	240	2M
5	Revisión y cambio de electroválvulas			T	4	240	2M
6	Limpieza y lubricación válvulas			M	12	240	2E
7	Limpieza y revisión de tarjeta electrónica			T	4	60	1E
8	Revisión que las mangas se autolimpian			D	290	15	1O
*PER= Período de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.)							
*FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Hoja RCM, cernedor



HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS

PAGINA:1 DE 1

REALIZADO:

APROBADO:

FIRMA:

MAQUINA		Cernedor	CODIGO	FHTR-EP-MA-NO1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
---------	--	----------	--------	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: Frecuencia de mantenimiento del cernedor

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EM-SC-N01			
	Máquina	Cernedor	Modelo				
NO.		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
	1	Medición de temperatura y vibración del motor		S	52	30	1E
	2	Ruido excesivo en el rotor del motor		S	52	30	1E
	3	Revisión de rodamiento y lubricación		T	4	240	2M
	4	Revisión y cambio de mallas		S	52	120	1O
	5	Revisión y cambio de varillas		T	4	240	2M
	6	Revisión y lubricación de rodamiento del motor		M	12	60	1M
*PER= Periodo de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quinquenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Hoja RCM, molino T1/T2

Hoja de trabajo RCM



HOJA DE TRABAJO RCM - FHACAS

PAGINA :1 DE 1

REALIZADO:

APROBADO:

FIRMA:

MAQUINA	Molino T1/T2	CODIGO	FHTR-EP-MB-N01				
ZONA	Molino B	AREA	Nivel 1				
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	ACCION PROACTIVAS
1 El molino de cuatro cilindros MDDP o el molino de ocho cilindros MDDQ ha sido diseñado única y exclusivamente para la trituration de cereales con una humedad del 10 – 17 %.	Molino no inicia funcion de molienda	Sistema eléctricos	Caja de control	El indicador no se ilumina.	No se ha efectuado la habilitación de 24 V.	No se iniciara funcion el molino	Habilitar 24 V.
			Interruptor de seguridad	Motor defecados	Interruptor con fase pegado Internamente		Cambio de Interruptor
				Moto	Se está generando una potencia menor a "X" Genera una velocidad menor a 5281 RPM		Mala conexión entre fases del bobinado. Exceso de carga o un mal alineamiento
			No realiza funcion de trituracion de trigo		Sistema Neumatico		La válvula electromagnética
	Pistones neomaticos de embriague	Falta de presion		Desgaste de embolo Falta de lubricacion		cambiar mangueras y retenedores	
		Perdida de aire		Manguera fatigada retenedor desgastado			
	Trabajo de trituración insuficiente.	Sistema Trituracion	rodillos de trituracion	No tritura el trigo adecuadamente	Desgaste del rodillo	Trabajo de trituración insuficiente.	
				Sobre calentamiento	Rodamiento con desgaste		Cambiar rodamiento
			Rodamientos	Los Rodamientos de los cilindros trituradores se	Exceso de grasa en la carcasa Grasa en el cojinete incorrecta o usada.		Retirar la grasa excedente reengrasar /cambiar
			Los engranajes	Los engranajes se calientan.	El par de ruedas con respecto a la distancia del eje no es correcto		Determinar el juego de ruedas dentadas según el Manual
				Ruido en eses	Desgaste de los engranajes		Cambio de Engranajes

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Frecuencia de mantenimiento, molino T1/T2

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-N01			
NO.	Máquina	Molino T1/T2	Modelo	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
		Inspección					
	1	Revisión de sistema eléctrico interruptor		T	4	60	1E
	2	Limpieza del protector de potencia		T	4	60	1E
	3	Verificación del consumo de APM adecuado por los motores		S	52	30	1E
	4	Revisión de mangueras y electroválvulas neumáticas		M	12	60	1E
	5	Lubricación y cambios de émbolos de pistones		T	4	120	2M
	6	Lubricación de rodamientos y cambio		T	4	480	4M
	7	Revisión de engranajes y piñones		M	12	120	2M
	8	Revisión de fajas		M	12	120	2M
	9	Cambio de cepillos		T	4	120	2M
	10	Cambio de rodillos de trituración y compresión		T	4	480	4M
*PER= Periodo de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quinquenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56: Hoja RCM, molino T3

Hoja de trabajo RCM



HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS

PAGINA :1 DE 1

REALIZADO:

APROBADO:

FIRMA:

MAQUINA	Molino T3	CODIGO	FHTR-EP-MA-N01								
ZONA	Molino A	AREA	Nivel 1								
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFEECTO	ACCION PROACTIVAS	
1	El molino de cuatro cilindros MDDP o el molino de ocho cilindros MDDQ ha sido diseñado única y exclusivamente para la trituration de cereales con una humedad del 10 – 17 %.	Molino no inicia funcion de molienda	Sistema eléctricos	Caja de control		El indicador no se ilumina.	No se ha efectuado la habilitación de 24 V.		No se Iniciara funsion el molino	Habilitar 24 V.	
				Interruptor de seguridad		Motor defecscados	Interruptor con fase pegado Internamete			Cambio de Interruptor	
				Moto		Se está generandouna potencia menor a "X"	Mala conexión entrefases del bobinado.			Limpieza y resoque de las conexiones de las fases	
						Genera unavelocidadmenor a 5281RPM	Exceso de carga oun malalineamiento			Verificar el consumos de Amp	
		No realiza funcion de trituration de trigo	Sistema Neumatico	La válvula electromagnética		Impide el paso de aire comprimido hacia los pistones de embriague	Falta de lubricacion	Falta de electricidad	El molino no embriaga y no titura el trigo		
				Pistones neomaticos de embriague		Falta de presion	Desgaste de embolo	Falta de lubricacion		Lubricar o remplazo de embolo	
						Perdida de aire	Manguera fatigada	Retenedor desgastado		Cambiar mangueras y retenedores	
		Trabajo de trituration insuficiente.	Sistema Trituracion	rodillos de trituration		No tritura el trigo adecuadamete	Desgasre del rodillo		Trabajo de trituration insuficiente.		
						Sobre calentamiento	Rodamiento con desgaste			Cambiar rodamiento	
				Rodamientos		Los Rodamientos de los cilindros trituradores se	Exceso de grasa en la carcasa	Grasa en el cojinete incorrecta o usada.		Retirar la grasa excedente, reengrasar /cambiar	
				Los engranajes		Los engranajes se calientan.	El par de ruedas con respecto a la distancia del eje no es correcto			Determinar el juego de ruedas dentadas según el Manual	
						Ruido en eseso	Desgaste de los engranajes			Cambio de Engranajes	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Frecuencia de mantenimiento, molino T3

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de maquina FHTR-EP-MB-N01			
	Máquina	Molino T3	Modelo				
NO.		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
	1	Revisión de sistema eléctrico interruptor		T	4	60	1E
	2	Limpieza del protector de potencia		T	4	60	1E
	3	Verificación del consumo de APM adecuado por los motores		S	52	30	1E
	4	Revisión de mangueras y electroválvulas neumáticas		M	12	60	1E
	5	Lubricación y cambios de émbolos de pistones		T	4	120	2M
	6	Lubricación de rodamientos y cambio		T	4	480	4M
	7	Revisión de engranajes y piñones		M	12	120	2M
	8	Revisión de fajas		M	12	120	2M
	9	Cambio de cepillos		T	4	120	2M
	10	Cambio de rodillos de trituración y compresión		T	4	480	4M
*PER= Período de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T= Trimestral E=Semestral, A=Anual.)							
*FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Hoja de trabajo RCM, molino T4F

Hoja de trabajo RCM		HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS		PAGINA :1 DE 1			
				REALIZADO:			
				APROBADO:			
				FIRMA:			
Molino T4F		CODIGO	FHTR-EP-MA-N01				
ZONA	Molino A	AREA	Nivel 1				
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	ACCION PROACTIVAS
Control a diario de flujo de producto - molienda - aspiración de la rendija de molienda - alimentación. Trituración del grano.	Cuando se gastan las estrías de los rodillos, el pierde su efectividad para la trituración, por lo que baja el rendimiento de producción.	Rodillos de trituración, rodillos de alimentación, cepillos y bancadas	Polea de transmisión, polea de alimentación	Por tiempo de uso cuando se calibran los	El tiempo de producción no permite realizar el cambio de los cilindros ya gastados	Gasto de energía y trabajo	Revisiones periódicas, para determinar el desgaste de los rodillos
			Piñones de embraje, pistones neumáticos	Exceso de ajuste	Por una mala manipulación de el ajuste en los rodillos	Gasto de tiempo y dinero	Cambio de cilindros
			Fajas de transmisión	Mal ajuste o desgaste de los rodillos principales	Po desgaste, y que no se cambió en el tiempo oportuno	Reproceso	Seguimiento de las recomendaciones del fabricante

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Frecuencia de mantenimiento, molino T4F

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-N01			
	Máquina	Molino T4F	Modelo				
NO.		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
	1	Revisión de sistema eléctrico interruptor		T	4	60	1E
	2	Limpieza del protector de potencia		T	4	60	1E
	3	Verificación del consumo de APM adecuado por los motores		S	52	30	1E
	4	Revisión de mangueras y electroválvulas neumáticos		M	12	60	1E
	5	Lubricación y cambios de émbolos de pistones		T	4	120	2M
	6	Lubricación de rodamientos y cambio		T	4	480	4M
	7	Revisión de engranajes y piñones		M	12	120	2M
	8	Revisión de fajas		M	12	120	2M
	9	Cambio de cepillos		T	4	120	2M
	10	Cambio de rodillos de trituración y compresión		T	4	480	4M
*PER= Periodo de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quinquenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Hoja de trabajo RCM, rosca dosificadora de aditivos

Hoja de trabajo RCM				HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS				PAGINA :1 DE 1	
								REALIZADO:	
								APROBADO:	
								FIRMA:	
MAQUINA	Rosca Dosificadora de aditivos	CODIGO	FHTR-EP-MA-N02						
ZONA	Molino A	AREA	Nivel 2						
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVAS	
Añadir vitaminas para enriquecer la harina y que está cumpla con los requerimientos.		Una mala dosificación de los químicos que se van añadir a la harina y el no transporte del producto.	Rosca, transportador, dosificadores, indicadores de peso.	Muñoneras, guindolas.	Fallo en el acople o el motor	Refuerzo en el acople y el motor	Paro del siguiente proceso, y almacenamiento en silos	Revisiones termográficas del equipo eléctrico	
				Roscas de dosificadores, recipientes de llenado.	Disparo en el guarda motor	Mala calibración en el indicador de peso.	La harina no va acorde a las especificaciones	Ultrasonidos	
				Moto - reductor de rosca principal y dosificador.	Pasadores de la rosca quebrado	Exceso de producto en el transportador, falta de mantenimiento preventivo	Mal mantenimiento preventivo	Realizar un adecuado mantenimiento, revisiones visuales de los acoples.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Frecuencia de mantenimiento de la rosca dosificadora de aditivos

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA		Elaboración			
		Molino A		Código de máquina			
Máquina		Rosca dosificadora de aditivos	Modelo	FHTR-EP-MA-N02			
NO.		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1		Revisión termográfica del sistema eléctrico		S	52	30	1E
2		Revisión con ultrasonido para revisión de rodamientos del motor		M	12	30	1E
3		Revisión de pesadores y tornillos		M	12	120	1M
4		Revisión y cambio de rodamientos de las guindolas y muñoneras		T	4	420	2M
5		Limpieza del motor		D	290	30	1O
*PER= Período de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T = Trimestral E=Semestral, A=Anual.)							
*FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62: Hoja de trabajo RCM, soplante del filtro de harina

MAQUINA		Soplante del filtro de harina		CODIGO	FHTR-EP-MA-N04				
ZONA		Molino A		AREA	Nivel 4				
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFFECTO	ACCION PROACTIVAS
Caudal efectivo de aire para transportar la harina al filtro de harina.		Reducción de poder transportar la harina al filtro.		Bomba - soplante, filtro de la bomba soplante y motor	Poleas, fajas.	Saturación en el filtro de entrada, fallo en los rodamientos de la bomba	Saturación en el elemento del filtro	No llegue la cantidad programada de harina	Limpieza del filtro
					Tuberías de entrada y salida	Disparo en el motor de la bomba, fugas en la tubería	Cando el filtro esta sucio, hace que la bomba se fuerce más, y por ende el motor se dispare	Las tuberías se taquean, por lo que pueden haber derrames de producto	Revisión de fajas
					Manómetros, válvula de seguridad.	Fallos en los lóbulos, en las fajas y en el motor	Las fajas se pueden reventar porque no se hizo una revisión en el tiempo oportuno, perdida de aceite.	Retraso en la producción	Revisión oportuna del equipo, seguir indicaciones del fabricante

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Frecuencia de mantenimiento del soplante del filtro de harina

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-N04			
Máquina	Soplante del filtro de harina		Modelo				
NO.	Inspección			PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	Limpieza del filtro			S	52	120	1M
2	Revisión y cambio de fajas			T	4	60	1M
3	Cambios de rodamientos de la turbina			T	4	420	2M
4	Lubricación de rodamientos			M	12	30	1M
5	Medición de vibraciones			S	52	60	1M
*PER= Período de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.)							
*FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan cada una de las hojas de trabajo de RCM, que forman parte del diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo, para cada equipo seleccionado del molino B, con su respectivo análisis.

Tabla 64: Hoja RCM, molino T3



HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS

PAGINA:1 DE 1

REALIZADO:

APROBADO:

FIRMA:

MAQUINA		Molino T3	CODIGO	FHTR-EP-MA-N01								FIRMA:			
ZONA		Molino B	AREA	Nivel 1											
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA			CAUSA			EFECTO		ACCION PROACTIVAS		
1	El molino de cuatro cilindros MDDP o el molino de ocho cilindros MDDQ ha sido diseñado única y exclusivamente para la trituración de cereales con una humedad del 10 – 17 %.	Molino no inicia funcion de molienda	Siestema eléctricos	Caja de control			El indicador no se ilumina.	No se ha efectuado la habilitación de 24 V.		No se Iniciara funsion el molino		Habilitar 24 V.			
				Interruptor de seguridad			Motor defecados	Interruptor con fase pegado Internamete			Cambio de Interruptor				
				Moto			Se estágenerandouna potencia menor a “X”	Mala conexión entre fases del bobinado.			Limpieza y resoque de las conecciones de las fases				
							Genera unavelocidadmenor a 5281RPM	Exceso de carga oun malalineamiento			Verificar el consumos de Amp				
				No realiza funcion de trituracion de trigo	Siestema Neumatico	La válvula electromagnética			Impide el paso de aire comprimido hacia los pistones de embriague		Falta de lubricacion	Falta de electricidad	El molino no embriaga y no titura el trigo		
		Pistones neomaticos de embriague					Falta de presion	Desgaste de embolo	Falta de lubricacion	Lubricar o remplazo de embolo					
							Perdida de aire	Manguera fatigada	Retenedor desgastado	Cambiar mangueras y retenedores					
		Trabajo de trituration insuficiente.	Siestema Trituracion	rodillos de trituration			No tritura el trigo adecuadamete	Desgasre del rodillo		Trabajo de trituration insuficiente.					
							Sobre calentamiento	Rodamiento con desgaste			Cambiar rodamiento				
				Rodamientos			Los Rodamientos de los cilindros trituradores se	Exceso de grasa en la carcasa	Grasa en el cojinete incorrecta o usada.		Retirar la grasa excedente, reengrasar /cambiar				
				Los engranajes			Los engranajes se calientan.	El par de ruedas con respecto a la distancia del eje no es correcto			Determinar el juego de ruedas dentadas según el Manual				
					Ruido en eseso	Desgaste de los engranajes		Cambio de Engranajes							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65: Frecuencia de mantenimiento molino T3

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino B		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-N01			
NO.	Máquina	Molino T3	Modelo				
		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
	1	Revisión de sistema eléctrico interruptor		T	4	60	1E
	2	Limpieza del protector de potencia		T	4	60	1E
	3	Verificación del consumo de APM adecuado por los motores		S	52	30	1E
	4	Revisión de mangueras y electroválvulas neumáticos		M	12	60	1E
	5	Lubricación y cambios de émbolos de pistones		T	4	120	2M
	6	Lubricación de rodamientos y cambio		T	4	480	4M
	7	Revisión de engranajes y piñones		M	12	120	2M
	8	Revisión de fajas		M	12	120	2M
	9	Cambio de cepillos		T	4	120	2M
	10	Cambio de rodillos de trituración y compresión		T	4	480	4M
*PER= Periodo de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quinquenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66: Hoja RCM, línea de esclusas 2

Hoja de trabajo RCM											
			HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS						PAGINA:1 DE 1		
MAQUINA			Línea de esclusas 2			CODIGO			FHTR-EP-MB-N04		
ZONA			Molino B			AREA			Nivel 4		
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFEECTO	ACCION PROACTIVAS
1	El material se transporta neumáticamente a presión hacia la esclusa por una caja expulsadora de entrada. Esta caja impide que el aire de fuga de la esclusa arremoline el producto lo que conllevaría pérdidas innecesarias del rendimiento. El aire de fuga se puede aspirar desde la caja de entrada o extraer al entorno por una manga de filtro. Dependiendo del procedimiento de transporte, una boquilla de carga une la esclusa con la tubería.	Se imposibilita que el producto se pueda transportar correctamente. Se genera turbulencia debido a la fuga de presión.	Rueda dosificador de alveólos	Alveolos		Fuga de presión de una recamara a otra.	Desgaste			Producto no fluye correctamente o se queda estancado provocando atasques.	Revisar el nivel de desgaste, efectuar el cambio de las placas cuando se considere necesario.
				Rodamientos		Desgaste	No giran libremente y se traban.			Producto no fluye correctamente o se queda estancado provocando atasques.	Establecer una rutina de cambio de rodamientos.
						Ruido y Vibracion	Disparo de sensor de temperatura				
				Placas laterales		Perdida de presión en la recamara.	Desgaste				Revisar el nivel de desgaste, efectuar el cambio de las placas cuando se considere necesario.
			Moto reductor	Caja reductora		No se esta generando el torque necesario.	Por fatiga o engranajes inadecuados			Producto no fluye correctamente o se queda estancado provocando atasques.	Aplicar lubricantes adecuado
						velocidad fuera del rango	Exeso de revoluciones , lubricacion no adecuada				
				Motor		Se está generando una potencia menor a "X" Genera	Mala conexión entrefases del bobinado.				Limpieza y resoque de las conexiones de las fases
						una velocidad menor a 5281RPM	Exceso de carga o un mal alineamiento				Verificar el consumos de Amp
				Interruptor de Emergencia		Motor no enciende	Desgaste interno del interruptor				Cambio de interruptor

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Frecuencia de mantenimiento, línea de esclusas 2

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino B		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MB-N04			
Máquina		Línea de esclusas 2	Modelo				
NO.	Inspección			PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	Revisión fuga de presión de la recamara			S	52	30	1M
2	Revisión de acoples de ejes			M	12	30	1M
3	Revisión de rodamientos y vibraciones			S	52	30	1M
4	Ruidos extraños en el embobinado del motor			s	52	60	1E
5	Limpieza de la protección térmica del motor			T	4	60	1E
6	Limpieza externa del equipo impactor			D	290	30	1O
*PER= Periodo de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68: Hoja RCM, cernedor

MAQUINA		Cernedor		CODIGO	FHTR-EP-MB-N01					
ZONA		Molino B		AREA	Nivel 2					
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFFECTO	ACCION PROACTIVAS	
1	El cernedor oscilante cuadrado se utiliza para el cernido o criado y la clasificación eficaz de productos de trituración en molinos de trigos	Incapaz de transmitir o lo hace de manera deficiente	Motor	Estator		Alta temperatura, desequilibrio de voltaje, soportes rotos y sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento del embobinado de los devanados		Deficiencia en la separación de partículas y atasco de las líneas de producción.	
				Rotor		Ruido excesivo	Eje doblado	Rozamientos entre rotor y estator		
				Rodamiento		Altas vibraciones	Rodamientos en mal estado			Cambio de rodamiento
		Mala transmisión por deterioro de banda de transmisión	Sistema de transmisión	Polea y eje central		Mala tensión o desgaste.	Disminución de RPM		Deficiencia en la separación de partículas y atasco de las líneas de producción.	Cambio de rodamiento y alineamiento de eje
						Altas vibraciones	Rodamientos desgastados	Eje desalineado		
		Mala separación por deterioro en las Tamiz	Batidores	Tamiz		Atasco del cernedor	Los desentrapadores gastados		Cambio de desentrapadores	
						Paso de partículas con tamaño mas grande	Tamiz rota			Cambio de malla
		No permitir un movimiento controlado del cernido	Pilas	Varillas de fibra de vidrio		Se sueltan las varillas	Se rompe porta varillas	Tornillos flojos	Se sueltan las varillas y pende solo de algunas, lo cual hace que el cernedor no gire correctamente, así perdiendo eficiencia en el cernido.	Cambio de varilla
				Sistema de cierre de la puerta		Falta de lubricación de los mecanismos	Los mecanismos se oxidan o se seca la lubricación			Lubricación
						Se sueltan los pernos que sujetan las puertas	Incorrecto apriete de los pernos lo que puede producir por el movimiento del plansifter, que estos se			Apriete de los pernos según recomendación de fabricante

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69: Frecuencia de mantenimiento del cernedor

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino B		Elaboración Código de máquina FHTR-EM-SC-N01			
	Máquina	Cernedor	Modelo				
NO.		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
	1	Medición de temperatura y vibración del motor		S	52	30	1E
	2	Ruido excesivo en el rotor del motor		S	52	30	1E
	3	Revisión de rodamiento y lubricación		T	4	240	2M
	4	Revisión y cambio de mallas		S	52	120	1O
	5	Revisión y cambio de varillas		T	4	240	2M
	6	Revisión y lubricación de rodamiento del motor		M	12	60	1M
*PER= Periodo de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70: Hoja RCM, molino T1/T2

Hoja de trabajo RCM													
		HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS										PAGINA :1 DE 1	
MAQUINA		Molino T1/T2		CODIGO		FHTR-EP-MB-N01		REALIZADO:					
ZONA		Molino B		AREA		Nivel 1		APROBADO:					
								FIRMA:					
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFEECTO	ACCION PROACTIVAS		
1	El molino de cuatro cilindros MDDP o el molino de ocho cilindros MDDQ ha sido diseñado única y exclusivamente para la trituration de cereales con una humedad del 10 – 17 %.	Molino no inicia funcion de molienda	Sistema eléctricos	Caja de control		El indicador no se ilumina.	No se ha efectuado la habilitación de 24 V.		No se Iniciara funsion el molino	Habilitar 24 V.			
				Interruptor de seguridad		Motor defecados	Interruptor con fase pegado Internamete			Cambio de Interruptor			
				Moto		Se estágenerandouna potencia menor a “X” Genera unavelocidadmenor a 5281RPM	Mala conexión entre fases del bobinado.			Limpeza y resoque de las conexiones de las fases			
							Exceso de carga o un malalineamiento			Verificar el consumos de Amp			
		No realiza funcion de trituracion de trigo	Sistema Neumatico	La válvula electromagnética		Impide el paso de aire comprimido hacia los pistones de embriague	Falta de lubricacion	falta de electricidad	El molino no embriaga y no titura el trigo	lubricar o remplazo de embolo			
				Pistones neomaticos de embriague		Falta de presion	Desgaste de embolo	Falta de lubricacion		cambiar mangueras y retenedores			
						Perdida de aire	Manguera fatigada	retenedor desgastado					
		Trabajo de trituration insuficiente.	Sistema Trituracion	rodillos de trituration		No tritura el trigo adecuadamete	Desgasre del rodillo		Trabajo de trituration insuficiente.				
						Sobre calentamiento	Rodamiento con desgaste			Cambiar rodamiento			
				Rodamientos		Los Rodamientos de los cilindros trituradores se	Exceso de grasa en la carcasa	Grasa en el cojinete incorrecta o usada.		Retirar la grasa excedente reengrasar/cambiar			
				Los engranajes		Los engranajes se calientan.	El par de ruedas con respecto a la distancia del eje no es correcto			Determinar el juego de ruedas dentadas según el Manual			
			Ruido en eseso		Desgaste de los engranajes		Cambio de Engranajes						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71: Frecuencia de mantenimiento, molino T1/T2

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino B		Elaboración Código de maquina FHTR-EP-MB-N01			
NO.	Máquina	Molino T1/T2	Modelo				
		Inspección		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
	1	Revisión de sistema eléctrico interruptor		T	4	60	1E
	2	Limpieza del protector de potencia		T	4	60	1E
	3	Verificación del consumo de APM adecuado por los motores		S	52	30	1E
	4	Revisión de mangueras y electroválvulas neumáticas		M	12	60	1E
	5	Lubricación y cambios de émbolos de pistones		T	4	120	2M
	6	Lubricación de rodamientos y cambio		T	4	480	4M
	7	Revisión de engranajes y piñones		M	12	120	2M
	8	Revisión de fajas		M	12	120	2M
	9	Cambio de cepillos		T	4	120	2M
	10	Cambio de rodillos de trituración y compresión		T	4	480	4M
*PER= Período de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T= Trimestral E=Semestral, A=Anual.) *FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72: Hoja RCM, cernedor de línea

Hoja de trabajo RCM



HOJA DE TRABAJO RCM - FHACSAS

PAGINA :1 DE 1

REALIZADO:

APROBADO:

FIRMA:

MAQUINA	Cernedor de línea	CODIGO	FHTR-EP-MB-N02								
ZONA	Molino B	AREA	Nivel 2								
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA		EFEECTO	ACCION PROACTIVAS		
1	El cernedor oscilante cuadrado se utilizapara el cernido o criado y la clasificacion eficas de productos de trituracion en molinos de trigos	Incapas de trasmitir o lo hace de manera deficiente	Motor	Estator		Alta temperatura, desequilibrio de voltaje, soportes rotos y sobrecalentamiento	Sobrecalentamiento del embobinado de los devanados		Deficiencia en la separacion de particulas y atasque de las lineas de produccion.		
				Rotor		Ruido excesivo	Eje doblado	Rozamientos entre rotor y estator			
				Rodamiento		Altas vibraciones	Rodamientos en mal estado			Cambio de rodamiento	
		Mala transmisión por deterioro de banda de transmisión	Sistema de tramicion	Polea y eje central		Mala tensión o desgaste.	Disminución de RPM				
						Altas vibraciones	Radamientos desgastados	Eje desalineado		Cambio de rodamiento y alineamiento de eje	
		Mala separación por deterioro en las Tamiz	Bastidores	Tamiz		Atasco del cernedor	Los Desentrapadores gastados			Cambio de desentrapadores	
						Paso de particulas con tamaño mas grande	Tamiz rota			Cambio de malla	
		No Permitir un movimiento controlado del cernido	Pilás	Varillas de fibra de vidrio		Se sueltan las varillas	Se rompe porta varillas	Tornillos flojos	Se sueltan las varillas y pende solo de algunas , lo cual hace que el cernedor no gire correctamente, asi perdiendo eficiencia en el cernido.	Cambio de varilla	
				Sistema de cierre de la puerta		Falta de lubricacion de los mecanismos	Los mecanismos se oxidan o se seca la lubricacion			Lubricacion	
						Se sueltan los pernos que sujetan las puertas	Incorrecto apriete de los pernos lo que puede producir por el movimiento del plansifter, que estos se			Priete de los pernos según recomendación de fabricante	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73: Frecuencia de mantenimiento, del cernedor de línea

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO							
Área :		FHACASA Molino A		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-N04			
Máquina	Soplante del filtro de harina			Modelo			
NO.	Inspección			PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	Limpieza del filtro			S	52	120	1M
2	Revisión y cambio de fajas			T	4	60	1M
3	Cambios de rodamientos de la turbina			T	4	420	2M
4	Lubricación de rodamientos			M	12	30	1M
5	Medición de vibraciones			S	52	60	1M
*PER= Período de las inspecciones. (D=Diario, S=Semanal, Q= Quincenal M=Mensual, T =Trimestral E=Semestral, A=Anual.)							
*FRE= Frecuencia con la que se realizan las inspecciones al año. *DUR= Inspección a realizar en minutos *TEC=Técnico que realiza el mantenimiento. M=Mecánico, E=Eléctrico, O=Operario.							

Fuente: Elaboración propia.

5.8 Procedimiento de trabajo para el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo.

En este apartado se detalla cada uno de los procedimientos que se deben realizar, para efectuar de manera adecuada el mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos del molino A y B.

Equipos, molino A

Tabla 74: Procedimiento de trabajo del cernedor

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO						
Area :		FHACASA Molino A			Elavoración Código de máquina FHTR-EP-MA-N03	
Máquina	Cernedor	Modelo		Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina	DUR. TEC.
Inspección	Procedimiento paso a paso					
Medición de temperatura y vibración del motor	1	Desconectar fajas del motor			NO	1E
	2	Arranque del motor sin la conección de la fajas				
	3	Colocar el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor				
	4	Tomar las medidas y se comparan con los parámetros establecidos				
	5	Apagar el motor y se montan fajas				
	6	Tensar las fajas de la trasmición del motor				
Ruido excesivo en el rotor del motor	1	Desconectar fajas del motor			NO	1E
	2	Arranque del motor sin la conección de la fajas				
	3	Coloca el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor				
	4	Toma las medidas y se comparan con los parámetros establecidos				
	5	Desconectar el motor				
	6	Trasladar al taller				
Revición de rodamieto y lubricación	1	Quitar fajas de las poleas			SI	2M
	2	Quitar polea, tuerca y arandelas de seguridad				
		Calsar el eje principal				
	3	Sacar la carcas y los rodamientos				
	4	Colocar nuevamete la carcasa sin los rodamientos				
		Centrar el eje y se remplaza el rodamiento y se lubrica				
Revición y cambio de mallas	5	Colocar nuevamete las tuercas de seguridad y polea , se colocan las fajas			SI	10
	1	Detener el funcionamiento del cernedor				
	2	Aflojar las tensoras y abrir las puertas del cernedor				
	3	Identificar las mallas dañadas				
	4	Colocar la nueva malla				
	5	Cerrar las puerta y apretar las tensoras				
Revición y cambio de barillas	1	Detener el funcionamiento del cernedor			SI	2M
	2	Poner calsa en la base del cernedor				
	3	Identificar las barillas para cambio				
	4	Remplazar la barilla y socar las tuercas de sugesión				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75: Procedimiento de trabajo, del soplante del filtro de harina

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO						
Area :		FHACASA Molino A		Elavoración Codigo de máquina FHTR-EP-MA-N04		
Máquina	Soplante del filtro de harina		Modelo			
Inspección	Procedimiento paso a paso			Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina	DUR. TEC.
Limpieza del filtro	1	Quitar la tapa del filtro			SI	1M
	2	Retirar el filtro y soplarlo con aire comprimido				
	3	Se coloca nuevamete el filtro				
	4	Se coloca la tapa del filtro				
Revisión y cambio de fajas	1	Retirar el protector de las fajas			SI	1M
	2	Identificar la fajas de cambio				
	3	Destensar las fajas				
	4	Colocar las fajas nuevas y tensarlas				
Cambio de rodamiento de la turbina	5	Colocar el protector de las fajas			SI	2M
	1	Se detiene el funcinamiento del motor				
	2	Quitar fajas y retirar la polea				
	3	Remplazar los rodamientos				
Lubricación de rodamientos	4	Colocar las fajas y las poleas			SI	1M
	1	Colocar la manguera en el alemai				
	2	Bombear hasta que la grasa salga por los sellos del rodamiento				
Medición de vibración	3	Limpiar el exceso de grasa			NO	1M
	1	Se le coloca el ultrasonido y la termografia al cuerpo del motor				
	2	Se toma las medidas y se comparan con los parámetros establecidos				
	3	Si estan por fuera del parámetro se programa un mantenimiento correctivo				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76: Procedimiento de trabajo de la esclusa de la báscula de acemite.

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO						
Area : FHACASA Molino A			Elavoración Código de máquina FHTR-EP-MA-S01			
Máquina	Esclusa de la báscula de acemite	Modelo	Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina	DUR.	TEC.
Inspección	Procedimiento paso a paso					
Revision fuga de presión de la recamara	1	Detener equipo				
	2	Desmontar acople con el motor				
	3	Desmontage de la esclusa		SI		1M
	4	Desmontage el cabezote de la esclusa				
	5	Galguiar para medir las dimenciones de la holgura				
	6	Se monta el cabezote de la esclusa y los acoples del motor				
Revisión de acoples de ejes	1	Se detiene el equipo				
	2	Se mide las dimensiones del eje				
	3	Se desmonta el acople		SI		1M
	4	Se inspecciona el secmeto (araña)				
	5	Se monta el acople				
Revisión de rodamietos y vibraciones	1	Detener el funcionamiento del equipo				
	2	Desmotar el acople				
	3	Retiran las tapas laterales de la esclusa		si		M
	4	Revisar y se cambian los rodamientos				
	5	Colocar las tapas y se colocan los acoples				
Ruido extraños en el embobinado del motor	1	Maquinaria en función				
	2	Colocar el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor				
	3	Tomar las medidas y se comparan con los parámetros establecidos		NO		1E
	4	Desconectar el motor				
	5	Trasladar al taller				
Limpieza de la protección térmica del motor	1	Se le retira la tapa al protector térmico				
	2	Se le aplica químico limpiador contactos electricos		SI		1E
	3	Se sopla con aire comprimido				
	4	Se coloca la tapa del protector térmico				
Limpieza externa del equipo	1	Detener el equipo				
	2	Usar wypall humedo		SI		1O
	3	Limpiar la carcasa de la esclusa				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77: Procedimiento de trabajo, de la válvula de silo concreto

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO							
Area :		FHACASA Molino A		Elavoración Código de máquina FHTR-EP-MA-N01			
Máquina	Válvula silo concreto		Modelo				
Inspección	Procedimiento paso a paso			Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina	DUR.	TEC.
Limpieza de los cojinetes	1	Detener el equipo					
	2	Desconectar el flujo de aire					
	3	Desconectar el pistón neumático				SI	1M
	4	Retirar las tapas laterales					
	5	Retirar los empaques de hule					
Limpieza y lubicación de la rueda giratoria con grasa grado alimenticio	1	Detener el equipo					
	2	Desconectar el flujo de aire					
	3	Desconectar el pistón neumático					
	4	Retirar las tapas laterales				SI	1M
	5	Retirar los empaques de hule					
Revisión y que no haya fuga de aire en el piston	6	Retirar el núcleo interno					
	7	Aplicar grasa de grado alimenticio					
	8	Limpiar el exceso de grasa					
	1	Debe estar el equipo en operación					
	2	Colocar el equipo de análisis de ultrasonidos				NO	10
Revisión y cambio de empaques del pistón	3	Conparar los parámetros establecidos					
	1	Retirar el aire comprimido del pistón					
	2	Desmontar el pistón					
	3	Desmontar las tapas laterares del pistón				SI	1M
	4	Retirar los empaques del pistón					
Limpieza y lubicación de bobina de accionamiento	5	Colocar los nuevos empaques					
	1	Desconestar la bobina del suministro eléctrico					
	2	Desmontar la bobina				SI	1E
	3	Retirar las tapas laterales de la bobina					
	4	Aplicar lubricante especial para componentes eléctricos					
Revisión de sensores de posición	1	Limpiar el sensor					
	2	Medir continuidad electrica cuando es puesto a un magneto				SI	1E
	3	Revisar visualmete las conecciones electricas					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78: Procedimiento de trabajo de la rosca dosificadora de aditivos

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO							
Area :		FHACASA Molino A			Elavoración Código de máquina FHTR-EP-MA-N02		
Máquina	Rosca dosificadora de aditivos		Modelo				
Inspección	Procedimiento paso a paso				Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina	DUR. TEC.
Revisión termográfica del sistema eléctrico	1	Activar el equipo				NO	1E
	2	Colocar la cámara termográfica al gurdamotor					
	3	Determinar que los rangos se encuentren en lo establecido					
	4	Apuntar la cámara termografica al motor					
	5	Determinar que los rangos se encuentren en lo establecido					
Revisión con ultrasonido para revisión de rodamientos del motor	1	Activar el motor del equipo				NO	1E
	2	Colocarle el equipo ultrasonico al motor					
	3	Determinar que los rangos se encuentren en lo establecido					
Revisión de pesadores y tornillo sin fin	1	Deterner el equipo				SI	1M
	2	Retirar las tapas superiores					
	3	Girar con la mano el tornillo sin fin para posicionar los tornillos pesadores					
Revisión y cambio de rodamientor de las guindolas y muñoneras	4	Retirar los tornillos pesadores viejos				SI	2M
	5	Poner tornillos pesadores nuevos y darle el torque adecuado					
	1	Deterner el equipo					
	2	Retirar las tapas superiaries					
	3	Retirar las guidolas biejas y muñoneras					
Limpieza del motor	4	Colocar las guindolas y muñoneras nuevas				NO	10
	5	Colocar las tapas superiores nuevamete					
	1	Soplar con aire comprimido , retirar la harina de la superficie					
	2	Pasarle un wypall humedo					

Fuente: Elaboración propia.

Equipos, molino B

Tabla 79: Procedimiento de trabajo del cernedor de seguridad

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO					
Area :		FHACASA Molino B		Elavoración Código de máquina FHTR-EP-MB-N04	
Máquina	Cernedor de seguridad	Modelo		Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina
Inspección	Procedimiento paso a paso			DUR.	TEC.
Medición de temperatura y vibración del motor	1	Desconectar fajas del motor			
	2	Arranque del motor sin la conección de las fajas			
	3	Se le coloca el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor			SI
	4	Se toma las medidas y se comparan con los parámetros establecidos			1E
	5	Se apaga el motro y se montan fajas			
	6	Se tensan las fajas de la trasmición del motor			
Ruido excesivo en el rotor del motor	1	Desconectar fajas del motor			
	2	Arranque del motor sin la conección de la fajas			
	3	Se le coloca el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor			SI
	4	Se toma las medidas y se comparan con los parámetros establecidos			1E
	5	Se desconecta el motor			
	6	Se traslada al taller			
Revición de rodamieto y lubricación	1	Quitar fajas de las poleas			
	2	Quitar polea, tuerca y arandelas de seguridad			
	3	Calzar el eje principal			
	4	Se saca la carcasa y los rodamientos			SI
		Se coloca nuevamete la carcasa sin los rodamientos			2M
Revición y cambio de mallas		Se centra el eje y se reemplasa el rodamiento y se lubrica			
	5	Se coloca nuevamete las tuercas de seguridad y polea , se colocan las fajas			
	1	Detener el funcionamiento del cernedor			
	2	Aflojar las tensoras y abrir las puertas del cernedor			
	3	Identificar las mallas dañadas			SI
Revición y cambio de barillas	4	Colocar la nueva malla			10
	5	Cerrar las puertas y apretar las tensoras			
	1	Detener el funcionamiento del cernedor			
	2	Poner calsa en la base del cernedor			SI
Revición y lubricación de rodamieto del motor	3	Identificar las barillas para cambio			2M
	4	Reemplazar la barilla y socar las tuercas de sugesión			
	1	Colocar el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor			
	2	Tomar las medidas y se comparan con los parámetros establecidos			NO
	3	Conectar la manguera en el alemay del motor			1M
	4	Se le aplica 4 g de grasa			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80: Procedimiento de trabajo del molino T1/T2

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO						
Area :	FHACASA Molino B		Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MB-N01			
Máquina	Molino T1/T2	Modelo	Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina	DUR.	TEC.
Inspección	Procedimiento paso a paso					
Revisión de sistema eléctrico interruptor	1	Verificar que el equipo este detenido				
	2	Abrir la tapa del panel eléctrico del molino				
	3	Apuntar con la cámara termografica el tablero eléctrico		SI		1E
	4	Se toma las medidas y se comparan con los parámetros establecidos				
Limpieza del protector de potencia	1	Retirar la tapa al protector térmico				
	2	Aplicar químico limpiador contactos eléctricos		SI		1E
	3	Sopla con aire comprimido				
	4	Coloca la tapa del protector térmico				
Verificación del consumo de APM adecuado por los motores	1	Verificar que el equipo este funcionando				
	2	Abrir la tapa del panel eléctrico del molino				
	3	Colocar las pinsas del multímetro en los cables de alta tención del motor		NO		1E
	4	Se toman las medidas y se comparan con los parámetros establecidos				
Revisión de mangueras y electroválvulas neumáticas	5	Si no cumple los parámetros se ajusta el amperaje en el gurdamotor				
	1	Verificar que el equipo este parado				
	2	Retirar las tapas protectoras del molino		SI		1E
	3	Revisar visualmete el estado de las mangueras neumáticas				
Lubricación y cambios de embolos de pistones	4	Desmontar la electroválvula y lubricar el pistón de accionamiento				
	1	Verificar que el equipo este parado				
	2	Retirar las tapas protectoras del molino		SI		2M
	3	Desmontar el pistón				
Lubricación de rodamientos y cambio	4	Retirar las tapas laterales del pistón				
	5	Cambiar los embolos o lubricar				
	1	Verificar que el equipo este parado				
	2	Retirar los cobertores del molino				
	3	Se retiran los tornillos de la carcasa del primer rodillo				
	4	Se retiran las tuercas de seguridad de los rodillos		SI		4M
	5	Retirar las poleas y piñones junto con el carter				
	6	Colocar la bomba hidráulica para retirar los rodamientos				
	7	Se retiran los guarda polvos de ambos lados				
	8	Se colocan los nuevos rodamientos y se lubrican				
	1	Verificar que el equipo este parado				
	2	Retirar la tapa superior del carter		NO		2M
Revisión de engranajes y piñones	3	De forma visual se revisan los piñones y el nivel de aceite				
	1	Verificar que el equipo este parado				
	2	Retirar los cobertores del molino		SI		2M
	3	Revisar visualmete las fajas una a una				
Cambio de cepillos	1	Verificar que el equipo este parado				
	2	Retirar tapa inferior del molino		SI		2M
	3	Colocar el nuevo cepillo				
	4	Colocar el nuevo cepillo				
	1	Verificar que el equipo este parado				
	2	Retirar los cobertores del molino				
	3	Se retiran los tornillos de la carcasa del primer rodillo				
	4	Retirar las polea y piñones junto con el carter				
Cambio de rodillos de trituración y compreción	5	Se retiran las tuercas de seguridad de los rodillos		SI		4M
	6	Colocar la bomba hidráulica para retirar los rodamientos				
	7	Retiran los guarda polvos de ambos lados				
	8	Retirar el rodillo que se va a cambiar				
	9	Colocar el rodillo nuevo				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81: Procedimiento de trabajo de la esclusa de la báscula acemite

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO A1:L23					
Area : FHACASA Molino B			Elaboración Código de máquina FHTR-EP-MA-S01		
Máquina	Esclusa de la báscula de acemite	Modelo	Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina	DUR. TEC.
Inspección	Procedimiento paso a paso				
Revision fuga de presión de la recamara	1	Detener equipo			
	2	Desmontar acople con el motor			
	3	Desmontage de la esclusa		SI	1M
	4	Desmontage el cabezote de la esclusa			
	5	Galguiar para medir las dimensiones de la holgura			
	6	Se monta el cabezote de la esclusa y los acoples del motor			
Revisión de acoples de ejes	1	Se detiene el equipo			
	2	Se mide las dimensiones del eje			
	3	Se desmonta el acople		SI	1M
	4	Se inspecciona el secmeto (araña)			
	5	Se monta el acople			
Revisión de rodamientos y vibraciones	1	Detener el funcionamiento del equipo			
	2	Desmotar el acople			
	3	Retiran las tapas laterales de la esclusa		si	M
	4	Revisar y se cambian los rodamientos			
	5	Colocar las tapas y se colocan los acoples			
Ruido extraños en el embobinado del motor	1	Maquinaria en función			
	2	Colocar el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor			
	3	Tomar las medidas y se comparan con los parámetros establecidos		NO	1E
	4	Desconectar el motor			
	5	Trasladar al taller			
Limpieza de la protección térmica del motor	1	Se le retira la tapa al protector térmico			
	2	Se le aplica químico limpiador contactos electricos		SI	1E
	3	Se sopla con aire comprimido			
	4	Se coloca la tapa del protector térmico			
Limpieza externa del equipo	1	Detener el equipo			
	2	Usar wypall humedo		SI	10
	3	Limpiar la carcasa de la esclusa			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82: Procedimiento de trabajo del molino T3

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO					
Area :	FHACASA Molino B			Elaboración Código de máquina	
	Máquina	Molino T3	Modelo	FHTR-EP-MB-N01	
	Inspección	Procedimiento paso a paso		Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina
				DUR.	TEC.
Revisión de sistema eléctrico interruptor	1	Verificar que el equipo este detenido			
	2	Abrir la tapa del panel eléctrico del molino			
	3	Apuntar con la cámara termográfica el tablero eléctrico			SI
	4	Se toma las medidas y se comparan con los parámetros establecidos			1E
Limpieza del protector de potencia	1	Retirar la tapa al protector térmico			
	2	Aplicar químico limpiador contactos eléctricos			SI
	3	Sopla con aire comprimido			1E
	4	Coloca la tapa del protector térmico			
Verificación del consumo de APM	1	Verificar que el equipo este funcionando			
	2	Abrir la tapa del panel eléctrico del molino			
	3	Colocar las pinsas del multímetro en los cables de alta tención del motor			NO
	4	Se toman las medidas y se comparan con los parámetros establecidos			1E
	5	Si no cumple los parámetros se ajusta el amperaje en el gurdamotor			
Revisión de mangueras y electroválvulas neumáticas	1	Verificar que el equipo este parado			
	2	Retirar las tapas protectoras del molino			SI
	3	Revisar visualmete el estado de las mangueras neumáticas			1E
	4	Desmontar la electroválvula y lubricar el pistón de accionamiento			
Lubricación y cambios de embolos de pistones	1	Verificar que el equipo este parado			
	2	Retirar las tapas protectoras del molino			SI
	3	Desmontar el pistón			2M
	4	Retirar las tapas laterales del pistón			
	5	Cambiar los embolos o lubricar			
Lubricación de rodamientos y cambio	1	Verificar que el equipo este parado			
	2	Retirar los cobertores del molino			
	3	Se retiran los tornillos de la carcasa del primer rodillo			SI
	4	Se retiran las tuercas de seguridad de los rodillos			4M
	5	Retirar las poleas y piñones junto con el carter			
	6	Colocar la bomba hidráulica para retirar los rodamientos			
	7	Se retiran los guarda polvos de ambos lados			
	8	Se colocan los nuevos rodamientos y se lubrican			
Revisión de engranajes y piñones	1	Verificar que el equipo este parado			
	2	Retirar la tapa superior del carter			NO
	3	De forma visual se revisan los piñones y el nivel de aceite			2M
Revisión de fajas	1	Verificar que el equipo este parado			
	2	Retirar los cobertores del molino			SI
	3	Revisar visualmete las fajas una a una			2M
Cambio de cepillos	1	Verificar que el equipo este parado			
	2	Retirar tapa inferior del molino			SI
	3	Colocar el nuevo cepillo			2M
	4	Colocar el nuevo cepillo			
Cambio de rodillos de trituración y compreción	1	Verificar que el equipo este parado			
	2	Retirar los cobertores del molino			
	3	Se retiran los tornillos de la carcasa del primer rodillo			SI
	4	Retirar las polea y piñones junto con el carter			4M
	5	Se retiran las tuercas de seguridad de los rodillos			
	6	Colocar la bomba hidráulica para retirar los rodamientos			
	7	Retiran los guarda polvos de ambos lados			
	8	Retirar el rodillo que se va a cambiar			
	9	Colocar el rodillo nuevo			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83: Procedimiento de trabajo del cernedor

MANUAL DE MANTENIMIETO PREVENTIVO						
Area :		FHACASA Molino B		Elavoración Código de máquina FHTR-EP-MA-N03		
Máquina	Cernedor	Modelo		Fecha de ejecución	Bloqueo de la máquina	DUR. TEC.
Inspección	Procedimiento paso a paso					
Medición de temperatura y vibración del motor	1	Desconectar fajas del motor				
	2	Arranque del motor sin la conección de la fajas				
	3	Colocar el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor				
	4	Tomar las medidas y se comparan con los parámetros establecidos			NO	1E
	5	Apagar el motor y se montan fajas				
	6	Tensar las fajas de la trasmición del motor				
Ruido excesivo en el rotor del motor	1	Desconectar fajas del motor				
	2	Arranque del motor sin la conección de la fajas				
	3	Coloca el ultrasonido y la termografía al cuerpo del motor				
	4	Toma las medidas y se comparan con los parámetros establecidos			NO	1E
	5	Desconectar el motor				
	6	Trasladar al taller				
Revición de rodamieto y lubricación	1	Quitar fajas de las poleas				
	2	Quitar polea, tuerca y arandelas de seguridad				
		Calsar el eje principal				
	3	Sacar la carcas y los rodamientos			SI	2M
	4	Colocar nuevamete la carcasa sin los rodamientos				
Revición y cambio de mallas		Centrar el eje y se remplaza el rodamiento y se lubrica				
	5	Colocar nuevamete las tuercas de seguridad y polea , se colocan las fajas				
	1	Detener el funcionamiento del cernedor				
	2	Aflojar las tensoras y abrir las puertas del cernedor				
	3	Identificar las mallas dañadas			SI	10
Revición y cambio de barillas	4	Colocar la nueva malla				
	5	Cerrar las puerta y apretar las tensoras				
	1	Detener el funcionamiento del cernedor				
	2	Poner calsa en la base del cernedor			SI	2M
	3	Identificar las barillas para cambio				
	4	Remplazar la barilla y socar las tuercas de sugesión				

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se realizó un análisis detallado de los equipos seleccionados para determinar las principales fallas funcionales y con base en ello, diseñar la propuesta de Mantenimiento Preventivo basado en RCM.
- Con base en el RCM realizado para los equipos, se identificó las necesidades mínimas de mantenimiento en el contexto operacional de los dispositivos de producción.
- Se identifican beneficios a mediano plazo, si se implementa el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo, bajo la técnica RCM, como incremento de la vida útil de los equipos, seguridad y funcionamiento operacional (Ver tabla 40).
- Con el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo, se estima mejoras en los tiempos de producción y productividad (Ver tabla 40 y 41).
- Con la implementación del programa de mantenimiento preventivo, se estima mejoras en los indicadores de mantenimiento analizados (Ver tabla 40).
- Se detecta beneficios a mediano plazo, como incremento de la vida útil, funcionamiento operacional de los equipos y a nivel económico se demostró la viabilidad del proyecto (Ver tabla 41).
- Con el plan de mantenimiento preventivo propuesto, se proyecta mejorar la disponibilidad en un 1,5 % para los equipos de los molinos A y B (Ver tabla 40).

6.2 Recomendaciones

- Se logró identificar, que existe una falta de comunicación entre el departamento de producción y mantenimiento, por lo que se recomienda una mejor sintonía entre ambos departamentos, para llevar un mejor control de los equipos.
- Es necesario hacer conciencia en el departamento, la cultura del mantenimiento preventivo, como herramienta capaz de reducir la cantidad de horas de paro en los equipos de producción. Para ello se sugiere que la empresa destine a una persona encargada de liderar el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo que se diseñó, para velar por el cumplimiento de este y medir su eficacia para retroalimentarlo. Esta persona debe ser el jefe de mantenimiento, junto con uno de los técnicos, para que el plan de mantenimiento se cumpla de la mejor manera. Es importante mencionar que se debe tomar en cuenta la gerencia, para que funcione de una mejor manera y se pueda llevar a cabo.
- Se recomienda capacitar al personal técnico del departamento de mantenimiento, de manera que se comprenda y se tenga conciencia sobre la importancia de la ejecución de las tareas preventivas. Además, se requiere capacitación en temas como: neumática, automatización, lubricación, etc.
- Mayor planificación entre la bodega de materiales y el departamento, ya que muchos repuestos no se encuentran disponibles y se deben traer con carácter

de urgencia, incrementándose el costo. Se espera que, con el plan de Mantenimiento diseñado, esta situación se reduzca.

- Se evidencia la falta de objetivos bien definidos, por la carencia de un manual de procedimientos estandarizados, que no se encuentran completamente documentados, por lo cual se recomienda tener metas y objetivos bien determinados, que le permitan al departamento operar de manera eficaz.
- Se recomienda implementar el diseño de la propuesta de mantenimiento preventivo, para que esté genere ventajas a la empresa, como, por ejemplo, mayor vida útil de los equipos, mejoras en los tiempos de producción y productividad y, por ende, ahorro en costos de producción.
- Por otra parte, se recomienda realizar reuniones de seguimiento cada 15 días, con los departamentos de mantenimiento y producción, para revisar los paros de los equipos y desarrollar planes de acción que atenúen esos fallos.
- Cumplir la frecuencia de mantenimiento, que se detalló, después de cada hoja de trabajo RCM, para el correcto funcionamiento de los equipos.

8	Diseño del plan de mantenimiento preventivo.														
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

- Azpik. (2018). *La importancia del mantenimiento preventivo*. Recuperado de <https://www.azpik-ingenieria.com.mx/2018/09/26/la-importancia-del-mantenimiento-preventivo/>
- Bonilla, E., & Rodríguez, P. (1997). *Más allá del dilema de los métodos. La investigación en ciencias sociales*. Santafé de Bogotá: Ediciones Unidades.
- Clavijo, B., & Bueno, F. (2015). *Modelo de optimización para el mantenimiento proactivo de los equipos para la producción de leche U.H.T de la cooperativa colanta s.a. basado en RCM*. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7845>
- Cori, E. (2009). *Diseño de la investigación. En Definiciones de: Diseño de investigación, investigación de campo y documental*. Venezuela: Colegio Universitario de Caracas.
- Duffuaa, S. (2010). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*. México D.F: Limusa S.A.

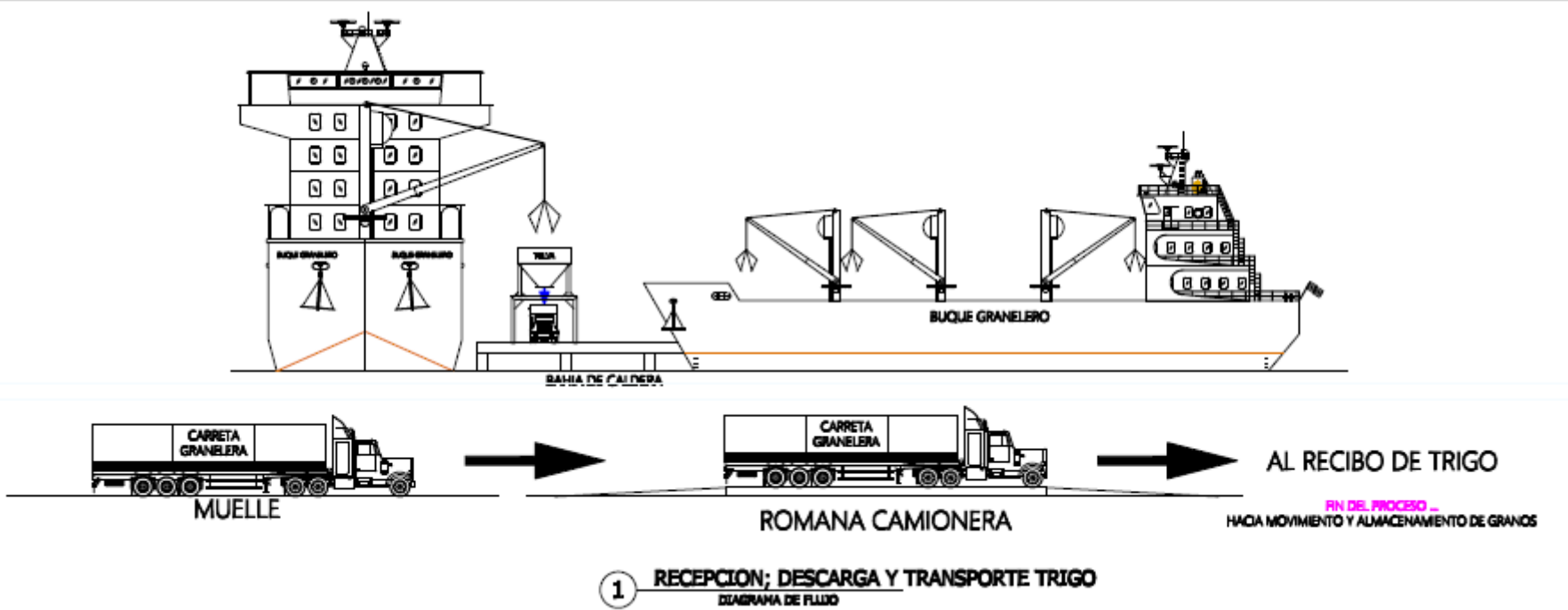
- Escalante, C. (2015). *Fuentes de información para la investigación*. Recuperado de <https://prezi.com/twns6tfra2kn/>
- Fidias, G. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: EPISTEME, C.A.
- García, S. (2009 - 2012). *Ingeniería del mantenimiento*. Madrid: RENOVETEC.
- Gamarra, J. (2013). *Técnicas de mantenimiento industrial*. SlideShare: Lima, Perú.
- Gonzáles, F. (2005). *Auditoría de mantenimiento e indicadores de gestión*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Geo, T. (2017). *Gestión de Operaciones*. Recuperado de <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>
- Hung, J. (2009). *Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado*. EDC. Ingeniería Energética, XXX (2), 13–19.
- Hernández, L., Oca, M., Fernández, J., & Enero, R. (2008). *Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Medrano, Á., & González, L. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Mejías, H. (2014). *Optimización de la programación del mantenimiento de activos de transmisión de energía en ambientes altamente restrictivos y mercado regulado*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/43661/>

- Macchi, M., Fumagalli, L., Rosa, P., Farruku, K., & Gasparetti, M. (2011). *Maintenance Maturity Assessment: A Method and First Empirical Results in Manufacturing Industry*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/277774990_Maintenance_Maturity_Assessment_a_Method_and_First_Empirical_Results_in_Manufacturing_Industry
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento basado en confiabilidad*.
- Moubray, J. (1997). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II*. Aladon LLC.
- Norma SAE JA 1011. (1999). *Criterios de evaluación para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)*.
- Pistarelli, A. (2010). *Manual de mantenimiento: Ingeniería, gestión y organización*. Buenos Aires, Argentina: Gráficos RyC.
- Rodrigo, C. & Gancedo, A. (2001). *Aspectos estratégicos en la dirección de producción*. Madrid: Editorial Ramón Areces.
- Reyes, J. (2009). *Definiciones investigación documental*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/19058681/definiciones-Investigación-Documental>
- Sanz, R. (2017). *¿Qué es el método cuantitativo?* Recuperado de <https://cursos.com/metodo-cuantitativo/>
- Tsarouhas, H., Varzakas, H., & Arvanitoyannis, S. (2009). *Reliability and maintainability analysis of strudel production line with experimental data - A case study*. *Journal of Food Engineering* 91(2), 250–259. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.09.002>

Vargas, A. (2010). *Propuesta de programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el sistema de almacenamiento y bombeo de una planta de bebidas y productos lácteos con aloe vera.*

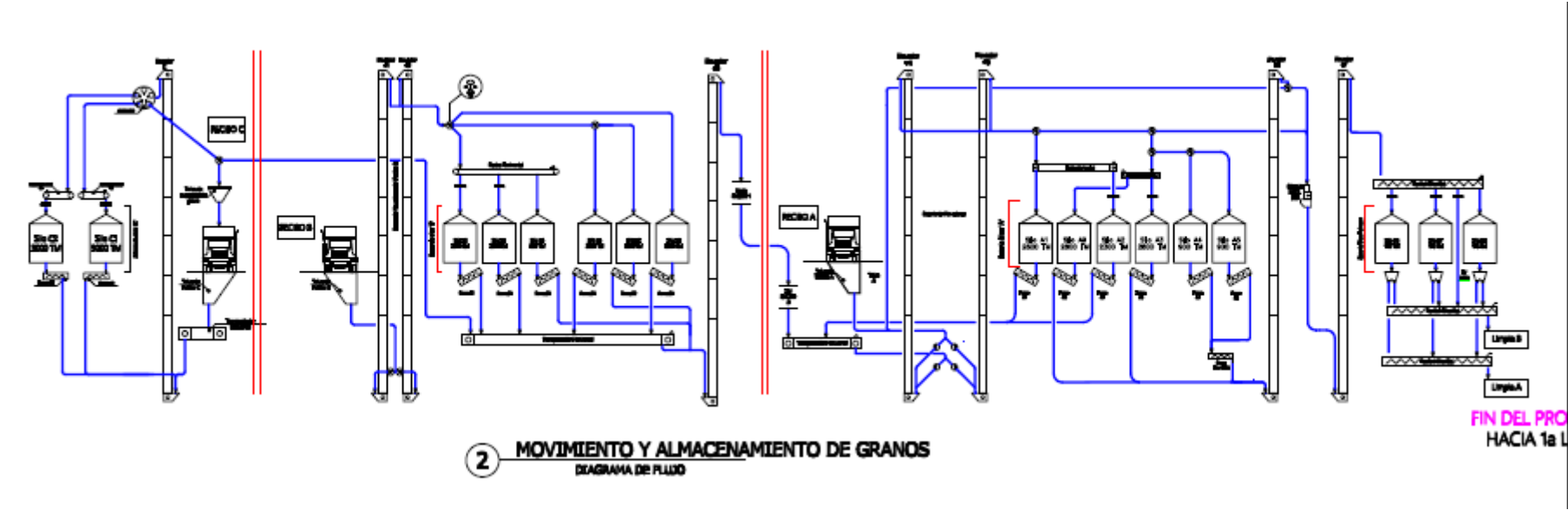
ANEXOS

Figura 5:Recepción, descarga y transporte de trigo



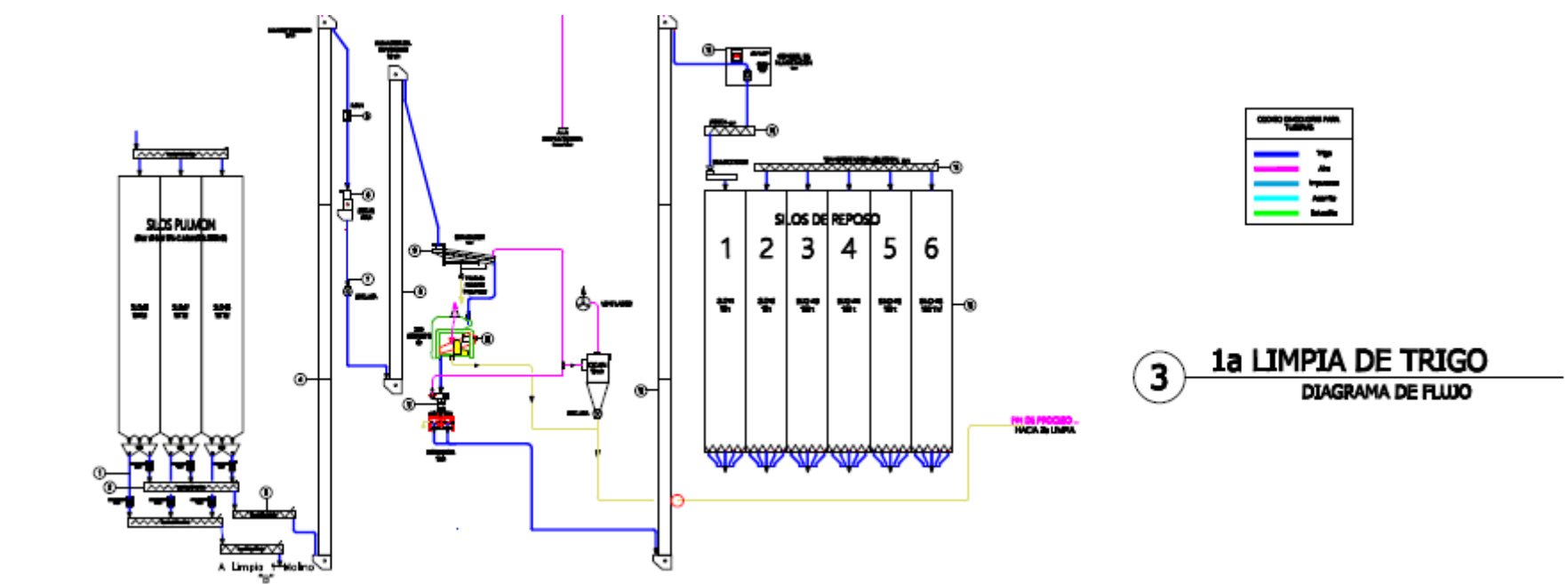
Fuente: Empresa FHACASA.

Figura 6: Movimiento y almacenamiento de granos



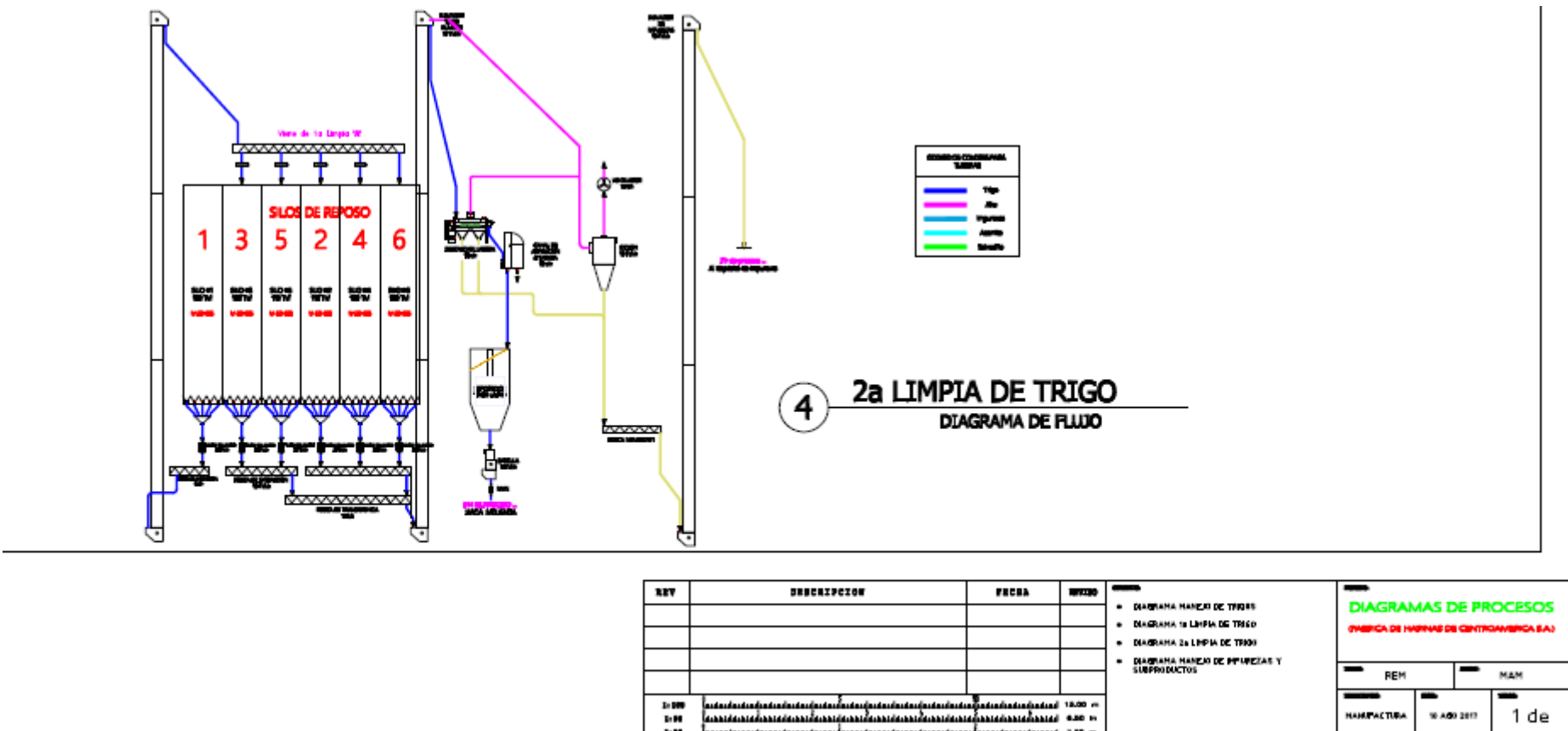
Fuente: Empresa FHACASA

Figura 7: Primera limpia de trigo



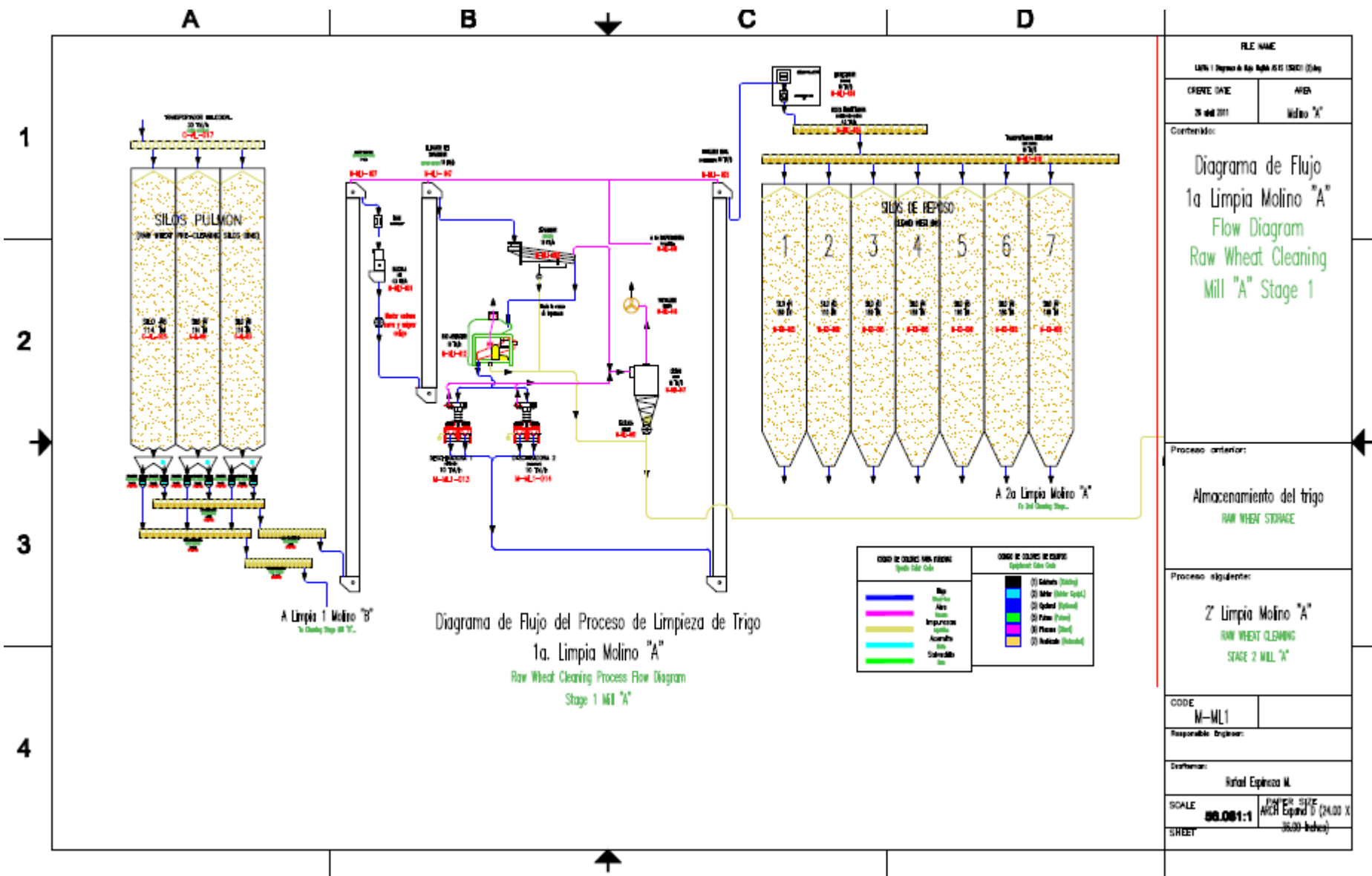
Fuente: Empresa FHACASA

Figura 8: Segunda limpia de trigo

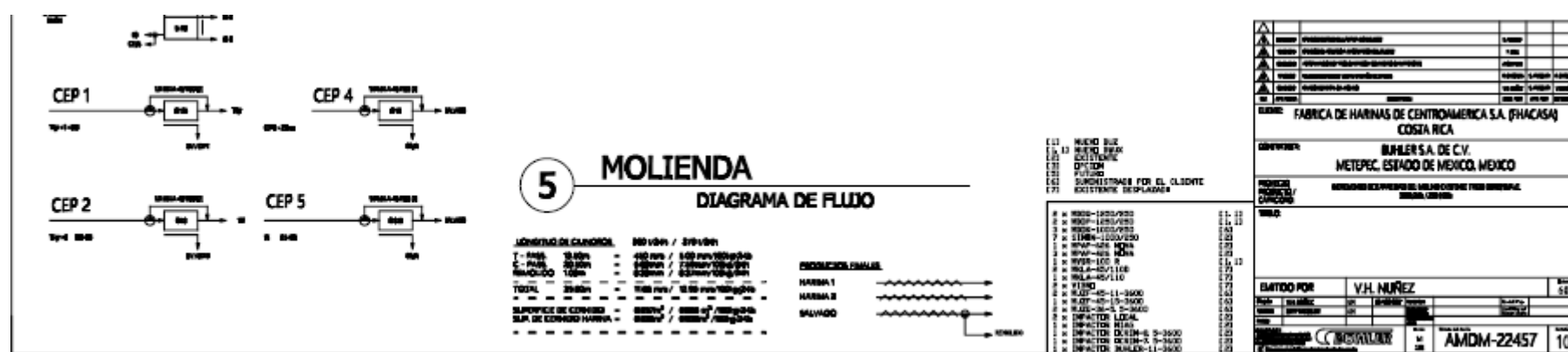


Fuente: Empresa FHACASA

Figura 9: Proceso de limpieza de trigo

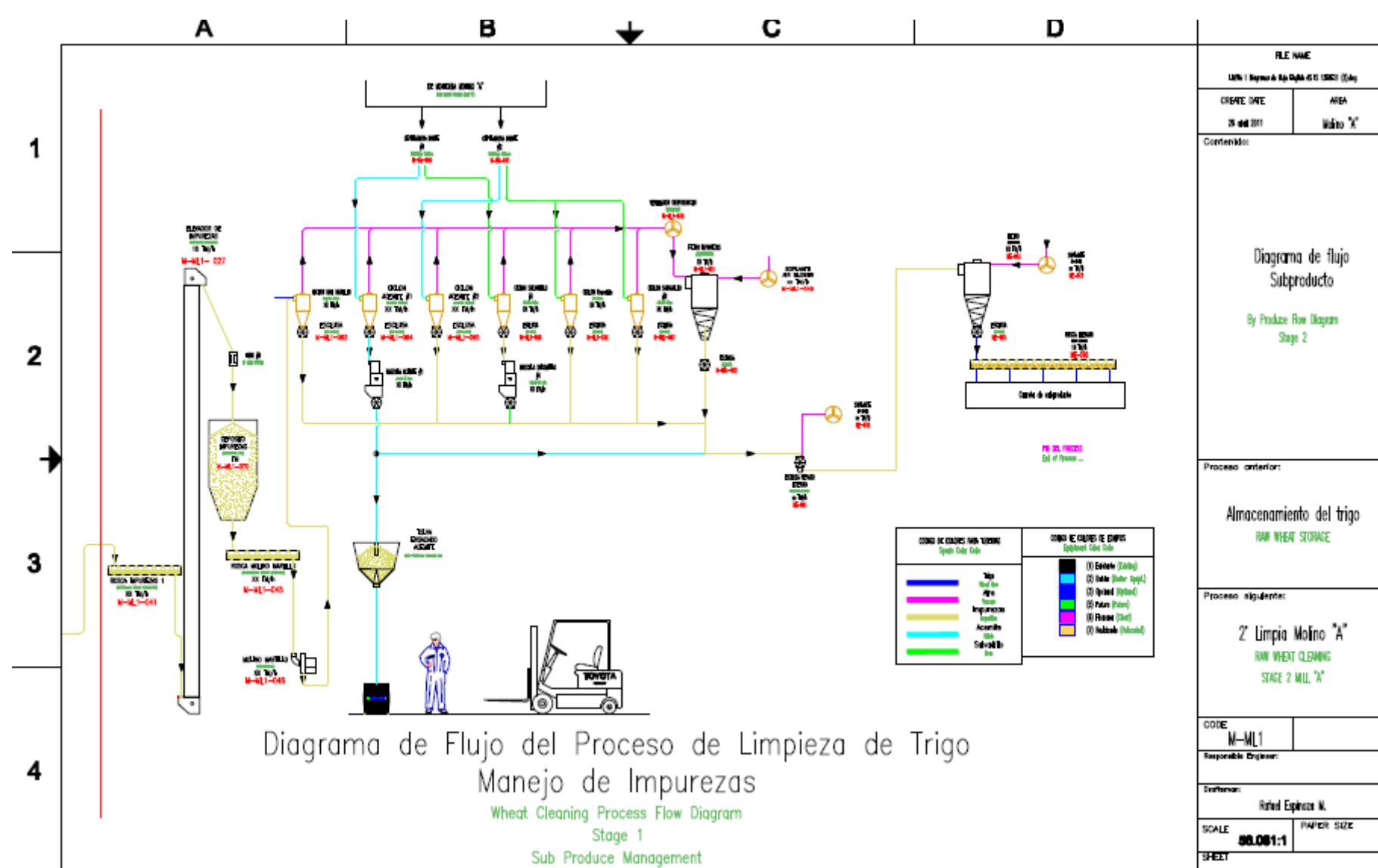


Fuente: Empresa FHACASA



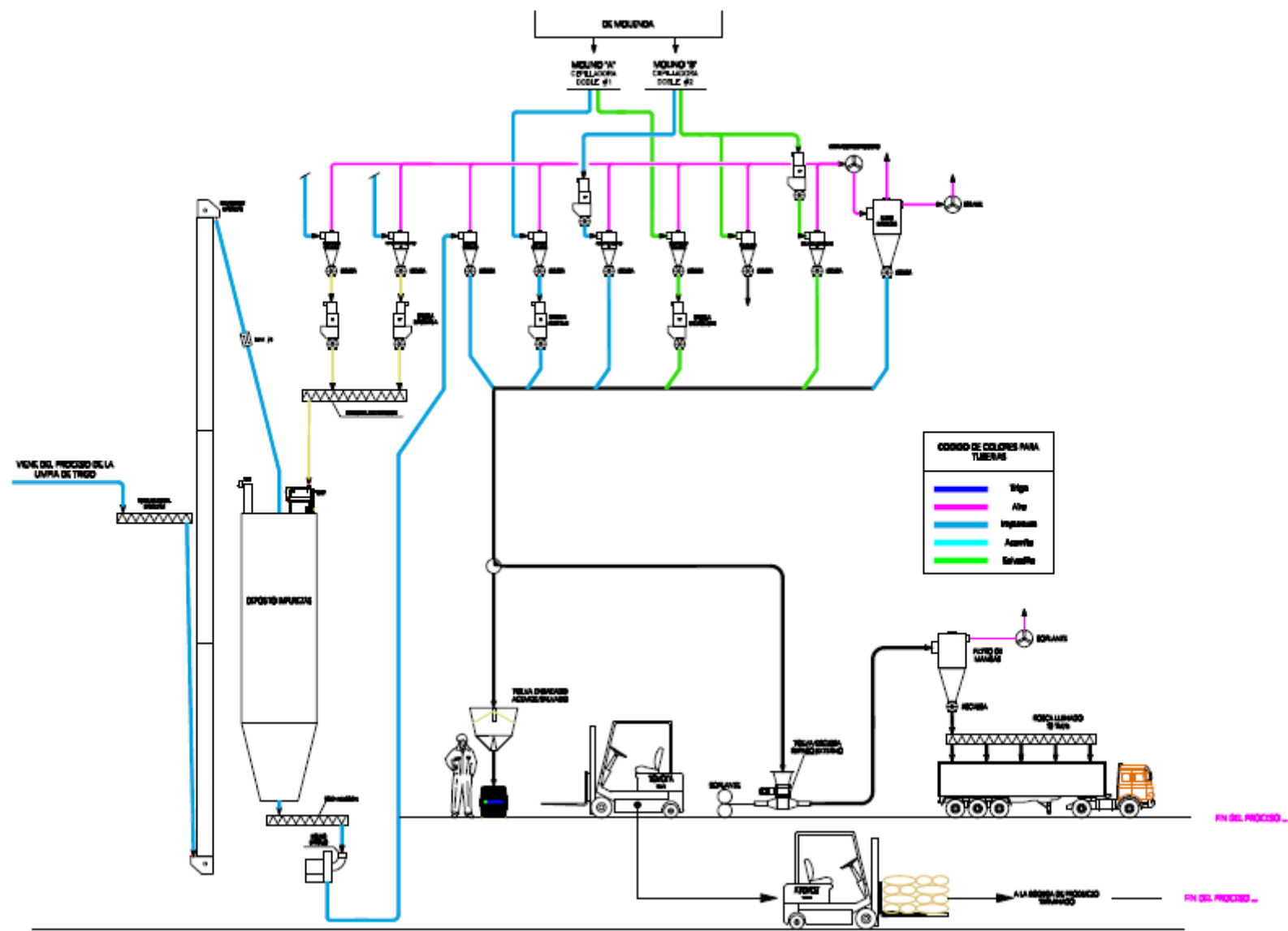
Fuente: Empresa FHACASA

Figura 12: Manejo de impurezas



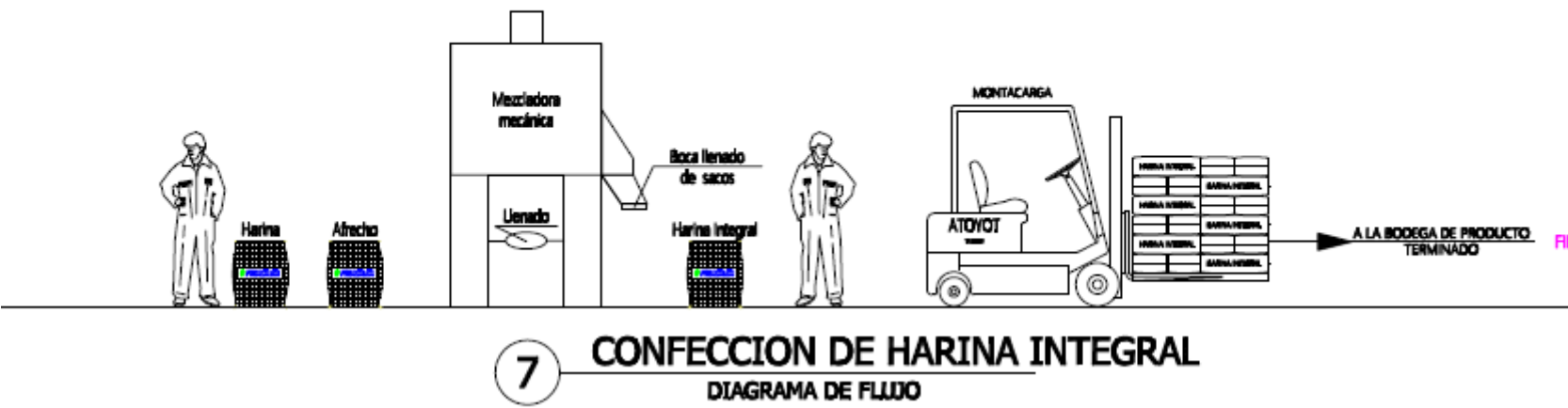
Fuente: Empresa FHACASA.

Figura 13: Manejo de impurezas y subproducto



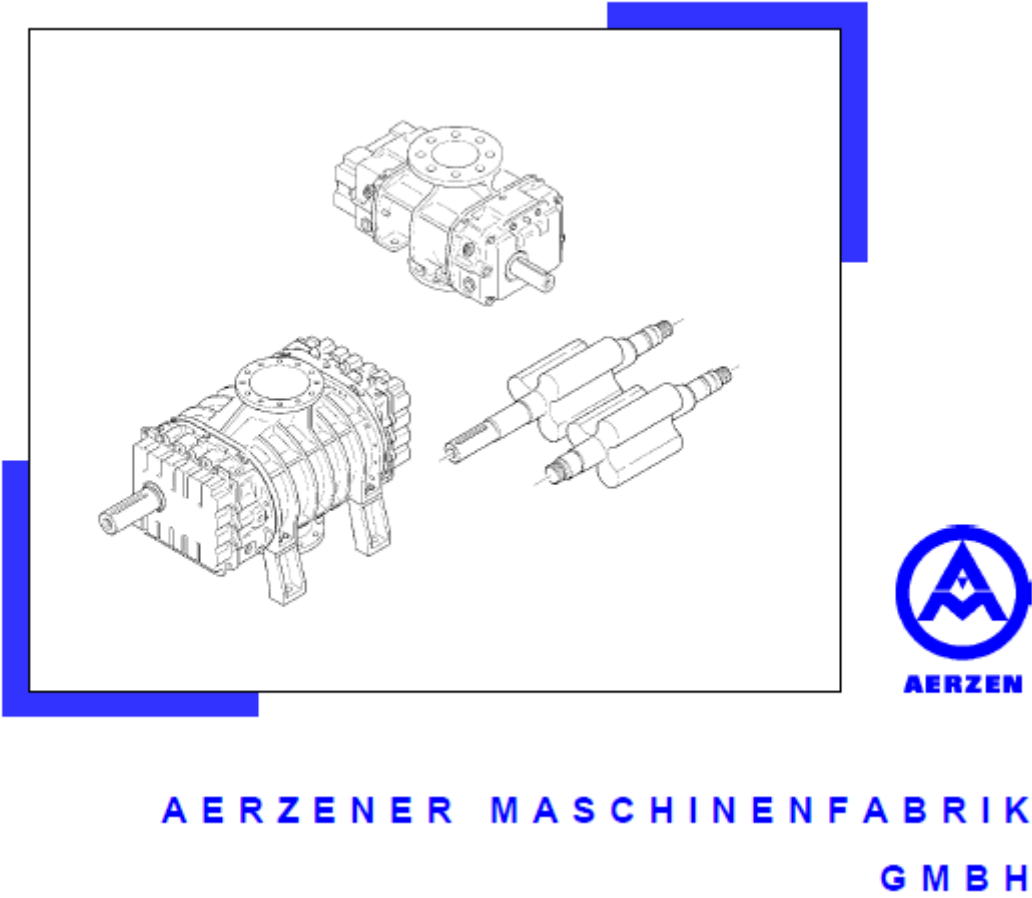
Fuente: Empresa FHACASA

Figura 14: Confección de harina integral



Fuente: Empresa FHACASA

Figura 17:Soplante del filtro de harina



Fuente: Ficha técnica del soplante del filtro de harina.

Figura 18: Molino T1/T2



Fuente: Ficha técnica del Molino T1/T2

Figura 19:Esclusa de la báscula de acemite



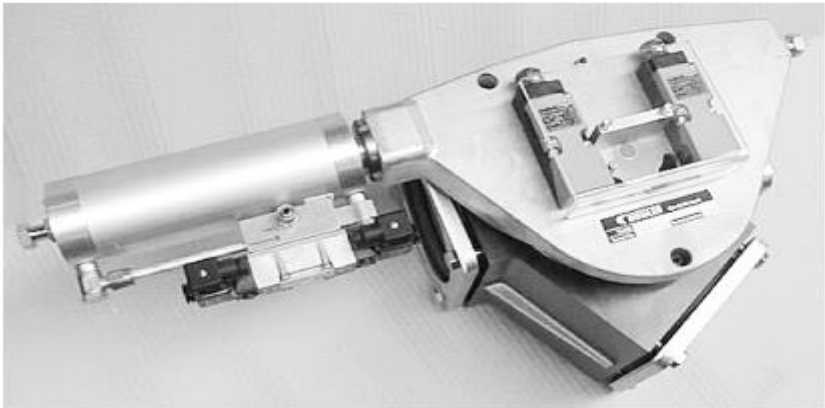
Fuente: Ficha técnica de la esclusa de la báscula de acemite

Figura 20: Molino T3



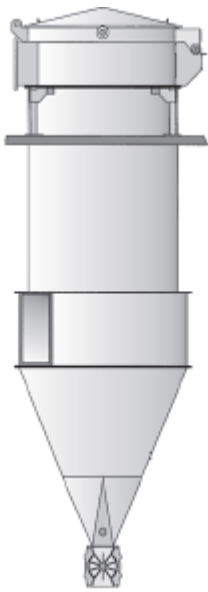
Fuente: Ficha técnica de molino T3

Figura 21: Válvula silo concreto



Fuente: Ficha técnica de válvula de silo concreto.

Figura 22: Filtro del ventilador de aspiración



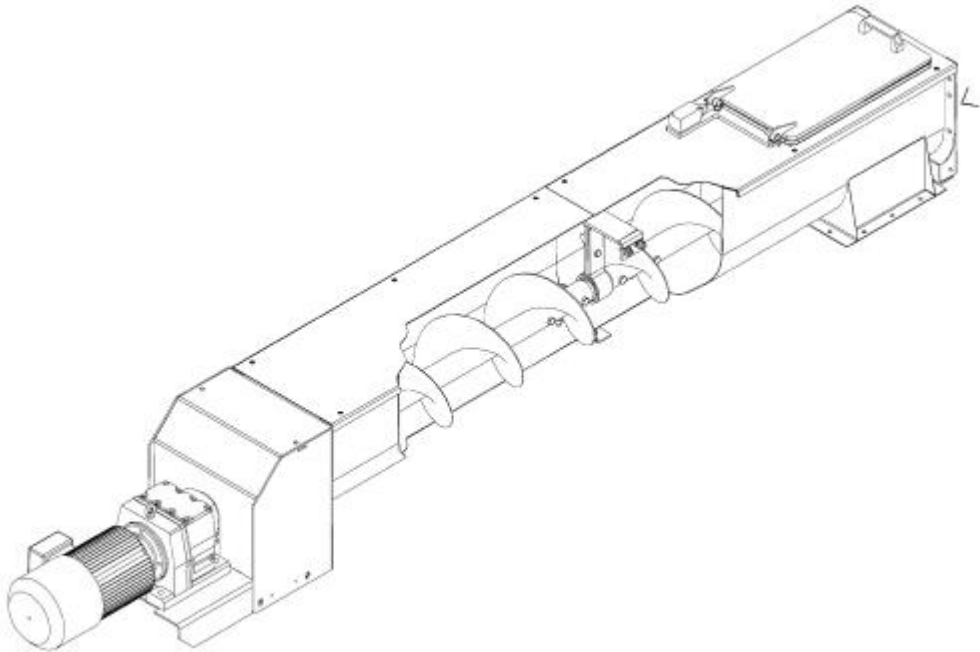
Fuente: Ficha técnica del filtro del ventilador de aspiración.

Figura 23: Molino T4F



Fuente: Ficha técnica del molino T4F

Figura 24: Rosca dosificadora de aditivos



Fuente: Ficha técnica de la rosca dosificadora de aditivos

Equipos de la planta de producción de FHACSA

Equipos de la planta de producción de FHACSA				
Equipo	Denominación de objeto técnico	Denominación de la ubicación técnica	Proceso	Función
1	Vibronet	Nivel 4	Limpia A	Dosificador de agua para humectar del grano de trigo
2	Panel del Vibronet	Nivel 4	Limpia A	Software y controlador del Vibronet
3	Rosca repartidora silos de reposo	Nivel 4	Limpia A	Trasportar trigo hacia los silos de reposo de humectación
4	Humidificador MOZG	Nivel 4	Limpia A	Dosificar agua para humectar el trigo
5	Elevador hacia Vibronet	Nivel 4	Limpia A	Trasportar del trigo hacia el Vibronet
6	Báscula de trigo sucio	Nivel 4	Limpia A	Controla el peso del trigo entre los silos pulmones y el proceso de limpia
7	Separador de granos	Nivel 4	Limpia A	Clasificación y la separación de productos en grano pesados, medios y ligeros.
8	Canal de aspiración del separador	Nivel 4	Limpia A	Para separar las impurezas de bajo peso específico de los granos tales como polvo, rastrojos, cáscaras sueltas, semillas pequeñas, etc

9	Despuntadora	Nivel 4	Limpia A	Tiene una función muy abrasiva y su eficacia se ha comprobado en los distintos sistemas instalados en el mundo. El rotor en acero al carbono, balanceado, se ha estudiado para funcionar de manera intensa e ininterrumpida. Las herramientas se encuentran atornilladas y no soldadas, para evitar la formación de microfisuras. Elimina los polvos, las aristas, y las barbitas, desmenuza los insectos disgrega las cariósides vacías y los grumos de tierra, reduce la carga bacterias por acción intensa de roce y de abrasión, malla y batidores a paletas
10	Tarara de despuntadora	Nivel 4	Limpia A	Separa las impurezas ligeras contenidas en el cereal con un flujo de aire de velocidad regulable. Gracias a la recirculación, permite una óptima eficiencia y eficacia tanto en su funcionamiento como en el ahorro energético, puesto que el aire recircula siempre.
11	Ciclón de la primera limpia	Nivel 4	Limpia A	Aspiración de los equipos de la primera limpia
12	Elevador de trigo húmedo	Nivel 4	Limpia A	Traslado de trigo humectado
13	Elevador de extracción	Nivel 4	Limpia A	Traslado del trigo sucio
14	Esclusas (Línea 1)	Nivel 4	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
15	Esclusas (Línea 2)	Nivel 4	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.

16	Esclusas (Línea 3)	Nivel 4	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
17	Esclusas (Línea 4)	Nivel 4	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
18	Esclusas (Línea 5)	Nivel 4	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
19	Esclusas (Línea 6)	Nivel 4	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
20	Impactor C1A1	Nivel 4	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y se molinas

21	Impactor C1A2	Nivel 4	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y se molinas
22	Filtro de harina	Nivel 4	Molino A	Filtro de chorro de alta presión para control de polvo utilizado en molino de harina
23	Ventilador de alta del filtro de harina	Nivel 4	Molino A	Molino de harina de transporte neumático de alta presión y polvo Fans
24	Precernedor T5	Nivel 4	Molino A	Aumentar el rendimiento
25	Impactor C1B	Nivel 4	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
26	Filtro separador total	Nivel 4	Molino A	Filtrar la harina, quitar el aire del producto
27	Esclusa del separador total	Nivel 4	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
28	Esclusa del precernedor T5	Nivel 4	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.

29	Filtro de impurezas	Nivel 4	Impurezas	Separa el aire de las partículas de polvo e impurezas
30	Ventilador del filtro de impurezas	Nivel 4	Impurezas	Filtro de chorro de alta presión para control de polvo utilizado en la extracción de impureza
31	Línea de esclusas 1	Nivel 4	Impurezas	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
32	Línea de remolido	Nivel 4	Impurezas	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
33	Línea de esclusas 2	Nivel 4	Impurezas	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
34	Filtro carga de Bimbo	Nivel 4	Carga granel	Separar el aire de las partículas de harinas
35	Esclusa del filtro de carga de Bimbo	Nivel 4	Carga granel	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
36	Ventilador del filtro de carga de Bimbo	Nivel 4	Carga granel	Sacar el aire que transporta la harina en el sistema neumático

37	Válvula de desvío hacia el silo 7 o silo 9 y 10	Nivel 4	Carga granel	Desviar el producto hacia diferentes silos
38	Válvula de desvío hacia el silo 9 o 10	Nivel 4	Carga granel	Desviar el producto hacia diferentes silos
39	Filtro del silo 8	Nivel 4	Empaque	Separar el aire de las partículas de harinas
40	Panel ET2	Nivel 4	Empaque	Software y controlador del Vibronet
41	Rosca de silo pulmón	Nivel 4	Traslado A	Transportar el trigo sucio a los silos pulmones
42	Filtro de rosca de silo pulmón	Nivel 4	Traslado A	Separar el aire de las partículas de impurezas
43	Elevador hacia rosca de silo pulmón	Nivel 4	Traslado A	Transportar el trigo hacia l rosca de los silos pulmones
44	Humidificador MOZL	Nivel 4	Limpia B	Dosificar agua para humectar el trigo
45	Vibronet	Nivel 4	Limpia B	Dosificador de agua para humectar del grano de trigo
46	Rosca repartidora silo 8 de reposo	Nivel 4	Limpia B	Transporta el trigo a diferentes silos
47	Rosca repartidora silo 10, 11 y 12 de reposo	Nivel 4	Limpia B	Transporta el trigo a diferentes silos
48	Elevador hacia Vibronet	Nivel 4	Limpia B	Transportar el trigo hacia e vibronet
49	Despuntadora	Nivel 4	Limpia B	Tiene una función muy abrasiva y su eficacia se ha comprobado en los distintos sistemas instalados en el mundo. El rotor en acero al carbono, balanceado, se ha estudiado para funcionar de manera intensa e ininterrumpida. Las herramientas se encuentran atornilladas y no soldadas, para evitar la formación de microfisuras. Elimina los polvos, las aristas, y las barbitas, desmenuza los insectos disgrega las cariósides vacías y los grumos de tierra, reduce la carga bacterias por acción intensa de roce y de abrasión, malla y batidores a paletas
50	Tarara de despuntadora	Nivel 4	Limpia B	Separa las impurezas ligeras contenidas en el cereal con un flujo de aire de velocidad regulable. Gracias a la recirculación, permite una óptima eficiencia y eficacia tanto en su

				funcionamiento como en el ahorro energético, puesto que el aire recircula siempre.
51	Ciclón limpia MB	Nivel 4	Limpia B	Aspiración de los equipos de la primera limpia
52	Esclusa del ciclón limpia MB	Nivel 4	Limpia B	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
53	Ventilador del ciclón limpia MB	Nivel 4	Limpia B	Filtro de chorro de alta presión para control de polvo utilizado en la extracción de impureza
54	Elevador trigo sucio	Nivel 4	Limpia B	Transportar el trigo sucio
55	Elevador trigo limpio	Nivel 4	Limpia B	Transportar el trigo limpio
56	Válvula trigo sucio	Nivel 4	Limpia B	Contabilizar el producto
57	Precernedor T2	Nivel 4	Molino B	Aumentar el rendimiento
58	Precernedor T1	Nivel 4	Molino B	Aumentar el rendimiento
59	Precernedor T4	Nivel 4	Molino B	Aumentar el rendimiento
60	Precernedor T5	Nivel 4	Molino B	Aumentar el rendimiento
61	Precernedor T3	Nivel 4	Molino B	Aumentar el rendimiento
62	Vibro cernedor	Nivel 4	Molino B	Sacar restos de harina de la cascara del trigo
63	Cernedor de seguridad	Nivel 4	Molino B	Cernir la harina antes de ser almacenada o empacada
64	Filtro separador total	Nivel 4	Molino B	Filtrar la harina, quitar el aire del producto
65	Esclusa separadora total	Nivel 4	Molino B	Dosificar
66	Filtro de harina	Nivel 4	Molino B	Filtrar la harina, quitar el aire del producto
67	Esclusa del filtro de harina	Nivel 4	Molino B	Filtrar la harina, quitar el aire del producto
68	Soplante del filtro de harina	Nivel 4	Molino B	Transportar por medio neumático la harina
69	Ventilador de alta	Nivel 4	Molino B	Generar un alto flujo de aire negativo para elevar la harina que sale de los molinos
70	Ventilador de baja	Nivel 4	Molino B	Generar un alto flujo de aire negativo para elevar la harina que sale de los molinos
71	Línea de esclusas 1	Nivel 4	Molino B	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de

				producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
72	Línea de esclusas 2	Nivel 4	Molino B	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
74	Filtro KIGE limpieza	Nivel 4	NA	Filtrar la harina, quitar el aire del producto
75	Ventilador Duoaspirator	Nivel 3	Limpia A	Generar un alto flujo de aire negativo para elevar las impurezas que sale de la limpieza del trigo
76	Bácula del repaso externo	Nivel 3	Limpia A	Pesar las harinas que se meten para repasar la la nueva harina
77	Esclusa del ciclón limpia	Nivel 3	Limpia A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
78	Ventilador UMG	Nivel 3	Limpia A	Extraer el aire por medio del filtrado
79	Depósito de T1	Nivel 3	Limpia A	Almacenaje del trigo acondicionado para ser molido
80	Esclusa harina filtro	Nivel 3	Limpia A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.

81	Ventilador de aspiración de harina	Nivel 3	Limpia A	Generar un alto flujo de aire negativo para elevar la harina que sale de los molinos
82	Filtro del ventilador de aspiración de harina	Nivel 3	Limpia A	Filtrar la harina, quitar el aire del producto
83	Vibro cernedor	Nivel 3	Molino A	Extraer la mayor cantidad de harina
84	Cernedor 1	Nivel 3	Molino A	Separar la harina según su granolidad
85	Cernedor 2	Nivel 3	Molino A	Separar la harina según su granolidad
86	Cernedor 3	Nivel 3	Molino A	Separar la harina según su granolidad
87	Cernedor 4	Nivel 3	Molino A	Separar la harina según su granolidad
88	Cernedor de seguridad	Nivel 3	Molino A	Separa cualquier partícula ajena a la harina
89	Rosca de impurezas	Nivel 3	Molino A	Transporte de impurezas
90	Esclusa de impurezas	Nivel 3	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
91	Separador o zaranda	Nivel 3	Limpia B	Separa los granos que no sean trigo
92	Ventilador Rechinadora	Nivel 3	Limpia B	Generar un alto flujo de aire negativo para elevar la impureza que sale de la limpieza del trigo
93	Depósito de T1	Nivel 3	Molino B	Almacenar impurezas
94	Cernedor 1	Nivel 3	Molino B	Separar la harina según su granolidad
95	Cernedor 2	Nivel 3	Molino B	Separar la harina según su granolidad
96	Filtro repaso	Nivel 3	Molino B	Separar la harina según su granolidad
97	Ventilador Rechinadora	Nivel 2	Limpia A	Generar un alto flujo de aire negativo para elevar las impurezas que sale de la limpieza del trigo
98	Separador o zaranda	Nivel 2	Limpia A	Separa los granos que no sean trigo
99	Báscula de trigo	Nivel 2	Limpia A	Pesa la cantidad de trigo que entra al molino T1
100	Depósito de impurezas	Nivel 2	Limpia A	Transporte de impurezas
101	Esclusa de aspiración	Nivel 2	Limpia A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de

				separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
102	Alimentador Tarara	Nivel 2	Molino A	Dosificar
103	Tarara	Nivel 2	Molino A	Separador
104	Rosca harina	Nivel 2	Molino A	Transporte de harina
105	Rosca doble de harina	Nivel 2	Molino A	Transporte de harina
106	Cepilladora 2	Nivel 2	Molino A	Desprende todo resto de harina adherido a la cáscara del grano y lo devuelve al flujo que está siendo procesado. De esta manera, la harina que estaba siendo destinada al desecho se recupera
107	Cepilladora doble	Nivel 2	Molino A	Desprende todo resto de harina adherido a la cáscara del grano y lo devuelve al flujo que está siendo procesado. De esta manera, la harina que estaba siendo destinada al desecho se recupera
108	Cepilladora 4	Nivel 2	Molino A	Desprende todo resto de harina adherido a la cáscara del grano y lo devuelve al flujo que está siendo procesado. De esta manera, la harina que estaba siendo destinada al desecho se recupera
109	Cepilladora 5	Nivel 2	Molino A	Desprende todo resto de harina adherido a la cáscara del grano y lo devuelve al flujo que está siendo procesado. De esta manera, la harina que estaba siendo destinada al desecho se recupera
110	Rosca dosificadora aditivos	Nivel 2	Molino A	Transporte de harina
111	Rechinadora	Nivel 2	Limpia B	Sacar piedras del trigo
112	Báscula de trigo	Nivel 2	Molino B	Pesa la cantidad de trigo que entra al molino T1
113	Cepilladora doble T5	Nivel 2	Molino B	Desprende todo resto de harina adherido a la cáscara del grano y lo devuelve al flujo que está siendo procesado. De esta manera, la

				harina que estaba siendo destinada al desecho se recupera
114	Cepilladora doble T4	Nivel 2	Molino B	Desprende todo resto de harina adherido a la cáscara del grano y lo devuelve al flujo que está siendo procesado. De esta manera, la harina que estaba siendo destinada al desecho se recupera
115	Roscas de harina	Nivel 2	Molino B	Transporte de harina
116	Rosca dosificadora	Nivel 2	Molino B	Transporte de harina
117	Cepilladora Acemite	Nivel 2	Molino B	Desprende todo resto de harina adherido a la cáscara del grano y lo devuelve al flujo que está siendo procesado. De esta manera, la harina que estaba siendo destinada al desecho se recupera
118	Cepilladora Salvadillo	Nivel 2	Molino B	Desprende todo resto de harina adherido a la cáscara del grano y lo devuelve al flujo que está siendo procesado. De esta manera, la harina que estaba siendo destinada al desecho se recupera
119	Báscula de impurezas	Nivel 1	Molino A	Pesar la cantidad de impurezas
120	Esclusa de impurezas	Nivel 1	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
121	Molino T3	Nivel 1	Molino A	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
122	Molino C1B	Nivel 1	Molino A	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
123	Molino C4	Nivel 1	Molino A	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
124	Molino C3	Nivel 1	Molino A	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina

125	Molino T4G	Nivel 1	Molino A	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
126	Molino T5G	Nivel 1	Molino A	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
127	Molino C7	Nivel 1	Molino A	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
128	Molino T4F	Nivel 1	Molino A	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
129	Molino C9	Nivel 1	Molino A	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
130	Báscula de salvado	Nivel 1	Molino A	Pesar la cantidad de salvado
131	Báscula de salvadillo	Nivel 1	Molino B	Pesar la cantidad de salvadillo
132	Báscula de harina	Nivel 1	Molino A	Pesar la cantidad de harina
133	Báscula de repaso externo	Nivel 1	Molino A	Pesar las harinas que se meten para repasar la nueva harina
134	Homogeneizadores de harina	Nivel 1	Molino A	Homogenizar la harina con el aditivo
135	Molino C8	Nivel 1	Molino A	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
136	Molino T1	Nivel 1	Molino B	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
137	Molino T4F	Nivel 1	Molino B	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
138	Molino C2	Nivel 1	Molino B	Compactar el trigo para sacar harina
139	Molino T5G	Nivel 1	Molino B	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
140	Molino C3	Nivel 1	Molino B	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
141	Molino T3	Nivel 1	Molino B	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
142	Molino C8	Nivel 1	Molino B	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
143	Molino C9	Nivel 1	Molino B	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
144	Báscula de harina	Nivel 1	Molino B	Pesar la cantidad de harina
145	Homogeneizadores de harina	Nivel 1	Molino B	Homogenizar la harina con el aditivo
146	Impactor	Nivel 1	Molino B	Desinfectado

147	Báscula de impurezas	Nivel 1	Molino B	Pesar la cantidad de impurezas
148	Báscula Acemite	Nivel 1	Molino B	Pesar la cantidad de acemite
149	Motor transmisión 1	Sótano	Molino A	Hacer girar todos los molinos
150	Motor transmisión 2	Sótano	Molino A	Hacer girar todos los molinos
151	Esclusa de harina sin aditivos	Sótano	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
152	Esclusa de harina con aditivos	Sótano	Molino A	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
153	Filtro de esclusa de harina con aditivos	Sótano	Molino A	Separar la harina según su granolidad
154	Impactor C8	Sótano	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
155	Impactor C9	Sótano	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas

156	Impactor C6	Sótano	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
157	Impactor C7	Sótano	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
158	Impactor C5	Sótano	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
159	Impactor C3	Sótano	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
160	Impactor divisor	Sótano	Molino A	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la

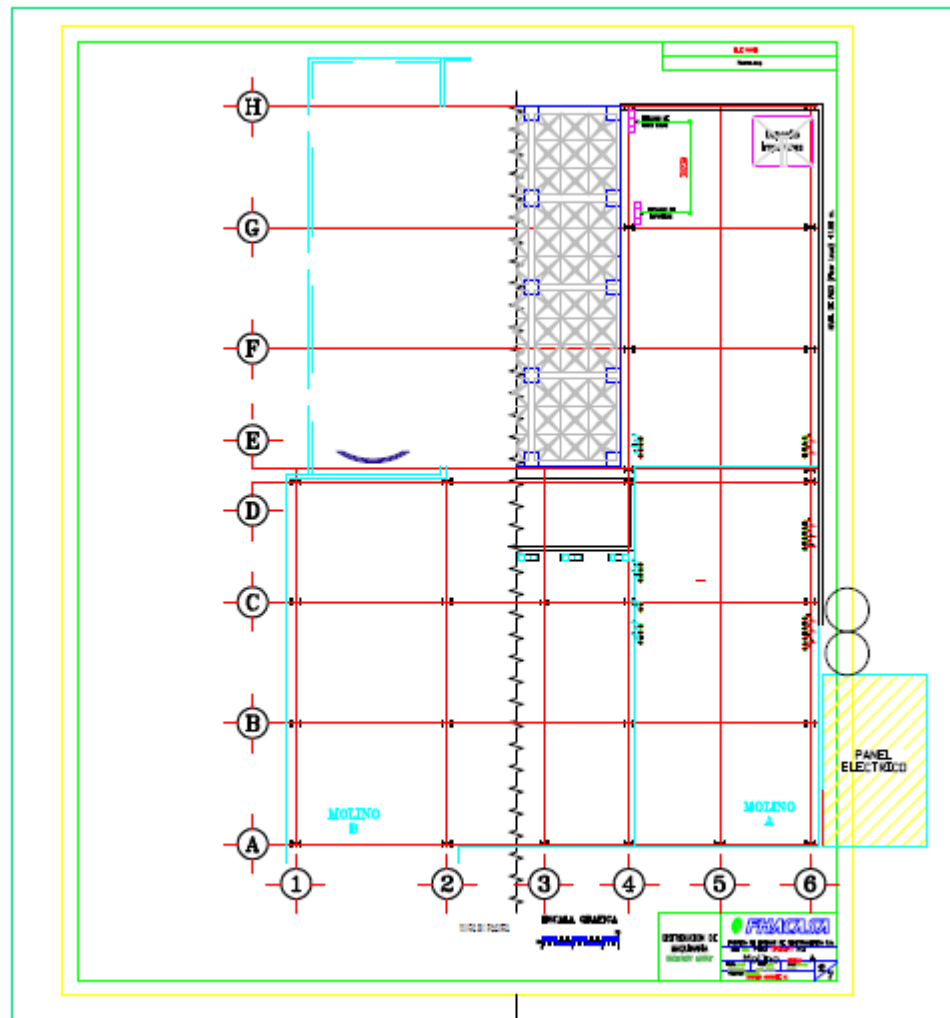
				harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
161	Precernedor	Sótano	Molino A	Aumentar el rendimiento
162	Molino T1/T2	Sótano	Molino A	Trituración del grano del trigo para transformarlo en harina
163	Molino C1/C2	Sótano	Molino A	Comprimir del grano del trigo para transformarlo en harina
164	Molino martillo	Sótano	Molino A	Remoler las impurezas del trigo para agregarlo al subproducto
165	Motor transmisión 1	Sótano	Molino B	Mover todos los bancos de molino
166	Motor transmisión 2	Sótano	Molino B	Mover todos los bancos de molino
167	Esclusa de harina sin aditivos	Sótano	Molino B	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
168	Esclusa de harina con aditivos	Sótano	Molino B	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
169	Impactor C1	Sótano	Molino B	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas

170	Impactor C1F	Sótano	Molino B	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
171	Impactor C6	Sótano	Molino B	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
172	Impactor C5	Sótano	Molino B	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
173	Impactor C2	Sótano	Molino B	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
174	Impactor C3	Sótano	Molino B	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la

				harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
175	Impactor C1G	Sótano	Molino B	La trituradora de impacto para finos MJPB ha sido diseñada para aumentar la porción de finos y la distribución controlada de las partículas por tamaño (micronización de harinas) de productos de molinería como la harina y el salvado, así como de productos intermedios de molinería como las sémolas y semolinas
176	Esclusa de la báscula de acemite	Sótano	Molino B	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
177	Esclusa de la báscula de salvadillo	Sótano	Molino B	Se utiliza en el sistema neumático de molienda para descargar cualquier tipo de producto para moler, tanto después de separadores ciclónicos como en filtros. Se puede utilizar como esclusa individual o como grupo de esclusas, ya sea con presión positiva o negativa.
178	Rosca extractora de silos pulmón	Sótano	Limpia A	Extraer el grano de trigo de los silos pulmones
179	Filtro sobre silo pulmón	Sótano	Limpia A	Sacar el aire positivo en el flujo de trigo
180	Rosca extractora	Sótano	Limpia A	Trasladar el trigo al levador
181	Rosca de extracción de silo pulmón	Sótano	Limpia B	Extraer el grano de trigo de los silos pulmones
182	Rosca extractora	Sótano	Limpia B	Trasladar el trigo al levador
183	Flujo de balance del silo 8 de reposo	Sótano	Limpia B	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
184	Rosca de extracción del silo 8 de reposo	Sótano	Limpia B	Transportar el grano de trigo

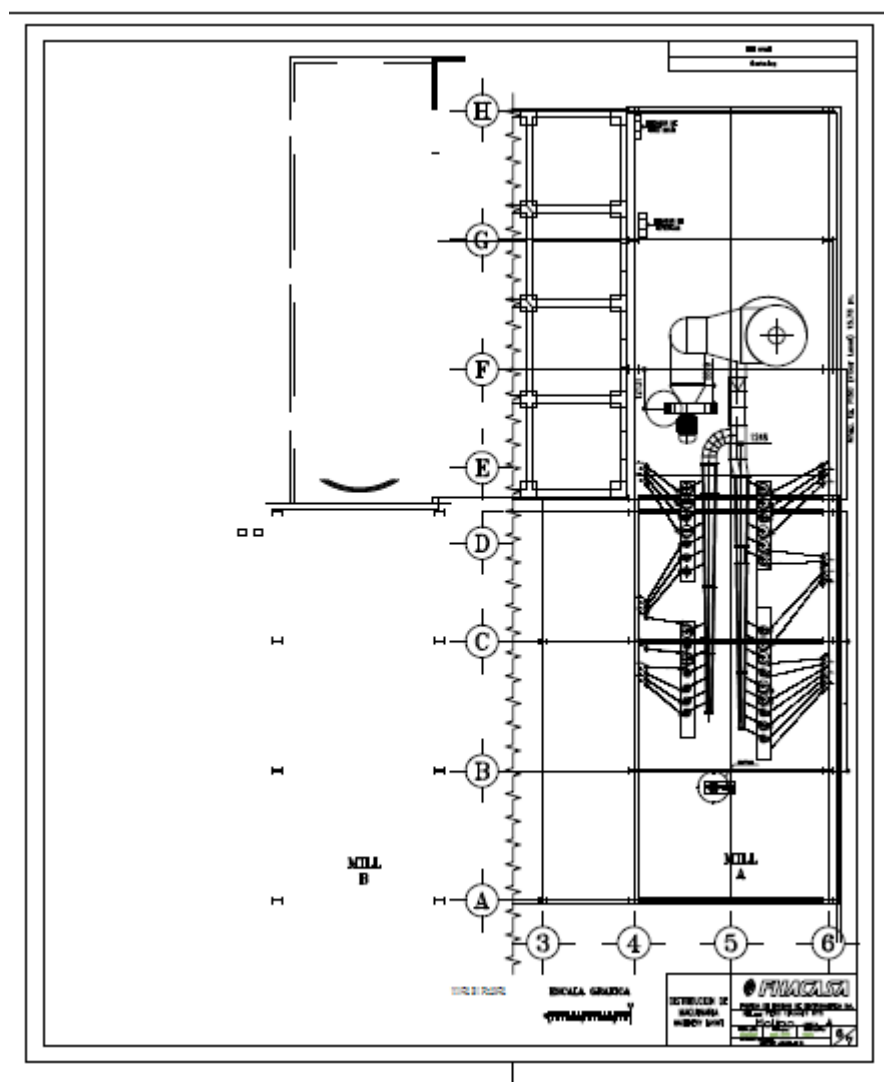
185	Rosca hacia el elevador de extracción	Sótano	Limpia B	Transportar el grano de trigo
186	Rosca de extracción del silo 10 de reposo	Sótano	Limpia B	Transportar el grano de trigo
187	Rosca de extracción del silo 11 de reposo	Sótano	Limpia B	Transportar el grano de trigo
188	Rosca de extracción del silo 12 de reposo	Sótano	Limpia B	Transportar el grano de trigo
189	Flujo de balance 10	Sótano	Limpia B	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
190	Flujo de balance 11	Sótano	Limpia B	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
191	Flujo de balance 12	Sótano	Limpia B	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
192	Rosca extractora del silo 14, 16 y 18	Sótano	Limpia A	Extraer el trigo humectado para la segunda limpia
193	Rosca recolectora del silo 15 y 17	Sótano	Limpia A	Extraer el trigo humectado para la segunda limpia
194	Rosca extractora del silo 13	Sótano	Limpia A	Extraer el trigo humectado para la segunda limpia
195	Flujo de balance 18	Sótano	Limpia A	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
196	Flujo de balance 16	Sótano	Limpia A	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
197	Flujo de balance 14	Sótano	Limpia A	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
198	Flujo de balance 17	Sótano	Limpia A	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
199	Flujo de balance 15	Sótano	Limpia A	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
200	Flujo de balance 13	Sótano	Limpia A	Pesar y dosificar por porcentaje el flujo de trigo
201	Elevador de impurezas	Sótano	Limpia A	Trasportar las impurezas de la limpieza del grano

Figura 25: Nivel 1, planta de producción



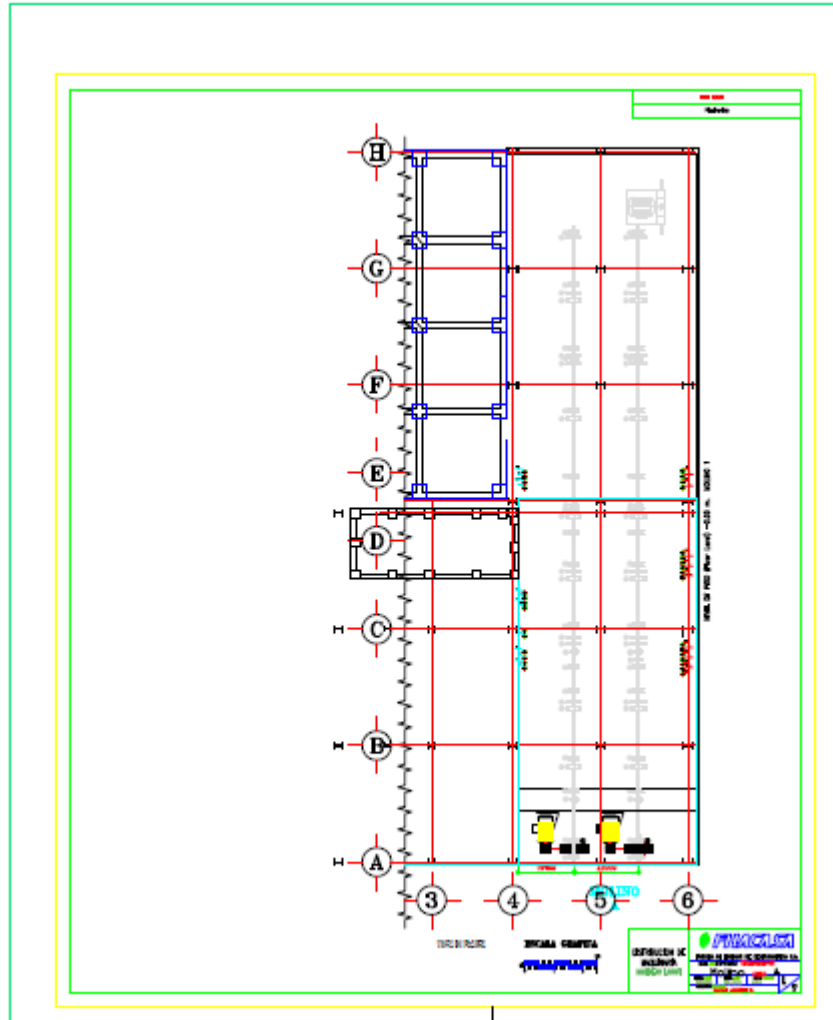
Fuente: Empresa FHACASA

Figura 29: Nivel 5, planta de producción



Fuente: Empresa FHACASA

Figura 30: Sótano, planta de producción



Fuente: Empresa FHACASA