



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ELABORACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA
EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADOS NUTRITIVOS
“MOLINOS ANITA” UBICADO EN RIOBAMBA”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

ERICK GEOVANNY MOROCHO PEÑA

BYRON LEONARDO BUÑAY CUJILEMA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ELABORACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA
EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADOS NUTRITIVOS
“MOLINOS ANITA” UBICADO EN RIOBAMBA”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: ERICK GEOVANNY MOROCHO PEÑA

BYRON LEONARDO BUÑAY CUJILEMA

DIRECTOR: ING. CESAR MARCELO GALLEGOS LONDOÑO

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Erick Geovanny Morocho Peña y Byron Leonardo Buñay Cujilema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Nosotros, Erick Geovanny Morocho Peña, y Byron Leonardo Buñay Cujilema declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de enero del 2022



Erick Geovanny Morocho Peña
C.I: 060462133-4



Byron Leonardo Buñay Cujilema
C.I: 060513078-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo Proyecto Técnico, “**ELABORACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADOS NUTRITIVOS “MOLINOS ANITA” UBICADO EN RIOBAMBA**” realizado por el señor: **ERICK GEOVANNY MOROCHO PEÑA**, y **BYRON LEONARDO BUÑAY CUJILEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2022-01-13
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2022-01-13
Ing. Manuel Morocho Amaguaya MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	2022-01-13

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de integración a Dios porque ha sido quien me ha dado la fortaleza, sabiduría y valor necesario para llevar a cabo esta meta. A mis amados padres Cesar Morocho y Cecilia Peña por su ejemplo de superación y lucha, al igual que, a mi amada esposa Eunise por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, a mis amados hijos Erick y Matías fuente de inspiración y fortaleza para seguir adelante.

Erick Geovanny Morocho Peña

A toda mi familia por haberme apoyado en todo momento, por la motivación y el cariño constante que me han ofrecido para ser una persona de bien en el transcurso de la vida, lo que me ha permitido cumplir uno de mis sueños tan anhelados.

Byron Leonardo Buñay Cujilema

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su nivel académico desarrollado en los años de estudios.

A la empresa BALANCEADOS NUTRITIVOS “MOLINOS ANITA” por darnos la apertura para poder desarrollar este proyecto en especial al Ing. Ángel Maigualema, por su contribución para desarrollar este proyecto.

Mi sincero agradecimiento al Ing. César Gallegos, Ing. Manuel Morocho, por su incondicional apoyo y amistad durante el desarrollo del presente proyecto.

Erick Geovanny Morocho Peña

Nuestro agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su nivel académico desarrollado en los años de estudios.

Mi sincero agradecimiento al Ing. César Gallegos, Ing. Manuel Morocho, por su incondicional apoyo y amistad durante el desarrollo del presente proyecto

Byron Leonardo Buñay Cujilema

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. GENERALIDADES	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Definición del problema	2
1.3 Justificación e importancia	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 <i>Objetivo general.....</i>	<i>5</i>
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	<i>5</i>
CAPÍTULO II	6
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1 Balances Nutritivos “MOLINOS ANITA”.....	6
2.1.1 <i>Descripción breve de la empresa</i>	<i>6</i>
2.1.2 <i>Misión.....</i>	<i>6</i>
2.1.3 <i>Visión</i>	<i>6</i>
2.1.4 <i>Productos.....</i>	<i>6</i>
2.1.5 <i>Proceso de elaboración de productos veterinarios para consumo animal.....</i>	7
2.1.5.1 <i>Recepción y almacenamiento de materia prima.</i>	<i>7</i>
2.1.5.2 <i>Control de calidad</i>	<i>7</i>
2.1.5.3 <i>Transporte de la materia prima</i>	<i>7</i>
2.1.5.4 <i>Molienda</i>	<i>8</i>
2.1.5.5 <i>Transporte hacia la tolva de dosificación.....</i>	<i>8</i>
2.1.5.6 <i>Mezclado</i>	<i>8</i>
2.1.5.7 <i>Paletizado y enfriado</i>	<i>8</i>

2.1.5.8	<i>Empacado</i>	9
2.1.5.9	<i>Almacenamiento de producto terminado</i>	9
2.2	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	9
2.2.1	<i>Evaluación de gestión de mantenimiento</i>	9
2.2.2	<i>Información necesaria para la elaboración de un plan de mantenimiento</i>	10
2.2.2.1	<i>Inventario técnico</i>	10
2.2.2.2	<i>Codificación de equipos</i>	11
2.2.2.3	<i>Ficha técnica del equipo</i>	12
2.2.3	<i>Análisis de criticidad</i>	13
2.3	Procedimiento para la elaboración del RCM	16
2.3.1	<i>Contexto operacional</i>	16
2.3.2	<i>Funciones</i>	17
2.3.2.1	<i>Aspectos a considerar para definir funciones</i>	18
2.3.3	<i>Fallos funcionales</i>	18
2.3.4	<i>Modos de fallo</i>	19
2.3.5	<i>Causas de los fallos</i>	19
2.3.6	<i>Efectos de fallos</i>	20
2.3.7	<i>Consecuencias de fallo</i>	20
2.3.8	<i>Hoja de información del RCM</i>	21
2.3.9	<i>Las técnicas del manejo de fallas</i>	22
2.3.9.1	<i>Tareas proactivas</i>	22
2.3.9.2	<i>Acciones alternativas</i>	23
2.3.10	<i>Frecuencia de las tareas de mantenimiento</i>	24
2.3.11	<i>Diagrama de decisión</i>	25
2.3.12	<i>Hoja de decisión del RCM</i>	28
2.3.13	<i>Resultados del análisis de RCM</i>	28
2.4	Requerimientos logísticos para la gestión de mantenimiento	29
2.4.1	<i>Recursos humanos</i>	29
2.4.2	<i>Recursos de materiales</i>	30
2.4.3	<i>Recursos de repuestos</i>	31
2.4.4	<i>Documentos de mantenimiento</i>	31
2.4.4.1	<i>Solicitud de trabajo</i>	32
2.4.4.2	<i>Orden de trabajo</i>	32
CAPÍTULO III		33

3.	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.....	33
3.1	Evaluación de las condiciones actuales de la gestión de mantenimiento	33
3.1.1	<i>Determinación del tipo de evaluación.....</i>	<i>33</i>
3.1.2	<i>Aspectos a evaluar</i>	<i>33</i>
3.1.3	<i>Evaluación de la gestión de mantenimiento</i>	<i>33</i>
3.2	Inventario técnico.	37
3.3	Fichas técnicas.....	39
3.3.1	<i>Ficha técnica de sistemas</i>	<i>39</i>
3.3.1.1	<i>Contexto operacional.....</i>	<i>39</i>
3.4	Análisis de criticidad	40
3.5	RCM para Área de recepción de materia prima	41
3.5.1	<i>Hojas de información del Área de recepción de materia prima.....</i>	<i>41</i>
3.5.2	<i>Hoja de decisión del Área de recepción de materia prima.....</i>	<i>43</i>
3.5.3	<i>Factibilidad económica de una tarea.....</i>	<i>44</i>
3.6	Plan de mantenimiento.....	49
3.6.1	<i>Cronograma de actividades</i>	<i>50</i>
3.7	Requerimientos logísticos.....	52
 CAPÍTULO IV		 54
4.	Costo de implementación del plan.....	54
4.1	Costo personal.....	54
4.2	Costo de repuestos y materiales.....	54
4.3	Costo de herramientas y equipos.....	55
4.4	Desarrollo de base de datos.....	56
4.5	Capacitación.....	58
4.5.1	<i>Generalidades</i>	<i>59</i>
4.5.2	<i>Estructura y desarrollo</i>	<i>59</i>
4.5.3	<i>Recursos</i>	<i>59</i>
 CONCLUSIONES.....		 60
RECOMENDACIONES.....		61
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Listado de productos de BALANCEADOS NUTRITIVOS "MOLINOS ANITA" 7	
Tabla 2-2:	Criterios de evaluación para la gestión de mantenimiento.	10
Tabla 3-2:	Resultado de los criterios evaluados.....	10
Tabla 4-2:	Método de codificación	12
Tabla 5-2:	Ficha técnica del sistema	12
Tabla 6-2:	Criterios de evaluación de la criticidad	13
Tabla 7-2:	Siete preguntas básicas del RCM.	16
Tabla 8-2:	Aspecto para la descripción del contexto operacional.....	17
Tabla 9-2:	Tipos de funciones.....	17
Tabla 10-2:	Aspectos para declarar funciones	18
Tabla 11-2:	Efecto de una falla	20
Tabla 12-2:	Tipos de consecuencias de fallo.	21
Tabla 13-2:	Hoja de información del RCM	22
Tabla 14-2:	Tareas proactivas	23
Tabla 15-3:	Acciones alternativas.....	23
Tabla 16-3:	Frecuencias de mantenimiento	24
Tabla 17-2:	Hoja de decisión del RCM	28
Tabla 18-2:	Especialidades para personal en departamento de mantenimiento.....	30
Tabla 19-2:	Solicitud de orden de trabajo.....	32
Tabla 20-2:	Modelo de orden de trabajo.....	32
Tabla 1-3:	Evaluación de criterios de organización general	34
Tabla 2-3:	Métodos y sistemas de trabajo.....	34
Tabla 3-3:	Control técnico de instalaciones y equipos.....	34
Tabla 4-3:	Gestión de carga de trabajo	35
Tabla 5-3:	Compra, logística de repuestos y equipos.	35
Tabla 6-3:	Organización del taller de mantenimiento.....	36
Tabla 7-3:	Técnicas del plan de mantenimiento	36
Tabla 8-3:	Personal y formación.....	36
Tabla 9-3:	Resultado de la evaluación de la gestión de mantenimiento	37
Tabla 10-3:	Codificación de la planta	37
Tabla 11-3:	Codificación de áreas	38
Tabla 12-3:	Codificación de sistemas	38
Tabla 13-3:	Codificación de los equipos del elevador de cangilones.	38

Tabla 14-3: Ficha técnica del extractor de polvo	39
Tabla 15-3: Contexto operacional del extractor de polvo 01	39
Tabla 16-3: Análisis de criticidad	40
Tabla 17-3: Hoja de información del equipo (ZARANDA)	42
Tabla 18-3: Hoja de decisión del equipo (ZARANDA)	44
Tabla 19-3: Factibilidad económica de una tarea proactiva.....	45
Tabla 20-3: Hoja de información del equipo (MOTOR ELÉCTRICO)	46
Tabla 21-3: Hoja de decisión del equipo (MOTOR ELÉCTRICO).....	48
Tabla 22-3: Factibilidad económica de una tarea proactiva.....	49
Tabla 23-3: Plan de mantenimiento de los diferentes sistemas.....	50
Tabla 24-3: Cronograma de mantenimiento	51
Tabla 25-3: Logística de mantenimiento	52
Tabla 26-3: Personal de mantenimiento según la tarea.....	54
Tabla 27-3: Lista de repuesto para la elaboración de las tareas	54
Tabla 28-3: Lista de herramientas y materiales para la elaboración de tareas establecidas.....	55
Tabla 29-3: Generalidades de la capacitación.....	59
Tabla 30-3: Estructura de la capacitación	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Niveles de codificación de equipo	11
Figura 2-2: Flujograma de análisis de criticidad.....	16
Figura 3-2: Diagrama de decisión RCM.....	26
Figura 1-3: Hoja de inicio de base de datos.....	56
Figura 2-3: Hoja de inventario técnico clasificadas por áreas	57
Figura 3-3: Inventario técnico de los sistemas del área de materia prima	57
Figura 4-3: Ficha técnica del sistema rampa de descarga en el área de materia prima.....	58
Figura 5-3: Cronograma de mantenimiento del área de molienda.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Criterios de evaluación a la gestión del mantenimiento

ANEXO B: Inventario técnico

ANEXO C: Fichas técnicas de los equipos

ANEXO D: Análisis de criticidad

ANEXO E: Hojas de información y decisión

ANEXO F: Plan de mantenimiento

ANEXO G: Logística de mantenimiento

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo establecer y sistematizar el plan de mantenimiento para el área de producción de la empresa Balanceados Nutritivos “Molinos Anita” aplicando la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). El proyecto empezó por evaluar la gestión del mantenimiento que lleva actualmente la empresa, a la vez se desarrolló un inventario técnico de todos los equipos codificándolos bajo la Norma ISO 14224 hasta un cuartónivel jerárquico, posterior se elaboró una ficha técnica y la descripción del contexto operacional de cada uno de los activos, con su respectivo análisis de criticidad de manera cualitativa. A continuación, se aplicó la metodología del RCM desarrollando hojas de información en las que se analizó las funciones primarias y secundarias de cada equipo, fallos funcionales, modos de fallo, efectos y consecuencias de los fallos, una vez culminadas las hojas de información se procedió a llenar las hojas de decisión donde se obtuvo las tareas del plan de mantenimiento. Finalmente se obtuvo un cronograma con las tareas del plan, sus respectivas frecuencias y los requerimientos logísticos necesarios. En la sistematización se desarrolló una base de datos en la que van a constar el inventario de los equipos con la respectiva ficha técnica y las actividades a desarrollar dentro de un año. Se concluye que, al aplicar el plan se mejorará la gestión de mantenimiento que lleva la empresa ya que contará con información como un inventario de 51 equipos con su respectivo código y nivel de criticidad, a la vez un listado de 352 tareas de las cuales 284 son preventivas y 68 son correctivas apropiadas para atacar cada uno de los modos de fallo y un cronograma con todas las actividades a realizarse durante un año. Se recomienda la implantación del plan de mantenimiento en la empresa.

Palabras clave: <PLAN DE MANTENIMIENTO> <MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD> <ANÁLISIS DE CRITICIDAD> <EFECTOS DE FALLA> <DIAGRAMA DE DECISIÓN> <FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO>.



Firmado digitalmente por:
HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA

0388-DBRA-UPT-2022

2022-03-04

SUMMARY

The objective of this research project was to establish and systematize the maintenance plan for the production area at the company Balanceados Nutritivos “Molinos Anita” applying the Reliability Centered Maintenance (RCM) methodology. The project began by evaluating the maintenance management that the company currently carries out. At the same time, a technical inventory of all the equipment was developed, codifying them under the ISO 14224 Standard, up to a fourth hierarchical level. Later, a technical file and the description of the operational context of each of the assets, with their respective criticality analysis in a qualitative manner. Next, the RCM methodology was applied, developing information sheets in which the primary and secondary functions of each equipment, functional failures, failure modes, effects and consequences of the failures were analyzed, once the information sheets were completed, to fill out the decision sheets where the tasks of the maintenance plan were obtained. Finally, a schedule was obtained with the tasks of the plan, their respective frequencies, and the necessary logistical requirements. In the systematization, a database was developed in which the inventory of the equipment with the respective technical file and the activities to be carried out within a year will be recorded. It is concluded that, by applying the plan, the maintenance management carried out by the company will be improved, since it will have information such as an inventory of 51 pieces of equipment with their respective code and level of criticality, as well as a list of 352 tasks, of which 284 are preventive and 68 are corrective appropriate to counteract each of the failure modes and a schedule with all the activities to be carried out during a year. It is recommended the implementation of the maintenance plan in the company.

Keywords: <MAINTENANCE PLAN>; <RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE>; <CRITICALITY ANALYSIS>; <FAILURE EFFECTS> <DECISION DIAGRAM>; <MAINTENANCE FREQUENCY>.

SANDRA
PAULINA
PORRAS
PUMALEMA

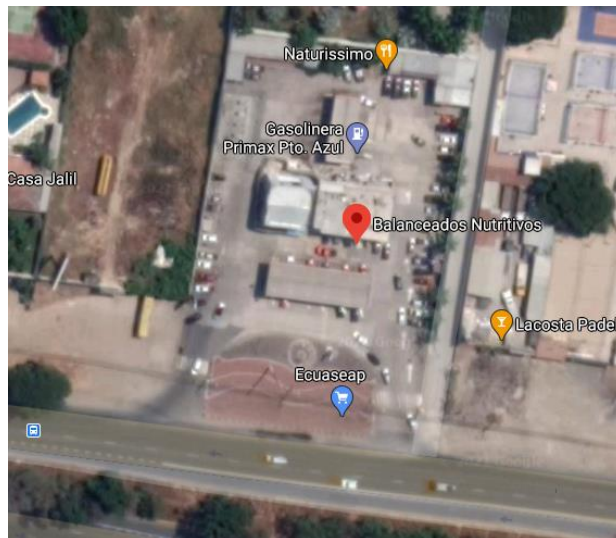
Firmado digitalmente por SANDRA PAULINA PORRAS PUMALEMA
Fecha: 2022.03.14 04:19:00 -05'00'

INTRODUCCIÓN

BALANCEADOS NUTRITIVOS “MOLINOS ANITA” es una empresa dedicada a la elaboración de alimentos veterinarios para pollos, cerdos, terneros y especies menores. Ubicado en Riobamba en la panamericana sur $\frac{1}{4}$ km. Con 42 años de experiencia en el mercado, su capacidad de producción es de 50 toneladas, su departamento de producción cuenta con 16 trabajadores y una flota vehicular de 2 camiones, 4 camionetas.

Si se generan fallas en la maquinaria afectaría directamente la producción debido a la inexistencia de planes de mantenimiento y personal adecuado para repararlo provocando la parada de la fabricación de alimentos veterinarios induciendo grandes pérdidas.

Se realizará un inventario técnico de los equipos del área de producción para mejorar la Gestión de Mantenimiento obteniendo datos específicos de cada unidad en la cual se basa la elaboración del plan de mantenimiento para mejorar la producción permitiéndole a la empresa actuar rápido ante cualquier eventualidad optimizando la logística de mantenimiento.



CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En la actualidad los países Latinoamericanos industrializados carecen de planes óptimos de mantenimiento, por ende, no disponen de personas calificadas para utilizar herramientas acordes a las tareas establecidas.

La industria alimentaria en productos de balanceados depende directamente de equipos y maquinarias, otorgando un funcionamiento de óptimas condiciones para garantizar la cantidad y calidad del producto final.

En la instalación de la empresa se genera gran indisponibilidad de los equipos a causa de la inexistencia de un sistema de mantenimiento preventivo, únicamente se trabaja con mantenimiento correctivo ejecutado por una empresa externa, afectando la producción con paralización de los equipos y aumentos de tiempos de parada.

La producción promedio de la empresa es 120 toneladas de balanceados para pollos, 60 tonelada de balanceado de terneros, 100 toneladas de balanceados para cerdos y 20 toneladas de balanceados para especies menores, dando un total de 300 toneladas semanales, la planta labora en un horario de 06h00 a 01h00 en 3 turnos diarios entre lunes y sábado.

La planta cuenta con un aproximado de 58 equipos: entre tornillos sin fin, molinos, elevadores de cangilones, tolvas de acondicionamiento, zarandas, peletizadoras, crumbler además posee un parque automotor de 2 camiones, 8 camionetas, 3 automóviles y 1 montacargas adicionalmente laboran 40 personas de los cuales solamente 16 son asegurados. En la nómina constan ingenieros químicos, contadores y obreros.

1.2 Definición del problema

En Ecuador las empresas manufactureras representan una porción importante de la economía del país. Los datos de la Encuesta Estructural Empresarial – ENESEM 2019–2020 indican que, en agosto del año 2020, el 20.66% de la producción nacional de las grandes y medianas empresas,

lo aportaron las industrias manufactureras. Además, en el mismo año los sectores de: manufactura, de productos alimenticios balanceados, bebidas y tabaco; textiles, prendas de vestir y productos de cuero generaron un valor agregado de 31.207 millones de dólares.

En la industria ecuatoriana, los procesos industriales y el incremento de la producción en algunos sectores manufactureros en el Ecuador, ha llevado al mantenimiento a requerir una mayor atención, como en la incorporación de nuevas tácticas de gestión que permitan lograr una mejor planificación, ejecución y control del mantenimiento. La implementación de sistemas informáticos (software), han logrado buenos resultados en varias industrias a nivel nacional e internacional formando parte de una táctica efectiva de gestión como se lo describe Tenicota, en su trabajo *Definición de las funciones y herramientas para un software de gestión de mantenimiento ajustadas a los requerimientos de la industria cementera*, (Tenicota, 2012).

Según la Norma COVENIN 3049-93, “Es esencial la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento”.

BALANCEADOS NUTRITIVOS “MOLINOS ANITA” es una planta en desarrollo continuo en los últimos años ha implementado una gran cantidad de activos y automatizado ciertos procesos, por tal motivo la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es indispensable para continuar con desarrollo de la empresa.

La desventaja principal que presenta la empresa es no poseer un departamento de mantenimiento siendo indispensable para una industria que trabaja en tres turnos diarios donde el trabajo es continuo y por consecuencia existe un sobresfuerzo en los equipos, además existen otros factores en el ambiente laboral y operacional de la planta que reduce en gran medida la vida útil de los activos.

Todo tipo de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo es ejecutado por una empresa externa que radica en la ciudad de Ambato. El tiempo durante su transporte a la planta tiene un aproximado de 2 horas, más el tiempo de parada por reparación de un promedio de 3 horas, dando un total de 5 horas donde la empresa permanece parada generando una pérdida de 20 toneladas dependiendo del producto que se esté fabricando, datos que fueron proporcionados por el departamento de producción y control de calidad ya que llevan un registro de los equipos.

El mantenimiento a ejecutarse en la empresa es realizado sin planificación previa y sin personal técnico adecuado por tal motivo se ha visto la necesidad de realizar un plan de mantenimiento tomando en cuenta la criticidad de cada equipo.

1.3 **Justificación e importancia**

La aplicación del mantenimiento en la industria ayuda a efectivizar procesos productivos alargando la vida útil de los equipos, previniendo y evitando accidentes laborales, disminuyendo perdidas por parada de producción, permitiendo contar con documentación y seguimiento del mantenimiento, impidiendo que surjan daños irreparables en las instalaciones, reduciendo costos y principalmente mejorando la calidad de la actividad industrial a la cual se dedica a la empresa BALANCEADOS NUTRITIVOS “MOLINOS ANITA”.

Mediante el análisis de criticidad a los equipos se obtendrá una matriz, que permita establecer una estructura, para facilitar la toma de decisiones acertadas y efectivas direccionando el esfuerzo y los recursos, aplicadas en áreas donde sea importante y necesario mejorar la confiabilidad operacional basada en la realidad actual de la empresa, gestionando el riesgo asociado a la ocurrencia de un evento o falla optimizando los tiempos de producción.

Para la matriz de criticidad se evaluarán diferentes categorías como consecuencia de seguridad, medio ambiente, producción, costos de mantenimiento. etc.

Mediante la sistematización del plan obtendremos un cronograma el cual facilitará un manejo ordenado de las tareas, materiales, repuestos, procedimiento y personal necesario durante su ejecución, buscando siempre incrementar la productividad y beneficios en la operación de la planta.

1.4 **Objetivos**

1.4.1 ***Objetivo general***

Desarrollar y sistematizar un plan de mantenimiento para el área de producción de BALANCEADOS NUTRITIVOS “MOLINOS ANITA”, mediante la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

1.4.2 ***Objetivos específicos***

Evaluar la gestión de la planificación del mantenimiento.

Elaborar el plan de mantenimiento en base a la metodología del RCM.

Establecer los requerimientos logísticos para el plan propuesto.

Sistematizar el plan del mantenimiento propuesto.

Capacitar al personal en el plan del mantenimiento propuesto y la herramienta informática desarrollada.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 Balanceados Nutritivos “MOLINOS ANITA”

2.1.1 *Descripción breve de la empresa*

BALANCEADOS NUTRITIVOS “MOLINOS ANITA” es una empresa riobambeña con 42 años dedicada a la elaboración de alimentos veterinarios de media y alta calidad para pollos, cerdos, terneros y especies menores.

La empresa inicia en 1978 con molienda de maíz y trigo para comercializarlos en su transcurso empresarial fue creciendo, aumentando la producción y adquiriendo nueva maquinaria como: peletizadora, crumber, cámara de enfriamiento, mezcladoras, tolvas de acondicionamiento, permitiendo aumentar su producción.

En conjunto, se instalaron sistemas hidráulicos y neumáticos para mejorar la calidad del producto final, buscando que la empresa se encuentre a la vanguardia y convirtiéndose en la número uno de abastecimiento de alimentos veterinarios.

2.1.2 *Misión*

“Balanceados Nutritivos es una empresa nacional, que ofrece alimentos balanceados para animales. Nuestro éxito alcanzado se basa en nuestro excelente servicio, calidad del producto y precios competitivos en el mercado”.

2.1.3 *Visión*

“Ser una empresa líder regional en la fabricación de productos alimenticios para ganadería, porcicultura, avicultura y cunicultura en los próximos cinco años”.

2.1.4 *Productos*

La empresa produce alimentos veterinarios de alta y mediana calidad, los cuales se detallan en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Listado de productos de BALANCEADOS NUTRITIVOS "MOLINOS ANITA"

LISTADO DE PRODUCTOS	
DESCRIPCIÓN	PRESENTACIÓN
Inicial pollos	Pellet y Polvo
Crecimiento pollos	Pellet y Polvo
Engorde pollos	Pellet y Polvo
Inicial cerdos	Pellet
Crecimientos cerdos	Pellet
Engordes cerdos	Pellet
Cerdas gestantes	Pellet
Cerdas lactantes	Pellet
Especies menores cuyes y conejos	Pellet
Producción de leche	Pellet
Crecimiento pollos camperito	Pellet
Engorde pollos camperito	Pellet
Crecimiento cerdo camperito	Pellet
Engorde cerdo camperito	Pellet

Fuente: BALANCEADOS NUTRITIVOS

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

2.1.5 *Proceso de elaboración de productos veterinarios para consumo animal*

2.1.5.1 *Recepción y almacenamiento de materia prima.*

La materia prima maíz, trigo y soya, su primer proceso consiste en medir la cantidad de ingreso a la empresa, mediante básculas, posteriormente serán ubicadas en los patios de descarga para ser filtradas por una zaranda, ésta extrae impurezas con el fin de evitar fallas en las maquinarias, llevando a la materia prima al área de almacenamiento donde ésta cuenta con las condiciones físicas e higiénicas optimas evitando que se contamine o humedezca.

2.1.5.2 *Control de calidad*

El personal encargado comprueba si cumple con los parámetros establecidos por la empresa para aceptar o rechazar el producto tomando muestras de la materia prima cada tiempo determinado, según la materia prima.

2.1.5.3 *Transporte de la materia prima*

Después del proceso de filtrado la materia prima se desplaza a transportadores helicoidales llevándolos a sus respectivos almacenamientos como: silo, tolva, piscina, bodegas, etc.

2.1.5.4 *Molienda*

La materia prima llega al molino por medio de un transportador helicoidal, luego de su proceso es transportada por un tornillo sin fin hacia el elevador de cangilones y distribuida por medio de tuberías hasta sus respectivos silos de almacenamiento.

2.1.5.5 *Transporte hacia la tolva de dosificación*

Los productos molidos que se encuentran en sus respectivos silos son llevados por transportadores helicoidales hacia una tolva de dosificación, donde la materia prima se unifica de acuerdo con el tipo de balanceado, durante la dosificación se utiliza básculas para evitar el exceso de producto en la salida de la tolva de dosificación siendo transportadas hacia un elevador de cangilones que distribuye el material a los diferentes mezcladores.

2.1.5.6 *Mezclado*

Consiste en obtener una mezcla homogénea de materia prima del proceso anterior el promedio de tiempo es de siete minutos para un lote de dos toneladas.

En el transcurso de este proceso se añade melaza utilizada como saborizante y aglutinante, además se usan niveles del 2 al 5% de suplementos concentrados, inclusive en estos niveles se homogeniza en mezcladoras verticales siempre y cuando se hayan mezclado primero los ingredientes secos. (Lara, 2006)

2.1.5.7 *Paletizado y enfriado*

El paletizado y enfriado es un proceso lineal, éste proceso le da al producto final la forma de pellets y el tamaño según el crecimiento de los animales, adicional se le agrega una proporción de vapor para mejorar el paletizado adquiriendo un 16% de humedad. El producto cae en la cámara de enfriamiento eliminando la humedad y alcanzado sus características óptimas para ser transportado por elevadores de cangilones hacia una zaranda que separa el polvo y el producto terminado hacia la tolva de almacenamiento.

2.1.5.8 *Empacado*

El producto terminado es empacado en sacos de 40 kilos, se lo realiza con una báscula automática incluyendo un sistema neumático que permiten acelerar el proceso de empacado. Una vez empacado son transportados mediante pallets a la bodega de almacenamiento, mediante un montacargas.

2.1.5.9 *Almacenamiento de producto terminado.*

El producto terminado es transportado a una bodega de almacenamiento cuyas condiciones de ventilación y humedad deben ser óptimas.

2.2 **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es un proceso que busca garantizar que un activo cumpla la función para la cual fue diseñada dentro de un contexto operacional establecido por los usuarios.

La filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) detalla que, un equipo multidisciplinario se encarga de optimizar la Confiabilidad Operacional de un sistema productivo, el cual funciona en condiciones operacionales requeridas, con actividades efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta efectos que originan los modos de fallas de estos activos en, la seguridad y medio ambiente como en la producción (Cabrera Escobar, 2015).

2.2.1 *Evaluación de gestión de mantenimiento*

De acuerdo a la norma (ISO 9001, 2008) la auditoría se define como el: “proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría”.

La evaluación de la gestión del mantenimiento se realiza para conocer las condiciones actuales de la empresa, siendo esto el punto de partida para crear acciones de mejora y control.

Existen múltiples metodologías, una de ellas realiza comparaciones entre las condiciones de la empresa versus estándares de excelencia, que al ser ejecutada esta comparación se obtiene un índice de conformidad, el cual está dado en % de acercamiento a su estándar de excelencia,

entonces si el Índice de Conformidad es del 100% el trabajo del departamento de mantenimiento será excelente caso contrario si el índice de conformidad es un 0% indicaría que el departamento está llevando un infortunio trabajo y se procede a buscar mejoras.

La valoración de los criterios de la gestión de mantenimiento, se realiza mediante la calificación de un rango de 1 a 10 siendo el intervalo 1-3 baja, 4-7 media, 8-10 alta, tomando en consideración el aviso de alerta por colores verde (bueno), amarillo (estándar) y rojo (malo) como se muestra en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Criterios de evaluación para la gestión de mantenimiento.

Cualificación	Calificación	Código de colores
Excelente	> 75% y ≤100%	
Bueno	≥ 50% y ≤ 75%	
Regular	< 50%	

Fuente:(Quishpe & Teresa, 2017)

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

En la Tabla 3-2 se detalla los criterios a evaluar, los mismos constan de un listado de subcriterios, cuya calificación se dará de acuerdo con lo establecido en la tabla 2-2, esta calificación será dada por el representante del área de mantenimiento y por el personal técnico con mayor experiencia dentro del área de producción.

Tabla 3-2: Resultado de los criterios evaluados

Criterios	Calificación 10/10	Porcentaje	Cualificación
Organización de la planificación del mantenimiento			
Métodos y sistema de trabajo			
Control técnico de instalaciones y equipos			
Gestión de la carga de trabajo			
Compra, logística de repuestos y equipos			
Organización del taller de mantenimiento			
Técnicas del plan de mantenimiento			
Personal y formación			

Fuente:(Quishpe & Teresa, 2017)

El listado de los subcriterios y preguntas se encuentra en el ANEXO A.

2.2.2 *Información necesaria para la elaboración de un plan de mantenimiento*

2.2.2.1 *Inventario técnico*

Un inventario técnico es el documento donde se registra los bienes y patrimonios con los que cuenta una empresa, la jerarquización varía de acuerdo con la industria. Un ejemplo se visualiza en la Figura 1.2

Nivel 1	PLANTA
Nivel 2	ÁREAS
Nivel 3	SISTEMAS DE MÁQUINAS
Nivel 4	EQUIPOS
Nivel 5	COMPONENTES
Nivel 6	ELEMENTOS

Figura 1-2: Niveles de codificación de equipo

Fuente: (Garrido, 2003)

2.2.2.2 Codificación de equipos

La norma internacional detalla que, “Un sistema de control de mantenimiento en instalaciones y equipos constituye principalmente de la fuente de datos con las que se maneje esta información, siendo éstas vinculado con los procesos de producción, para mantener reportes de mantenimiento confiable y llevadero”(ISO 14224, 1999).

La codificación de un equipo agiliza su proceso de identificación, recolectando información referente al proceso, ubicación, familia a la que pertenece, etc. La estructura de codificación debe tener como mínimo el cuarto nivel, además la extensión del código debe ser lo más apropiado, con una combinación de letras y números.

La codificación se realizará de la siguiente manera:

- Nivel 1 será utilizado para codificar el nombre de la empresa utilizando 2 letras.
- Nivel 2 detalla el nombre del área con la utilización de 2 letras.
- Nivel 3 especifica el nombre del sistema con un código alfanumérico.
- Nivel 4 indica la asignación un código alfanumérico al equipo de un sistema

En la Tabla 4-2, cada uno de los niveles se encuentran detallados como, el número de letras y cantidad de números a utilizar, describiendo al código al cual pertenece dentro de la planta, área, sistema o equipo.

Tabla 4-2: Método de codificación

NIVELES	COFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
Nivel 1	Se utiliza 2 literales alfabético.	Indica nombre de la planta	BN = Balanceados Nutritivos
Nivel 2	Se utiliza 2 letras literales alfabéticos.	Indica el área de la planta	RM = Recepción de materia prima
Nivel 3	Se utiliza 2 literales alfabéticos y 1 literal numérico.	Indica el sistema del área	EC01 = Elevador de cangilones

CONTINUA

Nivel 4	Se utiliza 3 literales alfabéticos y 1 literal numérico.	En este nivel indica que el primer dígito es el tipo de equipo (mecánico, eléctrico, neumático, etc.), los siguientes dígitos indican el nombre del equipo, el último dígito numérico se utiliza para diferencias equipos con el mismo nombre	EME1 = Motor eléctrico.
Nivel 5	Se utiliza 2 literales alfabético.	Indica el componente del nivel anterior ya sea (mecánico, eléctrico, neumático, etc.	RO = Rotor
Nivel 6	Se utiliza 2 literales alfabético.	Indica los elementos que un componente está constituido	RD = Rodamiento

Fuente: (ISO 14224, 1999)

2.2.2.3 Ficha técnica del equipo

Para llevar a cabo la selección del Modelo de Mantenimiento de cada equipo, debe disponer una lista con características técnicas de los equipos constituidos en la planta.

Como indica (Maiti & Bidinger, 1981) “los datos de la ficha técnica se encuentran relacionados financieramente para el control de activos y las características principales del equipo como dimensiones y la aplicación tiene en la planta de producción”.

En la tabla 5-2 se describe el modelo de ficha técnica que cuenta con los siguientes campos:

- Datos de la empresa: Nombre de la empresa, dirección, teléfono
- Datos del equipo: nombre del equipo, descripción del equipo, código y gráfico.
- Características del equipo: Marca, modelo, dimensiones, capacidad, potencia, voltaje, material

Tabla 5-2: Ficha técnica del sistema

FICHA TÉCNICA	
DATOS DE LA EMPRESA	
EMPRESA	
DIRECCIÓN	

TELÉFONO			
DATOS DEL EQUIPO			
EQUIPO		CÓDIGO	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	GRÁFICO		
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Marca			
Modelo			
Dimensiones			
Capacidad			
Potencia			
Voltaje			
Material			
Realizado por	Aprobado por:		

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

2.2.3 *Análisis de criticidad.*

El propósito de un análisis de criticidad es establecer prioridades de atención dentro de los equipos de una empresa, ya que durante un proceso existen equipos de mayor importancia cabe mencionar que en organizaciones de recursos limitados se asigna la mayor parte a los equipos más relevantes, dejando una pequeña porción de recursos a los equipos que menos influyan durante un proceso. (Huerta Mendoza, 2006).

El análisis de criticidad se efectúa en cualquiera de los siguientes niveles:

- Nivel 1: Planta
- Nivel 2: Área
- Nivel 3: Sistema
- Nivel 4: Equipos

Para el análisis de criticidad se utilizará la metodología cualitativa, la cual se describe en la Tabla 6-2

Tabla 6-2: Criterios de evaluación de la criticidad

EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD		
Criticidad	Nivel	Descripción
A	Alto	Aquellos equipos cuya parada afecta significativamente a la empresa.
B	Medio	Aquellos equipos cuya parada afecta a la empresa, pero sus consecuencias son asumibles.
C	Bajo	Aquellos equipos con una incidencia, escasa los resultados, generan una pequeña inconformidad.

Fuente: (García Garrido, 2012)

Para obtener los niveles de criticidad expuestos en la Tabla 6-2; se deben evaluar los siguientes parámetros.

- Medio ambiente (E)
- Seguridad (S)
- Calidad (Q)
- Tiempo de trabajo (W)
- La entrega (D)
- La fiabilidad (F)
- La mantenibilidad (M)

Medio ambiente. (E)

- Categoría A: Si un fallo afecta a la salud de los operarios y el medio ambiente o presente una visita por autoridades legales por contaminación como fugas de compuestos tóxicos.
- Categoría B: Si un fallo provoca paros de maquinarias o pudiera ser controlado en el interior de la empresa, como una fuga de aceite en las instalaciones.
- Categoría C: Si un fallo no afecta al personal y medio ambiente.

Seguridad (S)

- Categoría A: Son fallos que generan accidentes al personal de trabajo como absentismo laboral temporal o permanente en las instalaciones de la empresa.
- Categoría B: Son fallos que causan lesiones menores al personal de trabajo además no producen la ausencia de trabajo.
- Categoría C: Son fallos donde el personal de trabajo no es afectado en lo más mínimo durante una incidencia laboral.

Calidad (Q)

- Categoría A: Son fallos que puede producir un importante impacto con los consumidores o el desprestigio de la empresa en el mercado, siendo detectado un fallo después que el producto llegue al cliente final.
- Categoría B: Son fallos que producen una consecuencia interna como pérdida de materia prima.
- Categoría C: Podrían generar fallos que no producen ningún impacto.

Trabajo (W)

- Categoría A: Corresponden a equipos que trabajan tres turnos diarios.
- Categoría B: Corresponden a equipos que trabajan dos turnos diarios.
- Categoría C: Corresponden a equipos que trabajan un solo turno de trabajo al día.

Entrega (D)

- Categoría A: Son los fallos que generan un paro total en toda la empresa.
- Categoría B: Son los fallos que afectan a toda una línea de producción.
- Categoría C: Son pequeños fallos que no producen interrupción durante la producción.

Fiabilidad (F)

- Categoría A: Aquellos equipos con una frecuencia de fallo menor de 5 h.
- Categoría B: Aquellos equipos con frecuencias de fallo mayor de 5 h y menor de 10 h.
- Categoría C: Aquellos equipos con frecuencias de fallo superiores a 10 h.

Mantenibilidad (M)

- Categoría A: Son equipos que requieren un tiempo de reparación de más de 90 minutos.
- Categoría B: Son equipos que requieren un tiempo de reparación entre 45 y 90 minutos estaría.
- Categoría C: Son equipos que necesitan un tiempo de reparación inferior a 45 minutos.

Para determinar la criticidad de los equipos se utilizará la Figura 2-2 la cual consta de los parámetros mencionados anteriormente según la categoría seleccionada, consiste en evaluar cada uno de los parámetros tomando como inicio al medio ambiente (E) siguiendo la dirección de la flecha permitiendo llegar a determinar la criticidad del equipo.

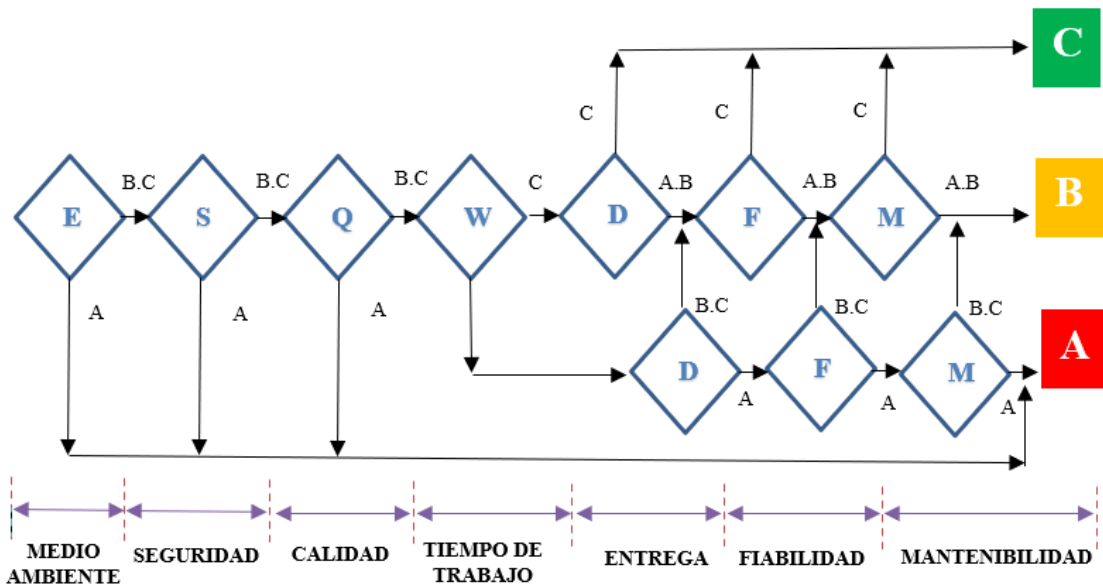


Figura 2-2: Flujograma de análisis de criticidad

Fuente: Vizcaíno, 2015.

2.3 Procedimiento para la elaboración del RCM

Al realizar un análisis bajo la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad se debe responder a las siete preguntas que se plantean. Las cuales se describen en la tabla 7-2.

Para el desarrollo de las preguntas del RCM de mejor estructura, se debe asignar los objetivos operacionales y las funciones de cada activo de la empresa, tomando en cuenta el entorno de trabajo que facilitará determinar las fallas y efectos ocasionados.

Tabla 7-2: Siete preguntas básicas del RCM.

N°	PREGUNTA
1	¿Cuáles son las funciones estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
2	¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
3	¿Que ocasiona cada falla funcional?
4	¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
5	¿De qué modo afecta cada falla?
6	¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
7	¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

Fuente: (Moubray, 2004)

2.3.1 Contexto operacional

La definición del contexto operacional de los equipos ayuda a desarrollar una mejor estructura del plan de mantenimiento para cada activo, cumpliendo cada uno diferentes funciones dentro de las condiciones de trabajo. Los aspectos a considerar se describen en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Aspecto para la descripción del contexto operacional.

ASPECTOS	DESCRIPCIÓN
Proceso por lotes y de flujo	Describe el proceso de trabajo de una empresa ya que puede ser que las maquinas estén interconectadas o trabajen de modo independiente
Redundancia	Representa el número de activos para cumplir una misma función, se lo conoce también como medios de producción alternativa
Niveles de calidad	Representa a dos o más equipos que cumplen la misma función, pero con capacidades diferentes
Impacto al medio ambiente	El medio ambiente es muy importante ya que se controlará el proceso de Biodegradabilidad de detergentes hasta los contenidos de gases de escape
Riesgos de seguridad	Forma parte importante en la descripción del contexto operacional de un equipo ya que siempre se buscará el bienestar de un trabajador
Turnos de trabajo	Se describe los días de trabajo al igual que el turno laboral
Tiempo de reparación	Se detalla la velocidad con la que es tratado el fallo o la avería. Está influenciado directamente con la disponibilidad de repuestos y herramientas adecuadas
Repuesto	Es una razón muy importante al momento de disminuir los tiempos de indisponibilidad de un equipo y sus consecuencias de fallo.
Demanda de mercado	Se detalla las veces que presenta variaciones en la demanda de un producto.
Provisión de materia prima	Se detallan los procesos de actividad intensa de cosecha y los tiempos inactivos.
Documentar el contexto operacional	Es muy importante que todas las personas que estén involucradas con el plan conozcan y entiendan el contexto operacional de los activos

Fuente: (Moubray, 2004)

2.3.2 *Funciones*

Luego de conocer el contexto operacional del equipo, se ejecuta el siguiente paso de la metodología del RCM con la correcta definición de las funciones del activo, analizando el fin para el cual fue creado, llevándolo al incumplimiento de su ciclo de vida útil según su fabricante.

Para definir de manera adecuada las funciones de los activos se considera necesario:

- Determinar cuál es la función que los usuarios quieren que cumpla los activos adquiridos.
- Asegurar que el activo es capaz de realizar lo que los usuarios esperan.

Las funciones se dividen en: funciones primarias y funciones secundarias éstas están descritas en la Tabla 9-2.

Tabla 9-2: Tipos de funciones

TIPOS DE FUNCIONES	
Funciones primarias	Funciones secundarias
Razón para la cual fue adquirido el bien	Funciones que complementan a la función primaria
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Integridad al medio ambiente

<ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento • Capacidad de transporte o almacenamiento • Calidad del producto • Servicio al cliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Integridad a la seguridad • Control/Confort • Estética • Protección • Economía
--	--

Fuente: (Moubray, 2004)

2.3.2.1 Aspectos a considerar para definir funciones

Para la descripción de funciones es importante la definición del contexto operacional, así como la identificación de la función que realiza el equipo, generando una estructura comprensible como lo indica la Tabla 10-2.

Tabla 10-2: Aspectos para declarar funciones

Funciones de un activo
Definir el contexto operacional de un activo.
Identificar todas las funciones del activo/sistema (todas las funciones primarias y secundarias, incluyendo las funciones de todos los dispositivos de protección).
Todos los enunciados de una función deben contener un <i>verbo</i> , un <i>objeto</i> , y un estándar de desempeño (cuantificado en cada caso que se pueda hacer)
Los estándares de desempeño incorporados en los enunciados de una función deben tener el nivel de desempeño deseado por el dueño o usuario del activo/sistema en su contexto operacional

Fuente: (SAE:JA 1011, 1999)

Realizado por: (Sergio, 2016)

2.3.3 Fallos funcionales

Una vez determinado las funciones de los activos, se procede a evaluar los posibles fallos que llegarán a ocurrir.

En el RCM, estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque acontecen cuando, el activo no puede cumplir la función requerida dentro de los parámetros establecidos por el usuario.

Las fallas se suscitan en la función primaria o secundaria de un activo, por ejemplo: la función principal de un elevador es llevar a las personas de un lugar hacia otro con una capacidad de 500 kilos donde su fallo funcional es la incapacidad de llevar los 500 kilos, por otro lado, una función secundaria es mantener al elevador a una temperatura 27°C, siendo su fallo, la incapacidad de mantener la temperatura de 27°C dentro del elevador.

Para determinar los fallos funcionales en el RCM se utilizan los siguientes criterios:

- Primero, identificar qué circunstancias llevaron a un estado de falla.

- Segundo, investigar qué situaciones son las causantes de que un activo caiga en ese estado de falla.

2.3.4 *Modos de fallo*

Se debe distinguir entre, el estado de falla del activo (falla funcional) y los eventos que causan los estados de falla (modos de falla). Debido que hay dificultad al definir las causas de una falla, hasta que se haya establecido exactamente qué se entiende por “falla” (SAE:JA1012 & G11, 2002).

Ya identificados los fallos funcionales se analiza las causas que llevaron a ocasionar una falla, dichos eventos se los conoce como modos de fallo. Cabe mencionar que existen modos de fallos similares, porque suceden en el mismo equipo o en diferentes con el mismo contexto operacional.

Es de suma importancia identificar la causa, así evitar pérdida de tiempo síntomas en lugar de causas.

Para definir de manera correcta un modo de falla, este debe contener al menos un sustantivo y un verbo. La descripción debe ser suficientemente detallada de modo que posibilite la selección de una política de manejo de fallas adecuada pero no tan detallada que tome demasiado tiempo realizar el proceso de análisis. (SAE:JA1012 & G11, 2002).

(Moubray, 2004). Indica que al elegir el verbo para la descripción del modo de fallo se debe ser muy cuidadoso, ya que será quien guíe en el manejo de las fallas. Por ejemplo, se debe usar muy poco verbo como “fallar” o “averiarse” o “mal funcionamiento” ya que dan poca o ninguna indicación de cuál podría ser la manera apropiada de manejar el modo de falla.

El uso de verbos más específicos hace posible seleccionar las opciones de manejo de fallas a partir de un rango completo, por ejemplo: falla de rodamiento acompañado de la causa que lo genero.

2.3.5 *Causas de los fallos*

Un punto importante de la descripción de los modos de falla es la causa que lleva a generarla, gracias a esto se opta de manera acertada la tarea, permitiendo reducir estos modos de falla.

Existen varias causas que generan modos de fallo, las más comunes son:

- Diseño.

- Montaje.
- Calidad o estado del componente.
- Operación.
- Fallos por mantenimiento.
- Anomalías externas
- Fallo generado por otro fallo

2.3.6 *Efectos de fallos*

Un efecto de fallo analiza de cómo se genera un modo de fallo, por tal motivo es indispensable realizar una lista con los efectos de fallo que se vayan a contener, obteniendo información con la finalidad de evaluar las consecuencias de los fallos como:

Tabla 11-2: Efecto de una falla

Efectos de una falla
Evidencias, (si las hubiera), de que la falla ocurrió
En qué manera, (si las hubiera), representa una amenaza para la seguridad y el medioambiente
De qué modo, (si las hubiera) afecta la producción u operaciones
Horas que permanecerá parado el equipo a causa de este modo de fallo
Costo de la parada tanto en producción (si lo hubiera) como el costo por mantenimiento
Que debe hacerse para reparar la falla
La probabilidad de que ocurra el modo de fallo dentro de un determinado tiempo

Fuente: (Moubray, 2004)

El proceso de identificar, funciones, fallas funcionales, modos y efectos de las fallas implica a lograr oportunidades de mejorar el desempeño, seguridad y eliminar lo innecesario.(Moubray, 2004).

2.3.7 *Consecuencias de fallo.*

El próximo paso para el desarrollo del RCM es la evaluación de las consecuencias de los modos de fallo. Un buen análisis arroja entre tres y diez mil modos de fallo, afectando en mayor o menor escala.

Los efectos de fallo generan consecuencias que ocasionaran problemáticas en la calidad del producto, servicio al cliente, seguridad del medioambiente y una compleja mantenibilidad (Moubray, 2004).

Una de las características del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) reconoce que, las consecuencias de fallas son más importantes que sus características técnicas, en realidad

identifica la única razón de hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es para evitar las fallas sino evitar o al menos reducir las consecuencias que estas traen.(Moubray, 2004).

En las consecuencias de un fallo se considera dos tipos: fallas ocultas y evidentes, las cuales se profundizan en la Tabla 12-2.

Tabla 12-2: Tipos de consecuencias de fallo.

CONSECUENCIAS DE UN FALLO		
	EVIDENTES	OCULTAS
Seguridad y medio ambiente	El RCM considera las repercusiones que tiene cada fallo sobre la seguridad y el medio ambiente, por ejemplo: si la falla ocurre puede causar heridas graves o muerte, a una o varias personas, al igual que, si se llegase a romper reglas ambientales ya sean estas regionales, nacionales o mundiales, incluso, estas consecuencias se evalúan antes de considerar las cuestiones de funcionamiento	Un fallo oculto es aquel que no se evidencia en condiciones normales de trabajo, por lo general se los relaciona con los fallos en los dispositivos de control como: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de alerta incapaces de advertir a los operarios en condiciones anormales de trabajo. • Dispositivos de protección incapaz de reaccionar en los parámetros establecido por el fabricante. • Dispositivos de emergencia incapaz de suspender el proceso de un activo para prevenir situaciones que afecten a la seguridad
Operacionales	Afecta directamente a la operación (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos adicionales al de reparación) como son perdidas a producción por hora de parada del equipo.	
No operacionales	Estas consecuencias no afectan a la seguridad y medio ambiente ni tampoco a la producción sino afectando a los costos de mantenimiento puesto que lo único que se generan son los gastos directos de los costos de reparación.	

Fuente: (Moubray, 2004)

2.3.8 Hoja de información del RCM

La hoja de información lleva datos sobre la función principal, modos de fallo con su respectiva causa, efectos de fallo y las consecuencias de los activos, dicho formato debe ser llenado como lo describe la Tabla 13-2.

- El encabezado del formato describe la información con respecto al equipo, analizado datos de ubicación, planta, área, sistema, equipo, código, número de página, personal encargado de realizar y aprobar la hoja de información.

Proceso de llenado en la hoja de información.

- En la primera columna describir el código de la función.

- En la segunda columna describir la función.
- En la tercera columna asignar un código para el fallo funcional el cual debe ser una letra en orden alfabético.
- En la cuarta columna describir el fallo funcional.
- En la quinta columna asignar el código de modos de fallos, éste debe ser un número.
- En la siguiente columna enlistar los efectos que produce cada modo de fallo que son: evidencia del fallo, afectaciones, costo de parada, horas de parada y la probabilidad de que ocurra
- En la columna final analizar el tipo de consecuencia que genera el modo de fallo ya sean a la seguridad, operativa y no operativa.

Tabla 13-2: Hoja de información del RCM

HOJA DE INFORMACIÓN DEL RCM							
Empresa		Área:		Realizado Por		Autorizado Por	
		Sistema:		Equipo: Código:		Fecha:	Nº
Nº	Función	Nº	Fallo funcional	Nº	Modo de fallo (causa)	Efecto de fallo	Consecuencia

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

2.3.9 *Las técnicas del manejo de fallas*

Para controlar los modos de fallo, el RCM recomienda utilizar dos tipos de acciones.

- Tareas proactivas
- Acciones Alternativas (o a la falta de tarea).

2.3.9.1 *Tareas proactivas*

(Moubray, 1997) menciona que “las tareas proactivas son trabajos que se realizan para evitar que un equipo o sistema llegue al estado de falla, utilizando técnicas a las que se conoce tradicionalmente como mantenimiento predictivo o preventivo”. Estas actividades son técnicamente factibles si física y económicamente permiten evitar o atenuar los estados de fallos. Las funciones de las tareas proactivas son:

- Prevenir que el activo llegue al estado de falla.
- Posponer o alargar el tiempo de ejecuciones de modos de fallo.
- Identificar tempranamente el modo de fallo antes de llegar al estado de falla.

Dentro de las tareas proactivas se describe el tipo de tarea tales como:

Mantenimiento en la condición, donde con una inspección se determina si realizar el cambio o no de un componente. Reacondicionamiento cíclico, permite el restablecimiento del componente. Saturación cíclica, reemplaza al componente sin importar su condición. En la Tabla 14-2 se describen las tareas proactivas en función de la factibilidad.

Tabla 14-2: Tareas proactivas

TAREAS PROACTIVAS		
TIPO TAREA	DESCRIPCIÓN	FACTIBILIDAD
Mantenimiento en condición	Llamadas así porque los componentes de un equipo se inspeccionan y se decide si y se dejan en servicio o se retira de servicio, bajo la condición de que continúen obteniéndose los estándares de operación especificados. Este tipo de tareas se consideran en primer lugar en el proceso de selección de estas.	<ul style="list-style-type: none"> • Es factible determinar un estado de falla potencial • El intervalo P-F es estable • Es conveniente realizar un monitoreo a intervalos menores que el P-F al elemento de estudio • Existe una adecuada duración del intervalo P-F neto para realizar tareas antes que se produzca la falla
Reacondicionamiento cíclico	El reacondicionamiento cíclico es una forma de reestablecer la condición de un elemento anticipándose o en el límite de su vida útil, sin importar el estado del elemento en ese momento	<ul style="list-style-type: none"> • Existe un tiempo reconocible en donde el componente aumenta rápidamente su probabilidad de fallar. • Resisten a esta edad o tiempo casi todos los componentes. • Se puede reestablecer las condiciones de resistencia iniciales del componente
Sustitución cíclica	La sustitución cíclica se define como una tarea en donde se desecha un componente del activo físico sin importar la condición en la que se encuentre	<ul style="list-style-type: none"> • Existe un tiempo reconocible en donde el componente aumenta rápidamente su probabilidad de fallar. • Resisten a esta edad o tiempo casi todos los componentes.

Fuente:(Moubray, 2004)

2.3.9.2 Acciones alternativas

Las acciones alternativas se aplican cuando no es técnicamente factible realizar una tarea proactiva como se detalla en la Tabla 15-3.

Tabla 15-3: Acciones alternativas

ACCIONES ALTERNATIVAS	
TAREA	DESCRIPCIÓN
Descubrimiento de fallas	Las tareas de detección de fallas implican controlar las funciones encubiertas periódicamente, para determinar si hay generación de fallas (mientras que las tareas en condición implican chequear si algo está fallando).
Rediseño	Implica realizar cambios en la capacidad interna del sistema. Esto implica modificaciones en el hardware y cubre los cambios de procedimientos. Se utiliza cuando no es técnicamente factible utilizar una tarea proactiva y tiene afectaciones a la seguridad y el medio ambiente

Mantenimiento no programado:	Como el nombre lo implica, esta omisión implica no realizar ningún esfuerzo en anticipar o prevenir los modos de fallas, lo que implica trabajar directamente al fallo como mantenimiento correctivo. Este default también se conoce como acudir a la falla. Se utiliza cuando no es técnicamente factible utilizar una tarea proactiva y no tiene afectaciones a la seguridad y el medio ambiente
------------------------------	--

Fuente: (Moubray, 2004)

2.3.10 *Frecuencia de las tareas de mantenimiento*

Determinar las frecuencias de las tareas de mantenimiento para equipos industriales, es primordial para establecer el plan y costos de mantenimiento, sabiendo que al localizar frecuencias muy cortas generan costos por mantenimiento muy elevados, mientras que al optar por frecuencias con periodos muy largos se corre el peligro que ocasionen un estado de falla antes de lo establecido.

Cuando se establece un plan de mantenimiento por primera vez en la empresa, las frecuencias serán establecidas bajo la experiencia de los operadores, debido a que ellos poseen mayor interacción con los equipos, considerando que las frecuencias iniciales deben ser actualizadas constantemente como indica en la Tabla 16-3.

Tabla 16-3: Frecuencias de mantenimiento

Frecuencias de mantenimiento	Contextualizada	CRITERIO CONTRACTUAL Se basa en las condiciones económicas de la empresa mas no en las decisiones técnicas por lo tanto no analiza las necesidades de la maquina
		CRITERIO ANALÍTICO ESTADÍSTICO Se sintetiza la experiencia que brinda el historial de fallas e intervenciones asociadas con los activos combinado con técnicas de análisis cualitativo de fallos, técnicas de Análisis Causa Raíz (RCA) y otras de la misma naturaleza una desventaja es que la mayoría de empresas no disponen de la información necesaria para ejecutar este método
		CRITERIO BASADO EN LA EXPERIENCIA Se basa en el dominio del particular contexto operacional donde se desenvuelve el activo. Es el criterio que puede combatir con más efectividad a los fallos inducidos por errores de operación y mantenimiento y garantizar las condiciones de ejercicio que respeten las exigencias de seguridad y ambientales

CONTINUA

		CRITERIO, EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN La evaluación de la condición es un criterio principal para determinar y ajustar frecuencias de actividades de mantenimiento. Es la base del mantenimiento basado en condición y fase inviolable para cualquier modelo de pronóstico de mantenimiento predictivo
		CRITERIO DE INFORMACIÓN NO CONTEXTUALIZADA En caso de no disponer de información del pasado (quizás no hay pasado por ser equipos nuevos o por carencia de registros) entonces, una alternativa, puede ser la apelación a bases de datos. Igualmente, pueden ser empleadas bases de datos obtenidas en contextos de empresas que se dedican al mismo giro de negocio.
	No Contextualizada	CRITERIOS DEL FABRICANTE Este es uno de los criterios más populares entre técnicos de menor experiencia y cuando hay poco dominio del contexto operacional. Salvando a los mejores fabricantes que también se ocupan de mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de sus equipos y se preocupan de considerar las experiencias de sus clientes Una desventaja de esta metodología es que el fabricante desconoce el contexto operación en el que está trabajando el equipo

Fuente: (Sexto, 2017)

2.3.11 *Diagrama de decisión*

El análisis del diagrama de decisión se debe definir las consecuencias de falla, si éste es de tipo evidente se tiene los siguientes criterios:

- Consecuencias para la seguridad o el medio ambiente
- Consecuencias operacionales
- Consecuencias no operacionales

Cada una de las consecuencias tiene una serie de preguntas que se deben responder hasta obtener una respuesta afirmativa. Al no encontrar una respuesta afirmativa el diagrama de decisión propone una acción alternativa

Al ser un fallo oculto, se debe ir respondiendo de forma vertical cada una de las preguntas que plantea el diagrama de decisión, hasta que se dé una respuesta afirmativa.

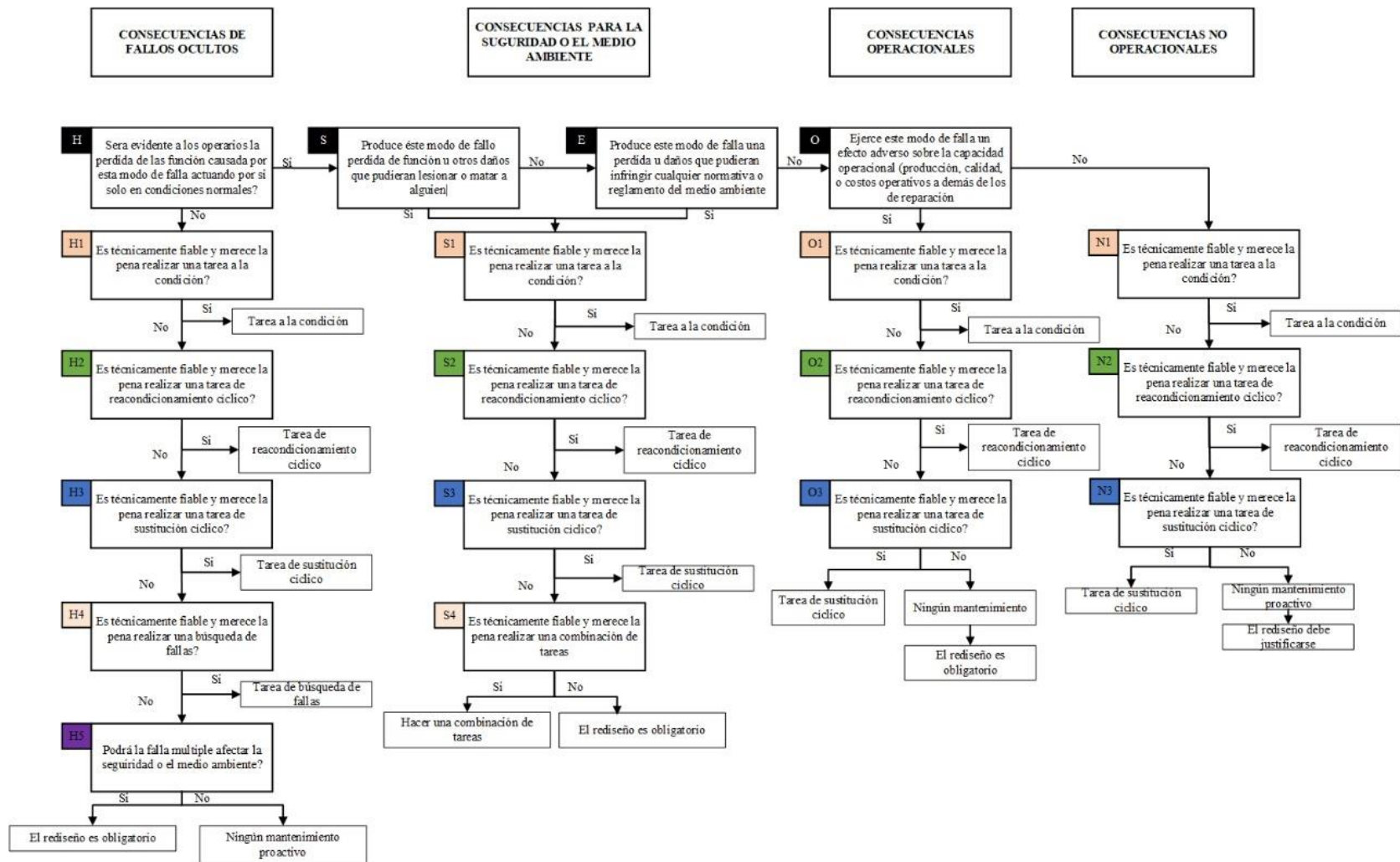


Figura 3-2: Diagrama de decisión RCM

Fuente: (Moubray, 2004)

¿Es técnicamente factible
y merece la pena una
combinación de tareas?

2.3.12 *Hoja de decisión del RCM*

La hoja de decisión es el documento donde responde preguntas planteadas para cada consecuencia tales como a la seguridad, medio ambiente y consecuencia operacional de manera como indica el diagrama de decisión.

Para el llenado eficiente de la hoja de decisión, es importante considerar los siguientes pasos en el formato descrito en la Tabla 17-2

- En el encabezado se describe datos del equipo como sistema al que pertenece, nombre del equipo, fecha de elaboración, nombre de la persona encargada de analizar al igual que de la persona encargada de la aprobación y el número de hoja.
- Las columnas F, FF, FM corresponden a la referencia, donde se llenará con el código que se asignó a la función, fallo funcional y modo de fallo previamente en la hoja de información.
- Las columnas H S E O corresponde a evaluación, indica el tipo de consecuencia que presenta el modo de fallo, se añade una S en una de las casillas en donde sea afirmativa la respuesta y una N en el caso contrario
- El siguiente paso es la búsqueda de una tarea proactiva (si hubiese) ya sea basado en la condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, colocando de la misma manera una S en, la tarea asignada y una N en el caso contrario.
- Las siguientes columnas correspondientes a la búsqueda de acciones a la falta de. se las llenara al no existir una tarea proactiva adecuada.
- Las próximas 3 columnas corresponden asignar la tarea de mantenimiento a efectuar con su respectiva frecuencia y el personal encargado de realizar dicha actividad.

Tabla 17-2: Hoja de decisión del RCM

Hoja de decisión del RCM															
SISTEMA			EQUIPO				FECHA			ELABORADO			APROBADO		N°
REFERENCIA			EVALUACIÓN				H1	H2	H3	ACCIÓN			TAREAS	FREC.	RESP
F	FF	F M	H	S	E	O	S1 O1 N1	S2 O2 N2	S3 O3 N3	H4	H5	S4			

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

2.3.13 *Resultados del análisis de RCM*

Con la aplicación el análisis RCM se obtienen los siguientes resultados:

- Mayor seguridad e integridad medioambiental.
- Desempeño operativo optimizado.
- Mejor relación costo-efectividad.
- Mayor vida útil en equipos de costos elevados.
- Un banco de datos comprensible.
- Mejoras en la motivación individual.
- Mejora en el trabajo en equipo.

2.4 **Requerimientos logísticos para la gestión de mantenimiento**

2.4.1 *Recursos humanos*

En la empresa, el jefe del departamento de mantenimiento, es una pieza fundamental para que el área de producción cumpla las metas planteadas, esta persona debe cumplir con las siguientes funciones:

- Asegurar que se cumplen los objetivos estratégicos de la empresa en el área de mantenimiento.
- Elaborar el presupuesto de mantenimiento.
- Tener las herramientas y materiales necesarios para ejecutar las tareas.
- Establecer políticas generales del departamento, de acuerdo con los objetivos estratégicos de la empresa.

Las personas encargadas del área de mantenimiento, deberán plantear el trabajo desde un punto de vista técnico para cada equipo que compone la planta, funcione de una manera eficiente y eficaz.

Como menciona (Garrido, 2003) las funciones que debe cumplir el personal que integra el departamento de mantenimiento serán:

- Gestionar el mantenimiento desde el punto de vista técnico (cuando no existe director de Mantenimiento, también lo hace desde el punto de vista económico).
- Asignar los recursos necesarios para la realización de cada tarea.
- Resuelve los problemas que surgen en la realización de los trabajos.

- Comprobar que las programaciones se cumplan, resolviendo las desviaciones que puedan aparecer.
- Se implica personalmente en las emergencias que se puedan presentar en la planta.

El personal de mantenimiento debe poseer especializaciones en parámetros como se lo detalla en la Tabla 18-2.

Tabla 18-2: Especialidades para personal en departamento de mantenimiento.

ENCARGADO	TAREAS
MANTENIMIENTO	Montador. Ajustador. Soldador. Tubero. Calderero. Especialista hidráulico. Especialista neumático. Especialista en mecanizado.
ELÉCTRICO	Electricista alta tensión. Electricista baja tensión.
ELECTRÓNICO	Electrónico. Instrumentista electrónico. Instrumentista neumático

Fuente:(Garrido, 2003)

Para la ejecución del plan propuesto, es necesario que haya coordinación entre, el jefe de producción con el jefe de mantenimiento para que se cumplan con las metas de la empresa.

2.4.2 *Recursos de materiales*

Para que el departamento de mantenimiento realice un trabajo con calidad y eficiencia es importante adquirir un amplio stock de materiales y herramientas.

A la vez existirán aspectos importantes que se deben cumplir así como menciona (Garrido, 2003).

- El stock de materiales en planta debe ser el adecuado.
- Debe comprobarse que el inmovilizado es el mínimo posible para asegurar los objetivos marcados en cuanto a disponibilidad.
- Se debe asegurar que, las herramientas en stock son los que se requieren para la ejecución de tareas.
- Se debe asegurar que, ningunas de las herramientas o materiales hagan falta al momento de ejecutar una tarea.

- Se dispone de sistemas que nos permitan evaluar qué materiales debemos tener y cuáles no.
- Se debe disponer de sistemas de recepción y verificación de aquellos materiales que son adquiridos de bodega.
- Se dispone de procedimientos de almacenaje, manipulación, embalaje y conservación de materiales en el almacén, que nos aseguren el perfecto estado de éstos cuando haya que utilizarlos.
- Disponer de medios que nos permitan saber cómo utilizamos los repuestos y materiales (a qué equipos, zonas o áreas lo destinamos, cuál es el consumo de materiales en un periodo, etc.).

2.4.3 *Recursos de repuestos*

Los repuestos son factores clave al momento de realizar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.

Por esto se debe tener en cuenta factores como:

- Tener una lista detallada con todos los repuestos que se vayan a utilizar durante la ejecución de una tarea, considerando el tiempo de adquisición de los mismos.
- El almacén está ordenado y limpio de tal manera que sea rápido y fácil encontrar el repuesto que estamos buscando.
- Adquirir un sistema donde se describe el inventario de los repuestos que se utilizaron durante una tarea.
- Evaluar los indicadores para el funcionamiento del almacén.
- La compra de un repuesto se ejecuta de manera rápida. Considerando desde el tiempo que se necesita hasta cuando llegue el repuesto a las manos del personal técnico.
- El material cumple con las especificaciones técnicas que solicita el departamento de mantenimiento.

2.4.4 *Documentos de mantenimiento*

Los documentos de mantenimiento son la clave para calcular indicadores, permitiendo llevar un control de las actividades a realizar. Una definición dice que, “El documento es el soporte físico de una información en una forma específica.” (NTE INEN-EN: 13460, 2010).

2.4.4.1 Solicitud de trabajo

Las solicitudes de trabajo son enviadas al departamento de mantenimiento éstas son emitidas por las personas que operan los equipos. En la Tabla 19-2 se presenta un modelo de orden de trabajo.

Tabla 19-2: Solicitud de orden de trabajo

SOLICITUD DE TRABAJO			
Fecha		Numero de solicitud	
Nombre del solicitante		Nombre del equipo	
Área solicitante		Código del equipo	
Afecta a la producción	sí ()	no ()	
Descripción de la falla			
----- Firma del solicitante			

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

2.4.4.2 Orden de trabajo

Es un documento emitido por el departamento de mantenimiento para la ejecución de una tarea de mantenimiento correctiva, preventiva o basada en la condición.

La orden de trabajo ayuda al personal de mantenimiento a la correcta ejecución de las tareas de mantenimiento, además ésta recepta información para la elaboración de base de datos y cálculo de indicadores de mantenimiento.

En la Tabla 20-2 se detalla el formato de una orden de trabajo.

Tabla 20-2: Modelo de orden de trabajo

TITULO DE LA ORDEN TRABAJO		N°
Fecha. Programada.	Fecha inicio	Fecha fin
Tipo de mantenimiento	Preventivo ()	Correctivo ()
Solicita	Ejecuta	
Tareas		
Responsable del trabajo		
Datos adicionales		
Materiales utilizados		
Repuestos utilizados		
Horas hombre utilizados		
Observaciones de seguridad		
Emite	Aprueba	Cierra
_____	_____	_____
Firma	Firma	Firma

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

CAPÍTULO III

3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

3.1 Evaluación de las condiciones actuales de la gestión de mantenimiento

3.1.1 *Determinación del tipo de evaluación.*

Se realiza la evaluación de gestión del mantenimiento que lleva la empresa, a través de un análisis cualitativo, la insuficiencia de información que existente en la planta permite evaluar criterios como entrevistas a técnicos responsables del mantenimiento, generando un documento de información técnico para la empresa.

3.1.2 *Aspectos a evaluar*

La evaluación de gestión actual del mantenimiento de la empresa BALANCEADOS NUTRITIVOS “MOLINOS ANITA” se la realizó de acuerdo con el método de investigación inductivo deductivo dando comienzo a una entrevista tipo auditoria en los siguientes aspectos:

- Organización de mantenimiento.
- Métodos y sistema de trabajo-
- Control técnico de instalaciones y equipos.
- Gestión de la carga de trabajo.
- Compra, logística de repuestos y equipos.
- Organización del taller de mantenimiento.
- Documentación técnica del mantenimiento.
- Personal y formación.

3.1.3 *Evaluación de la gestión de mantenimiento*

En la tabla 1-3, detalla la calificación del criterio, organización de la planificación de mantenimiento, junto a sus respectivos subcriterios, el puntaje será evaluado por el encargado del área de producción y la calificación tendrá un valor de 0 a 10 como indica la tabla 2-2, el color verde indica un nivel excelente, el amarillo un nivel medio y el color rojo un nivel regular

Tabla 1-3: Evaluación de criterios de organización general

Organización de la planificación del mantenimiento		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1	La organización y responsabilidades del departamento de mantenimiento se encuentran definidas y aprobadas	5,5	
2	Las responsabilidades y tareas de los trabajadores están definidas claramente	7	
3	Existe un presupuesto establecido para el área de mantenimiento	6	
4	Se planifican las tareas de mantenimiento	3	
5	Cuenta la empresa con hojas de detalle de funciones y responsabilidades para cada uno de sus trabajadores	4,5	
6	El personal de operación tiene instrucciones para llevar a cabo actividades de mantenimiento según un cronograma establecido.	2	
7	Para las actividades correctivas y preventivas se usa adecuadamente las ordenes de trabajo	2	
8	El departamento de compras tiene en cuenta de forma activa a mantenimiento en nuevos proyectos	6	
9	Se realiza reuniones para dar seguimiento a la calidad del servicio de mantenimiento y revisión del plan	2	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La Tabla 2-3 resultado de evaluación indica la calificación obtenida en el criterio de evaluación métodos y sistemas de trabajo.

Tabla 2-3: Métodos y sistemas de trabajo

Métodos y sistemas de trabajo		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1	Se planifica las intervenciones importantes	7	
2	Se dispone de métodos de operación para trabajos complejos	3	
3	Existen procedimientos por escrito para trabajos que conlleven riesgos	3	
4	Se archivan los trabajos de preparación y planificación para las intervenciones grandes	7	
5	Existen métodos normalizados para realizar reparaciones	3	
6	La documentación de mantenimiento está debidamente clasificada y es de fácil acceso	5	
7	Priorizan las actividades en base a criticidad	7	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La Tabla 3-3 se muestra la calificación obtenida por el criterio de control técnico de instalaciones y equipos.

Tabla 3-3: Control técnico de instalaciones y equipos

Control técnico de instalaciones y equipos		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1	Se cuenta con un inventario de ubicación de los equipos	3	

2	Cuenta cada equipo con su respectiva codificación	5	
---	---	---	--

CONTINUA

3	Se registra las modificaciones en los equipos e instalaciones (eje: cambio de circuito eléctrico, duplicado de contactos, etc.)	7	
4	Cuentan con un archivo informático o escrito de la vida de los equipos donde se refleje cada actividad realizada desde su compra	4	
5	Los equipos cuentan con análisis de criticidad: AMEF RCM.	3	
6	Se dispone de información de horas hombre y repuestos que se invierten en el mantenimiento correctivo y preventivo	6	

La Tabla 4-3 muestra la calificación obtenida por el criterio de gestión de carga de trabajo.

Tabla 4-3: Gestión de carga de trabajo

Gestión de la carga de trabajo		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1	Disponen de un plan de mantenimiento preventivo	3	
2	Disponen de check list	7	
3	Existe una persona responsable de las acciones de mantenimiento preventivo	3	
4	Los operadores realizan a sus equipos el mantenimiento de rutina	5	
5	Se cuenta un sistema de registro para las solicitudes de trabajo	3	
6	Se establecen reglas para dar prioridad a los trabajos	6	
7	Se reúnen periódicamente para realizar la distribución semanal de los trabajos	7	
8	Se respetan las ordenes de trabajo antes de realizar una intervención en el equipo	3	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La Tabla 5-3 detalla la calificación obtenida por el criterio de evaluación de compra, logística de repuestos y equipos.

Tabla 5-3: Compra, logística de repuestos y equipos.

Compra, logística de repuestos y equipos		Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1	Cuentan con un almacén exclusivo de mantenimiento	3	
2	Los operarios tienen libre acceso para artículos y piezas de uso habitual	3	
3	Disponen de una base de datos accesible donde se refleje el número de artículos o repuestos en stock	3	
4	Disponen de la identificación y codificación de los repuestos	3	
5	Los procedimientos de aprovisionamiento de repuestos son rápidos	3	
6	Disponen de servicio externo rápido y eficaz de reparación de equipos	7	
7	Se coordina adecuadamente el servicio de compras entre el departamento de compras y mantenimiento	7	

8	Los procedimientos administrativos y operativos para solicitar un repuesto son rápidos	5	
---	--	---	--

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La Tabla 6-3 indica la calificación obtenida por el criterio de organización del taller de mantenimiento.

Tabla 6-3: Organización del taller de mantenimiento

	Organización del taller de mantenimiento	Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1	El espacio asignado al departamento de mantenimiento es suficiente	3	
2	Todos los actores del departamento de mantenimiento tienen libre acceso para consultar las instrucciones operativas	3	
3	Las oficinas del departamento de mantenimiento se encuentran cerca del área de producción	3	
4	La ubicación del almacén de herramientas y repuestos es la adecuada	3	
5	Disponen de las herramientas adecuadas para realizar actividades preventivas y correctivas	6	
6	Disponen de un lugar adecuado donde se encuentren los elementos averiados	4	
7	Disponen de un encargado para la verificación y calibración periódica de las herramientas	4	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La Tabla 7-3 indica la calificación obtenida por el criterio de documentación técnica del mantenimiento.

Tabla 7-3: Técnicas del plan de mantenimiento

	Técnicas del plan de mantenimiento	Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1	Disponen de planos de las instalaciones mecánicas y eléctricas	5	
2	Cuentan con un manual de instrucciones técnicas para las actividades de mantenimiento.	6	
3	Disponen de planos de despiece de los equipos con su respectiva codificación	4	
4	Los planos de las instalaciones son de fácil acceso e interpretación	6	
5	Existe un procedimiento para archivar las modificaciones de los equipos o instalaciones	4	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La Tabla 8-3 indica la calificación obtenida por el criterio de personal y formación.

Tabla 8-3: Personal y formación

	H. Personal y formación	Calificación (min 0 y máx. 10)	Cualificación
1	Existe un buen ambiente de trabajo	8	
2	Los trabajos de los operarios son adecuadamente supervisados por sus superiores	6	

3	Se realizan reuniones para analizar problemas, incluyendo a los operarios	7	
4	Se realizan reuniones periódicas para fomentar la participación y el diálogo entre el personal directivo y operativo	5	
5	Existe la predisposición de realizar una actividad fuera del horario de trabajo	7	

CONTINUA

6	Considera usted que la inducción hacia el personal es satisfactoria	7	
7	Recibe la personal inducción en cuanto a seguridad y prevención de accidentes de forma permanente	8	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La Tabla 9-3 detalla los resultados de la evaluación de la gestión de mantenimiento.

Tabla 9-3: Resultado de la evaluación de la gestión de mantenimiento

Criterios	Calificación 10/10	Porcentaje	Cualificación
Organización de la planificación del mantenimiento	4.22	42%	
Métodos y sistema de trabajo	5	50%	
Control técnico de instalaciones y equipos	4.6	46%	
Gestión de la carga de trabajo	4.6	46%	
Compra, logística de repuestos y equipos	4.35	43%	
Organización del taller de mantenimiento	3.71	37%	
Técnicas del plan de mantenimiento.	5	50%	
Personal y formación	6.9	69%	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

Al finalizar la evaluación de la gestión del mantenimiento de la empresa Balanceados Nutritivos como resultado final de la organización de la planificación del mantenimiento y organización del taller de mantenimiento son los que poseen las calificaciones más bajas con un 42% y 37% de efectividad, respectivamente.

En consenso con el personal de la planta se decide mejorar el criterio de organización y planificación del mantenimiento justificando el desarrollo de la metodología del RCM.

3.2 **Inventario técnico.**

Los activos de la empresa Balanceados Nutritivos han sido inventariados de manera jerárquica. En la Tabla 10-3 se detalla el primer nivel que consta de dos dígitos alfabéticos

Tabla 10-3: Codificación de la planta

PRIMER NIVEL	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
BN	Balanceados Nutritivos

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La codificación del segundo nivel jerárquico que corresponde a las áreas, estas se encuentran descritas con dos dígitos alfabéticos.

En la Tabla 11-3 presenta un código acumulado incluyendo el primer nivel.

Tabla 11-3: Codificación de áreas

SEGUNDO NIVEL	
CÓDIGO ACUMULADO	DESCRIPCIÓN
BN- RM	Área de recepción de materia prima
BN-MO	Área de molienda
BN-ME	Área de mezclado
BN-PE	Área de paletizado
BN-EM	Área de empacado

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

En la tabla 12-3 se muestra la codificación del tercer nivel que contiene cuatro caracteres alfanuméricos, los cuales son dos letras y dos números.

Tabla 12-3: Codificación de sistemas

TERCER NIVEL	
CODIGO ACUMULADO	DESCRIPCIÓN
BN- RM-BA01	Bascula 01
BN- RM-ZA01	Zaranda 01
BN- RM-TH01	Transportador helicoidal 01
BN- RM-EC01	Elevador de cangilones 01

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

En la tabla 13-3 se encuentra el detalle de codificación del cuarto nivel, que consta de tres letras y dos números, donde la primera letra describe la familia de equipo, por ejemplo: M mecánico, E eléctrico, N neumático; mientras que, las dos letras siguientes es una abreviación del nombre del equipo y los dos números son un secuencial.

Tabla 13-3: Codificación de los equipos del elevador de cangilones.

CUARTO NIVEL	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
BN- RM-EC01-MCA1	Cangilones
BN- RM-EC01-EME1	Motor eléctrico
BN- RM-EC01-ETC1	Tablero de control

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021


El inventario técnico de los equipos restantes se encuentra en el anexo B.

3.3 Fichas técnicas

3.3.1 Ficha técnica de sistemas

En la tabla 14-3 muestra el formato de fichas técnicas, estas se utilizarán para todos los equipos a nivel de sistema dentro del área de producción de la empresa, durante la adquisición de datos técnicos de cada uno de los equipos no se ha logrado adquirir completamente ya éstas carecen de placas con características (mecánicas, eléctricas, etc) del equipo.

Tabla 14-3: Ficha técnica del extractor de polvo

FICHA TÉCNICA			
EQUIPO	Extractor de polvo 01	CÓDIGO	BN-RM-EP01
DATOS DEL EQUIPO			
EMPRESA BALANCEADOS NUTRITIVOS			
DIRECCIÓN: Riobamba Panamericana sur km4			
TELÉFONO 0984055204			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Al pasar por un sistema de clasificación del material, se genera un polvo, este es recolectado en un extractor que está alojado a 6m de la zaranda			
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Marca: MOYA Modelo: Dimensiones: 2.30 m Altura x 1m de ancho Peso: 50 kg Capacidad: 1000 kg/h Potencia: 3hp Voltaje: 220V Año de adquisición: 2008 Material: Acero comercial			
Realizado por		Aprobado por:	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

3.3.1.1 Contexto operacional

En el contexto operacional se espera que un equipo opere bajo condiciones establecidas por el operario y su entorno de trabajo. Como ejemplo aplicativo se toma al extractor de polvo 01 cuyo contexto operacional se halla en la tabla 15-3.

Tabla 15-3: Contexto operacional del extractor de polvo 01

ASPECTOS	DESCRIPCIÓN
Proceso por lotes y de flujo	La planta trabaja en un proceso en serie dentro del cual el extractor de polvo cumple la función de extraer el polvo que se genera al momento de clasificar la materia prima a granel (trigo, maíz) ubicado a 6 m de la zaranda 01.
Redundancia	Es el único activo dentro del área de recepción de materia prima, se puede compensar el trabajo con horas extras los días domingos
Niveles de calidad	Representa a dos o más equipos que cumplen la misma función, pero con capacidades diferentes
Impacto al medio ambiente	No emite ningún tipo de fluido que sea tóxico para la salud o al medio ambiente
Riesgos de seguridad	No emite ningún riesgo para la salud

Turnos de trabajo	Los turnos de trabajo son de lunes a sábados en 2 turnos diarios (06:00 a 12:00) y (14:00 a 17:00) dando un total de 10 horas diarias
Tiempo de reparación	Según la experiencia de los operadores ya que no existe un historial de fallos en la empresa, el tiempo para una reparación es de 1.5 horas
Repuesto	Es una máquina de construcción básica y cualquier tipo de repuesto son de fácil acceso.
Demanda de mercado	La demanda del mercado crece dentro de los meses de junio hasta noviembre en donde se busca disminuir el riesgo de falla de los equipos.
Provisión de materia prima	La materia prima sube su costo a partir del mes de enero donde la cosecha del maíz decae hasta llegar al mes de mayo en donde aumenta la cosecha y por ende los precios del maíz reduce

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

3.4 Análisis de criticidad

Para el análisis de criticidad se utilizó el método cualitativo siendo éste aplicado a cada sistema del área de producción, mediante el análisis de los siguientes parámetros:

- Medio ambiente (E)
- Seguridad (S)
- Calidad (Q)
- Tiempo de trabajo (W)
- La entrega (D)
- La fiabilidad (F)
- La mantenibilidad (M)

El método de evaluación se detalló en el capítulo dos en la Figura 2-2 y los resultados se muestran en la Tabla 16-3. Cada uno de los sistemas de área de producción son evaluados según la categoría (A.B.C) a cada uno de los parámetros.

Tabla 16-3: Análisis de criticidad

Sistema	Medio ambiente	Seguridad	Calidad	Tiempo de trabajo	Entrega	Fiabilidad	Mantenibilidad	Resultado
Bascula 01	C	C	C	B	B	C		C
Rampa de descarga 01	C	C	C	B	B	C		C
Rampa de descarga 02	C	C	C	B	B	C		C
Transportador helicoidal 01	C	C	C	B	B	C		C
Zaranda 01	C	C	B	B	B	C		C
Extractor de polvo 01	C	C	C	B	B	C		C
Transportador helicoidal 02	C	C	C	B	B	C		C
Transportador helicoidal 03	C	C	C	B	B	C		C

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

El análisis de criticidad de los 74 equipos se encuentra en el anexo D.

3.5 **RCM para Área de recepción de materia prima**

3.5.1 *Hojas de información del Área de recepción de materia prima*

En la tabla 17-3 se muestra la hoja de información del sistema de la zaranda 01.

Tabla 17-3: Hoja de información del equipo (ZARANDA)

Empresa: Balanceados Nutritivos "Molinos Anita"		Área: Recepción De Materia Prima		Realizado Por:		Revisado Por: Lic. Ángel Maigualema		Pag: 1-2
		SISTEMA: ZARANDA 01		EQUIPO: ZARANDA CÓDIGO: BN-RM-ZA01- MZA1		FECHA: 03 febrero De 2021		
N°	Función	N°	Falla Funcional	N°	Modo De Falla (Causa)	(Efecto De La Falla)		Consecuencias
1	Separar las impurezas de la materia prima a granel utilizando movimientos vibratorios con un promedio de 50 ton/8 horas	A	No separa las impurezas de la materia prima	1	Pernos de anclaje rotos (exceso de vibración)	<ul style="list-style-type: none"> EVIDENCIA Materia prima sale del equipo El operador identifica exceso de ruido y vibraciones en el proceso AFECTACIONES A LA SEGURIDAD No presenta afectaciones a la seguridad ni al medio ambiente TIEMPO DE PARADA: 2 horas de parada no se clasifican alrededor de 2.6 ton de materia prima, la no genera costos operativos porque existe material de reserva Tiempo de parada total: 2h COSTO DE PARADA: Un perno de anclaje = \$5 Costo de mano de obra \$15 Total, de la pérdida económica = \$20 TAREA CORRECTIVA Cambiar pernos de anclaje PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Cada 2 años 	OPERATIVA	
				2	Base de chumacera rota (sobrecarga)	<ul style="list-style-type: none"> EVIDENCIA El operador identifica exceso de ruido en el equipo AFECTACIONES No presenta afectaciones a la seguridad ni al medio ambiente TIEMPO DE PARADA: 1 horas hasta diagnosticar el problema, y 2 hora más para reparar Tiempo de parada total: 3h 	NO OPERATIVA	
				3	Base de chumacera rota (sobrecarga)	<ul style="list-style-type: none"> COSTO DE PARADA: Soldadura de la pantalla de impacto \$10 1 hora de mano de obra \$8 3 Horas de parada \$ 300 Total, de la pérdida económica = \$324 TAREA CORRECTIVA Cambiar rodamientos 	NO OPERATIVA	

CONTINUA

					<ul style="list-style-type: none"> • PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Cada año 	
			4	Fuga de materia prima (rotura del tamiz)	<ul style="list-style-type: none"> • EVIDENCIA El operario reporta un desperdicio de materia prima durante el proceso • AFECTACIONES No presenta afectaciones a la seguridad ni al medio ambiente • TIEMPO DE PARADA: 1 horas hasta diagnosticar el problema y 2 hora más para reparar Tiempo de parada total: 3h • COSTO DE PARADA: Compra de electronos y acero inoxidable= \$30 PERDIDA DE MATERIA PRIMA \$20 Total, de la pérdida económica = \$50 • TAREA CORRECTIVA Soldadura del tamiz • PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Cada 2 años 	OPERATIVA

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

3.5.2 *Hoja de decisión del Área de recepción de materia prima*

En la tabla 18-3 se describe la hoja de decisión para la zaranda.

Tabla 18-3: Hoja de decisión del equipo (ZARANDA)

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM																
SISTEMA Recepción de materia prima			EQUIPO ZARANDA 01				FECHA		ELABORADO			APROBADO				N° 01
REFERENCIA			EVALUACION				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	ACCIONES ALTERNATIVAS H4 H5 S4			TAREAS PROPUESTAS		FREC. INICIA.	RESP.
F	FF	FM	H	S	E	O										
1	A	1	S	N	N	S	S							Inspección al estado físico de los pernos de anclaje, (Mediante una llave hexagonal, desprender los pernos de anclaje revisando existencia de fisuras en la cabeza del perno)	12 semanas	Ing. de mantenimiento
1	A	2	S	N	N	N	S							Inspección visual al estado físico de la base de la chumacera (revisar que exista grietas en la base de la chumacera)	12 semanas	Ing. de mantenimiento
1	A	3	S	N	N	S	S							Inspección visual a la estructura metálica de la zaranda. (revisar cuidadosamente que no existan grietas en el tamiz de la zaranda)	12 semanas	Operador

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

44

3.5.3 *Factibilidad económica de una tarea*

En la tabla 19-3 se tiene un ejemplo de la factibilidad económica y técnica de la tarea 1A2 la cual es una tarea basada en la condición con respecto a una tarea de trabajo al fallo.

Tabla 19-3: Factibilidad económica de una tarea proactiva.

FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UNA TAREA				FACTIBILIDAD TÉCNICA DE UNA TAREA		
TAREA		INSPECCIÓN VISUAL A LA BASE DE LA CHUMACERA		Es factible determinar un estado de falla potencial.	SI	NO
CBM		TRABAJO AL FALLO		El intervalo P-F es estable.		
Número de inspecciones	4 insp / año	No realiza inspección		Es conveniente realizar un monitoreo a intervalos menores que el P-F al elemento de estudio.	X	
Costo de la inspección	\$5					
Costo CBM anual	\$20					
COSTO DE REPARACIÓN				Existe una adecuada duración del intervalo P-F neto para realizar tareas antes que se produzca la falla.	X	
Costo de repuesto (chumacera)	\$25	Costo de repuesto	\$28			
Horas de reparación	3 h	Horas de reparación	4 h		X	
# De técnicos	2	# De técnicos	2			
Horas hombre	3h	Horas hombre	3h			
Costo de horas hombre	\$ 8	Costo de horas hombre	\$ 8			
Costo de reparación	\$50	Costo de reparación	\$60			
Costo de reparación anual	\$200	Costo de reparación anual	\$240			
COSTO OPERACIONAL						
Duración de la parada	3 h	Duración de la parada	4 h			
Costo operacional	\$ 100	Costo operacional	\$ 400			
Costo operacional anual	\$ 400	Costo operacional anual	\$1600			
TOTAL, CBM	\$ 620	TOTAL, CORRECTIVO	\$1840			

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

Desarrollo de otro ejemplo aplicativo de una hoja de información para el motor eléctrico que se muestra en la tabla 20-3.

Tabla 20-3: Hoja de información del equipo (MOTOR ELÉCTRICO)

N°		Función		N°		Falla Funcional		N°		Modo De Falla (Causa)		(Efecto De La Falla)		Consecuencias	
1		Generar movimiento a la zaranda a 3600 rpm		A		No transmite movimiento a la zaranda		1		Motor quemado (corto circuito)		<ul style="list-style-type: none"> • EVIDENCIA Devanado del motor quemado • AFECTACIONES No presenta afectaciones a la seguridad ni al medio ambiente • TIEMPO DE PARADA: 1 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 3 hora más para reparar TOTAL= 4 HORAS DE PARADA Tiempo de parada total: 4h • COSTO DE PARADA: Cambio de motor = \$291 Mano de obra \$8/h Total, de la pérdida económica = \$323 • TAREA A REALIZAR Desmontar equipo y reemplazarlo o poner en funcionamiento equipo de emergencia mientras se restaura el motor • PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Cada 12 meses 		OPERATIVA	
								2		Interrupción de la alimentación del motor (sobrecarga por accionamiento de las protecciones del motor)		<ul style="list-style-type: none"> • EVIDENCIA El operario identifica que el motor no arranca, además inspecciona y detecta que las protecciones del motor están accionadas. • AFECTACIONES No presenta afectaciones a la seguridad ni al medio ambiente • TIEMPO DE PARADA: 1 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar Tiempo de parada total: 3h 		OPERATIVA	
														OPERATIVA	

CONTINUA

Pag: 1-3

Empresa: Balanceados Nutritivos "Molinos Anita"	Área: Recepción De Materia Prima	Realizado Por:	Revisado Por: Lic. Ángel Maigualema	Pag: 1-3
	SISTEMA: ZARANDA 01	EQUIPO: MOTOR ELÉCTRICO CÓDIGO: BN-RM-ZA01- EMEI	FECHA: 03 febrero De 2021	

					<ul style="list-style-type: none"> • COSTO DE PARADA: Costo de breakers = \$6 Costo de mano de obra = \$40 • TAREA A REALIZAR Cambio de las breakers • PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Cada 2 años 	OPERATIVA
			3	Rodamientos agarrotados (mala lubricación)	<ul style="list-style-type: none"> • EVIDENCIA Aumento de temperatura en el camino de la rodadura. • AFECTACIONES No presenta afectaciones a la seguridad ni al medio ambiente • TIEMPO DE PARADA: 1 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 2 hora más para reparar Tiempo de parada total: 3h • COSTO DE PARADA: Cambio de rodamientos = \$6 Costo total = \$6 • TAREA A REALIZAR Cambio de rodamientos • PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Cada 25000 h 	OPERATIVA
			4	Rotura del eje (fatiga)	<ul style="list-style-type: none"> • EVIDENCIA El operario identifica que al eje roto con agrietamiento • AFECTACIONES No presenta afectaciones a la seguridad ni al medio ambiente • TIEMPO DE PARADA: 1 horas hasta diagnosticar el problema por el cual sucede, y 1 hora más para reparar Tiempo de parada total: 2h 	OPERATIVA
					<ul style="list-style-type: none"> • COSTO DE PARADA: Costo de eje = \$50 Costo de mano de obra = \$40 • Costo total=70TAREA A REALIZAR Cambio de eje • PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Cada 4 años 	OPERATIVA

Desarrollo de otro ejemplo aplicativo de una hoja de decisión para el motor eléctrico mostrado en la tabla 21-3.

Tabla 21-3: Hoja de decisión del equipo (MOTOR ELÉCTRICO)

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM																
SISTEMA RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA			EQUIPO MOTOR ELÉCTRICO				FECHA			ELABORADO			APROBADO			N° 01
REFERENCIA			EVALUACION				H1	H2	H3	ACCION A LA FALTA DE			TAREAS PROPUESTAS		FREC. INICIA.	RESP.
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Medición de parámetros eléctricos del motor (corriente)		24 semanas	Ing. de mantenimiento
1	A	3	S	N	N	S	S						Controlar la carga de trabajo asignada al motor		12 semanas	Ing. de mantenimiento
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Lubricación de los rodamientos		12 semanas	Ing. de mantenimiento

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

Desarrollo de ejemplo aplicativo de la factibilidad económica de una tarea para el motor eléctrico detallado en la tabla 22-3.

Tabla 22-3: Factibilidad económica de una tarea proactiva

FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UNA TAREA				FACTIBILIDAD TÉCNICA DE UNA TAREA		
TAREA		LUBRICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS		Es factible determinar un estado de falla potencial.	SI	NO
					X	
CBM		TRABAJO AL FALLO		El intervalo P-F es estable.	X	
Número de inspecciones	4 insp / año	No realiza inspección				
Costo de la inspección	\$8					
Costo CBM anual	\$24					
COSTO DE REPARACIÓN				Es conveniente realizar un monitoreo a intervalos menores que el P-F al elemento de estudio.	X	
Costo de repuesto	\$6	Costo de repuesto	\$7			
Horas de reparación	1 h	Horas de reparación	2 h	Existe una adecuada duración del intervalo P-F neto para realizar tareas antes que se produzca la falla.	X	
# De técnicos	1	# De técnicos	2			
Horas hombre	3h	Horas hombre	6 h			
Costo de horas hombre	\$ 8	Costo de horas hombre	\$ 8			
Costo de reparación	\$6	Costo de reparación	\$28			
Costo de reparación anual	\$24	Costo de reparación anual	\$112			
COSTO OPERACIONAL						
Duración de la parada	1 h	Duración de la parada	2 h			
Costo operacional	\$ 50	Costo operacional	\$ 100			
Costo operacional anual	\$ 200	Costo operacional anual	\$400			
TOTAL, CBM	\$ 248	TOTAL, CORRECTIVO	\$512			

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

3.6 Plan de mantenimiento

Para la elaboración del plan de mantenimiento mediante la metodología RCM se contó con la participación del personal técnico del área de producción dando como resultado la Tabla 23-3.

Tabla 23-3: Plan de mantenimiento de los diferentes sistemas

PLAN DE MANTENIMIENTO					
ÁREA RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	SISTEMA	FECHA	ELABORADO	APROBADO	N° 01
CÓDIGO	EQUIPO	TAREAS	FREC.	RESP.	
BN-RM-ZA01-MZA1	ZARANDA	Inspección visual al estado físico de los pernos de anclaje.	12 semanas	Operador	
		Inspección visual del estado de la base de la chumacera	12 semanas	Operador	
		Inspección visual a la estructura metálica de la zaranda	12 semanas	Operador	
BN-RM-ZA01-EME1	MOTOR ELECTRICO	Medición de parámetros eléctricos del motor (corriente)	24 semanas	Ing. de mantenimiento	
		Medición de parámetros eléctricos del motor (resistencia y continuidad de los bobinados)	24 semanas	Ing. de mantenimiento	
		Controlar la carga de trabajo asignada al motor	12 semanas	Ing. de mantenimiento	
		Lubricación de los rodamientos	12 semanas	Ing. de mantenimiento	
BN-RM-ZA01-ETC1	TABLERO DE CONTROL	Medir continuidad en los conductores del tablero	24 semanas	Ing. Eléctrico	
		Cambio de protección térmica	52 semanas	Ing. Eléctrico	
		Limpieza del tablero de control	12 semanas	Ing. Eléctrico	

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

50

El plan de mantenimiento completo se encuentra en el anexo F

3.6.1 *Cronograma de actividades*

El desarrollo del cronograma es esencial para la ejecución de las tareas de cada uno de los equipos, estableciendo las actividades en un calendario que establece el tiempo de ejecución de una tarea.

3.7 Requerimientos logísticos

Al ejecutar un plan de mantenimiento se debe tener en cuenta

- Personal necesario
- Lista de repuestos
- Lista de materiales

En la tabla 25-3, muestra los recursos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento de los equipos de la planta.

Tabla 25-3: Logística de mantenimiento

EQUIPO	TAREA DE MANTENIMIENTO	DURACIÓN (h)	FRECUENCIA (SEMANL)	LOGISTICA			
				Equipo epp	Materiales y repuestos	Herramientas y equipos	Personal
ZARANDA 1	Inspección visual del operador en los pernos de anclaje.	0,25	1	EPP	-----	Llave #17	Operador
	Cambio de chumacera, realizar el selecciona miento adecuado de los componentes según el fabricante. Realizar inspecciones frecuentes aplicando mantenimiento autónomo	0,5	240	EPP	Chumacera 0.25g grasa Disco corte	Llave #13 Martillo Pulidora	Mecánico
	Reforzamiento de estructura, seleccionar estructura de elementos según su contexto operacional.	0,5	384	EPP	Acero inoxidable Electr. 6011 Electr. 6013	Soldadora Pulidora Compresor	Mecánico Operador
MOTOR ELÉCTRICO	Medición de parámetros eléctricos del motor (corriente)	0,5	8	EPP		Multímetro	Eléctrico
	Medición de parámetros eléctricos del motor (resistencia y continuidad de los bobinados)	0,5	8	EPP		Multímetro	Mecánico
	Controlar la carga de trabajo asignada al motor	0,5	112	EPP			Eléctrico
	Lubricación de los rodamientos	0,5	12	EPP	1Lb. Guaipe 0.25g grasa	Destornillad or estrella Llave # 13 Martillo	Mecánico
TABLERO DE CONTROL	Cambiar los conductores, realizar mediciones de las protecciones con el fin de que cumplan las características del fabricante.	0,5	1	EPP	Conductores calibre 18 Taipe	Alicate Destornillad or estrella Llave #10 Multímetro	Eléctrico
	Cambiar los conductores, realizar mediciones de las protecciones con el fin de que cumplan las características del fabricante.	0,5	1	EPP	Conductores calibre 18 Taipe	Alicate Destornillad or estrella Llave #10 Multímetro	Eléctrico
	Realizarse mediciones eléctricas hasta identificar el problema., implantar una fuente de energía alternativa evitando el paro de equipos de toda la planta	0,5	1	EPP	Conductores calibre 18 Taipe	Alicate Llave #10 Multímetro	Eléctrico

CONTINUA

Realizarse mediciones eléctricas hasta identificar el problema.	0,5	1	EPP	Conductores calibre 18 Taípe	Alicate Destornillad or estrella Llave #10 Multímetro	Eléctrico
Realizar limpieza del tablero, extrayendo todo el polvo entre los contactos y conductores	0,5	1	EPP	Conductores calibre 18 Taípe	Alicate Destornillad or estrella Llave #10 Multímetro	Eléctrico
Desconexión e intercambio del relé de protección del tablero eléctrico por un relé que cumpla dichas características, 96 amperios	0,5	1	EPP	Conductores calibre 18 Taípe	Alicate Destornillad or estrella Llave #10 Multímetro	Eléctrico
Realizar pruebas de funcionamiento del relé de protección	0,5	1	EPP		Multímetro	Eléctrico

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La logística de los sistemas restantes se encuentra en el anexo F

CAPÍTULO IV

4. Costo de implementación del plan

4.1 Costo personal

En la Tabla 26-3 se detalla el personal necesario para la implementación del plan en el área de producción de la empresa Balanceados Nutritivos “Molinos Anita”.

Tabla 26-3: Personal de mantenimiento según la tarea

CANTIDAD	PERSONAL	TIPO DE TAREAS	SUELDO (\$) MENSUAL
1	Ing. de mantenimiento	Montador. Ajustador. Soldador. Calderero. Especialista hidráulico. Especialista neumático. Fresador	700
1	Electricista	Electricista alta tensión. Repotenciación de tableros de control Calibración de balanzas	700
5	Operadores	Limpieza Inspecciones visuales Calibraciones pequeñas	
TOTAL, SUELDO			1400

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

4.2 Costo de repuestos y materiales

En la Tabla 27-3 se detalla el listado de repuestos que se necesita para la ejecución de plan de mantenimiento junto a sus respectivos costos.

Tabla 27-3: Lista de repuesto para la elaboración de las tareas

Material	Cantidad	Unidades	Precio unitario	Precio total
Aceite MD 220	18,9	Ltrs	US\$2,00	US\$37,80
Limpia contactos	8	spray (5.5 oz)	US\$4,00	US\$32,00
Grasa azul SKF	2775	gr	US\$12,00	US\$24,80
Guaipe	102,5	Lb	US\$2,00	US\$205,00
Lubricante WD-40	40,75	spray (5.5 oz)	US\$3,90	US\$156,40
Aceite MD 220	40	Ltrs	US\$37,00	US\$111,00
Desengrasante	90	Ltrs	US\$4,60	US\$414,00
Grasa azul SKF	2775	gr	US\$12,00	US\$24,80
Guaipe	102,5	Lb	US\$2,00	US\$205,00
Limpia contactos	34	spray (11 oz)	US\$5,00	US\$15,00
Lubricante WD-40	157	spray (5.5 oz)	US\$16,00	US\$128,00
Aceite MD 220	17,1	Ltrs	US\$11,90	US\$47,60

CONTINUA

Desengrasante	151	Ltrs	US\$35,00	US\$70,00
Grasa azul SKF	2775	gr	US\$12,00	US\$24,80
Guaípe	102,5	Lb	US\$2,00	US\$205,00
Lubricante WD-40	116	spray (5.5 oz)	US\$8,50	US\$34,00
Desengrasante	71,5	Ltrs	US\$11,90	US\$23,80
Grasa azul SKF	404,5	gr	US\$35,00	US\$140,00
Guaípe	328	Lb	US\$46,00	US\$184,00
Limpia contactos	26	spray (11 oz)	US\$25,00	US\$125,00
Lubricante WD-40	4	spray (5.5 oz)	US\$15,00	US\$60,00
Desengrasante	43	Ltrs	US\$37,00	US\$370,00
Guaípe	99,5	Lb	US\$46,00	US\$552,00
Total, repuestos y materiales				US\$3189.20

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

4.3 Costo de herramientas y equipos

En la Tabla 28-3 se conocer la lista de herramientas y materiales que se necesita para la ejecución del plan de mantenimiento. Los costos en herramientas y equipos no son tomados en cuenta debido a que estos recursos están dentro de la empresa.

Tabla 28-3: Lista de herramientas y materiales para la elaboración de tareas establecidas.

CANTIDAD	NOMBRE	TIPO
2	Flexómetro de 5m	Mecánico
2	Calibrador de 25 in	Mecánico
1	Escuadra profesional a 45°	Mecánico
1	nivel de aluminio e imantado	Mecánico
1	Espátula de acero inoxidable	Mecánico
1	Cepillo de cerdas metálicas	Mecánico
1	Barreta- pata de cabra	Mecánico
1	Martillo mango de grafito	Mecánico
1	Martillo de bola	Mecánico
1	Mazo de goma	Mecánico
1	Punta de acero	Mecánico
1	Cinzel de acero	Mecánico
1	Lima plana	Mecánico
1	Sierra de alta tensión	Mecánico
1	Tijera de aviación para acero	Mecánico
1	Corta pernos	Mecánico
1	Juego de destornilladores estrella aislados 1000v (7 piezas)	Mecánico
1	Juego de destornilladores plano aislados 1000v (7 piezas)	Mecánico
1	Juego de destornillador para tuerca (4 piezas)	Mecánico
1	Juego de destornilladores punta gabinete (2 piezas)	Mecánico
1	Destornillador plano probador de corriente	Mecánico
1	Destornillador rache con 47 puntas intercambiables	Mecánico
1	Destornillador multi punta con efecto rache	Mecánico
2	Juego de llaves hexagonales cortas	Mecánico
1	Juego de llaves hexagonales largas con efecto rache	Mecánico
1	Alicate de presión	Mecánico
1	Llave ajustable- pico de loro	Mecánico
1	Llave de plomerías-llave de tubo	Mecánico
1	Juego de llaves corona (24 piezas)	Mecánico

CONTINUA

1	Extractor de poleas	Mecánico
1	Tornillo de banco	Mecánico
1	Sierra circular	Eléctrico
1	Compreso de aire	Eléctrico
1	Pulidora	Eléctrico
1	Taladro percutor alámbrico	Eléctrico
1	Taladro inalámbrico 12v	Eléctrico
1	Multímetro	Eléctrico
1	Pistola de calor	Eléctrico
1	Alicate resistente 1000v	Eléctrico
1	Alicate de corte resistente 100v	Eléctrico
1	Tenazas de armador	Eléctrico
1	Alicate para anillos de retención	Eléctrico
1	Pelador de cables 3 en 1	Eléctrico
1	Hidrómetro de batería	Eléctrico

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

4.4 Desarrollo de base de datos.

La interfaz principal de la base de datos creada en Excel, permite conocer tareas, codificación, características de equipos instalados en la empresa (ver figura 1-3) creada muestra botones como: inventario, cronograma, ficha técnica.

La hoja de inicio permite el acceso a inventarios, cronograma, fichas técnicas. Figura 1-3.



Figura 1-3: Hoja de inicio de base de datos

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

Partiendo del menú inicio se visualiza la hoja de inventario seleccionando anteriormente, cada ícono representa a cada una de las áreas de la empresa. Figura 2-3



INVENTARIO TÉCNICO AREAS DE LA EMPRESA



Figura 2-3: Hoja de inventario técnico clasificadas por áreas

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

El inventario técnico se encuentra codificada según el área seleccionada (área de materia prima), incluye un botón FICHA TECNICA, éste permite visualizar la ficha técnica del sistema. Figura 3-3

NIVEL 1 "PLANTA"			BALANCEADOS NUTRITIVOS (BN)	
NIVEL 2 "ÁREA"			ÁREA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	
NIVEL 4 "SISTEMAS"			NIVEL 5 "EQUIPOS"	
NOMBRE	CÓDIGO	FICHA TECNICA	NOMBRE	CÓDIGO
BASCUILA 01	BN-RM-BA01	FICHA TECNICA	MEMORIA	BN-P-RM-BA01-ME
			CELDAS DE CARGA	BN-P-RM-BA01-CE
			INDICADOR DIGITAL	BN-P-RM-BA01-IN
			RECEPTOR DE CARGA	BN-P-RM-BA01-RC
RAMPA DE DESCARGA 01	BN-RM-RD01	FICHA TECNICA	RAMPA DE DESCARGA	BN-P-RM-RD01
RAMPA DE DESCARGA 02	BN-RM-RD02	FICHA TECNICA	RAMPA DE DESCARGA	BN-P-RM-RD02
TRANSPORTADOR HELICOIDAL 01	BN-RM-TH01	FICHA TECNICA	TORNILLO SIN FIN	BN-RM-TH01-MTS1
			MOTOR ELÉCTRICO	BN-RM-TH01-EME1
ZARANDA 01	BN-RM-TH01	FICHA TECNICA	ZARANDA	BN-RM-ZA01-EME1
			MOTOR ELÉCTRICO	BN-RM-ZA01-MMA1
EXTRACTOR DE POLVO 01	BN-RM-EP01	FICHA TECNICA	MOTOR ELÉCTRICO	BN-RM-EP01-EME1
			CARCASA	BN-RM-EP01-MCA1
TRANSPORTADOR HELICOIDAL 02	BN-RM-TH02	FICHA TECNICA	TORNILLO SIN FIN	BN-RM-TH02-MTS1
			MOTOR ELÉCTRICO	BN-RM-TH02-EME1
TRANSPORTADOR HELICOIDAL 03	BN-RM-TH03	FICHA TECNICA	TORNILLO SIN FIN	BN-RM-TH03-MTS1
			MOTOR ELÉCTRICO	BN-RM-TH03-EME1
			CANGILONES	BN-RM-EC01-MCN1

Figura 3-3: Inventario técnico de los sistemas del área de materia prima

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

La figura 4-3 muestra la ficha técnica del sistema rampa de descarga, detallando características, ubicación, datos técnicos e imagen del equipo.


FICHA TÉCNICA				CONTEXTO OPERACIONAL	
EQUIPO	Rampa de descarga 01	CÓDIGO	BN-RM-RD01	<p>• Cumple la función de receptor materia prima a granel (maíz y trigo) con una capacidad de 1.5 toneladas</p> <p>• Es el único activo dentro del área de recepción de materia prima para el maíz y trigo, mas no, es indispensable para la operación de la planta ya que existe material de reserva en las tolvas</p> <p>• No emite ningún tipo de fluido que sea tóxico para la salud o al medio ambiente</p> <p>• Como toda maquina industrial siempre van a tener un grado de riesgo a la seguridad, la rampa descarga tiene un bajo riesgo para la seguridad ya que no es necesario que un operador este cerca del equipo al momento de su operación</p> <p>• Los turnos de trabajo son de lunes a sábados en 2 turnos diarios (06:00 a 12:00) y (14:00 a 17:00) dando un total de 10 horas diarias</p> <p>• No existe ninguna falla existente desde la instalación de la rampa de descarga</p> <p>• Es una máquina de construcción básica y cualquier tipo de repuesto son de fácil acceso.</p> <p>• No tiene efectos en cuanto se refiere a la calidad del producto final ya que después pasa por un sistema de clasificación de la materia prima</p>	
DATOS DEL EQUIPO					
EMPRESA BALANCEADOS NUTRITIVOS					
DIRECCIÓN Riobamba Panamericana sur km4					
TELÉFONO 0984055204					
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO					
Utilizada para la recepción (maíz y trigo) de la materia prima a granel					
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
Marca:					
Modelo:					
Dimensiones:	1.5m ancho x3m de ancho				
Peso:	170 kg				
Capacidad:	1.5 toneladas				
Potencia:					
Voltaje:					
Material:	Acero comercial y cemento				
Realizado por:		Aprobado por:			

Figura 4-3: Ficha técnica del sistema rampa de descarga en el área de materia prima

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

Para tener acceso al cronograma se da comienzo desde el menú de inicio, en el cronograma se visualiza una lista de tareas de mantenimiento con sus frecuencias de ejecución de todos los sistemas del área de la planta como muestra la figura 5-3.

PLANTA		ÁREA		SUBSISTEMA		COD. EQUIPO		EQUIPO		TAREA DE MANTENIMIENTO		FRECUENCIA DE EJECUCIÓN		FECHA DE EJECUCIÓN		MES		DÍA		TOTAL	
PLANTA	ÁREA	SUBSISTEMA	COD. EQUIPO	EQUIPO	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA DE EJECUCIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN	MES	DÍA	TOTAL											
BALANCEADOS NUTRITIVOS	MOLINO DE MAÍZ	MOLINO DE MAÍZ	MOLINO DE MAÍZ	TRANSPORTADOR BELICOIDAL 01	Reposición de la correa del transportador	0.5	0	0	0	4											
					Controlar el nivel de carga que ingresa al transportador	0.5	0	0	0	12											
					Cambio de la cinta intermedia	0.5	0	0	0	4											
					Verificación de la tensión de la correa y estado del motor eléctrico	0.5	0	0	0	4											
					Limpieza del ventilador	0.5	0	0	0	12											
					Cambio de varillas	0.5	0	0	0	4											
	MOTOR ELÉCTRICO	MOTOR ELÉCTRICO	MOTOR ELÉCTRICO	MOTOR ELÉCTRICO	Reposición de la correa y estado del motor eléctrico	0.5	0	0	0	4											
					Revisión de la tensión de la correa y estado del motor eléctrico	0.5	0	0	0	12											
					Revisión de la tensión de la correa y estado del motor eléctrico	0.5	0	0	0	4											
					Revisión de la tensión de la correa y estado del motor eléctrico	0.5	0	0	0	4											
					Revisión de la tensión de la correa y estado del motor eléctrico	0.5	0	0	0	4											
					Revisión de la tensión de la correa y estado del motor eléctrico	0.5	0	0	0	12											

Figura 5-3: Cronograma de mantenimiento del área de molienda

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

4.5 Capacitación

La capacitación se realizó el día jueves 11 de marzo del 2021 en el horario de 14 H 00 dentro de las instalaciones de la empresa previo autorización del gerente propietario Lic. Ángel Maigualema tomando como referencia las debilidades que la empresa presenta en cuanto a la gestión de mantenimiento, se enfocó la capacitación en gran parte en torno a este punto.

La autorización se encuentra en el anexo G.

4.5.1 *Generalidades*

Tabla 29-3: Generalidades de la capacitación

Generalidad	Área de producción
Tema	Capacitación sobre el trabajo de titulación realizado
Duración	120 min
Dirigido a	Operadores y personal administrativo
Encargados	Erick Morocho; Byron Buñay

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

4.5.2 *Estructura y desarrollo*

En la tabla 30-3 se detalla los tiempos que se tomara para tratar los temas que se trata en la capacitación hacia las personas

Tabla 30-3: Estructura de la capacitación

TEMA	DURACIÓN (min)	RESPONSABLE
Importancia del mantenimiento en una empresa	15	Erick Morocho
Inventario técnico jerárquico	20	Byron Buñay
Metodología del RCM	20	Erick Morocho
Plan de mantenimiento	20	Byron Buñay
Frecuencias de las tareas	20	Byron Buñay
Base de datos	25	Erick Morocho

Realizado por: Morocho E.; Buñay B. 2021

4.5.3 *Recursos*

Una capacitación debe ser eficaz y comprensible, por lo tanto, se utilizó un método didáctico mediante la utilización de:

- Computadora
- Proyector
- Presentación digital

CONCLUSIONES

Previo el análisis de la aplicación de la metodología RCM, se realizó una evaluación a la gestión del mantenimiento que lleva la empresa mediante un método cualitativo el cual dio como resultado que la empresa tiene un bajo nivel en cuanto se refiere a la gestión del mantenimiento.

Se elaboró un inventario técnico para la empresa que consta de sus (5) áreas, las cuales son: Recepción de materia prima la cual cuenta con 14 sistemas, molienda con un total de 13 sistemas, mezclado cuenta con 9 sistemas, paletizado con 9 sistemas y empacado con 6 sistemas dando un total de 51 sistemas cada uno con su respectiva codificación.

Se determinó la criticidad de los equipos mediante una metodología semi cualitativa de donde: existe trece (13) equipo con alta criticidad; veinte (20) equipos criticidad media y dieciocho (18) equipos con nivel de criticidad baja.

Se definió el contexto operacional, las funciones y las fallas funcionales que afectar directamente la disponibilidad de los activos analizados.

Se desarrolló la hoja de información para las máquinas de la empresa, con la adecuada descripción de cada uno de los modos de falla encontrados, con sus respectivos modos de fallos, efectos de falla y consecuencias de falla.

Se desarrolló la hoja de decisión evaluando cada modo de falla posible considerado en la hoja de información, lo cual ayudo a definir tareas de mantenimiento proactivas y a falta de, obteniéndose un total de 363 actividades de mantenimiento.

Se realizó una base de datos en Excel con la finalidad de digitalizar el inventario, fichas técnicas, hojas de información, hoja de decisión de cada máquina y un cronograma de mantenimiento, dentro de los cuales constaran todas las actividades con sus respectivas frecuencias y fechas a realizarse.

Se capacitó al personal técnico, administrativo y operadores de la planta sobre el funcionamiento de la base de datos.

RECOMENDACIONES

Implementar de manera inmediata el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM en el área de producción de Balanceados Nutritivos “Molinos Anita”.

Hacer revisiones periódicas de las frecuencias de las tareas propuestas debido a que si existe expansión de la empresa estas frecuencias deberían ser más cortas con el fin de asegurar la disponibilidad de los activos.

Proveer de los requerimientos logísticos necesarios para la ejecución del plan de mantenimiento para poder ejecutar cada tarea establecida con éxito.

Capacitar al personal técnico de manera constante en conocimientos eléctricos y mecánicos.

Al adquirir nuevos equipos, la empresa debe solicitar la información técnica (manuales de operación)

BIBLIOGRAFÍA

CABRERA ESCOBAR & Raúl Vinicio. Implementación de un modelo de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para el parque acuático los elenes cantón guano [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp 31-45. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4436>

GARCÍA GARRIDO. *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial Vol. 31.* Madrid-España: Editorial Díaz. de santos .S.A, 2012, pp. 360

GARCÍA GARRIDO. *Organización y gestión integral de mantenimiento.* Madrid-España: Editorial Díaz. de santos .S.A, 2003, pp. 13-37.

HUERTA MENDOZA, R. “El Análisis de Criticidad, una Metodología para Mejorar la Confiabilidad”. *Ingeniería Mecánica*, [En línea], 2006. (Cuba) 4, (3), pp. 3. [Consulta: 10 enero 2020]. ISSN 1815-5944. Disponible en: <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/364>

ISO 9001. *Sistemas de gestión de la calidad. ISO 9001:2015 (Traducción Oficial)*

ISO 14224. *Industrias de petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.*

LARA, J. (2006). *Fortalecimiento del sistema producto ovinos. Tecnologías para Ovinocultores.* Celaya-México: Editorial de Café, 2006. pp, 47–52.

BETANCOURT GABRIEL, & Trebilcock Miguel. Desarrollo e implementación del plan de mantenimiento para los equipos de la empresa PRODEHOGAR [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia. 2018. pp 53. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6906>

MOUBRAY J. (1997). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.* Buenos Aires-Argentina. Biddles Ltc SEGUNDA Edición en español. 1997, pp 7-197

MOUBRAY J. Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Buenos Aires-Argentina. Biddles Ltc Edición en español. 2004, pp 7-197.

GUANGA FANNY, & Medina Yesenia. Evaluación de la gestión de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) en la empresa INPAPEL Patria Cia. Ltda. Propuesta alternativa. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp 42-112. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6939>

SAE:JA 1011 *Norma para vehículos aeroespaciales y de superficie*

SAE:JA1012. *Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie.*

VILLACRÉS PARRA, & Sergio Raúl. Desarrollo De Un Plan De Mantenimiento Aplicando La Metodología De Mantenimiento Basado En La Confiabilidad (Rcm) Para El Vehículo Hidrocleaner Vactor M654 De La Empresa Etapa Ep. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp 12-68. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4749>

SEXTO LUIS. (2017). *¿Cómo Determinar La Frecuencia De Mantenimiento? Seis Criterios Técnicos.* [blog]. [Consulta:15 enero 2021]. Disponible en: <https://se-gestiona.radical-management.com/2017/05/como-determinar-la-frecuencia-de.html>

TENICOTA ALEX. Definición de las Funciones y Herramientas para un Software de Gestión de Mantenimiento Ajustadas a los Requerimientos de la Industria Cementera Ecuatoriana. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 48-145. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3060>