



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“PROPUESTA DE REDISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y DE
TABLEROS DE CONTROL CON PLAN DE MANTENIMIENTO DE
LOS SISTEMAS DE LAS ÁREAS DE PREPARACIÓN Y
FABRICACIÓN DE LA PLANTA PISMADE S.A. RIOBAMBA”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

LATORRE OLIVO FLAVIO ANÍBAL

VILLA CAYAMBE RONAL ANIBAL

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“PROPUESTA DE REDISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y DE
TABLEROS DE CONTROL CON PLAN DE MANTENIMIENTO DE
LOS SISTEMAS DE LAS ÁREAS DE PREPARACIÓN Y
FABRICACIÓN DE LA PLANTA PISMADE S.A. RIOBAMBA”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: LATORRE OLIVO FLAVIO ANÍBAL

VILLA CAYAMBE RONAL ANIBAL

DIRECTOR: ING. JULIO EDUARDO CAJAMARCA VILLA

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Ronal Anibal Villa Cayambe y Flavio Anibal Latorre Olivo**

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 Ronal Anibal Villa Cayambe, y Flavio Aníbal Latorre Olivo declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este 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 integración curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 23 de diciembre del 2021



Ronal Anibal Villa Cayambe

C.I: 060489897-3



Flavio Aníbal Latorre Olivo

C.I: 060474727-9

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, **“PROPUESTA DE REDISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y DE TABLEROS DE CONTROL CON PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE LAS ÁREAS DE PREPARACIÓN Y FABRICACIÓN DE LA PLANTA PISMADE S.A. RIOBAMBA”**, realizado por los señores: **RONAL ANIBAL VILLA CAYAMBE Y FLAVIO ANÍBAL LATORRE OLIVO**, 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	 MARCO ANTONIO ORDONEZ VINAN	2021-12-23
Ing. Julio Eduardo Cajamarca Villa DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado digitalmente por JULIO EDUARDO CAJAMARCA VILLA Ubicación: Cuenca	2021-12-23
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: PABLO ERNESTO MONTALVO JARAMILLO	2021-12-23

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por brindarme salud, cuidarme y protegerme en toda mi trayectoria como estudiante nunca dejándome desamparado y así poder alcanzar mis metas y objetivos.

A mis padres, Miguel Villa e Inés Cayambe que con su trabajo, esfuerzo y sacrificio han logrado que todo sea posible por su apoyo incondicional y nunca dejarme caer, guiándome por un buen camino y brindándome buenos valores por todo ello y mucho más dedico a ustedes que han sido mi motor y mayor inspiración para poder seguir adelante y nunca darme por vencido siempre estaré orgulloso de ustedes padres.

A mis hermanos Mayra, Maricela, Nelson, Damaris que con su ejemplo, cariño y consejos nunca me han dejado solo y gracias a todos ustedes por ser un ejemplo que seguir.

Ronal

Dedico el presente a Dios, mis padres Flavio Latorre, Mélida Olivo, y mi hermano Jhonny por su apoyo económico y moral que sin ustedes nada de esto fuera posible siempre han estado presentes en este largo camino de sacrificio y esfuerzo que con sus palabras y consejos me han permitido llegar a culminar mi etapa de formación por siempre ser mi mayor motivo e inspiración, todo esto no fuera posible sin ustedes gracias, por tanto.

Flavio

AGRADECIMIENTO

A Dios por ayudarme a culminar con éxito una etapa principal en mi vida que con fortaleza y fe siempre me ha permitido seguir y nunca caer.

Agradecer a mis padres por su apoyo económico y moral que sin ustedes nada de esto fuera posible siempre han estado presentes en este largo camino de sacrificio y esfuerzo que con sus palabras y consejos me han permitido llegar a culminar una etapa muy importante en mi vida, por siempre ser mi mayor motivo e inspiración, todo esto no fuera posible sin ustedes gracias por tanto.

Por último, agradecer a todas las personas que de una u otra manera han estado apoyándome, a mis compañeros con quienes hemos estado en esta trayectoria de esfuerzo y dedicación.

Ronal

Agradezco a Dios por brindarme la vida y darme la fortaleza para seguir

Agradezco también a mis padres y mi familia por ser un apoyo tanto moral como económico que, con su esfuerzo y sacrificio, con las palabras y consejos en mi etapa estudiantil y también en la futura etapa profesional.

Por último, agradecer a mis amigos y compañeros que de una u otra manera han estado apoyándome, a la institución por abrirme las puertas y a los docentes de carrera de ingeniería de mantenimiento por compartir su conocimiento.

Flavio

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL	2
1.1	Antecedentes	2
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Justificación y actualidad	3
1.4	Objetivos	3
1.4.1	<i>Objetivo general</i>	3
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO	4
2.1	Circuitos eléctricos	4
2.1.1	<i>Niveles de voltaje eléctrico</i>	4
2.1.2	<i>Sistemas trifásicos</i>	4
2.1.2.1	<i>Circuitos estrella</i>	4
2.1.2.2	<i>Circuitos triangulo</i>	5
2.1.3	<i>Diagramas de circuitos eléctrico</i>	5
2.1.3.1	<i>Diagrama explicativo del circuito</i>	5
2.1.3.2	<i>Diagramas de conexión</i>	6
2.1.3.3	<i>Simbología norma UNE EN 60617-2</i>	7
2.1.4	<i>Circuito de control industrial</i>	7
2.1.4.1	<i>Circuito electromagnético</i>	8
2.1.5	<i>Conductores eléctricos</i>	8
2.1.5.1	<i>Generalidades de los conductores</i>	8
2.1.5.2	<i>Cálculo de sección de conductores</i>	9
2.1.6	<i>Dispositivos de protección de equipos</i>	11

2.1.7	Disyuntores electromagnéticos	12
2.1.7.1	<i>Cálculo de disyuntor electromagnético</i>	12
2.1.7.2	<i>Valores nominales</i>	13
2.1.8	Relés térmicos	13
2.1.9	Guarda motores	14
2.1.10	Protecciones de contacto directo	15
2.1.10.1	<i>Barreras o envolventes</i>	16
2.1.10.2	<i>Evaluación del estado físico de los tableros</i>	17
2.2	Plan de mantenimiento	18
2.2.1	Norma ISO 14224	18
2.2.2	Información necesaria para el plan de mantenimiento	19
2.2.2.1	<i>Inventario de activos</i>	19
2.2.2.2	<i>Codificación de equipos</i>	19
2.2.2.3	<i>Modelos de mantenimiento</i>	20
2.2.2.4	<i>Criticidad de equipos</i>	20
2.2.3	Fichas técnicas	22
2.2.4	Definición del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)	24
2.2.4.1	<i>Siete preguntas básicas del RCM</i>	24
2.2.5	Funciones y estándares de funcionamiento	24
2.2.5.1	<i>Clasificación de funciones</i>	25
2.2.5.2	<i>Estándar de funcionamiento</i>	25
2.2.5.3	<i>Contexto operacional</i>	26
2.2.6	Fallos funcionales	27
2.2.7	Modos de fallo	27
2.2.8	Efectos de los fallos	27
2.2.9	Consecuencias de los fallos	27
2.2.10	Tareas preventivas	28
2.2.10.1	<i>Tareas "A condición"</i>	30
2.2.10.2	<i>Tareas de reacondicionamiento cíclico</i>	30
2.2.10.3	<i>Tareas de sustitución cíclica</i>	30
2.2.11	Acciones a "falta de"	30
2.2.11.1	<i>Tareas de búsqueda de fallas</i>	30
2.2.11.2	<i>Ningún mantenimiento programado</i>	31
2.2.11.3	<i>Rediseño</i>	31
2.2.12	El rediseño como acción "a falta de"	31
2.2.12.1	<i>Consecuencias ambientales o para la seguridad</i>	31
2.2.12.2	<i>Fallas ocultas</i>	32

2.2.12.3	<i>Consecuencias operacionales y no operacionales</i>	32
2.2.13	<i>El personal implicado</i>	32
2.2.13.1	<i>Grupos de revisión</i>	32
2.2.14	<i>Los beneficios a conseguir por RCM</i>	33
2.2.15	<i>Hoja de Información del RCM</i>	33
2.2.16	<i>Hoja de decisión de RCM</i>	34
2.2.17	<i>Logística de mantenimiento</i>	34

CAPÍTULO III

3	SITUACIÓN ACTUAL.DE LA EMPRESA	36
3.1	Análisis de la planta	36
3.1.1	<i>Condiciones actuales del área de preparación y área fabricación de palés</i>	36
3.1.2	<i>Inventario de la planta</i>	36
3.1.3	<i>Descripción de los sistemas</i>	37
3.1.3.1	<i>Sistemas del área 1</i>	37
3.1.3.2	<i>Sistemas del área 2</i>	39
3.1.4	<i>Análisis eléctrico</i>	45
3.1.4.1	<i>Situación actual de los tableros</i>	45
3.1.4.2	<i>Situación actual de circuito eléctrico</i>	47
3.1.4.3	<i>Datos placas de motores por sistemas</i>	48
3.1.5	<i>Análisis de gestión de mantenimiento</i>	49
3.2	Rediseño del circuito eléctrico	49
3.2.1	<i>Circuitos de control propuestos</i>	50
3.2.1.1	<i>Cámara de secado 1 y 2</i>	50
3.2.1.2	<i>Despuntadora</i>	51
3.2.1.3	<i>Cepilladora de cilindros</i>	51
3.2.1.4	<i>Cepilladora de doble cara</i>	51
3.2.1.5	<i>Cortadora de tacos, Sierra fileteadora, Biseladora 2</i>	51
3.2.1.6	<i>Multisierra</i>	51
3.2.1.7	<i>Acanaladora</i>	51
3.2.1.8	<i>Cortadora de cinta con cabezales</i>	52
3.2.2	<i>Diseño de diagramas de control</i>	52
3.2.3	<i>Cálculo de sección de conductores</i>	52
3.2.3.1	<i>Cálculo de conductor del sistema</i>	52
3.2.3.2	<i>Cálculo de conductores para los sub tableros</i>	55
3.2.4	<i>Cálculo de disyuntores</i>	58

3.2.4.1	<i>Primera condición</i>	58
3.2.4.2	<i>Segunda condición</i>	61
3.2.5	<i>Cálculo de los relés térmicos</i>	63
3.2.6	<i>Cálculo de los guardas motores</i>	66
3.2.7	<i>Elaboración de los diagramas unifilares</i>	68
3.2.8	<i>Diseño de sub tableros y tableros de control</i>	69
3.2.9	<i>Rediseño de los sub tableros eléctricos</i>	69
3.3	Plan de mantenimiento	72
3.3.1	<i>Codificación de los equipos</i>	72
3.3.1.1	<i>Primer nivel</i>	72
3.3.1.2	<i>Segundo nivel</i>	72
3.3.1.3	<i>Tercer nivel</i>	73
3.3.1.4	<i>Cuarto nivel</i>	73
3.3.2	<i>Fichas técnicas</i>	77
3.3.2.1	<i>Ficha técnica a nivel de sistema. y equipo</i>	77
3.3.3	<i>Análisis de criticidad</i>	78
3.4	Aplicación de la metodología del RCM	80
3.4.1	<i>¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento?</i>	80
3.4.1.1	<i>Contexto operacional</i>	80
3.4.1.2	<i>Función principal de los equipos de la biseladora</i>	81
3.4.2	<i>¿De qué manera falla?</i>	81
3.4.3	<i>¿Cuál es la causa de cada falla?</i>	81
3.4.4	<i>¿Qué sucede cuando ocurre una falla?</i>	82
3.4.5	<i>Hoja de información del RCM</i>	83
3.4.6	<i>Hoja de decisión</i>	85
3.4.7	<i>Plan de mantenimiento</i>	86
3.4.8	<i>Logística de mantenimiento</i>	87

CAPÍTULO IV

4	PROPUESTA	92
4.1	Costos de implementación de la propuesta eléctrica	92
4.2	Costos de implementación del plan de mantenimiento	95
4.2.1	<i>Ejecución del plan</i>	96
4.2.2	<i>Factibilidad económica de las tareas</i>	100
4.3	Capacitación	102
4.3.1	<i>Generalidades</i>	103

4.3.2	<i>Estructura y desarrollo</i>	103
4.3.3	<i>Recursos</i>	103
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Calibre de conductores de la norma NEC 2018	10
Tabla 2-2:	Parámetros para selección de disyuntor electromagnético	13
Tabla 3-2:	Valores nominales de los fusibles	13
Tabla 4-2:	Interpretación de las cifras de grado IP para envolventes	16
Tabla 5-2:	Check list para la evaluación del estado de los tableros eléctricos	17
Tabla 6-2:	Modelos de mantenimiento	20
Tabla 7-2:	Análisis de criticidad	21
Tabla 8-2:	Formato para el análisis de criticidad	22
Tabla 9-2:	Formato de ficha técnica del sistema	23
Tabla 10-2:	Formato de ficha técnica de los equipos	24
Tabla 11-2:	Contexto operacional	26
Tabla 12-2:	Hoja de información del RCM	34
Tabla 13-2:	Hoja de decisión del RCM	34
Tabla 14-2:	Logística de mantenimiento	35
Tabla 1-3:	Sistemas de las áreas de la planta PISMADE. S.A.	36
Tabla 2-3:	Sistema con tablero de control	45
Tabla 3-3:	Evaluación del estado de los tableros	46
Tabla 4-3:	Evaluación del estado de los tableros del sistema	47
Tabla 5-3:	Información de los motores eléctricos del área 1	48
Tabla 6-3:	Información de los motores eléctricos del área 2	48
Tabla 7-3:	Cálculo de conductores para los equipos del área 1	54
Tabla 8-3:	Cálculo de conductor para los equipos del área 2	54
Tabla 9-3:	Intensidad de la cámara de secado 1	56
Tabla 10-3:	Intensidad de los sistemas de la planta	56
Tabla 11-3:	Distancia de sistemas a nodos	57
Tabla 12-3:	Cálculo de conductores de los sistemas al subtablero	57
Tabla 13-3:	Cálculo de conductores de los subtableros	58
Tabla 14-3:	Cálculo de disyuntores termomagnéticos para los equipos, condición 1	59
Tabla 15-3:	Cálculo de disyuntores termomagnéticos para los sistemas, condición 1	60
Tabla 16-3:	Cálculo de disyuntores termomagnéticos, para los equipos condición 2.	61
Tabla 17-3:	Cálculo de disyuntores termomagnéticos para los sistemas, condición 2	62
Tabla 18-3:	Datos recopilados de los motores eléctricos del área 1 y 2	63
Tabla 19-3:	Cálculo de los relés térmicos	65
Tabla 20-3:	Selección de los guarda motores para los equipos	67

Tabla 21-3:	Selección de platinas de cobre	69
Tabla 22-3:	Diseño de sub tablero eléctrico del área 1	69
Tabla 23-3:	Diseño de sub tablero eléctrico del área 2	70
Tabla 24-3:	Componentes para el rediseño de los tableros de control	70
Tabla 25-3:	Codificación a nivel de planta.....	72
Tabla 26-3:	Codificación a nivel área	72
Tabla 27-3:	Codificación nivel sistema	73
Tabla 28-3:	Codificación a nivel de equipo área 1	74
Tabla 29-3:	Ficha técnica de la cortadora de 2 cabezales	77
Tabla 30-3:	Ficha técnica del cabezal 2.....	78
Tabla 31-3:	Análisis de criticidad de los sistemas	79
Tabla 32-3:	Contexto operacional de la biseladora 1	80
Tabla 33-3:	Funciones principal de los equipos de la biseladora 1	81
Tabla 34-3:	Falla funcional	81
Tabla 35-3:	Modos de falla funcional del motor de la biseladora.....	82
Tabla 36-3:	Efectos y consecuencias de la falla de motor de la biseladora.....	82
Tabla 37-3:	Hoja de información del motor de la biseladora.....	83
Tabla 38-3:	Hoja de decisión de motor de biselado.....	86
Tabla 39-3:	Logística de mantenimiento	88
Tabla 40-3:	Herramientas del taller	90
Tabla 41-3:	Stock de repuestos	91
Tabla 42-3:	Stock de materiales	91
Tabla 1-4:	Costos de los componentes eléctricos para el sub tablero del área 1	92
Tabla 2-4:	Costos de los componentes eléctricos para el sub tablero del área 2	93
Tabla 3-4:	Costos de implementación para un tablero de control.....	94
Tabla 4-4:	Costos de implementación de los sistemas.....	95
Tabla 5-4:	Costo de los calibres seleccionados	95
Tabla 6-4:	Personal de mantenimiento según la tarea.....	96
Tabla 7-4:	Costo repuesto y materiales de Biseladora 1	97
Tabla 8-4:	Costo del personal del plan de mantenimiento biseladora 1	98
Tabla 9-4:	Resumen costos de repuestos y materiales por sistema	99
Tabla 10-4:	Resumen de costo Hora-Hombre del plan de mantenimiento.....	99
Tabla 11-4:	Factibilidad económica de las tareas de biseladora 1	101
Tabla 12-4:	Resumen de la factibilidad de los sistemas	102
Tabla 13-4:	Generalidades de la capacitación área 1	103
Tabla 14-4:	Generalidades de la capacitación área 2	103
Tabla 15-4:	Estructura de la capacitación.....	103

Tabla 16-4: Plan de capacitación del plan de mantenimiento104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Conexión estrella y delta	5
Figura 2-2:	Diagrama explicativo	6
Figura 3-2:	Representación del diagrama unifilar	6
Figura 4-2:	Representación del diagrama multifilar	7
Figura 5-2:	Dispositivos de un circuito de control	8
Figura 6-2:	Identificación impresa de los parámetros del conductor.....	9
Figura 7-2:	Catálogo WEG para guarda motores para motores.....	15
Figura 8-2:	Grado IP	16
Figura 9-2:	Información centrada en confiabilidad (ISO 14224)	19
Figura 10-2:	Niveles jerárquicos	19
Figura 11-2:	Codificación de equipos	20
Figura 12-2:	Análisis de la criticidad	22
Figura 13-2:	Margen de deterioro	26
Figura 14-2:	Diagrama de decisión RCM	29
Figura 15-2:	Grupo de revisión del RCM	32
Figura 1-3:	Cepilladora de cilindro	37
Figura 2-3:	Cortadora de cinta de 1 cabezal	38
Figura 3-3:	Cortadora de cinta de 2 cabezales.....	38
Figura 4-3:	Cortadora de cinta de 3 cabezales.....	38
Figura 5-3:	Cortadora de cinta de 6 cabezales.....	39
Figura 6-3:	Despuntadora	39
Figura 7-3:	Cámara de secado 1	40
Figura 8-3:	Cámara de secado 2.....	40
Figura 9-3:	Cepilladora de doble cara	41
Figura 10-3:	Cepilladora.....	41
Figura 11-3:	Multisierra.....	42
Figura 12-3:	Biseladora 1.....	42
Figura 13-3:	Biseladora 2.....	43
Figura 14-3:	Acanaladora	43
Figura 15-3:	Cortadora de tacos	44
Figura 16-3:	Sierra fileteadora	44
Figura 17-3:	Compresor de aire	45
Figura 18-3:	Tablero central de la planta PISAMDE S.A.	47

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Diagramas de control, potencia, y unifilares para los sistemas de la planta
- ANEXO B:** Componentes eléctricos para la implementación de los tableros de control
- ANEXO C:** Fichas técnicas a nivel de los sistemas y equipos de la planta PISMADE S.A.
- ANEXO D:** Hojas de información y decisión de los sistemas de la planta PISMADE S.A.
- ANEXO E:** Cronogramas de actividades para los sistemas de la planta PISMADE S.A.
- ANEXO F:** Hojas de logística para los sistemas de planta PISMADE S.A.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar una propuesta de rediseño eléctrico y un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los sistemas de la planta PISMADE SA, para lo cual se realizó una inspección del estado del cableado y una evaluación cualitativa de los tableros, seguido de ello se diseñó los nuevos circuitos eléctricos, de control y subtableros bajo la norma UNE EN 60617-2, por último se recolectó parámetros y datos técnicos para los cálculos y selección de los componentes eléctricos. Simultáneamente se realizó un plan de mantenimiento basado en la metodología del RCM, comenzando con el levantamiento de información de 18 sistemas con sus 96 equipos codificándolos bajo la norma ISO 14224 hasta un cuarto nivel jerárquico, posteriormente se elaboró las fichas técnicas para los sistemas y equipos, además se elaboraron las tablas del contexto operacional y el análisis de criticidad de manera cualitativa, a continuación se aplicó la metodología del RCM, desarrollando las hojas de información en donde se detalló las funciones, modos de fallo, efectos de fallo y consecuencias del fallo de los equipos, para terminar se realizó las hojas de decisión donde se obtuvo las tareas para el plan de mantenimiento, finalmente se estableció un cronograma y su logística requerida para un año. Se concluye que con el rediseño del circuito eléctrico disminuirá las pérdidas energéticas, riesgos al personal y a los sistemas, a la par que el rediseño de los tableros de control mejorará y facilitará las operaciones de producción, además con la ejecución del plan de mantenimiento se determinó las tareas más apropiadas para atacar cada uno de los modos de fallo y reducir los costos relacionados al mantenimiento hasta \$18.835,27 dólares. Por lo que se recomienda instalar los tableros de distribución para cada área y el cambio de modelo de mantenimiento actual que asegure una mayor disponibilidad de los sistemas.

Palabra clave

<REDISEÑO ELECTRICICO>, <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <DIAGRAMAS ELECTRICOS>, <TABLEROS DE CONTROL>, <MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)>, <GESTION DE MANTENIMIENTO>



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**
0146-DBRA-UPT-2022

2022-01-28

SUMMARY

The objective of this work is to prepare an electrical redesign proposal and a maintenance plan focused on reliability for the systems of PISMADE SA, for which an inspection of the state of the wiring and a qualitative evaluation of the panels was carried out, followed by, the new electrical, control and sub-panel circuits were designed under the UNE EN 60617-2 standard. Lastly, parameters and technical data were collected for the calculations and selection of the electrical components. Simultaneously, a maintenance plan was carried out based on the RCM methodology, beginning with the collection of information from 18 systems with their 96 pieces of equipment coded under ISO 14224 standard up to a fourth hierarchical level. Later the technical sheets for the systems and equipment were prepared. In addition, the charts of the operational context and the criticality analysis were prepared qualitatively. Then, the RCM methodology was applied, developing the information sheets detailing the functions, failure modes, failure effects and consequences of the failure of the equipment. To close the decision sheets were made where the tasks for the maintenance plan were obtained, finally a schedule and its logistics required for a year were established. It is concluded that the redesign of the electrical circuit will reduce energy losses, risks to personnel and systems, while the redesign of the control panels will improve and facilitate production operations, in addition to the execution of the maintenance plan is shortened. the most appropriate tasks to attack each of the failure modes and reduce maintenance-related costs up to \$18,835,27 dollars. Therefore, it is recommended to install distribution panels for each area and change the current maintenance model to ensure greater availability of the systems.

Keywords: <ELECTRICAL REDESIGN>, <MAINTENANCE PLAN>, <ELECTRICAL DIAGRAMS>, <CONTROL PANELS>, <RELIABILITY BASED MAINTENANCE (RCM)>, <MAINTENANCE MANAGEMENT>

SANDRA
PAULINA
PORRAS
PUMALEMA



Firmado
digitalmente por
SANDRA PAULINA
PORRAS
PUMALEMA
Fecha: 2022.02.07
17:53:50 -05'00'

INTRODUCCIÓN

El uso de la electricidad en los procesos productivos es muy común y muchos de los equipos de una fábrica son eléctricos, que manejan voltajes e intensidades superiores a los que se utilizan en instalaciones residenciales lo que genera riesgos eléctricos tanto para el usuario como para el mismo, para lo cual es necesario eliminar o reducir estos riesgos.

Un buen diseño de las instalaciones eléctricas en su fase inicial reduce en gran medida los riesgos inherentes para los usuarios y equipos, el proceso de un diseño se basa en normas nacionales e internacionales que nos permiten determinar los dispositivos y materiales requeridos para un correcto funcionamiento del circuito eléctrico mitigando los riesgos eléctricos para los usuarios y equipos que muchos de los casos son costosos.

La utilización de los dispositivos de control y protecciones en equipos eléctricos son muy comunes en toda industria estos nos permiten controlar los procesos productivos y proteger el circuito eléctrico, cuyos dispositivos se encuentran en una amplia gama en el mercado que acorde a los parámetros de funcionamiento de los equipos son dimensionados mediante cálculos con expresiones matemáticas y catálogos desarrollados por fabricantes con valores estándares establecidos.

El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas, estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan. El mantenimiento trata de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía para ellos y sus compañías.

Si se aplica correctamente el RCM transforma la relación entre el personal involucrado, la planta en sí misma, y el personal que tiene que hacerla funcionar y mantenerla. También permite poner en funcionamiento nueva maquinaria a gran velocidad, seguridad y precisión.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

Atraves de los años las empresas han ido evolucionando para incrementar su producción, eficiencia y calidad de los productos que ofrecen al mercado mediante la utilización de tecnologías modernas, métodos y procesos de análisis a los sistemas que se utilizan dentro de la línea de producción de una empresa para diferenciarse de sus competidores.

La planta PISMADE S.A. Calpi es una sucursal del grupo Haro Madera y su propietario es el Lic. Crisólogo Haro, con el paso de los años el grupo Haro Madera se expandió hasta consolidarse como una mediana empresa, con la adquisición de nueva maquinaria para simplificar y optimizar los tiempos operativos (J., 2007, págs. 13-14).

Esta propuesta se desarrollará en la planta PISMADE SA Calpi en la cual consta actualmente de dos áreas con un total de 19 sistemas eléctricos operativos los mismos que pueden estar en condiciones precarias poniendo en riesgos al operador, equipos y además carecen de una adecuada planificación de mantenimiento provocando paradas imprevistas en la producción.

1.2 Planteamiento del problema.

El crecimiento que ha experimentado el grupo Haro Madera ha llevado a la innovación y actualización de los sistemas para optimizar los tiempos productivos y así satisfacer la alta demanda de productos que ofrecen en el mercado. Esto género que el diseño del circuito de la planta no satisfaga las necesidades de los nuevos sistemas adquiridos en los últimos años por el incremento de la capacidad productiva, generando un deterioro de los componentes eléctricos y una baja eficiencia presentándose un alto riesgo eléctrico para los operarios y equipos, a la par la empresa carece de una correcta gestión de mantenimiento lo cual ha llevado a que la disponibilidad de muchos de los sistemas sea de un 75% por factores relacionados a las actividades de mantenimiento, con un incremento de los costos por la adquisición externa de los servicios, esto ha generado la disminución de los tiempos operativos, paradas imprevistas e incremento de tiempos logísticos por la adquisición de repuestos y materiales para solventar las actividades.

1.3 **Justificación y actualidad**

En la actualidad toda empresa tiende a mejorar o desaparecer con el tiempo, por no mejorar y tecnificar sus procesos para competir en el mercado, mediante el cual es una tendencia que avanza con progreso, el optar para invertir no es un gasto es una inversión que la planta requiere realizar tarde o temprano, al ser una planta que trabaja con sistemas eléctricos sin un correcto dimensionamiento de sus componentes y sin una adecuada gestión de mantenimiento, tener en óptimas condiciones los sistemas mitigara las pérdidas y riesgos existentes.

Esta propuesta abarcará el rediseño de los circuitos eléctricos y tableros de control de los sistemas mejorando el estado físico y operativo mediante un dimensionamiento y selección de componentes eléctricos además con la complementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad esto permitirá reducir los riesgos y paradas imprevistas en los sistemas de la planta.

1.4 **Objetivos**

1.4.1 *Objetivo general*

Elaborar una propuesta de rediseño del circuito eléctrico y de tableros de control con plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los sistemas de las áreas de preparación y fabricación de la planta PISMADE S.A.

1.4.2 *Objetivos específicos*

Rediseñar las instalaciones eléctricas y la distribución de los tableros de control.

Elaborar el plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los sistemas de las áreas de preparación y fabricación de la planta PISMADE S.A.

Determinar de la logística necesaria para el desarrollo del Plan de Mantenimiento Centrado en la confiabilidad para el área preparación y fabricación de palés de la planta PISMADE S.A.

Socializar el plan de mantenimiento al encargado y operarios de las áreas de preparación y fabricación de la planta PISMADE S.A.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Circuitos eléctricos

Los circuitos eléctricos son la combinación de los elementos activos y pasivos interconectados en ramificaciones por donde circula el flujo eléctrico, estos circuitos eléctricos se clasifican en

(Barrales Guadarrama et al., 2016, p. 56,62):

- Circuito serié: donde la intensidad es igual en todos los puntos.
- Circuito paralelo: donde su voltaje es igual en todas las terminales.

2.1.1 *Niveles de voltaje eléctrico*

Los niveles de voltajes eléctricos según el circuito se establecen en (ARCONEL, 2019, pp. 4–5):

- Baja tensión es menor a 0.6 Kv.
- Media tensión se establece entre 0.6 Kv a 40 Kv.
- Alta tensión se establece desde 40 Kv hasta los 138 Kv.
- Muy alta tensión es superior a 138 Kv.

2.1.2 *Sistemas trifásicos*

Los sistemas trifásicos son la combinación de tres tensiones con un desfase de 120° , estos sistemas se pueden generar mediante tres generadores de las mismas características sincronizados o mediante un generador con 3 bobinas iguales con desfase de 120° con un nodo común (Catalán Izquierdo, 2014, pp. 135–136).

2.1.2.1 *Circuitos estrella*

Es la conexión de los tres bornes con un nodo en común o neutro, una característica de este circuito es que cuando está equilibrado la corriente que circula es cero. En este circuito eléctrico la intensidad de línea es igual a la intensidad de fase y su voltaje de línea es igual a la $\sqrt{3}$ del voltaje de fase (Catalán Izquierdo, 2014, p. 138). En los motores trifásicos el voltaje es de un 58% del voltaje de fase y la intensidad se reduce en proporción (Marco Santillan, 2020, pp. 55–56).

2.1.2.2 Circuitos triángulo

Los circuitos triángulo o delta es la conexión del final de una bobina y al comienzo de la siguiente, este circuito no posee un neutro, una característica es que cuando el circuito esté desequilibrado la sumatoria de las corrientes es cero, el voltaje de línea es igual al voltaje de fase y la intensidad de línea es $\sqrt{3}$ la intensidad de fase (Catálan Izquierdo, 2014, p. 138). Para el arranque de motores en triángulo la intensidad requerida es mayor a la de una conexión en estrella que es de 6 a 7 veces la corriente nominal (Marco Santillan, 2020, pp. 55–56). En la Figura 1-2 se muestra la conexión estrella y triángulo.

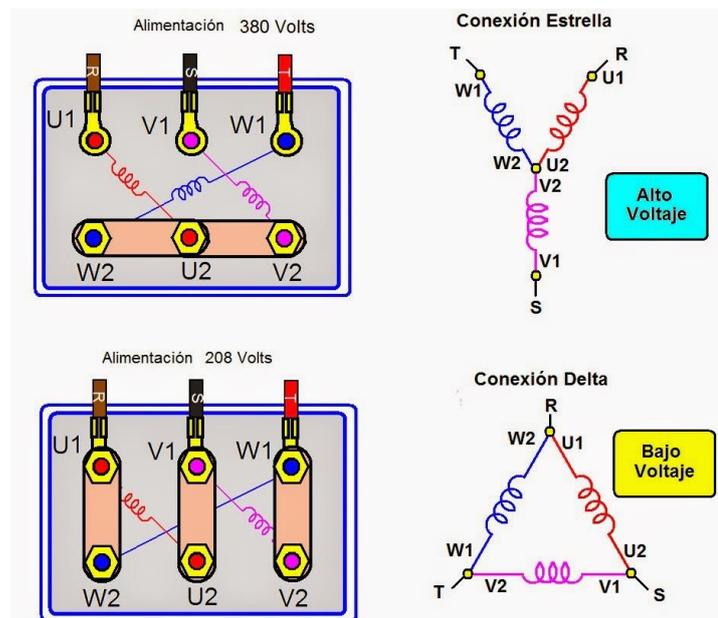


Figura 1-2: Conexión estrella y delta

Fuente: Comisión Eléctrica Internacional “Motores IEC”, 2014.

2.1.3 Diagramas de circuitos eléctrico

Los diagramas eléctricos son una representación esquemática de las conexiones y elementos que conforman un circuito eléctrico (González, 2009, p. 7).

2.1.3.1 Diagrama explicativo del circuito

Los diagramas explicativos de circuitos consisten en la representación de los elementos de maniobra entre dos conductores horizontales (fase y neutro), en donde combina los elementos de maniobra en columnas. Los principales elementos para un circuito básico de control estándar son los pulsadores, lámparas, bobinas, contactores entre otros como se muestra en la siguiente Figura 2-2.

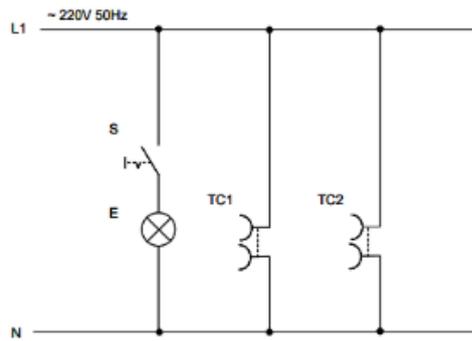


Figura 2-2: Diagrama explicativo

Fuente: Santiago Martínez González, 2009.

2.1.3.2 Diagramas de conexión

Los diagramas de conexión son utilizados para resolver incertidumbre en la fase de ejecución o implementación como la adquisición de material y su destino es a la mano de un técnico, clasificando estos diagramas según su complejidad en:

- Diagramas unifilares: es una interpretación simplificada en una sola línea desde donde se ramifican los elementos del circuito con información rápida y concisa como se muestra en la Figura 3-2.
- Diagramas multifilares son una representación más compleja que ofrece información detallada del circuito donde se despliega todas las líneas eléctricas como se muestra en la Figura 4-2.

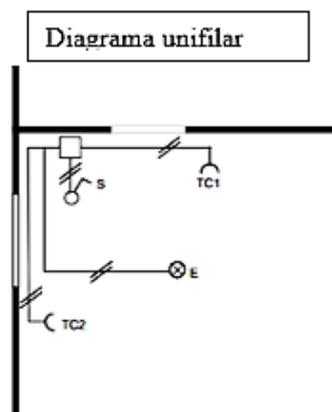


Figura 3-2: Representación del diagrama unifilar

Fuente: Santiago Martínez González, 2009.

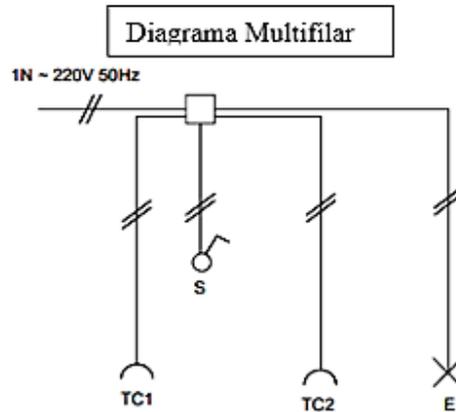


Figura 4-2: Representación del diagrama multifilar

Fuente: Santiago Martínez Gonzales, 2009.

Los diagramas eléctricos proporcionan información de un circuito eléctrico y sus conexiones, no una distribución física en relación con un plano arquitectónico.

2.1.3.3 Simbología norma UNE EN 60617-2

La simbología es una interpretación de los elementos de un circuito eléctrico bajo las normas internacionales, nacionales o regionales como (Normalizados & En, 2013, pp. 12–15):

- Contornos y envolventes, conductores, uniones y ramificaciones.
- Puesta a tierra y a masa.
- Naturaleza de la corriente y de la tensión.
- Tomas de corriente e iluminación.
- Contactores, pulsadores.
- Conexiones no eléctricas y accionadores.
- Dispositivos de conmutación de potencia, máquinas eléctricas.
- Relés, fusibles.

2.1.4 Circuito de control industrial

Los sistemas de control industrial son un conjunto de dispositivos que coordinan las operaciones para la ejecución de una tarea, constando de un circuito de control y potencia. Los circuitos de control por su aplicación se clasifican en (Lara, 2020, p. 26):

- Electrónico residencial.
- Electrónico.
- Electromagnético.

2.1.4.1 *Circuito electromagnético*

Los circuitos de control industrial electromagnéticos son los más usados en el campo industrial para la maniobra por su composición robusta y compacta, fácil mantenibilidad entre otras características (Lara, 2020, pp. 26–28):

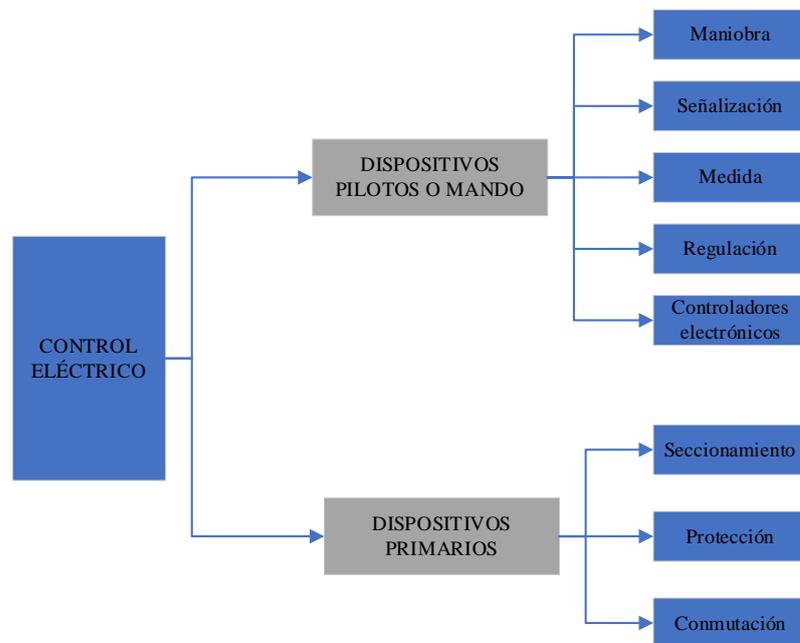


Figura 5-2: Dispositivos de un circuito de control

Fuente: Lara, 2020.

2.1.5 *Conductores eléctricos*

2.1.5.1 *Generalidades de los conductores*

El cableado es la ruta por donde el flujo eléctrico circula, está construido por materiales con una alta conductividad eléctrica como el cobre o aluminio y cubierto con un material dieléctrico o aislante eléctrico como los polímeros.

Los conductores utilizados para instalaciones eléctricas deben ser homologados, con una identificación impresa sobre el recubrimiento dieléctrico con los siguientes parámetros (Lara, 2020, p. 29):

- Nombre del fabricante.
- Tipo de conductor.
- Sección del conductor.
- Voltaje de servicio.

Para identificar el conductor en una instalación la norma IEC 60204 establece que en el aislante se visualiza las características y parámetros de funcionamiento como se observa en la siguiente Figura 6-2.

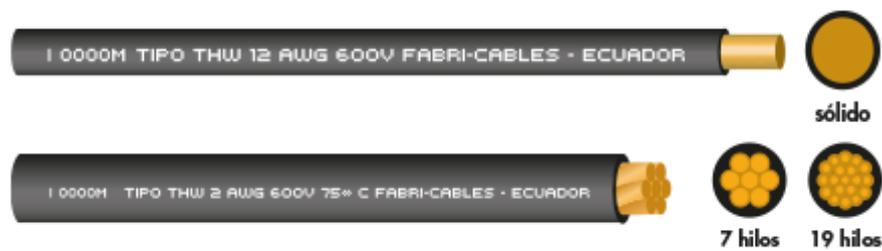


Figura 6-2: Identificación impresa de los parámetros del conductor

Fuente: Fabricables, 2015.

2.1.5.2 Cálculo de sección de conductores

Para determinar el conductor eléctrico interviene la longitud y la sección transversal siendo inversamente proporcional a mayor longitud y menor sección (Barrales Guadarrama et al., 2016, pp. 5–6).

En toda instalación de circuito real se presentan caídas de voltaje, requiriendo dimensionar los conductores para las instalaciones eléctricas con una caída de voltaje del 5% como máximo en las líneas de distribución y de 3% en las líneas de alimentación (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana del Ecuador, 2013, p. 35). Para dimensionar realizamos nuestro cálculo con las siguientes expresiones:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} \quad (1)$$

$$R = \rho \left(\frac{L}{S} \right) \quad (2)$$

$$\Delta v = \frac{I}{R} \quad (3)$$

$$I_T = I_1 + \dots + I_n \quad (4)$$

En donde:

V = Voltaje.

P = Potencia.

cos Ø = factor de potencia.

Δv = Caída de voltaje (Voltios).

ρ = Resistividad del material (cobre (0.0172 (Ω * mm²)/m) a 20 °C.

I = Intensidad (A).

l = Longitud de conductor (m).

S= Sección de conductor (mm²).

R=Resistencia (Ω).

La caída de voltaje dependerá de la distancia, intensidad, sección, temperatura y el material del conductor lo cual genera pérdidas de transmisión y nivel de voltaje, con lo cual determinamos con la siguiente ecuación (5) la sección del conductor al despejar la variable S. Determinada la sección del conductor seleccionamos la sección normalizada de la Tabla 1-2.

$$R = \frac{\sqrt{3} * \rho * l}{S} \quad (5)$$

Tabla 1-2: Calibre de conductores de la norma NEC 2018

Sección Transversal	Temperatura nominal del conductor						Calibre
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	Tipo S, TW, UF	Tipos FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-E, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	Tipos RH*, R	Tipos TBS, SA, SIS, THHN*, THW-2, RHH*, RHW2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TBS, SA, SIS, THHN*, THW-2, RHH*, RHW2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm2	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,3	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40*	45	8

CONTINUA

13,28	50	65	75	40	50*	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,2	110	130	150	85	100	115	1
53,5	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	425	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,7	455	545	615	375	445	500	1000
633,38	495	590	665	405	485	545	1250
760,05	520	625	705	435	520	585	1500
886,73	545	650	735	455	545	615	1750
1013,4	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura a ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura a ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1	1	1	1	1	1	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,84	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	61-70
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	71-80

Fuente: NEC, 2018.

2.1.6 *Dispositivos de protección de equipos*

Los dispositivos de protección son elementos que intervienen al presentarse condiciones anormales en el flujo eléctrico para evitar afectar al personal y equipos (Iec & Contactor, 2003, p. 1). Las perturbaciones eléctricas se pueden generar por un envejecimiento natural de los dispositivos o por factores externos al circuito, ocasionando alteraciones al voltaje, corriente o frecuencia, agrupando estos fenómenos en la siguiente categoría (Conejo, 2007, pp. 165–166):

- **Sobretensión:** Generado por una tensión elevada en relación con la tensión nominal, afectando al aislamiento y generando un arco eléctrico.

- **Sobrecalentamiento:** Generada por un aumento de la intensidad nominal provocando un calentamiento en el conductor que reduce las propiedades del aislamiento y el cable.
- **Corto circuito:** Generado por un contacto directo de los conductores entre sí y provocando una sobrecorriente.

2.1.7 *Disyuntores electromagnéticos*

Es un dispositivo de protección contra sobrecargas y corto circuito y cuyo uso es de una sola vez, estos dispositivos son construidos con un material bimetálico que al incrementar la intensidad se abren cortando el flujo eléctrico (Milton, 2019, p. 34).

2.1.7.1 *Cálculo de disyuntor electromagnético*

Para seleccionar un disyuntor electromagnético se debe cumplir dos condiciones, la primera condición es:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (6)$$

En donde:

I_b = intensidad de circuito.

I_n = intensidad nominal.

I_z = intensidad del conductor.

La intensidad del conductor se puede obtener de la Tabla 1-2 que muestra la intensidad que soporta los conductores. La segunda condición establece que la intensidad del disyuntor electromagnético debe ser menor o igual a una constante de 1,45 por la intensidad nominal del equipo.

$$I_f \leq 1,45 * I_n \quad (7)$$

En donde:

I_f = intensidad de fusión.

I_n = intensidad nominal.

|

Los parámetros I_f para calcular un disyuntor electromagnético se obtiene de la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Parámetros para selección de disyuntor electromagnético

I_n (A)	Tiempo convencional (h)	I_f Corriente convencional de fusión
$I_n \leq 4$	1	2,1 I _n
$4 \leq I_n \leq 16$	1	1,9 I _n
$16 \leq I_n \leq 63$	1	1,6 I _n
$63 \leq I_n \leq 160$	2	1,6 I _n
$160 \leq I_n \leq 400$	3	1,6 I _n
$400 \leq I_n$	4	1,6 I _n

Fuente: IEC 60898, 2015.

2.1.7.2 Valores nominales

Los valores nominales para los disyuntores electromagnéticos se muestran en la siguiente Tabla 3-2:

Tabla 3-2: Valores nominales de los fusibles

Valores nominales de los disyuntores electromagnéticos (A)							
2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

Fuente: IEC 60898, 2015.

2.1.8 Relés térmicos

Los relés térmicos son dispositivos de protecciones contra corrientes de sobrecarga que se presenta en los circuitos, que desconecta la alimentación al motor por la dilatación de un bimetalico con distintos coeficientes de dilatación térmica (Taqes Mauricio Martins, 2016, pp. 15–16).

Para seleccionar un relé térmico para cualquier motor eléctrico es necesario utilizar las siguientes ecuaciones:

$$I_r = I_n + (I_{\max} - I_{\min}) * |V| \quad (8)$$

$$|V| = \frac{V_{\text{real}} - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \quad (9)$$

En donde:

I_r = Intensidad del relé térmico.

I_n = Intensidad nominal.

I_{\max} = Intensidad máxima.

I_{\min} = Intensidad mínima.

$|V|$ = Valor absoluto del voltaje del motor.

V_{real} = Voltaje real.

V_{\max} = Voltaje máximo.

V_{\min} = Voltaje mínimo.

2.1.9 *Guarda motores*

Un guarda motor es un dispositivo compuesto por un relé térmico y un contactor que abre el circuito protegiendo contra anomalías como corto circuito, sobrecargas y fallos de fase, que se acciona en milisegundos. Para seleccionar un guarda motor es necesario conocer la potencia eléctrica, mecánica, y la eficiencia con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{P_M}{P_E} \quad (10)$$

En donde:

n = Eficiencia del motor.

P_M = Potencia mecánica.

P_E = Potencia eléctrica.

Determinada la potencia eléctrica calculamos la intensidad con la ecuación (1) y multiplicamos por su factor de seguridad, obteniendo la intensidad requerida para el guarda motor, con esta seleccionamos en los catálogos de la Figura 7-2.

Guardamotor MPW12 - Protección Termomagnética - Protección Contra Sobrecarga y Cortocircuito

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos ¹⁾						Corriente nominal I_n (A)	Rango de ajuste de corriente I_r (A)	Disparo magnético instantáneo $13 \times I_n$ I_m (A)	Terminal resorte	Peso kg
220-240 V kW / HP	380-415 V kW / HP	440-480 V kW / HP	500 V kW / HP	550-600 V kW / HP	690 V kW / HP				Referencia	
-	-	-	-	-	-	0,16	0,1...0,16	2,08	MPW12-3-C016S	0,28
-	-	-	-	-	0,12 / 0,16	0,25	0,16...0,25	3,25	MPW12-3-C025S	
-	-	0,12 / 0,16	0,12 / 0,16	0,12 / 0,16	0,18 / 0,25	0,4	0,25...0,4	5,2	MPW12-3-D004S	
-	0,12 / 0,16	0,18 / 0,25	0,18 / 0,25	0,25 / 0,33	0,25 / 0,33	0,63	0,4...0,63	8,2	MPW12-3-C063S	
0,12 / 0,16	0,25 / 0,33	0,25 / 0,33	0,37 / 0,5	0,37 / 0,5	0,55 / 0,75	1	0,63...1	13	MPW12-3-U001S	
0,25 / 0,33	0,37 / 0,5	0,75 / 1	0,75 / 1	0,75 / 1	1,1 / 1,5	1,6	1...1,6	20,8	MPW12-3-D016S	
0,37 / 0,5	0,75 / 1	1,1 / 1,5	1,1 / 1,5	1,1 / 1,5	1,5 / 2	2,5	1,6...2,5	32,5	MPW12-3-D025S	
0,75 / 1	1,5 / 2	1,5 / 2	1,5 / 2	2,2 / 3	3 / 4	4	2,5...4	52	MPW12-3-U004S	
1,1 / 1,5	2,2 / 3	3 / 4	3 / 4	3,7 / 5	4 / 5,5	6,3	4...6,3	82	MPW12-3-D063S	
2,2 / 3	4,5 / 6	5,5 / 7,5	4 / 5,5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	10	6,3...10	130	MPW12-3-U010S	
3 / 4	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	7,5 / 10	9,2 / 12,5	12	8...12	156	MPW12-3-U012S	

Guardamotor MPW18 - Protección Termomagnética - Protección Contra Sobrecarga y Cortocircuito

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos ¹⁾						Corriente nominal I_n (A)	Rango de ajuste de corriente I_r (A)	Disparo magnético instantáneo $13 \times I_n$ I_m (A)	Terminal tornillo	Peso kg
220-240 V kW / HP	380-415 V kW / HP	440-480 V kW / HP	500 V kW / HP	550-600 V kW / HP	690 V kW / HP				Referencia	
-	-	-	-	-	-	0,16	0,1...0,16	2,08	MPW18-3-C016	0,28
-	-	-	-	-	0,12 / 0,16	0,25	0,16...0,25	3,25	MPW18-3-C025	
-	-	0,12 / 0,16	0,12 / 0,16	0,12 / 0,16	0,18 / 0,25	0,4	0,25...0,4	5,2	MPW18-3-D004	
-	0,12 / 0,16	0,18 / 0,25	0,18 / 0,25	0,25 / 0,33	0,25 / 0,33	0,63	0,4...0,63	8,2	MPW18-3-C063	
0,12 / 0,16	0,25 / 0,33	0,25 / 0,33	0,37 / 0,5	0,37 / 0,5	0,55 / 0,75	1	0,63...1	13	MPW18-3-U001	
0,25 / 0,33	0,37 / 0,5	0,75 / 1	0,75 / 1	0,75 / 1	1,1 / 1,5	1,6	1...1,6	20,8	MPW18-3-D016	
0,37 / 0,5	0,75 / 1	1,1 / 1,5	1,1 / 1,5	1,1 / 1,5	1,5 / 2	2,5	1,6...2,5	32,5	MPW18-3-D025	
0,75 / 1	1,5 / 2	1,5 / 2	1,5 / 2	2,2 / 3	3 / 4	4	2,5...4	52	MPW18-3-U004	
1,1 / 1,5	2,2 / 3	3 / 4	3 / 4	3,7 / 5	4 / 5,5	6,3	4...6,3	82	MPW18-3-D063	
2,2 / 3	4,5 / 6	5,5 / 7,5	4 / 5,5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	10	6,3...10	130	MPW18-3-U010	
3,7 / 5	7,5 / 10	9,2 / 12,5	7,5 / 10	9,2 / 12,5	9,2 / 12,5	16	10...16	208	MPW18-3-U016	
4,5 / 6	7,5 / 10	9,2 / 12,5	11 / 15	11 / 15	15 / 20	18	12...18	234	MPW18-3-U018	

Guardamotor MPW80 - Protección Termomagnética - Protección Contra Sobrecarga y Cortocircuito

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos ¹⁾						Corriente nominal I_n (A)	Rango de ajuste de corriente I_r	Disparo magnético instantáneo $13 \times I_n$ I_m	Terminal "box"	Peso kg
220-240 V kW / HP	380-415 V kW / HP	440-480 V kW / HP	500 V kW / HP	550-600 V kW / HP	690 V kW / HP				Referencia	
11 / 15	18,5 / 25	22 / 30	22 / 30	30 / 40	37 / 50	40	32...40	520	MPW80-3-U040	1,07
-	22 / 30	30 / 40	30 / 40	37 / 50	45 / 60	50	40...50	650	MPW80-3-U050	
18,5 / 25	30 / 40	37 / 50	45 / 60	45 / 60	55 / 75	65	50...65	845	MPW80-3-U065	
22 / 30	37 / 50	45 / 60	55 / 75	55 / 75	75 / 100	80	65...80	1.040	MPW80-3-U080	

Guardamotor MPW100 - Protección Termomagnética - Protección Contra Sobrecarga y Cortocircuito

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos ¹⁾						Corriente nominal I_n (A)	Rango de ajuste de corriente I_r	Disparo magnético instantáneo $13 \times I_n$ I_m	Terminal "box"		Peso kg
220-240 V kW / HP	380-415 V kW / HP	440-480 V kW / HP	500 V kW / HP	550-600 V kW / HP	690 V kW / HP				Referencia	Código	
18,5 / 25	37 / 50	45 / 60	45 / 60	55 / 75	55 / 75	75	55...75	975	MPW100-3-U075	10076551	2,2
22 / 30	45 / 60	55 / 75	55 / 75	55 / 75	75 / 100	90	70...90	1.170	MPW100-3-U090	10076552	
30 / 40	45 / 60	55 / 75	55 / 75	55 / 75	90 / 125	100	80...100	1.300	MPW100-3-U100	10047295	

Figura 7-2: Catálogo WEG para guarda motores para motores

Fuente: Catálogo WEG, 2021.

2.1.10 Protecciones de contacto directo

Las protecciones de contacto directo son elementos que se interponen entre el circuito eléctrico y alguna parte del cuerpo, según la normativa española establece las siguientes protecciones (Schneider Electric, 2016, pp. 72–73):

- Interposición de obstáculos.
- Recubrimiento de partes activas.
- Barreras o envolventes.

2.1.10.1 Barreras o envolventes

Las barreras o envolventes son los elementos que permiten una protección de los dispositivos eléctricos al medio al que están expuestos con una designación IP como se muestra en la siguiente Figura 8-2 (Carlos, 2013, pp. 4-5):

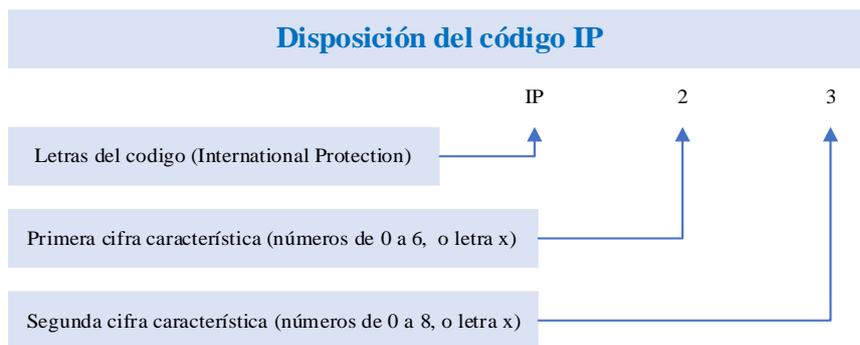


Figura 8-2: Grado IP

Fuente: Norma NEC, 2016.

La disposición del código IP designa el nivel de protección contra partículas sólidas y protección contra el agua y cuya designación se muestra en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Interpretación de las cifras de grado IP para envolventes

Interpretación de la cifra del grado IP			
Valor numérico	1ra. cifra		2da. cifra
	Significado 1	Significado 2	Significado 1
	Protección de materiales o equipos contra el ingreso de cuerpos sólidos	Protección contra el acceso de partes peligrosas (Contactor o cercanía de las partes bajo tensión)	Protección contra el ingreso del agua con efectos perjudiciales
0	No protegido	No protegido	No protegido
1	Protección de partículas > 50 mm	El dorso de la mano	Protección contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protección de partículas > de 12,5 mm	dedo (12x80 mm)	Protección contra caída de agua con inclinación de 15° a cada lado vertical
3	Protección de partículas >2,5 mm	Herramienta (2,5 mm)	Protección contra la lluvia con inclinación de 60° a lado vertical (no debe producir efectos perjudiciales)
4	Protección de partículas > 1 mm	Alambre (1 mm)	Protección contra el agua en todas las direcciones (no debe producir efectos perjudiciales)

CONTINUA

5	Protección contra el polvo	Alambre (1 mm)	Protección contra chorros de agua desde cualquier dirección (no debe producir efectos perjudiciales)
6	Protegido totalmente contra el polvo	Alambre (1 mm)	Protección contra fuerte chorros de agua desde cualquier dirección (no debe producir efectos perjudiciales)
7			Protección contra los efectos de inmisión temporal en agua (el agua no debe ingresar en cantidad perjudicial con presión y tiempo normalizados)
8			Protección contra los efectos de inmisión temporal en agua (el agua no debe ingresar en cantidad perjudicial)

Fuente: Norma IEC, 2016.

2.1.10.2 Evaluación del estado físico de los tableros

Para determinar el estado físico de cada tablero se utilizó un check list que determina las características físicas y protecciones, con un total de 16 preguntas de las cuales 12 evalúan características físicas de tablero y 4 parámetros de los dispositivos de protección con una valoración cualitativa con dos posibilidades sí o no como se muestra en la Tabla 5-2 clasificando a los tableros en 4 criterios que son (Astronomy Aura, 2016, pp. 1-2):

- **Muy deficiente:** un tablero es muy deficiente cuando su rango de valoración es de 0-5.
- **Deficiente:** un tablero es deficiente cuando su rango de valoración es de 6-10.
- **Mejorable:** un tablero es mejorable cuando su rango de valoración es de 11-15.
- **Correcto:** un tablero es correcto cuando su rango de valoración es de 16.

Tabla 5-2: Check list para la evaluación del estado de los tableros eléctricos

CHECK LIST TABLEROS ELÉCTRICOS				
Área				
Sistema				
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			Si	No
1	El acceso al tablero está despejado y este se encuentra cercano al área de trabajo.			
2	Tiene señalización de "Riesgo eléctrico" en la puerta frontal.			
3	Tiene señalizada la tensión deservicio y la corriente nominal.			
4	Tiene señalizado el número de fases.			
5	El tablero está montado dentro de cajas, gabinetes o armarios.			
6	El tablero está construido con materiales no higroscópicos (no liberan humedad) ni combustibles.			
7	El tablero es resistente a la corrosión está protegido contra ella.			
8	El gabinete que contiene el tablero es hermético, de acceso solo frontal y se puede mantener cerrado.			
9	Posee luces piloto que indiquen el funcionamiento de cada una de las fases.			
10	Posee tapa interior que no permite el contacto con partes energizadas.			

CONTINUA

11	La instalación del tablero esta entre 0,6 y 2,0 mt de altura, medidos desde el nivel del piso.		
12	Los tableros metálicos (incluyendo la puerta) están conectados a tierra.		
PROTECCIONES			
1	¿Tiene el tablero los interruptores de corte o interruptor termo magnéticos automáticos?		
2	¿Tiene el tablero los interruptores diferenciales?		
3	Al interior del tablero, todos y cada uno de los interruptores están debidamente identificados.		
4	Se comprobó el correcto funcionamiento de los dispositivos diferenciales además el tiempo y la intensidad de disparo con instrumentos adecuados.		

Fuente: Aura Astronomy Check list tableros, 2016.

2.2 Plan de mantenimiento

El Plan de Mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Para elaborar el plan de mantenimiento se realiza lo siguiente: (García, 2003, p. 37).

1. Descomposición de la planta en áreas.
2. Elaboración de la lista de equipos.
3. Descomposición de cada uno de ellos en sistemas y elementos.
4. Codificación.
5. Asignación del modelo de mantenimiento que mejor se adapta a las características del equipo y su función en el sistema productivo de la planta.

2.2.1 Norma ISO 14224

Esta norma da bases para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento y fue creada específicamente para el sector petrolero pero cuyos principios generales puede ser aplicado a cualquier tipo de empresa o infraestructura (Uscátegui, 2014, p. 31).

La norma internacional presenta lineamientos para la especificación, recopilación y garantía de calidad de datos, esto permitirá que el usuario cuantifique la confiabilidad del equipo y la compare con otros equipos de características similares (Uscátegui, 2014, p. 31). En la Figura 9-2 se muestra el mapa de la información según la norma ISO 14224.

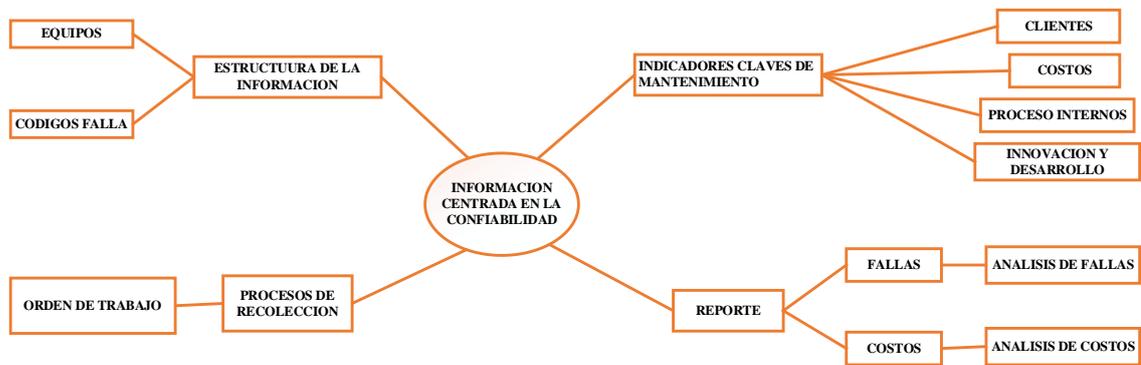


Figura 9-2: Información centrada en confiabilidad (ISO 14224)

Fuente: Uscátegui, 2014, p. 32.

2.2.2 Información necesaria para el plan de mantenimiento

2.2.2.1 Inventario de activos

Un inventario es un listado detallado de todos los equipos que posee una empresa, la cual debe ser actualizado constantemente de modo que se refleje la situación actual de cada activo (García, 2003, p. 37). En la siguiente Figura 10-2 se muestra la estructura de los niveles jerárquicos de los activos a mantener.

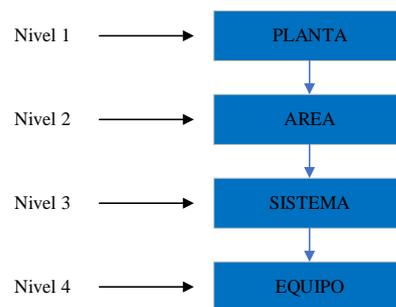


Figura 10-2: Niveles jerárquicos

Fuente: García, 2003, p.8.

2.2.2.2 Codificación de equipos

Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno de ellos con un código único que facilita su localización (García, 2003, p. 13). En la siguiente Figura 11-2 se representa la estructura de codificación para los activos:



Figura 11-2: Codificación de equipos

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

2.2.2.3 Modelos de mantenimiento

Una vez determinada la criticidad del equipo, se adapta el modelo de mantenimiento, García en el 2003 propone los siguientes modelos: básico, condicional, sistemático y de alta disponibilidad como se muestra en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Modelos de mantenimiento

Modelos de mantenimiento	Descripción
Modelo básico	Este tipo de modelo es aplicable para los equipos que tienen criticidad baja cuya avería no requiere de un gasto significativo de recursos para su reparación.
Modelo condicional	Este modelo es aplicable para los activos que no están en constante funcionamiento, que poseen una baja probabilidad de fallo, por esta razón se realiza pruebas y ensayos para descartar posibles anomalías que surjan durante su operación.
Modelo sistemático	El modelo sistemático se utiliza para los activos que tienen una disponibilidad media, que causa algunas perturbaciones de servicio cuando se presenta una avería, de tal modo, que sus tareas se realizarán sin importar el tiempo de funcionamiento del activo. Para realizar estas actividades se deben presentar síntomas de fallo.
Modelo de alta disponibilidad	El siguiente modelo se aplica para los activos que no deben tener ninguna avería durante su operación, debido a que los costos de una falla son muy elevados, para mantener su adecuado funcionamiento se deben emplear técnicas de mantenimiento que permitan conocer el estado del activo en marcha.

Fuente: García, 2003.

2.2.2.4 Criticidad de equipos

El análisis de criticidad es indispensable para la elaboración de un plan de mantenimiento, ya que no todos los equipos poseen la misma importancia en una planta industrial.

Los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados y se debe destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes (García, 2003, p. 24). La criticidad de los equipos se establece en los siguientes criterios (García, 2003, p. 24):

- A. **Equipos críticos:** Cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- B. **Equipos importantes:** Cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.
- C. **Equipos prescindibles:** Una incidencia escasa en los resultados, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.

Tabla 7-2: Análisis de criticidad

CRITERIOS	CRITICIDAD		
	CRITICO (A)	IMPORTANTE (B)	PRESCINDIBLE (C)
MEDIO AMBIENTE	Pueden ocasionar accidentes muy graves que pudiesen afectar a la salud de las personas y del medio ambiente.	Pueden ocasionar accidentes graves que pueden gestionarse en el interior de la empresa.	Si un fallo de este no produjese ningún tipo de contaminación medioambiental.
SEGURIDAD	Serán aquellos cuyos fallos pueden producir accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo.	Podría causar daños menores a la gente en el trabajo, no producen la ausencia de trabajo	Son activos cuyos fallos no pueden crear consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas.
CALIDAD	Es clave para la calidad del producto	Afecta a la calidad del producto, pero habitualmente no es problemático.	Podrían sufrir fallos que no ocasionan ningún impacto.
TRABAJO	Corresponderán a esta categoría los activos que trabajan a tres turnos.	Los activos que trabajan a dos turnos pertenecerán a esta categoría.	Los activos de producción que tienen en programación un solo turno de trabajo al día, los incluiremos en la categoría "C".
ENTREGA	Son los que producen un paro en toda la fábrica cuando fallan.	Pueden dejar solo una línea de producción parada al fallar.	Por último, los activos que no producen una interrupción significativa de la producción serían de la categoría "C".
FIABILIDAD	Los activos con frecuencia de fallo menor de 5 h	Los activos con frecuencias de fallo mayor de 5 h y menor de 10 h.	Los activos con frecuencias de fallo superiores a 10 h.
MANTENIBILIDAD	Los activos que requieren un tiempo medio de reparación de más de 90 minutos.	Los activos que requieren un tiempo medio de reparación entre 45 y 90 minutos estaría.	Aquellos activos cuyo tiempo medio de reparación es inferior a 45 minutos.

Fuente: Gracia, 2003.

Para determinar la criticidad de los sistemas se desarrolló la siguiente Tabla 8-2 con el modelo cualitativo como se muestra en la Figura 12-2.

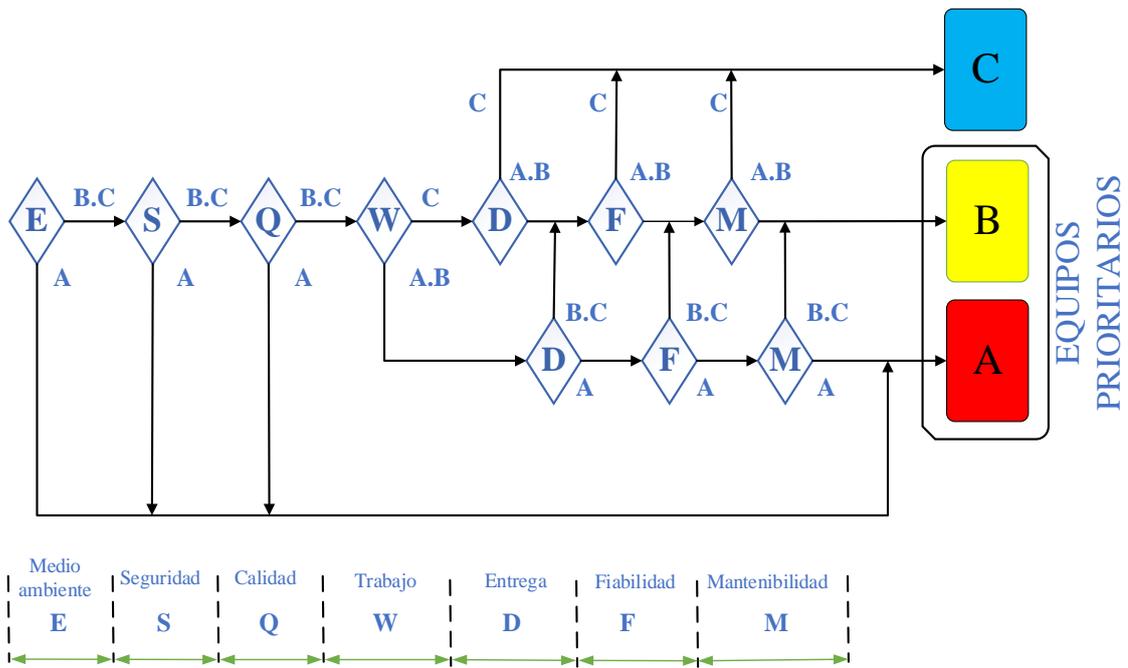


Figura 12-2: Análisis de la criticidad

Realizado por: García, 2003.

Determinado el método de evaluación para la criticidad de los sistemas, se desarrolló el formato para la evaluación de los sistemas como se muestra en la Tabla 8-2 a continuación:

Tabla 8-2: Formato para el análisis de criticidad

CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DE PISMADE S.A.									
Realizado por:									
Fecha:									
Revisado por:									
N°	Sistema	Medio ambiente	Seguridad	Calidad	Trabajo	Entrega	Fiabilidad	Mantenibilidad	Clasificación
ÁREA									

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

2.2.3 Fichas técnicas

Para seleccionar el modelo de mantenimiento que más se adapte a cada equipo se debe disponer de un listado de los mismos que compone la planta, cuanto más detallada sea más válidas serán las conclusiones que se obtenga (García, 2003, p. 29).

Se debe elaborar una ficha para cada ítem y debe contener los datos más sobresalientes de cada uno, es importante mencionar que al momento de elaborar las fichas se debe comenzar por los

equipos que intuimos más importantes. (García, 2003, pp. 29–31). Los datos más esenciales para elaborar la ficha técnica son:

- Código del equipo y descripción.
- Datos generales.
- Características principales (especificaciones).
- Valores de referencia (temperaturas de funcionamiento, nivel de vibración, etc.).
- Análisis de criticidad del equipo.
- Modelo de mantenimiento recomendable.
- Si necesita de mantenimiento legal, y qué normativas son las de aplicación.
- Si necesita de subcontratos a fabricantes, indicando el tipo de subcontrato que se propone (revisiones periódicas, correctivo, inspecciones).
- Repuestos críticos que deben permanecer en stock, pertenecientes a ese equipo.
- Repuestos que se prevé que necesitará ese equipo en un ciclo de 5 años.
- Consumibles necesarios (lubricantes, filtros, etc.) que necesita para funcionar.

Con lo cual se desarrolló los formatos de ficha técnica a nivel del sistema en la Tabla 9-2 y ficha a nivel de equipo en la Tabla 10-2.

Tabla 9-2: Formato de ficha técnica del sistema

<u>PISMADE S.A.</u>	FICHA TÉCNICAS SISTEMA		Versión 02	
	MANTENIMIENTO		Fecha aprobación	de
Sistema		Código.		
Ubicación				
Función				
Descripción				
Características				
Marca:	Fotografía del equipo			
Serie:				
Modelo:				
Fabricante:				
Color:				
Fuente de alimentación:				
Potencia:				
Dimensiones (Alto x Largo x Ancho):				
Material:				
Año de adquisición:				
Capacidad instalada:				
Encargado:				
Recomendaciones de uso				

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Tabla 10-2: Formato de ficha técnica de los equipos

<u>PISMADE</u> <u>S.A.</u>	FICHA TÉCNICAS EQUIPOS				VERSIÓN 02	
	MANTENIMIENTO				Fecha de aprobación:	-
Código del equipo	Sistema:					
	Equipo:		Modelo:		Color:	
	Marca:		Serie:		Fecha vigencia ficha:	-
Descripción:			Fotografía del equipo			
A cargo de:						
Datos técnicos						
Tensión:			Factor de potencia:			
Intensidad:			Factor de servicio:			
Potencia:			Rpm:			
Frecuencia:			Temperatura operación:			
Eficiencia:			Peso neto:			

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

2.2.4 *Definición del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).*

“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: *Es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual*” (John Moubray, 2004, p. 7).

2.2.4.1 *Siete preguntas básicas del RCM*

Para aplicar la metodología del RCM se expone 7 preguntas que se deberán desarrollar en los activos físicos que existan en la empresa (Aladon, 1998, p. 3).

1. ¿Cuáles son las funciones?
2. ¿De qué forma puede fallar?
3. ¿Qué causa que falle?
4. ¿Qué sucede cuando falla?
5. ¿Qué ocurre si falla?
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?
7. ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?

2.2.5 *Funciones y estándares de funcionamiento*

Cada elemento de los equipos deberá tener una función o funciones específicas y la pérdida total o parcial de estas funciones afectarán a la organización de alguna manera (Aladon, 1998, p. 3). Para definir las funciones de un activo debe consistir de un verbo, un objeto y un estándar de

funcionamiento deseado por el usuario (Villacrés, 2018, p. 3). Para asegurar que todo bien físico cumpla con su desempeño se debe (Aladon, 1998, p. 3):

- Determinar la función de los equipos en su contexto operacional.
- Asegurar el comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

2.2.5.1 *Clasificación de funciones*

- **Función primaria:** Es la razón principal por la cual el activo físico fue adquirido por el usuario (Villacrés, 2018, p. 4).
- **Funciones secundarias:** Indica que un activo físico cumpla con ciertos aspectos adicionales a parte de su función primaria como seguridad, confort, etc. (Villacrés, 2018, p. 4).

2.2.5.2 *Estándar de funcionamiento*

Existen dos formas para definir el funcionamiento, las cuales dependen de (Villacrés, 2018, p. 4):

- Lo que el dueño o usuario desea que realice (Funcionamiento deseado).
- Lo que el activo físico puede realizar, conocido como capacidad inherente que depende de la manera en la que está construido y diseñado.

El funcionamiento deseado y la capacidad inherente son de suma importancia ya que nos permiten determinar si un activo es mantenible o no, por lo que se concluye que:

Un activo físico es considerado mantenible cuando lo que el usuario desea que realice está dentro del rango de su capacidad inicial (Villacrés, 2018, p. 4).

En la Figura 13-2 se indica gráficamente como se debe prever un margen de deterioro que presenta un activo en el lapso considerado.



Figura 13-2: Margen de deterioro

Fuente: Moubray, 2004.

2.2.5.3 Contexto operacional

Se define como las circunstancias bajo la cuales se espera que opere el activo físico o sistema (Villacrés, 2018, p. 5). Cabe indicar la importancia del contexto operacional antes de iniciar el proceso de RCM, y se menciona varios elementos importantes a tener en cuenta al momento de describir el contexto operacional, por ejemplo: si la producción es por lotes continuos, si existe elementos redundantes, la calidad, el medio ambiente, jornada de trabajo, entre otras (Villacrés, 2018, p. 5). Con lo cual se desarrolló la Tabla 11-2 en donde abarcan aspectos de los sistemas como se muestra a continuación:

Tabla 11-2: Contexto operacional

Contexto operacional	
Sistema	
Aspectos	Descripción
Aspectos climáticos de la región	
Distribución del sistema en la planta	
Sistemas de producción	
Capacidad	
Operación	
Turnos	
Redundancia	
Calidad	
Riesgos a la seguridad	
Impacto ambiental	
Impacto a la producción	

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

2.2.6 *Fallos funcionales*

Una vez definido las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se proceden a identificar como puede fallar cada elemento al realizar sus funciones. Se define fallo funcional como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado (Aladon, 1998, p. 3).

Otra manera de definir fallo funcional, como aquel fallo que impide al equipo o al sistema analizado cumplir su función (García, 2003, p. 37).

2.2.7 *Modos de fallo*

Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional (Villacrés, 2018, p. 5). Los modos de fallo tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función, es importante identificar cuál es la causa origen de cada fallo y así asegurar que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas (Aladon, 1998, p. 3).

2.2.8 *Efectos de los fallos*

Al identificar cada modo de fallo también debe registrarse los efectos de fallo, es decir lo que pasaría si ocurriera (Aladon, 1998, p. 3).

La descripción de los efectos de falla permite determinar el impacto que tienen las consecuencias de falla para la empresa, es decir dependiendo la gravedad de los efectos de falla, los dueños o usuarios definirán la importancia de cada falla (Villacrés, 2018, p. 5).

2.2.9 *Consecuencias de los fallos*

Las consecuencias de falla definen la manera en que para los dueños o usuarios creerán que cada falla es importante (Villacrés, 2018, p. 5).

También se define a las consecuencias como “*Los efectos que puede provocar un modo de falla o una falla múltiple (evidencia de falla, impacto en la seguridad, en el ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos o indirectos)*” (Villacrés, 2018, p. 5).

RCM clasifica las consecuencias de fallos en cuatro grupos (Aladon, 1998, p. 5):

- **Consecuencias de los fallos no evidentes:** No tienen impacto directo, pero presentan otros fallos con consecuencias serias e incluso hasta catastróficas, normalmente son los dispositivos de protección que no dispone de seguridad.
- **Consecuencias en la seguridad y medio ambiente:** Un fallo tiene consecuencia en la seguridad si puede herir o matar a alguien y tiene consecuencias al medio ambiente cuando infringe normativas municipales, regionales o nacionales.
- **Consecuencias operacionales:** Cuando afecta a la producción, es decir capacidad, calidad del producto, entre otras., que genera pérdidas económicas en la producción más el costo de reparación.
- **Consecuencias que no son operacionales:** Los fallos evidentes no afectan ni a la seguridad ni a la producción ya que el único gasto es la reparación.

2.2.10 *Tareas preventivas*

Las tareas que se realizan para prevenir que el activo falle, abarca los mantenimientos preventivo y basado en la condición, aunque el RCM utiliza los términos de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición (Villacrés, 2018, p. 5). RCM reconoce cada una de las tres categorías más importantes de las tareas preventivas las cuales son (Aladon, 1998, p. 5).

- Tareas cíclicas “a condición”.
- Tareas de reacondicionamiento cíclico.
- Tareas de sustitución cíclica.

El diagrama de decisión que nos ayuda a clasificar las consecuencias de falla en base al impacto de cada modo de falla se muestra en la Figura 14-2.

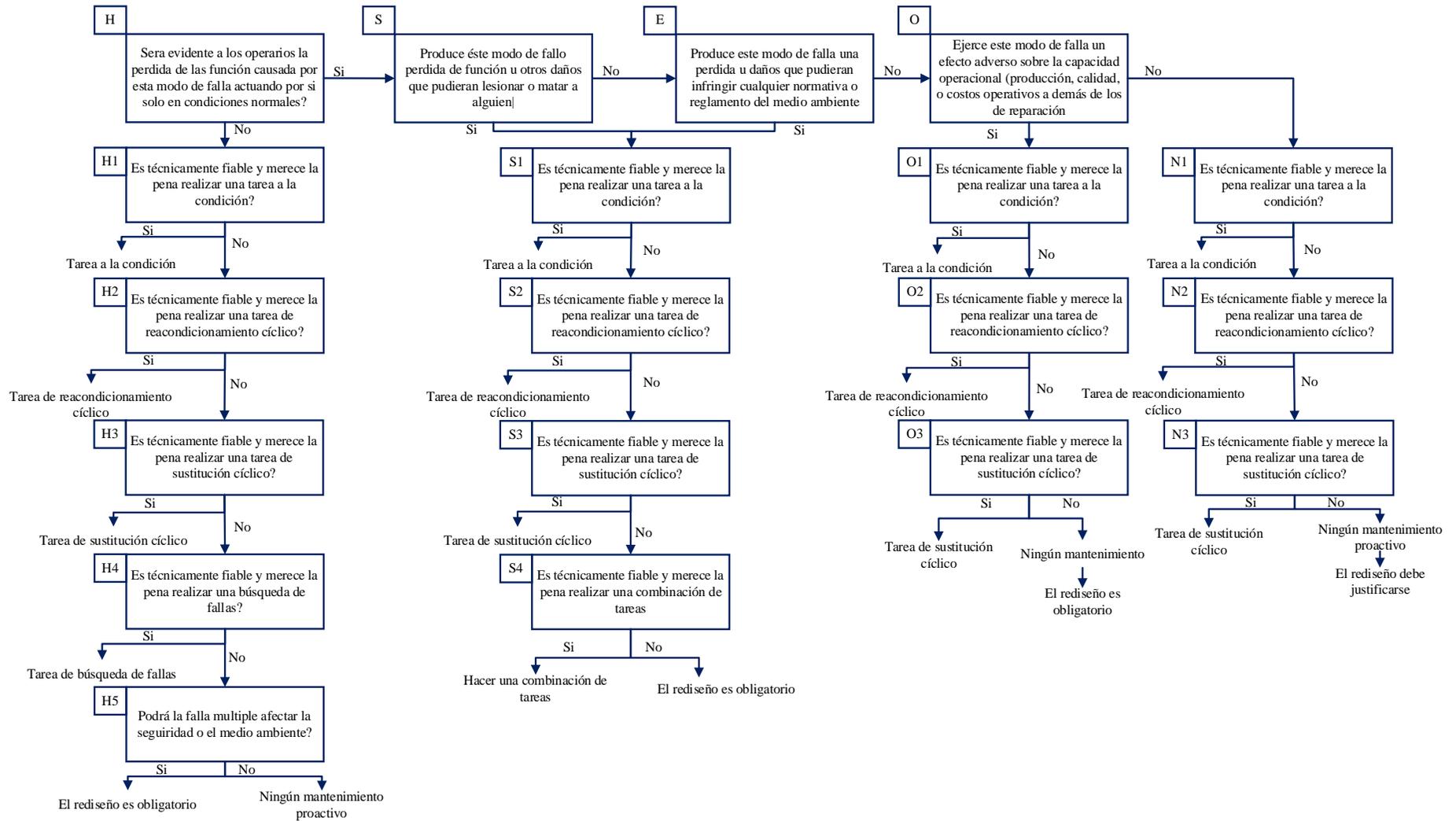


Figura 14-2: Diagrama de decisión RCM

Fuente: Villacrés, 2018.

2.2.10.1 *Tareas ‘‘A condici3n’’*

Son t3cnicas que se basan en que la mayor parte de los fallos dan alguna advertencia de que est3n a punto de ocurrir y se las conoce como fallos potenciales que se define como *las condiciones f3sicas que indican que va a ocurrir un fallo funcional o que est3 en el proceso de ocurrir* (Aladon, 1998, p. 5).

Estas t3cnicas se conocen como tareas a condici3n ya que a los elementos se dejan funcionando a condici3n y as3 contin3en satisfaciendo los est3ndares de funcionamiento deseado (mantenimiento predictivo), si se usa de manera adecuada estas t3cnicas prevendr3n los fallos funcionales, pero tambi3n pueden ser una p3rdida de tiempo cara (Aladon, 1998, p. 5).

2.2.10.2 *Tareas de reacondicionamiento c3clico*

Es la forma de restablecer la condici3n de un elemento anticip3ndose o en el l3mite de la edad establecida, sin importar el estado del elemento en ese momento (Villacr3s, 2018, p. 9).

2.2.10.3 *Tareas de sustituci3n c3clica*

Son las tareas en donde se desecha un componente del activo f3sico anticip3ndose o en el l3mite de la edad establecida sin importar el estado del elemento en ese instante (Villacr3s, 2018, p. 9).

2.2.11 *Acciones a ‘‘falta de’’*

Luego de preguntar si las tareas preventivas son t3cnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas.

La respuesta depende de c3mo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir (Aladon, 1998, p. 5).

2.2.11.1 *Tareas de b3squeda de fallas*

Se ejecuta una revisi3n peri3dica a una funci3n oculta, para asegurarse que la misma no haya fallado (Villacr3s, 2018, p. 10).

3nicamente se realizar3 una tarea de b3squeda de falla si es posible disminuir la probabilidad de ocurrencia de una falla m3ltiple (Villacr3s, 2018, p. 10).

2.2.11.2 *Ningún mantenimiento programado*

Se deja al elemento en funcionamiento hasta que este falle, es decir que no se realiza ningún esfuerzo para prevenir la falla y se aplica únicamente a las siguientes situaciones (Villacrés, 2018, p. 10):

- No se puede determinar una tarea proactiva para la función oculta y las consecuencias de la falla múltiple no están asociadas a la seguridad y medio ambiente.
- No se puede determinar una tarea para mitigar las consecuencias operacionales y no operacionales que sea costo-eficaz.

2.2.11.3 *Rediseño*

Se refiere a cualquier cambio en la especificación de cualquier componente de un equipo, esto implica cualquier acción de cambio en un plano o lista de piezas. Además, se incluye una modificación en la especificación del componente, agregado de un componente nuevo, sustitución de una máquina entera por una de marca o tipo diferente o cambiar una máquina de lugar (John Moubray, 2004, p. 192).

Cualquier cambio es costoso y también existe el riesgo de que el cambio no logre eliminar el problema que se pretenda solucionar (John Moubray, 2004, p. 194).

2.2.12 *El rediseño como acción "a falta de"*

En el diagrama de decisión el rediseño se encuentra al pie de cada una de las cuatro columnas como SON (John Moubray, 2004, p. 194):

2.2.12.1 *Consecuencias ambientales o para la seguridad*

Si una falla amenaza con la seguridad o al medio ambiente y no puede ser prevenida el rediseño es obligatorio y tiene como objetivos (John Moubray, 2004, p. 194):

- Reducir la probabilidad de que ocurra el modo de fallo ya que se reemplaza el componente afectado por uno más resistente y confiable.
- Cambiar componentes de tal modo que una falla no tenga consecuencias para la seguridad o el medio ambiente. Esto se logra instalando dispositivos de seguridad.

2.2.12.2 *Fallas ocultas*

El riesgo de una falla múltiple se puede reducir modificando al equipo de cuatro maneras (John Moubray, 2004, pp. 195–196):

1. Hacer que la función oculta se haga visible agregando algún dispositivo para llamar la atención del operador.
2. Sustituir la función oculta por una función evidente.
3. Sustituir la función oculta existente por otro dispositivo más confiable oculto.
4. Duplicar la función oculta.

2.2.12.3 *Consecuencias operacionales y no operacionales*

Si no se encuentra una tarea preventiva que sea técnicamente factible la decisión "a falta de" inmediata es no realizar mantenimiento programado, sin embargo, resulte conveniente modificar el equipo para reducir costos totales (John Moubray, 2004, p. 197).

2.2.13 *El personal implicado*

2.2.13.1 *Grupos de revisión*

Una revisión de los requisitos del mantenimiento de cualquier equipo debería de hacerse por equipos de trabajos reducidos que incluya por lo menos una persona tanto para la función de mantenimiento y para la función de producción (Aladon, 1998, p. 6).

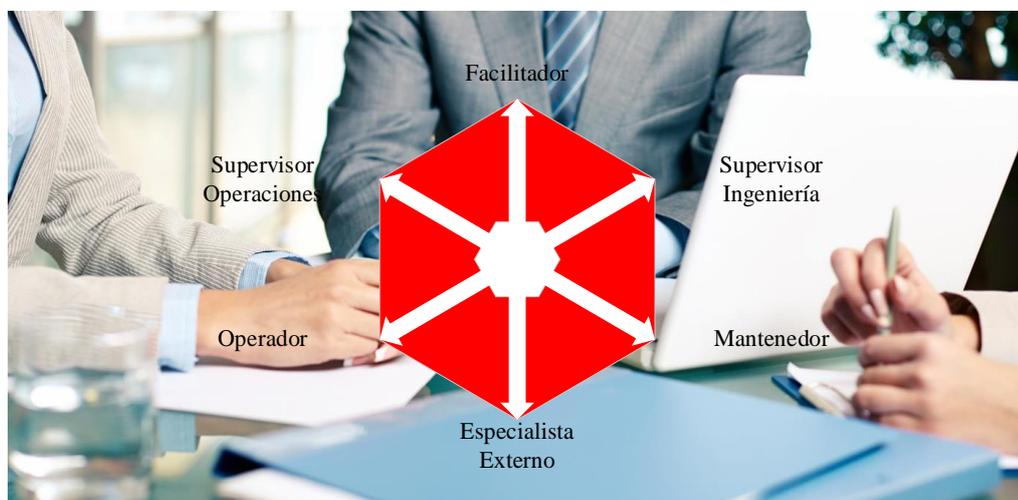


Figura 15-2: Grupo de revisión del RCM

Fuente: Aladon, 1998, p. 6.

Los facilitadores: Es un especialista bien entrenado en el RCM, son el personal más importante en el proceso de revisión del RCM y su papel es asegurar que (Aladon, 1998, p. 6):

- Se hagan las preguntas correctamente y en el orden previsto.
- El personal del grupo especialmente al de producción y mantenimiento, tenga un grado razonable acerca de cuáles son las respuestas a las preguntas formuladas.
- No se ignore ningún componente o equipo.
- Las reuniones progresen de forma razonable.
- Todos los documentos del RCM se llenen debidamente.

Los auditores: Una vez completada la revisión de cada elemento de los equipos importantes el gerente necesitará comprobar que se haya hecho correctamente es decir que está de acuerdo con la evaluación de las consecuencias de fallos y la selección de tareas (Aladon, 1998, p. 6).

2.2.14 *Los beneficios a conseguir por RCM*

El RCM 2 ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años y cuando se aplica correctamente se obtiene los siguientes beneficios:

- Mayor seguridad y protección del entorno.
- Mejores rendimientos operativos.
- Mayor control de los costos del mantenimiento.
- Más larga vida útil de los equipos, debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento “a condición”.
- Mayor motivación de las personas en particular.
- Mejor trabajo de grupo, motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones.

2.2.15 *Hoja de Información del RCM*

Una vez que se conoce las funciones y los fallos funcionales para cada sistema, elemento o componente se debe aplicar el análisis de los modos de falla y efectos (AMEF), dando respuesta a las cuatro primeras preguntas del RCM, donde se obtiene como resultado un modelo para la hoja de información como se muestra en la Figura 12-2.

Tabla 12-2: Hoja de información del RCM

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área:		Equipo:		Facilitador:		Página	
		Sistema:		Realizado por:		Fecha de la auditoria:			
		N°	Función	N°	Falla Funcional	N°	Modo De Falla (Causa)	(Efecto De La Falla)		Consecuencias
1		A		1		Evidentes			
						Afectaciones			
						Tiempo de parada			
						Costo de parada:			
						Costos operacionales			
						Costo de mano de obra			
						Costo de repuestos			
						Costo de materiales			
						Tarea correctiva			
Probabilidad de ocurrencia									

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

2.2.16 Hoja de decisión de RCM

Se describe las respuestas a las tres últimas preguntas del proceso de RCM, llevado a cabo mediante la aplicación del diagrama de decisión que se muestra en la Figura 14-2, realizadas a cada uno de los modos de fallo plasmados en la hoja de información con el modelo de la hoja de decisión que se muestra en la Tabla 13-2.

Tabla 13-2: Hoja de decisión del RCM

Hoja de trabajo de decisión RCM II		Sistema:		Realizado por:		Fecha:		Página									
		Equipo		Revisado por:		Fecha: -											
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Frecuencia inicial		A realizar Por:	
							S1	S2	S3								
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

2.2.17 Logística de mantenimiento

Es la combinación de todos los recursos que intervienen en cualquier práctica de mantenimiento sea programada o no, tiene un gran alcance al momento de su realización, la elección adecuada de los recursos de mantenimiento permite agilizar procesos, disminuir el tiempo de ejecución de tareas preventivas o correctivas, por ende, aumentará la disponibilidad de los equipos (Mayorga & Olmedo, 2019, p. 18).

La norma EN 13306 define a la logística de mantenimiento como la “Provisión de recursos, servicios y gestión necesarios para realizar el mantenimiento”. Esta provisión puede incluir, personal, equipos de ensayos , talleres, repuestos, documentación, herramientas, presupuesto, entre otros y así desarrollar las actividades o tareas de mantenimiento de una forma eficiente (Mayorga & Olmedo, 2019, p. 18).

La logística de mantenimiento puede definirse como: La capacidad de una organización de mantenimiento para proporcionar bajo demanda y en coordinaciones dadas los recursos necesarios para mantener un dispositivo de acuerdo con una tarea de mantenimiento determinada.(NTE INEN-EN, 2010, p. 13).

Los recursos básicos necesarios para cada tarea de mantenimiento son (Mayorga & Olmedo, 2019, p. 18):

- Mano de Obra. Personal interno o externo a la empresa, que está en contacto con los activos.
- Materiales. Repuestos, consumibles que permiten el funcionamiento de un activo.
- Herramientas. Son objetos que utilizan para intervenir un activo por cambio, reparación, etc.

En la Tabla 14-2 se muestra un modelo para registrar la logística de mantenimiento.

Tabla 14-2: Logística de mantenimiento

Sistema	Área	Código del sistema	LOGÍSTICA					
			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por	Tiempo de ejecución(min)	Repuesto y material		Herramientas y equipos
Acciones preventivas	Acciones correctivas							

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

CAPÍTULO III

3 SITUACIÓN ACTUAL.DE LA EMPRESA

3.1 Análisis de la planta

3.1.1 *Condiciones actuales del área de preparación y área fabricación de palés*

Esta área es designada para el descargue de la materia prima, con un total de cinco sistemas operativos en dos líneas, con un montacargas que descarga y transporta el material a las líneas, en un turno de trabajo de 9 horas. El área de fabricación de palés conformada por trece sistemas eléctricos y dos montacargas está conformada por dos líneas de producción que comienza con la recepción del material proveniente del almacén del área de preparación que hasta el ensamblaje de los palés con un turno diurno y nocturno.

3.1.2 *Inventario de la planta*

La planta PISMADE S.A. con sus dos áreas de preparación y fabricación de palés está conformada por los siguientes sistemas eléctricos como se muestra en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Sistemas de las áreas de la planta PISMADE. S.A

Área	Sistema
Área de preparación de material	Cepilladora de cilindro
	Cortadora de cinta de 1 cabezales
	Cortadora de cinta de 2 cabezales
	Cortadora de cinta de 3 cabezales
	Despuntadora
Área de fabricación de palés	Acanaladora
	Biseladora 1
	Biseladora 2
	Cámara de secado 1
	Cámara de secado 2
	Cepilladora de cilindros
	Cepilladora doble cara de 635ah
	Cortadora de cinta de 6 cabezales
	Despuntadora
	Multisierra
	Sierra fileteador
	Sierra cortadora de tacos
	Sistema de compresión de aire

Fuente: Planta PISMADE S.A, 2021.

3.1.3 *Descripción de los sistemas*

3.1.3.1 *Sistemas del área 1*

La cepilladora de cilindros es un sistema conformado por una estructura metálica y un motor eléctrico acoplado mediante poleas a un rodillo de cepillado accionado por un interruptor trifásico con una capacidad de producción de 6 vigas por minuto y cuyo sistema se visualiza en la Figura 1-3.



Figura 1-3: Cepilladora de cilindro

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

Cortadora de cinta de 1, 2 y 3 cabezales son sistemas que está conformados por un conjunto denominado cabezal que están compuestos por un sistema de poleas conectadas a dos tambores metálicos donde se coloca la sierra de corte y está refrigerado por agua al momento de cortar la madera, montado sobre una estructura metálica donde se encuentra una banda transportadora y rodillos de presión conectados a un motor reductor con transmisión por cadena, con una producción de 6-8 unidades por minuto y un circuito de control independiente para cada motor con su correspondiente pulsador de encendido, apagado, y un pulsador de emergencia tipo hongo y los sistemas se visualizan en la Figura 2-3, Figura 3-3, Figura 4-3 y Figura 5-3.



Figura 2-3: Cortadora de cinta de 1 cabezal

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.



Figura 3-3: Cortadora de cinta de 2 cabezales

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.



Figura 4-3: Cortadora de cinta de 3 cabezales

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.



Figura 5-3: Cortadora de cinta de 6 cabezales

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

La cortadora de disco o despuntadora es un sistema de corte transversal montado sobre una estructura metálica regulable, conformado por dos motores eléctricos conectados por poleas a un eje donde está montado el disco de corte con un sistema de transporte por cadena acoplado a un moto-reductor, este sistema tiene un circuito de maniobra de encendido y apagado independiente para cada motor del sistema y cuyo sistema se visualiza en la Figura 6-3.



Figura 6-3: Despuntadora

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

3.1.3.2 *Sistemas del área 2*

La cámara de secado 1 es un sistema utilizado para el secado de la madera mediante un horno térmico, alimentado con el material de desecho de los procesos de fabricación de palés de madera, el calor de la combustión de la madera circula por tubos con una temperatura de secado en el interior de la cámara que varía en un rango de 79 °C-81 °C, dentro de los tubos llega a una

temperatura mayor a los 180°C hasta el sistema de extracción, los ventiladores eléctricos distribuyen calor irradiado por los tubos dentro de la cámara, este sistema conformado por un total de 5 ventiladores eléctricos, 4 ubicados en la parte superior y uno en la parte posterior de la cámara controlados por un circuito de mando manual donde cada motor es encendido con su correspondiente pulsador y el sistema se observa en la Figura 7-3.



Figura 7-3: Cámara de secado 1

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

La cámara de secado 2 es un sistema parecido a la cámara de secado 1 con una mayor capacidad para secar material cuenta con ocho ventiladores, al igual que el sistema de la cámara 1 tiene un sistema de difusión, el circuito de control está conformado por la parte automática que acciona simultáneamente los motores del sistema y la parte manual con accionamiento independiente para cada motor eléctrico, con su correspondiente botón de encendido, apagado y de emergencia. La cámara de secado 2 presenta una mayor capacidad para preparar el material y secado de palés, este sistema se observa en la Figura 8-3.



Figura 8-3: Cámara de secado 2

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

La cepilladora de doble cara tiene un conjunto de dos motores acoplados por poleas a dos rodillos de cepillado y con un extractor de desechos controlado por un tablero eléctrico con un pulsador de encendido y apagado para cada motor. Su capacidad de producción es de 25 unidades por minuto y este sistema se observa en la Figura 9-3.



Figura 9-3: Cepilladora de doble cara

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

La cepilladora es un sistema que tiene tres rodillos donde se montan las cuchillas con los que se cepillan la cara inferior y la cara superior de la madera retirando las imperfecciones superficiales, cada rodillo tiene un motor eléctrico conectado por poleas y bandas, un tablero de control que asigna un pulsador de encendido y apagado para cada motor con su correspondiente pulsador de encendido, apagado y emergencia. Tiene una producción aproximada de hasta 25 unidades por minuto y este se observa en la Figura 10-3.



Figura 10-3: Cepilladora

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

Multisierra es un sistema conformado por dos discos montados sobre un árbol acoplado a un motor que realiza un corte longitudinal del material el cual es transportado por una cinta

transportadora y mediante rodillos de presión a los discos de corte, cuenta con un extractor instalado junto a la máquina conectada por un tubo plástico el cual extrae el material de desecho. El tablero de control tiene un encendido independiente para el motor con sus respectivos botones de encendido, apagado y emergencia, con una capacidad productiva de 15 unidades por minuto y este se observa en la Figura 11-3.



Figura 11-3: Multisierra

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

La biseladora tiene como función realizar el biselado en los bordes laterales de las tablas mediante cuchillas montadas en un rodillo y está conformado por un motor que acciona el rodillo y mediante un pistón neumático que levanta el rodillo para realizar el biselado, además la cinta transportadora transporta el material hasta el rodillo. Tiene una producción total de 10 unidades por minuto, este sistema se muestra en la Figura 12-3.



Figura 12-3: Biseladora 1

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

De igual manera esta máquina se encarga del biselado manual, con un motor eléctrico montado sobre la estructura metálica de manera vertical, por poleas y bandas transfiere el movimiento a los rodillos con cuchillas para biselar los bordes de las tablas, este sistema se muestra en la Figura 13-3.



Figura 13-3: Biseladora 2

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

La acanaladora es un sistema muy parecido a la despuntadora o cortadora de disco con un sistema de transporte por cadena controlado por un moto-reductor, con dos cilindros de cepillado, todo montado sobre un eje conectado por poleas y bandas a un motor eléctrico, esta acanaladora tiene la función de cepillar los tablonces de madera para formar arcos de un modelo específico de palé. Tiene un circuito de control que asigna un pulsador de encendido y apagado para cada motor con su respectivo paro de emergencia, este sistema se muestra en la Figura 14-3.



Figura 14-3: Acanaladora

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

La cortadora de tacos es un motor eléctrico acoplado por una polea a un eje donde está montado un disco de corte, esta máquina es utilizada para el corte transversal de vigas obteniendo bloques que son enviados a la mesa de ensamblaje, este sistema se muestra en la Figura 15-3.



Figura 15-3: Cortadora de tacos

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

Sierra fileteadora conformada por una estructura metálica en el cual está montado un motor eléctrico de manera vertical con un disco de cepillado, con él se genera la cuña sobre los extremos de la tabla controlado por interruptor trifásico, este sistema se muestra en la Figura 16-3.



Figura 16-3: Sierra fileteadora

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

El compresor de aire utilizado para la alimentación de las pistolas de clavos de las mesas de ensamblaje, el aire es distribuido mediante un sistema de cañerías metálicas y mangueras montadas sobre la estructura de la planta. Está conformado por el sistema de compresión y el

tanque de almacenamiento conectado a un interruptor trifásico, este sistema se muestra en la Figura 17-3.



Figura 17-3: Compresor de aire

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

3.1.4 *Análisis eléctrico*

3.1.4.1 *Situación actual de los tableros*

Como una primera parte se determinó cuáles sistemas son tiene un circuito de maniobra o cuáles no, y los resultados se muestra en la siguiente Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Sistema con tablero de control

Área	Sistemas	Con tablero de control	Sin tablero de control
Área de preparación de material	Cortadora de cinta de 3 cabezales	X	
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	X	
	Cortadora de cinta de 1 cabezales	X	
	Despuntadora	X	
	Cepilladora de cilindro		X
Área de fabricación de palés	Cámara de secado 1	X	
	Cámara de secado 2	X	
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	X	
	Multisierra	X	
	Cepilladora doble cara	X	
	Despuntadora	X	
	Cepilladora de cilindros	X	
	Acanaladora	X	
	Sierra fileteadora		X
	Cortadora de tacos		X
	Biseladora 1	X	
	Biseladora 2		X
	Sistema de compresión de aire		X

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Como la tabla muestra, la planta PISMADE S.A. consta con un total de 18 sistemas que abarca en desarrollo de este proyecto de los cuales 13 de estos sistemas tiene un panel de control y 5 de ellos no tiene un circuito de control.

De los 13 sistemas con un panel de control determinado en la Tabla 2-3 y la evaluación del estado de los tableros con el check list de la Tabla 5-2 se obtuvo la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Evaluación del estado de los tableros

CHECK LIST TABLEROS ELÉCTRICOS			
Área		A1	
Sistema		Cortadora de cinta de 1 cabezal	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		Si	No
1	El acceso al tablero está despejado y este se encuentra cercano al área de trabajo.	X	
2	Tiene señalización de "Riesgo eléctrico" en la puerta frontal.		X
3	Tiene señalizada la tensión deservicio y la corriente nominal.		X
4	Tiene señalizado el número de fases.		X
5	El tablero está montado dentro de cajas, gabinetes o armarios.	X	
6	El tablero está construido con materiales no higroscópicos (no liberan humedad) ni combustibles.	X	
7	El tablero es resistente a la corrosión está protegido contra ella.	X	
8	El gabinete que contiene el tablero es hermético, de acceso solo frontal y se puede mantener cerrado.	X	
9	Posee luces piloto que indiquen el funcionamiento de cada una de las fases.		X
10	Posee tapa interior que no permite el contacto con partes energizadas.		X
11	La instalación del tablero esta entre 0,6 y 2,0 mt de altura, medidos desde el nivel del piso.	X	
12	Los tableros metálicos (incluyendo la puerta) están conectados a tierra.	X	
PROTECCIONES			
1	¿Tiene el tablero interruptor de corte o interruptor termo magnéticos automáticos?	X	
2	¿Tiene el tablero interruptor diferencial?	X	
3	Al interior del tablero, todos y cada uno de los interruptores están debidamente identificados.		X
4	Se comprobó el correcto funcionamiento de los dispositivos diferenciales además el tiempo y la intensidad de disparo con instrumentos adecuados.		X

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Dando como resultado que de las 16 preguntas que abarca el check list con un puntaje de 9 afirmativas y 7 negativas, valoran el estado en deficiente.

De la misma manera en la Tabla 4-3 se muestra el resultado de aplicar el check list a los sistemas de la Tabla 2-3.

Tabla 4-3: Evaluación del estado de los tableros del sistema

Área	Sistemas	Resultado	Valoración
Área preparación de material	Cortadora de cinta de 1 cabezal	9	Deficiente
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	9	Deficiente
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	9	Deficiente
	Despuntadora	12	Mejorable
Área de fabricación de palés	Acanaladora	11	Mejorable
	Biseladora 1	9	Deficiente
	Cámara de secado 1	6	Deficiente
	Cámara de secado 2	14	Mejorable
	Cepilladora de cilindros	7	Deficiente
	Cepilladora doble cara	10	Deficiente
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	13	Mejorable
	Despuntadora	8	Deficiente
	Multisierra	6	Deficiente

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.1.4.2 Situación actual de circuito eléctrico

El circuito eléctrico de la planta PISMADE S.A. distribuido desde un panel central instalado a pocos metros de un transformador de 125 kVA, con un banco de condensadores que mantienen el factor de potencia a plena carga en 0,94 desde el cual se distribuyen las líneas de alimentación a cada sistema por medio de cañerías instaladas en el subsuelo del área 1 y área 2, con el tiempo el circuito eléctrico inicial fue modificando para instalar nuevos sistemas los cuales la alimentación se realiza desde el tablero central incrementando el número de conductores.

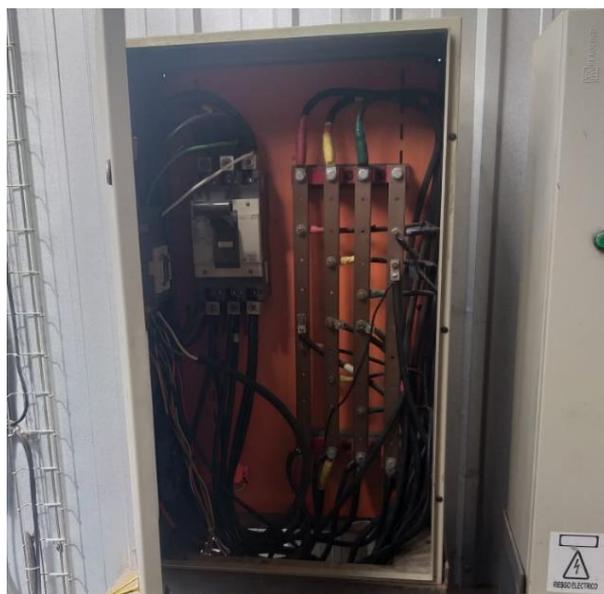


Figura 18-3: Tablero central de la planta PISAMDE S.A.

Fuente: Planta PISMADE S.A., 2021.

3.1.4.3 Datos placas de motores por sistemas

Los sistemas eléctricos de la planta están conformados por motores eléctricos con distintas capacidades y modelos, realizando una inspección de placas de los motores con la cual se desarrolló la Tabla 5-3 y Tabla 6-3.

Tabla 5-3: Información de los motores eléctricos del área 1

Sistemas	Equipo	Tensión (V):	Potencia (Hp):	Eficiencia	Factor de potencia	Distancia desde el tablero(m)
Cortadora de cinta de 1 cabezal	Cabezal 1	220	20	0,83	0,83	2
	Cinta transportadora	220	3	0,83	0,81	2
Cortadora de cinta de 2 cabezal	Cabezal 1	220	20	0,83	0,83	2
	Cabezal 2	220	20	0,83	0,83	2
	Banda de transporte	220	3	0,83	0,81	2
Cortadora de cinta de 3 cabezales	Cabezal 1	220	20	0,83	0,83	2
	Cabezal 2	220	20	0,83	0,83	2
	Cabezal 3	220	20	0,83	0,83	2
	Banda de transporte	220	3	0,83	0,81	2
Cilindro de cepillado	Cepilladora	220	5	0,83	0,81	2
Despuntadora	Disco 1	220	3	0,83	0,81	3
	Disco 2	220	3	0,83	0,81	3
	Cinta transportadora	220	3	0,83	0,81	3

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Tabla 6-3: Información de los motores eléctricos del área 2

Sistemas	Equipo	Tensión (V):	Potencia (Hp):	Eficiencia	Factor de potencia	Distancia desde el tablero(m)
Cámara de secado 1	Ventilador 1	220	3	0,83	0,81	6
	Ventilador 2	220	3	0,83	0,81	7
	Ventilador 3	220	5	0,85	0,84	8
	Ventilador 4	220	5	0,85	0,84	9
	Ventilador 5	220	5	0,83	0,84	6
	Extractor	220	4	0,83	0,81	7
Cámara de secado 2	Ventilador 1	220	3	0,83	0,81	3
	Ventilador 2	220	3	0,83	0,81	4
	Ventilador 3	220	3	0,83	0,81	5
	Ventilador 4	220	3	0,83	0,81	6
	Ventilador 5	220	3	0,83	0,81	12
	Ventilador 6	220	3	0,83	0,81	14
	Ventilador 7	220	3	0,83	0,81	15
Despuntadora	Extractor	220	5	0,85	0,81	3
	Disco 1	220	3	0,83	0,81	3
	Disco 2	220	3	0,83	0,81	3
	Cinta transportadora	220	3	0,83	0,81	3

CONTINUA

Acanalador	Cilindros de cepilladora	220	30	0,83	0,83	2
	Sistema de transporte	220	3	0,83	0,81	2
Cortadora de cinta de 6 cabezales	Cabezal 1	230	20	0,91	0,89	1
	Cabezal 2	230	20	0,91	0,89	1
	Cabezal 3	230	20	0,91	0,89	2
	Cabezal 4	230	20	0,91	0,89	2
	Cabezal 5	230	20	0,91	0,89	3
	Cabezal 6	230	20	0,91	0,89	3
	Banda de transporte	220	4	0,85	0,83	1
Multisierra	Cinta transportadora	220	15	0,83	0,83	1
	Cierra de corte	220	5	0,83	0,85	1
	Extractor	220	3	0,83	0,85	2
Sierra fileteadora	Disco de corte 1	220	5	0,83	0,81	2
Cepilladora	Cilindro de cepillado	220	5	0,83	0,81	1
	Cilindro	220	3	0,83	0,81	1
	Cilindro	220	3	0,83	0,81	1
Cepilladora de doble cara	Motor principal de rodillos de corte	220	20	0,91	0,92	1
	Motor principal de rodillos de corte	220	20	0,91	0,92	1
	Extractor de desechos	220	30	0,84	0,86	8
Biseladora 2	Cuchilla	220	3	0,83	0,81	2
Biseladora 1	Motor de biseladora	220	3	0,83	0,81	1
	Cinta	220	0,5	0,83	0,81	1
Cortadora de tacos	Disco de corte	220	3	0,83	0,81	1
Sistema de compresión	Compresor	220	20	0,83	0,83	1

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.1.5 *Análisis de gestión de mantenimiento*

La gestión de mantenimiento de la empresa se basa en un modelo de mantenimiento correctivo, realizando las actividades de mantenimiento en el momento que se presenta un fallo parcial o total de los sistemas o equipos careciendo también de un historial de fallos, llevar este modelo ha generado paradas imprevistas en la producción y en ciertas actividades.

3.2 **Rediseño del circuito eléctrico**

La propuesta de rediseño del circuito eléctrico para la planta PISMADE S.A. constará en rediseñar los circuitos.

Dimensionar los elementos que lo conforman, determinar los diagramas eléctricos del nuevo circuito y los diagramas de control para las áreas de la planta.

3.2.1 *Circuitos de control propuestos*

3.2.1.1 *Cámara de secado 1 y 2*

Para la cámara de sacado 1 se propone un circuito de dos partes, una automática que mediante un pulso encienda el extractor y los 5 ventiladores después de un tiempo de 5 s y la parte manual con un encendido independiente para cada motor con su correspondiente pulsador de encendido y de paro, constara con un botón de paro de emergencia independientemente si el circuito se encuentre en manual o automático al presionarlo este apagara todo el sistema.

Para seleccionar el circuito de control a manual o automático se utilizara un seccionador de dos posiciones, la posición 1 está conectado al circuito automático, y la posición dos se conectara al circuito manual. El circuito automático se estructura con un pulsador de encendido y un pulsador de paro, al presionar el pulsador de encendido S1 este energiza la bobina del extractor que se encuentra conectada en paralelo a un temporizador que después de 5 segundos de la conexión este acciona un contactor NA del temporizador que energiza las bobinas asignadas para cada ventilador, también se incluyo un sistema de protección, luces piloto de color verde para mostrar que bobinas están accionadas o rojas si están desconectadas.

El circuito de control para la parte manual está estructurado de un encendido independiente de los motores controlados por pulsadores que energizan las bobinas asignadas de los motores que accionan los contactos NA quedando energizadas las líneas y al mismo tiempo los circuitos trifásicos, además igual que en la parte de circuito automático se coloca un pulsador NC, que al presionar abre el circuito esto permite cambiar el tipo de control, además este circuito está conectado a un conjunto de luces pilotos asignadas para cada motor con sus respectivas protecciones. El circuito de potencia de este sistema está conformado por los contactos trifásicos NA, protecciones y la designación del motor tanto del circuito automático y manual.

Para el circuito de la cámara 2 el diagrama de control constará tanto de la parte automática y manual, al ser este un sistema con un número mayor de ventiladores se conservará el circuito de control de la cámara 1, se aumentará un número mayor de bobinas para controlar los motores de los ventiladores. Al ser este un sistema de mayor capacidad el circuito de control solo presentará esta modificación.

3.2.1.2 *Despuntadora*

Para la cortadora de disco o despuntadora del área 1 y área 2 se propone un circuito que al presionar un pulsador los discos se enciendan y 5 s después se accione la cadena de transporte, incluyendo las protecciones eléctricas y paro de emergencia.

3.2.1.3 *Cepilladora de cilindros*

La cepilladora de cilindros es un sistema que se encuentra instalado en el área 1 y el área 2 para el cual se propone un circuito de arranque simultáneo que al pulsar un botón este accione los motores. Este circuito constará con un botón de paro y emergencia con luces pilotos de color verde para comprobar si el circuito este encendido o apagado.

3.2.1.4 *Cepilladora de doble cara*

Para la cepilladora de doble cara se propone un encendido simultaneo de los rodillos por medio de un pulsador y otro pulsador para el encendido del extractor con sus correspondientes protecciones y luces piloto para cada motor.

3.2.1.5 *Cortadora de tacos, Sierra fileteadora, Biseladora 2*

Para los sistemas de cortadora de tacos, sierra fileteadora, biseladora 2, están conformados por un solo motor por lo cual se propone un encendido básico con una bobina que al energizarse accionara el contactor NA cerrando el circuito. Constará con sus correspondientes protecciones y luz piloto para cada motor.

3.2.1.6 *Multisierra*

Para la Multisierra se propone un encendido por pulsador que al accionar encenderá el motor que esté acoplado a los discos de corte y en 5 s se accionará la banda transportadora y el extractor de desechos.

3.2.1.7 *Acanaladora*

Para la acanaladora se propone un circuito de control que accione el motor de los canales y 5 s después accione la cinta transportadora incluyendo sus respectivas protecciones y luces piloto.

3.2.1.8 *Cortadora de cinta con cabezales*

Con los sistemas de cortadora de cinta de 1,2,3 y 6 cabezales, se propone el encendido de la cinta transportadora y mediante un temporizador encender los cabezales 5 s después incluyendo sus respectivas protecciones y luces piloto.

3.2.2 *Diseño de diagramas de control*

Para el diseño de los circuitos de control se utilizará la simbología de la norma IEC 60617 que muestra la interpretación de los componentes eléctricos utilizados para los circuitos de control propuestos como se muestra en el ANEXO A.

3.2.3 *Cálculo de sección de conductores*

3.2.3.1 *Cálculo de conductor del sistema*

Para determinar los conductores para la instalación se utilizó la expresión matemática de la caída de voltaje que relaciona la distancia con la sección transversal, para lo cual se requiere conocer los parámetros de los motores como voltaje e intensidad, dicha información se obtendrá de las placas de los motores eléctricos, como se muestra en la Tabla 5-3 y la Tabla 6-3.

Para comenzar con el cálculo de los conductores se determinará la intensidad de los motores con la ecuación (1), de esta ecuación se despeja la intensidad y procedemos al cálculo para el ventilador #1 con los datos suministrados de la placa de motor y se obtuvo que:

$$I = \frac{(3 \cdot 746 \text{ W})}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ V} \cdot 0,81}$$
$$I = 7,25 \text{ A}$$

Esta intensidad es multiplicada por un factor de seguridad de 1,25 obteniendo:

$$I = 7,25 \text{ A} \cdot 1,25 = 9,06 \text{ A}$$
$$I = 9,06 \text{ A}$$

Según la norma NEC del aparato de la construcción la caída de voltaje en las líneas de distribución debe ser como máximo un 3% del voltaje y para líneas de suministro es de 5%, si la alimentación para los motores del sistema de la cámara de secado es alimentada con 220 V, se obtiene que:

$$\Delta V = 220V * 5\%$$

$$\Delta V = 11V$$

Al determinar ΔV es necesario conocer la resistencia que se obtiene despejando de la ecuación (3) obteniendo:

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

$$R = \frac{11V}{9,06A} = 1,25\Omega$$

Determinado la resistencia aplicamos la ecuación de cálculo de sección que se obtiene despejándola de la ecuación (2) en donde la resistividad (ρ) es igual a $(0,0173 \frac{mm^2}{m} \Omega^*)$.

$$S = \frac{\sqrt{3} * \rho * l}{R}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} * (0,0173 \frac{mm^2}{m} \Omega^*) * 6 m}{1,25 \Omega}$$

$$S = 0.148 mm^2$$

Con la sección transversal determinada, vamos a la Tabla 1-2 de conductores normalizados por la NEC, en esta tabla buscamos el rango de la sección calculada, se selecciona la sección con un conductor de sección superior.

El conductor seleccionado corresponde a un calibre de conductor AWG # 18. Con la nueva sección del conductor se procede a comprobar si este presenta una caída de voltaje mediante la aplicación de la ecuación (3) y (5) como se muestra a continuación:

$$R = \frac{\sqrt{3} * \rho * l}{S}$$

$$R = \frac{\sqrt{3} * (0,0173 \frac{mm^2}{m} \Omega^*) * 6 m}{0,82 mm^2}$$

$$R = 0.219 \Omega$$

$$\Delta V = 9,06 A * 0.219 \Omega$$

$$\Delta V = 1,99V$$

Obteniendo una caída de tensión con el conductor AWG #18 es de $1,99V < 11V$. y con factor de temperatura ambiente de 1.04 que corresponde a $21\text{ }^{\circ}\text{C}-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtiene que el conductor AWG #18 tiene una intensidad máxima que soporta 14,56 A.

De igual manera se determinó el conductor para los demás equipos de las dos áreas como se muestra en la Tabla 7-3 y la Tabla 8-3.

Tabla 7-3: Cálculo de conductores para los equipos del área 1

Sistemas	Equipo	Sección calculada	Sección de tabla según la intensidad	Conductor	Intensidad que soporta el conductor	Caída de voltaje
Cortadora de cinta de cabezal 1	Cabezal 1	0,3250	13,29	THHN#6	75	0,27
	Cinta transportadora	0,0500	0,82	THHN#18	14	0,67
Cortadora de cinta de cabezal 2	Cabezal 1	0,3250	13,29	THHN#6	75	0,27
	Cabezal 2	0,3250	13,29	THHN#6	75	0,27
	Banda de transporte	0,0500	0,82	THHN#18	14	0,67
Cortadora de cinta de cabezales 3	Cabezal 1	0,3250	13,29	THHN#6	75	0,27
	Cabezal 2	0,3250	13,29	THHN#6	75	0,27
	Cabezal 3	0,3250	13,29	THHN#6	75	0,27
	Banda de transporte	0,0500	0,82	THHN#18	14	0,67
Cilindro de cepillado	Cepilladora	0,0833	1,31	THHN#16	18	0,70
Despuntadora	Disco 1	0,0749	0,82	THHN#18	14	1,01
	Disco 2	0,0749	0,82	THHN#18	14	1,01
	Cinta transportadora	0,0749	0,82	THHN#18	14	1,01

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Tabla 8-3: Cálculo de conductor para los equipos del área 2

Sistemas	Equipo	Sección calculada	sección de tabla según la intensidad	Conductor	Intensidad que soporta el conductor	Caída de voltaje
Cámara de secado 1	Ventilador 1	0,1499	0,82	THHN#18	14	2,01
	Ventilador 2	0,1748	0,82	THHN#18	14	2,35
	Ventilador 3	0,3211	1,31	THHN#16	18	2,70
	Ventilador 4	0,3612	1,31	THHN#16	18	3,03
	Ventilador 5	0,2408	1,31	THHN#16	18	2,02
	Extractor	0,2331	1,31	THHN#16	18	1,96
Cámara de secado 2	Ventilador 1	0,0749	0,82	THHN#18	14	1,01
	Ventilador 2	0,0999	0,82	THHN#18	14	1,34
	Ventilador 3	0,1249	0,82	THHN#18	14	1,68
	Ventilador 4	0,1499	0,82	THHN#18	14	2,01
	Ventilador 5	0,2997	0,82	THHN#18	14	4,02
	Ventilador 6	0,3497	0,82	THHN#18	14	4,69
	Ventilador 7	0,3746	0,82	THHN#18	14	5,03
	Extractor	0,1249	1,31	THHN#16	18	1,05

CONTINUA

Despuntadora	Disco 1	0,0749	0,82	THHN#18	14	1,01
	Disco 2	0,0749	0,82	THHN#18	14	1,01
	Cinta transportadora	0,0749	0,82	THHN#18	14	1,01
Acanalador	Cilindros de cepilladora	0,4875	26,66	THHN#3	115	0,20
	Sistema de transporte	0,0500	0,82	THHN#18	14	0,67
Cortadora de cinta de 6 cabezales	Cabezal 1	0,1386	13,29	THHN#6	75	0,12
	Cabezal 2	0,1386	13,29	THHN#6	75	0,12
	Cabezal 3	0,2773	13,29	THHN#6	75	0,24
	Cabezal 4	0,2773	13,29	THHN#6	75	0,24
	Cabezal 5	0,4159	13,29	THHN#6	75	0,36
	Cabezal 6	0,4159	13,29	THHN#6	75	0,36
	Banda de transporte	0,0325	1,31	THHN#16	18	0,27
Multisierra	Cinta transportadora	0,1219	13,29	THHN#6	75	0,10
	Cierra de corte	0,0397	1,31	THHN#16	18	0,33
	Extractor	0,0476	0,82	THHN#18	14	0,64
Sierra fileteadora	Disco de corte 1	0,0833	1,31	THHN#16	18	0,70
Cepilladora	Cilindro de cepillado	0,0416	1,31	THHN#16	18	0,35
	Cilindro	0,0250	0,82	THHN#18	14	0,34
	Cilindro	0,0250	0,82	THHN#18	14	0,34
Cepilladora de doble cara	Motor principal de rodillos de corte	0,1466	13,29	THHN#6	75	0,12
	Motor principal de rodillos de corte	0,1466	13,29	THHN#6	75	0,12
	Extractor de desechos	1,8818	26,66	THHN#3	115	0,78
Biseladora 2	Cuchilla	0,0500	0,82	THHN#18	14	0,67
Biseladora 1	Motor de biseladora	0,0250	0,82	THHN#18	14	0,34
	Cinta	0,0042	0,82	THHN#18	14	0,06
Cortadora de tacos	Disco de corte	0,0250	0,82	THHN#18	14	0,34
Sistema de compresión	Compresor	0,1625	13,29	THHN#6	75	0,13

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.2.3.2 Cálculo de conductores para los sub tableros

De igual manera para seleccionar el conductor desde el sistema hasta el sub tablero se aplicará las ecuaciones (1), (2), (3) y (5), para lo cual es necesario determinar la intensidad de los equipos que compone el sistema con la información de la Tabla 5-3 y la Tabla 6-3, aplicando la ecuación (1) obtenemos la Tabla 9-3.

Tabla 9-3: Intensidad de la cámara de secado 1

Sistemas	Cámara de secado 1					
Equipo	ventilador 1	ventilador 2	ventilador 3	ventilador 4	ventilador 5	Extractor
intensidad (A)	9,06	9,06	14,57	14,57	14,57	12,08

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Una vez calculada la intensidad de cada equipo se determina la intensidad total del sistema mediante la sumatoria de las intensidades aplicando la ecuación (4) como se muestra a continuación:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$I_T = 9,06 \text{ A} + 9,06\text{A} + 14,57\text{A} + 14,57\text{A} + 12,08\text{A} = 73,91\text{A}$$

$$I_T = 73,91 \text{ A}$$

De igual manera determinamos la intensidad de los demás sistemas aplicando las ecuaciones vistas, obteniendo la siguiente Tabla 10-3.

Tabla 10-3: Intensidad de los sistemas de la planta

Sub tableros	Sistema	Intensidad
Área 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	54,43
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	101,6
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	148,77
	Cepilladora de cilindro	12,08
	Despuntadora	21,75
Área 2	Cámara de secado 2	62,84
	Acanaladora	78,01
	Sierra fileteadora	12,08
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	261,92
	Multisierra	53,81
	Cepilladora doble cara	153,41
	Despuntadora	21,75
	Cepilladora de cilindros	26,59
	Cortadora de tacos	7,25
	Biseladora 1	8,46
	Biseladora 2	7,25
	Sistema de compresión de aire	47,17
Cámara de secado 1	59,13	

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

De igual manera para calcular el conductor para los sistemas es necesario determinar la distancia desde los sistemas hasta los sub tableros como se muestra en el diagrama de la planta desarrollado en el ANEXO A, del cual se ha obtenido la siguiente Tabla 11-3.

Tabla 11-3: Distancia de sistemas a nodos

Subtablero	Sistema	Distancia (m)
Área 1	Cortadora de cinta de 3 cabezales	3
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	7
	Cortadora de cinta de 1 cabezales	25
	Despuntadora	12
	Cepilladora de cilindro	6
Área 2	Cámara de secado 2	10
	Acanaladora	12
	Sierra fileteadora	13
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	15
	Multisierra	24
	Cepilladora doble cara	6
	Despuntadora	3
	Cepilladora de cilindros	30
	Cortadora de tacos	12
	Biseladora 1	6
	Biseladora 2	7
	Sistema de compresión de aire	15
	Cámara de secado 1	7

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Determinada las intensidades y distancias procedemos a calcular y seleccionar los conductores aplicando las ecuaciones (2), (3), (5) y con la Tabla 1-2 con lo que se desarrolló la Tabla 12-3 como se muestra a continuación:

Tabla 12-3: Cálculo de conductores de los sistemas al sub tablero

Sub tableros	Nodos	Sistema	Sección calculada	Sección de tabla	Conductor	Intensidad que soporta el conductor	Caída de voltaje
Área 1	Nodo 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	3,75	13,29	THHN #6	75	2,48
		Cortadora de cinta de 2 cabezales	8,40	33,62	THHN #2	130	2,20
		Cortadora de cinta de 3 cabezales	21,52	67,44	THHN #2/0	195	2,81
		Cepilladora de cilindro	1,21	2,08	THHN #16	18	5,11
		Despuntadora	1,72	3,3	THHN #12	30	4,59
Área 2	Nodo 2	Cámara de secado 2	9,09	21,14	THHN #4	95	3,78
		Acanaladora	11,82	26,66	THHN #3	110	3,90
		Sierra fileteadora	1,87	2,08	THHN #16	18	7,92
		Cortadora de cinta de 6 cabezales	42,40	177,34	THHN #350	350	2,10

CONTINUA

Área 2	Nodo 3	Multisierra	10,38	13,29	THHN #6	75	6,87
		Cepilladora doble cara	20,08	67,44	THHN #2/0	195	2,62
		Despuntadora	2,62	3,3	THHN #12	30	6,99
		Cepilladora de cilindros	5,68	5,25	THHN #10	40	9,52
		Cortadora de tacos	1,10	1,31	THHN #16	14	7,38
		Biseladora 1	1,11	1,31	THHN #16	14	7,44
		Biseladora 2	0,97	1,31	THHN #16	14	6,54
	Nodo 4	Sistema de compresión de aire	3,41	13,29	THHN #16	75	2,26
		Cámara de secado 1	2,65	13,29	THHN #6	75	1,75

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Como se desarrolló los cálculos posteriores procedemos a calcular los conductores para los sub tableros al tablero central, obteniendo la Tabla 13-3.

Tabla 13-3: Cálculo de conductores de los subtableros

Subtableros	Intensidad por factor de seguridad	Sección calculada	Sección de tabla	Conductor	Intensidad que soporta el conductor	Caída de voltaje
Área 1	423,29	14,00	253,35	THHN #500	430	0,49
Área 2	518,56	14,29	354,69	THHN #700	520	0,35

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.2.4 *Cálculo de disyuntores*

3.2.4.1 *Primera condición*

Para determinar las protecciones de los motores se utilizó la ecuación (6) y la Tabla 3-2. En donde I_b se obtuvo al despejar la intensidad de la ecuación (1), el cual debe ser menor a la intensidad del disyuntor electromagnético I_n y este debe ser menor a la intensidad máxima que soporta el conductor que se obtiene de la Tabla 1-2 como se muestra a continuación:

$$9,06A \leq 10A \leq 14A$$

Aplicando este procedimiento para los demás equipos se obtuvo la Tabla 14-3 como muestra a continuación:

Tabla 14-3: Cálculo de disyuntores termomagnéticos para los equipos, condición 1

Área	Sistemas	Equipo	Intensidad del circuito	Intensidad nominal fusibles	Intensidad del conductor	Calibre de conductor AWG
Área 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	Cabezal 1	58,97	63	75	#6
		Cinta transportadora	9,06	10	14	#18
	Cortadora de cinta de 2 cabezal	Cabezal 1	58,97	63	75	#6
		Cabezal 2	58,97	63	75	#6
		Banda de transporte	9,06	10	14	#18
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	Cabezal 1	58,97	63	75	#6
		Cabezal 2	58,97	63	75	#6
		Cabezal 3	58,97	63	75	#6
		Banda de transporte	9,06	10	14	#18
	Cilindro cepillado de	Cepilladora	15,11	16	18	#16
	Despuntadora	Disco 1	9,06	10	14	#18
		Disco 2	9,06	10	14	#18
Cinta transportadora		9,06	10	14	#18	
Área 2	Cámara de secado 1	Ventilador 1	9,06	10	14	#18
		Ventilador 2	9,06	10	14	#18
		Ventilador 3	14,57	16	18	#16
		Ventilador 4	14,57	16	18	#16
		Ventilador 5	14,57	16	18	#16
		Extractor	12,08	16	18	#16
	Cámara de secado 2	Ventilador 1	9,06	10	14	#18
		Ventilador 2	9,06	10	14	#18
		Ventilador 3	9,06	10	14	#18
		Ventilador 4	9,06	10	14	#18
		Ventilador 5	9,06	10	14	#18
		Ventilador 6	9,06	10	14	#18
		Ventilador 7	9,06	10	14	#18
		Extractor	15,11	16	18	#16
	Despuntadora	Disco 1	9,06	10	14	#18
		Disco 2	9,06	10	14	#18
		Cinta transportadora	9,06	10	14	#18
	Acanalador	Cilindros de cepilladora	88,45	100	115	#3
		Sistema de transporte	9,06	10	14	#18
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	Cabezal 1	52,6	63	75	#6
		Cabezal 2	52,6	63	75	#6
		Cabezal 3	52,6	63	75	#6
		Cabezal 4	52,6	63	75	#6
		Cabezal 5	52,6	63	75	#6
		Cabezal 6	52,6	63	75	#6
		Banda de transporte	11,79	16	18	#16
	Multisierra	Cinta transportadora	44,23	50	75	#6
		Cierra de corte	14,4	16	18	#16
		Extractor	8,64	10	14	#18

CONTINUA

	Sierra fileteadora	Disco de corte 1	15,11	16	18	#16
	Cepilladora	Cilindro de cepillado	15,11	16	18	#16
		Cilindro	9,06	10	14	#18
		Cilindro	9,06	10	14	#18
	Cepilladora de doble cara	Motor principal de rodillos de corte	53,2	63	75	#6
		Motor principal de rodillos de corte	53,2	63	75	#6
		Extractor de desechos	85,37	100	115	#3
	Biseladora 2	Cuchilla	9,06	10	14	#18
	Biseladora 1	Motor de biseladora	9,06	10	14	#18
		Cinta	1,51	2	14	#18
	Cortadora de tacos	Disco de corte	9,06	10	14	#18
	Sistema de compresión	Compresor	58,97	63	75	#6

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

De la misma manera aplicamos este procedimiento para calcular los disyuntores electromagnéticos para los sistemas propuestos y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 15-3.

Tabla 15-3: Cálculo de disyuntores termomagnéticos para los sistemas, condición 1

Sub tableros	Sistema	Intensidad del circuito	Intensidad nominal fusibles	Intensidad del conductor según la intensidad	Calibre de conductor AWG
Área 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	68,03	80	130	#2
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	127,00	160	195	#2/0
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	185,97	200	225	#3/0
	Cepilladora de cilindro	15,11	16	18	#16
	Despuntadora	27,19	35	40	#10
Área 2	Cámara de secado 2	78,55	80	95	#4
	Acanaladora	97,52	100	130	#2
	Sierra fileteadora	15,11	16	18	#16
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	327,40	400	475	#600
	Multisierra	67,26	80	95	#4
	Cepilladora doble cara	191,77	200	225	#3/0
	Despuntadora	27,19	35	40	#10
	Cepilladora de cilindros	33,23	35	40	#10
	Cortadora de tacos	9,06	10	18	#16
	Biseladora 1	10,57	16	18	#16
	Biseladora 2	9,06	10	18	#16
	Sistema de compresión de aire	58,97	63	75	#6
	Cámara de secado 1	73,91	80	95	#4

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.2.4.2 Segunda condición

En esta segunda condición se utiliza la ecuación (7) en donde el parámetro I_f se obtiene de la Tabla 2-2 y el disyuntor electromagnético seleccionado debe cumplir la condición 1 que es de $4 \leq I_n \leq 16$, entonces nuestra corriente convencional de fusión es de $1,9 \cdot I_n$ obteniendo que:

$$10A \cdot 1,9 \leq 1,45 \cdot 14A$$

$$19A \leq 20,3A$$

Por lo que podemos decir que el disyuntor va a trabajar en óptimas condiciones y al presentarse una anomalía este dispositivo de protección cumplirá su función.

De igual manera que la condición 1 para seleccionar un disyuntor electromagnético aplicamos esta expresión para comprobar si el disyuntor seleccionado soporta la intensidad de los sistemas, con lo que se obtuvo la Tabla 16-3.

Tabla 16-3: Cálculo de disyuntores termomagnéticos, para los equipos condición 2.

Área	Sistemas	Equipo	Intensidad nominal fusibles	Factor	Intensidad de fusión	Intensidad de conductor
Área 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	Cabezal 1	63	1,6	100,8	108,75
		Cinta transportadora	10	1,9	19	20,3
	Cortadora de cinta de 2 cabezal	Cabezal 1	63	1,6	100,8	108,75
		Cabezal 2	63	1,6	100,8	108,75
		Banda de transporte	10	1,6	16	20,3
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	Cabezal 1	63	1,6	100,8	108,75
		Cabezal 2	63	1,6	100,8	108,75
		Cabezal 3	63	1,6	100,8	108,75
		Banda de transporte	10	1,9	19	20,3
	Cilindro de cepillado	Cepilladora	16	1,6	25,6	26,1
	Despuntadora	Disco 1	10	1,9	19	20,3
		Disco 2	10	1,9	19	20,3
Cinta transportadora		10	1,9	19	20,3	
Área 2	Cámara de secado 1	Ventilador 1	10	1,9	19	20,3
		Ventilador 2	10	1,9	19	20,3
		Ventilador 3	16	1,6	25,6	26,1
		Ventilador 4	16	1,6	25,6	26,1
		Ventilador 5	16	1,6	25,6	26,1
		Extractor	16	1,6	25,6	26,1
		Cámara de secado 2	Ventilador 1	10	1,9	19	20,3
	Ventilador 2		10	1,9	19	20,3
	Ventilador 3		10	1,9	19	20,3
	Ventilador 4		10	1,9	19	20,3
	Ventilador 5		10	1,9	19	20,3
	Ventilador 6		10	1,9	19	20,3

CONTINUA

		Ventilador 7	10	1,9	19	20,3
		Extractor	16	1,6	25,6	26,1
	Despuntadora	Disco 1	10	1,9	19	20,3
		Disco 2	10	1,9	19	20,3
		Cinta transportadora	10	1,9	19	20,3
	Acanalador	Cilindros de cepilladora	100	1,6	160	166,75
		Sistema de transporte	10	1,9	19	20,3
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	Cabezal 1	63	1,6	100,8	108,75
		Cabezal 2	63	1,6	100,8	108,75
		Cabezal 3	63	1,6	100,8	108,75
		Cabezal 4	63	1,6	100,8	108,75
		Cabezal 5	63	1,6	100,8	108,75
		Cabezal 6	63	1,6	100,8	108,75
	Multisierra	Banda de transporte	16	1,6	25,6	26,1
		Cinta transportadora	50	1,6	80	108,75
		Cierra de corte	16	1,6	25,6	26,1
	Sierra fileteadora	Extractor	10	1,9	19	20,3
		Disco de corte 1	16	1,6	25,6	26,1
	Cepilladora	Cilindro de cepillado	16	1,6	25,6	26,1
		Cilindro	10	1,9	19	20,3
		Cilindro	10	1,9	19	20,3
	Cepilladora de doble cara	Motor principal de rodillos de corte	63	1,6	100,8	108,75
		Motor principal de rodillos de corte	63	1,6	100,8	108,75
		Extractor de desechos	100	1,6	160	166,75
	Biseladora 2	Cuchilla	10	1,9	19	20,3
	Biseladora 1	Motor de biseladora	10	1,9	19	20,3
		Cinta	2	2,1	4,2	20,3
	Cortadora de tacos	Disco de corte	10	1,9	19	20,3
	Sistema de compresión	Compresor	63	1,6	100,8	108,75

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Aplicando el mismo procedimiento vamos a calcular los disyuntores para el sub tablero con la información de la Tabla 10-3, con la cual se desarrolló la Tabla 17-3.

Tabla 17-3: Cálculo de disyuntores termomagnéticos para los sistemas, condición 2

Subtableros	Sistema	Intensidad nominal fusibles	Factor de multiplicación	Intensidad de fusión	Intensidad del conductor
Área 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	80	1,6	128	188,5
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	160	1,6	256	282,75
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	200	1,6	320	326,25
	Cepilladora de cilindro	16	1,6	25,6	26,1
	Despuntadora	35	1,6	56	58
Área 2	Cámara de secado 2	80	1,6	128	137,75
	Acanaladora	100	1,6	160	188,5
	Sierra fileteadora	16	1,6	25,6	26,1

CONTINUA

	Cortadora de cinta de 6 cabezales	400	1,6	640	688,75
	Multisierra	80	1,6	128	137,75
	Cepilladora doble cara	200	1,6	320	326,25
	Despuntadora	35	1,6	56	58
	Cepilladora de cilindros	35	1,6	56	58
	Cortadora de tacos	10	1,9	19	26,1
	Biseladora 1	16	1,6	25,6	26,1
	Biseladora 2	10	1,9	19	26,1
	Sistema de compresión de aire	63	1,6	100,8	108,75
	Cámara de secado 1	80	1,6	128	137,75

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.2.5 Cálculo de los relés térmicos

Para el cálculo de los relés térmicos de los equipos aplicaremos las ecuaciones (8) y (9) en donde es necesario obtener información adicional que fue recopilada en la Tabla 18-3.

Tabla 18-3: Datos recopilados de los motores eléctricos del área 1 y 2

Área	Sistemas	Equipo	Intensidad nominal	Intensidad máxima	Intensidad mínima	V real	V max	V min	
Área 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	Cabezal 1	56,84	52	0	224	220	0	
		Cinta transportadora	8,74	8,58	0	223	220	0	
	Cortadora de cinta de 2 cabezal	Cabezal 1	56,84	52	0	221	220	0	
		Cabezal 2	56,84	52	0	220	220	0	
		Banda de transporte	8,74	8,58	0	221	220	0	
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	Cabezal 1	56,84	52	0	221	220	0	
		Cabezal 2	56,84	52	0	222	220	0	
		Cabezal 3	56,84	52	0	221	220	0	
		Banda de transporte	8,74	8,58	0	222	220	0	
	Cilindro de cepillado	Cepilladora		14,56	14	0	224	220	0
Despuntadora			Disco 1	8,74	8,58	0	223	220	0
			Disco 2	8,74	8,58	0	222	220	0
		Cinta transportadora	8,74	8,58	0	221	220	0	
Área 2	Cámara de secado 1	Ventilador 1	8,74	8,58	0	223	220	0	
		Ventilador 2	8,74	8,58	0	223	220	0	
		Ventilador 3	13,71	14	0	223	220	0	
		Ventilador 4	13,71	14	0	224	220	0	
		Ventilador 5	14,04	14	0	223	220	0	
		Extractor	11,65	15	0	223	220	0	
	Cámara de secado 2	Ventilador 1	8,74	8,58	0	224	220	0	
		Ventilador 2	8,74	5,1	0	222	220	0	
		Ventilador 3	8,74	5,1	0	221	220	0	
		Ventilador 4	8,74	5,1	0	223	220	0	
		Ventilador 5	8,74	5,1	0	222	220	0	
		Ventilador 6	8,74	5,1	0	221	220	0	
		Ventilador 7	8,74	5,1	0	223	220	0	
	Extractor	14,22	14	0	224	220	0		

CONTINUA

	Despuntadora	Disco 1	8,74	8,58	0	223	220	0
		Disco 2	8,74	8,58	0	223	220	0
		Cinta transportadora	8,74	8,58	0	222	220	0
	Acanalador	Cilindros de cepilladora	85,26	75,5	0	223	220	0
		Sistema de transporte	8,74	8,58	0	222	220	0
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	Cabezal 1	46,24	56	0	222	220	0
		Cabezal 2	46,24	56	0	220	220	0
		Cabezal 3	46,24	56	0	220	220	0
		Cabezal 4	46,24	56	0	224	220	0
		Cabezal 5	46,24	56	0	221	220	0
		Cabezal 6	46,24	56	0	222	220	0
		Banda de transporte	11,1	11	0	224	220	0
	Multisierra	Cinta transportadora	42,63	30	0	220	220	0
		Cierra de corte	13,87	14	0	222	220	0
		Extractor	8,32	8,58	0	221	220	0
	Sierra fileteadora	Disco de corte 1	14,56	14	0	221	220	0
	Cepilladora	Cilindro de cepillado	14,56	8,58	0	221	220	0
		Cilindro	8,74	8,58	0	222	220	0
		Cilindro	8,74	8,58	0	222	220	0
	Cepilladora de doble cara	Motor principal de rodillos de corte	46,77	49,1	0	222	220	0
Motor principal de rodillos de corte		46,77	49,1	0	224	220	0	
Extractor de desechos		81,3	73,5	0	224	220	0	
Biseladora 2	Cuchilla	8,74	8,58	0	223	220	0	
Biseladora 1	Motor de biseladora	8,74	8,58	0	222	220	0	
	Cinta	1,46	2,97	0	221	220	0	
Cortadora de tacos	Disco de corte	8,74	8,58	0	220	220	0	
Sistema de compresión	Compresor	56,84	81	0	220	220	0	

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Vamos a la Tabla 18-3 en donde se obtiene los datos para calcular el relé térmico para un motor de la cámara de secado 1 en donde $|V|$:

$$|V| = \frac{223-0}{220-0} = 1,01$$

Dando como resultado que el relé térmico para este motor es de:

$$I_r = 8,74 + (8,58 - 0) * 1,01 = 17,43$$

A lo que se refiere que el relé térmico debe ser ajustado a 18 A, de igual manera que se realizó el cálculo para los demás equipos de la planta como se muestra en la Tabla 19-3.

Tabla 19-3: Cálculo de los relés térmicos

Área	Sistemas	Equipo	|V|	Intensidad del relé térmico	Valor de ajuste del relé térmico
Área 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	Cabezal 1	1,02	109,78	110
		Cinta transportadora	1,01	17,43	17
	Cortadora de cinta de 2 cabezal	Cabezal 1	1	109,07	109
		Cabezal 2	1	108,84	109
		Banda de transporte	1	17,36	17
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	Cabezal 1	1	109,07	109
		Cabezal 2	1,01	109,31	109
		Cabezal 3	1	109,07	109
		Banda de transporte	1,01	17,39	17
	Cilindro de cepillado	Cepilladora	1,02	28,81	29
	Despuntadora	Disco 1	1,01	17,43	17
		Disco 2	1,01	17,39	17
		Cinta transportadora	1	17,36	17
Área 2	Cámara de secado 1	Ventilador 1	1,01	17,43	17
		Ventilador 2	1,01	17,43	17
		Ventilador 3	1,01	27,9	28
		Ventilador 4	1,02	27,96	28
		Ventilador 5	1,01	28,23	28
		Extractor	1,01	26,85	27
	Cámara de secado 2	Ventilador 1	1,02	17,47	17
		Ventilador 2	1,01	13,88	14
		Ventilador 3	1	13,86	14
		Ventilador 4	1,01	13,91	14
		Ventilador 5	1,01	13,88	14
		Ventilador 6	1	13,86	14
		Ventilador 7	1,01	13,91	14
		Extractor	1,02	28,47	28
	Despuntadora	Disco 1	1,01	17,43	17
		Disco 2	1,01	17,43	17
		Cinta transportadora	1,01	17,39	17
	Acanalador	Cilindros de cepilladora	1,01	161,78	162
		Sistema de transporte	1,01	17,39	17
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	Cabezal 1	1,01	102,75	103
		Cabezal 2	1	102,24	102
		Cabezal 3	1	102,24	102
		Cabezal 4	1,02	103,26	103
Cabezal 5		1	102,5	102	

CONTINUA

		Cabezal 6	1,01	102,75	103
		Banda de transporte	1,02	22,3	22
	Multisierra	Cinta transportadora	1	72,63	73
		Cierra de corte	1,01	28	28
		Extractor	1	16,94	17
	Sierra fileteadora	Disco de corte 1	1	28,62	29
	Cepilladora	Cilindro de cepillado	1	23,18	23
		Cilindro	1,01	17,39	17
		Cilindro	1,01	17,39	17
	Cepilladora de doble cara	Motor principal de rodillos de corte	1,01	96,32	96
		Motor principal de rodillos de corte	1,02	96,76	97
		Extractor de desechos	1,02	156,14	156
	Biseladora 2	Cuchilla	1,01	17,43	17
	Biseladora 1	Motor de biseladora	1,01	17,39	17
		Cinta	1	4,44	4
	Cortadora de tacos	Disco de corte	1	17,32	17
	Sistema de compresión	Compresor	1	137,84	138

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.2.6 *Cálculo de los guarda motores*

Para la sección de los guarda motores se aplica la ecuación (10) de donde se despejó la potencia eléctrica como se muestra a continuación:

$$P_E = \frac{2238W}{0.83} = 2696.33W$$

Obteniendo la potencia eléctrica se aplica la ecuación (1) para determinar la intensidad eléctrica como se muestra a continuación.

$$I = \frac{2696,33}{\sqrt{3} * 220V * 0,83} = 8.74 A$$

A esta intensidad calculada se multiplica por un factor de servicio de 1.15 que se obtiene de la Tabla 5-3 y Tabla 6-3 lo que da como resultado que:

$$I_f = 8.74A * 1.15 = 10.05$$

Determinada esta intensidad pasamos a seleccionar en los catálogos de la Figura 7-2 que para 10.03A nos da como resultado un guarda motor con un rango de regulación de 8-12 A.

Aplicando los cálculos vistos en esta sección determinamos los guarda motores para cada motor de los sistemas con lo que se desarrolló la Tabla 20-3 como se muestra a continuación:

Tabla 20-3: Selección de los guarda motores para los equipos

Área	Sistemas	Equipo	Potencia del motor	Intensidad de seguridad	Intensidad nominal del guarda motor	Designación	Rango de ajuste
Área 1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	Cabezal 1	20	65,36	80	Mpw80-3-U080	65A-80A
		Cinta transportadora	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Cortadora de cinta de 2 cabezal	Cabezal 1	20	65,36	80	Mpw80-3-U080	65A-80A
		Cabezal 2	20	65,36	80	Mpw80-3-U080	65A-80A
		Banda de transporte	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	Cabezal 1	20	65,36	80	Mpw80-3-U080	65A-80A
		Cabezal 2	20	65,36	80	Mpw80-3-U080	65A-80A
		Cabezal 3	20	65,36	80	Mpw80-3-U080	65A-80A
		Banda de transporte	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Cilindro de cepillado	Cepilladora	5	16,74	18	Mpw18-3U018	12A-18A
	Despuntadora	Disco 1	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Disco 2	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Cinta transportadora	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
Área 2	Cámara de secado 1	Ventilador 1	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Ventilador 2	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Ventilador 3	5	15,77	18	Mpw18-3U018	12A-18A
		Ventilador 4	5	15,77	18	Mpw18-3U018	12A-18A
		Ventilador 5	5	16,15	18	Mpw18-3U018	12A-18A
		Extractor	4	13,4	18	Mpw18-3U018	12A-18A
	Cámara de secado 2	Ventilador 1	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Ventilador 2	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Ventilador 3	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Ventilador 4	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Ventilador 5	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Ventilador 6	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Ventilador 7	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Extractor	5	16,35	18	Mpw18-3U018	12A-18A	
Despuntadora	Disco 1	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A	

CONTINUA

		Disco 2	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Cinta transportadora	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Acanalador	Cilindros de cepilladora	30	98,04	100	Mpw100-3U100	80A-100A
		Sistema de transporte	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	Cabezal 1	20	53,18	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Cabezal 2	20	53,18	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Cabezal 3	20	53,18	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Cabezal 4	20	53,18	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Cabezal 5	20	53,18	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Cabezal 6	20	53,18	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Banda de transporte	4	12,76	16	Mpw18-3U016	10A-16A
	Multisierra	Cinta transportadora	15	49,02	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Cierra de corte	5	15,96	18	Mpw18-3U018	12A-18A
		Extractor	3	9,57	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Sierra fileteadora	Disco de corte 1	5	16,74	18	Mpw18-3U018	12A-18A
	Cepilladora	Cilindro de cepillado	5	16,74	18	Mpw18-3U018	12A-18A
		Cilindro	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Cilindro	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Cepilladora de doble cara	Motor principal de rodillos de corte	20	53,78	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Motor principal de rodillos de corte	20	53,78	65	Mpw80-3U65	50A-65A
		Extractor de desechos	30	93,5	100	Mpw100-3U100	80A-100A
	Biseladora 2	Cuchilla	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Biseladora 1	Motor de biseladora	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
		Cinta	0,5	1,67	2,5	Mpw12-3-D025	1,6A-2,5A
	Cortadora de tacos	Disco de corte	3	10,05	12	Mpw12-3-U012S	8A-12A
	Sistema de compresión	Compresor	20	65,36	65	Mpw80-3U65	50A-65A

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.2.7 *Elaboración de los diagramas unifilares*

Los diagramas unifilares son una interpretación simplificada de componentes eléctricos de un circuito de potencia, por lo cual se desarrolló en base a la norma IEC 60617 que maneja la nomenclatura de los dispositivos, los diagramas unifilares de los sistemas se encuentran desarrollados en el ANEXO A.

3.2.8 *Diseño de sub tableros y tableros de control*

Para el rediseño de los sub tableros de las dos áreas de la planta vamos a la Tabla 10-3, donde se determinó la intensidad de consumo de los sistemas. De igual manera para estos sub tableros se va a incluir una protección mediante disyuntores electromagnéticos como se muestra en la Tabla 15-3 y la Tabla 17-3 Con las protecciones ya seleccionadas, seleccionamos la platina de cobre para la conexión de cableado de los sistemas, con lo cual aplicando la ecuación (4) determinamos la intensidad de las platinas para cada sub tablero como se muestra en la Tabla 21-3.

Tabla 21-3: Selección de platinas de cobre

Sub tableros	Intensidad	Intensidad por factor de seguridad	Intensidad de platinas de cobre
Área 1	338,63	423,29	480
Área 2	414,85	518,56	582

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Para los envoltorios se recomienda un grado IP 54 por el medio en el que se encuentra la planta y cuya designación fue extraída de la Tabla 4-2.

3.2.9 *Rediseño de los Sub tableros eléctricos*

Para la planta se propone dos sub tableros eléctricos, para el área 1 se propone los competentes como se muestra en Tabla 22-3 que fue desarrollada con la información de la Tabla 17-3 y la Tabla 21-3.

Tabla 22-3: Diseño de Sub tablero eléctrico del área 1

Sub tablero área 1					
Componentes	Cantidad	Unidad	Designación	Descripción	Características nominales
Aislador	2	UNI	Aislador escalera 4p	Aislador de escalera con c/pernos	33mm 1 (1/4) ancho
Barras	3	UNI	Platina de cobre	Platina de cobre 1/4x1(1/4)	Corriente nominal 480 amp, temperatura de operación 65°C
Disyuntores electromagnéticos	1	UNI	NR2-25 CHINT 1350		Corriente nominal 12 a 18 Amp
	1	UNI	NR2-93 CHINT 1367		Corriente nominal 30 a 40 amp
	1	UNI	NR2-93 CHINT 1378		Corriente nominal 80 a 93 amp
	2	UNI	CHINT NRE8 - 200 140-200		Corriente nominal 140-200
Gabinetes	1	UNI	NXW5-10060/40		100x60x40 cm
Rieles metálicos	2	UNI	SKU: J40810	Riel Din	35mm x 1m

Realizado por: Autores, 2021.

de igual manera para el sub tablero del área 2 se determinó la siguiente la Tabla 23-3 con la información de la Tabla 17-3 y la Tabla 21-3.

Tabla 23-3: Diseño de Sub tablero eléctrico del área 2

Subtablero área 2					
Componentes	Cantidad	UNIDAD	Designación	Descripción	Características nominales
Aislador	2	UNI	AISLADOR ESCALERA 4P	Aislador de escalera con c/pernos	44mm 1 (1/4) ancho
Barras	3	UNI	Platina de cobre	Platina de cobre 1/4x1(1/2)	Corriente nominal 583 amp, temperatura de operación 65°C
Disyuntor electromagnético	2	UNI	NR2-25 CHINT 1347		Corriente nominal 9 a 12 Amp
	2	UNI	NR2-25 CHINT 1350		corriente nominal 12 a 18 Amp
	2	UNI	NR2-93 CHINT 1367		corriente nominal 30 a 40 amp
	1	UNI	NR2-93 CHINT 1374		corriente nominal 80 a 93 amp
	3	UNI	NR2-93 CHINT 1378		corriente nominal 80 a 93 amp
	1	UNI	CHINT NRE8 100 50-100		Corriente nominal 50 a 100 amp
	1	UNI	CHINT NRE8 - 200 140-200		Corriente nominal 140-200
	1	UNI	RT5C		Corriente nominal 250-400
Gabinete	1	UNI	NXW5-10060/40		100x60x40 cm
Rieles metálicos	2	UNI	SKU: J40810	Riel Din	35mm x 1m

Realizado por: Autores,2021.

Para los tableros de control de los sistemas se seleccionaron los componentes eléctricos con los diagramas desarrollados en ANEXO A y la información la Tabla 16-3, Tabla 19-3, y Tabla 20 dando como resultado la Tabla 24-3.

Tabla 24-3: Componentes para el rediseño de los tableros de control

SISTEMA	Acanaladora				
Componentes	Cantidad	Unidad	Descripción	Características nominales	
Fusible	1	UNI	Fusible y Base porta fusible 10*30 1 polo 500V china	voltaje nominal: AC500V	
Pulsador NC	1	UNI	Pulsador auxiliar de mando	Voltaje nominal hasta 415Vca	
				Intensidad nominal de 1,9A	
				Diámetro: 22mm	
				Grado de protección Ip65	
Pulsador NA	1	UNI	Pulsador Auxiliar de Mando	Volante nominal hasta 415Vcat	
				Intensidad nominal de 1,9A	
				diámetro: 22mm	

CONTINUA

				Grado de protección Ip65
				Color Rojo
Botón de paro	1	UNI	Pulsador de Hongo con retenida NA+NC NP2	Voltaje nominal hasta 230Vca
				Intensidad nominal de 4,5A
				Diámetro: 22mm
				Grado de protección Ip40
				Color Rojo
Bobina contactor trifásico	1	UNI	Contactor trifásico 95Amp	Voltaje (110/220/440)
				Hp 34 / KW 11
	1	UNI	Contactor Trifásico 9Am	Voltaje (24/110/220/440)
				Hp 3 / KW 2,2
				intensidad nominal 9A
Contactos auxiliares	2	UNI	Bloque de contactores	-
Luz piloto GN	2	UNI	Luz piloto verde	Voltaje hasta 400Vca/Vcc
				Grado de protección Ip65
				Cabeza plana, saliente diámetro 22mm
luz piloto RD	2	UNI	luz piloto Roja	Voltaje hasta 400Vca/Vcc
				Grado de protección Ip65
				Cabeza plana, saliente diámetro 22mm
Relé térmico	1	UNI		corriente nominal desde 2,5 a 25 amp
	1	UNI		corriente nominal desde 80 a 100 amp
Temporizador	1	UNI	Timar para contactor	Timer 0-30segundos
Guardamotor	1	UNI		Terminal box
				Rango de corriente 80-100amp
	1	UNI	Guarda motor	Terminal tornillo
				Rango de corriente 8 a 12 amp
				Grado de protección 20
Tablero de control	1	UNI	Gabinete	60x40x20cm
				220/380V,50/60Hz
				Grado de protección Ip 65
				Montaje superficie exterior
Rieles metálicos	1	MT	Riel Din	35mm x 1m
Canaletas	1	MT	Canaleta ranurada gris	25X40mm
Conductor	1	MT	cable flexible	TFF · 18AWG

Realizado por: Autores,2021.

3.3 Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento para la planta PISMADE S.A., se va a centrar en los sistemas operativos de las dos áreas que componen la planta, estos sistemas operan en diferentes turnos, mediante este plan se definirá las tareas de mantenimiento planificadas en un cronograma para cada sistema, la maquinaria de esta planta está compuesta en su mayoría por equipos eléctricos.

3.3.1 Codificación de los equipos

La planta PISMADE S.A. es una de las dos sucursales del grupo Haro madera, para la codificación de los equipos se estableció en base a la estructura de la Figura 10-2.

3.3.1.1 Primer nivel

La codificación establecida para el primer nivel se designa con dos dígitos alfabéticos, al pertenecer la planta a un consorcio y ser una sucursal de Grupo Haro Madera ubicada en Calpi se estableció el código para la planta PISMADE S.A. como se muestra en la Tabla 25-3.

Tabla 25-3: Codificación a nivel de planta

PLANTAS DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	
	ALF.	ALF.
Planta PISAMDE. S.A (principal)	-	
Planta PISAMDE. S.A (Sucursal Calpi)	P	C

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.3.1.2 Segundo nivel

La codificación para el segundo nivel como es a nivel de área consta de dos dígitos, uno alfabético y uno numérico como se muestra en la Tabla 26-3.

Tabla 26-3: Codificación a nivel área

ÁREAS DESCRIPCIÓN	CODIGO	
	ALF.	NUM.
Área de preparación de material	A	1
Área de fabricación de palés	A	2

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.3.1.3 Tercer nivel

El tercer nivel o nivel de sistemas el código consta de la siguiente estructura, de dos letras que definirán el nombre del equipo y un dígito numérico, este se definirá según el número de sistemas similares en el área cuyo resultado se muestra en la Tabla 27-3.

Tabla 27-3: Codificación nivel sistema

PISMADE S.A.			CODIFICACIÓN DE PLANTA CALPI			
ÁREA	COD.		SISTEMA	COD.		
DESCRIPCIÓN	ALF	NUM	DESCRIPCIÓN	ALF	ALF	NUM
ÁREA DE PREPARACIÓN DE MATERIAL	A	1	Cepilladora de cilindro	C	P	1
			Cortadora de cinta de 1 cabezales	C	C	1
			Cortadora de cinta de 2 cabezales	C	C	2
			Cortadora de cinta de 3 cabezales	C	C	3
			Despuntadora	C	D	1
ÁREA DE FABRICACIÓN DE PALÉS	A	2	Acanaladora	A	C	1
			Biseladora 1	B	S	1
			Biseladora 2	B	S	2
			Cámara de secado 1	C	S	1
			Cámara de secado 2	C	S	2
			Cepilladora de cilindros	C	P	2
			Cepilladora doble cara de 635ah	C	P	1
			Cortadora de cinta de 6 cabezales	C	C	1
			Despuntadora	C	D	1
			Multisierra	M	S	1
			Sierra fileteador	F	T	1
			Sierra cortadora de tacos	S	T	1
Sistema de compresión de aire	S	C	1			

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.3.1.4 Cuarto nivel

La codificación para el cuatro nivel o nivel de equipo presenta la estructura de dos letras, la primera letra designa el tipo de equipos, E para eléctrico, M para mecánico, la segunda letra define una característica de equipo y además consta de un dígito numérico como se puede observar en la siguiente Tabla 28-3.

Tabla 28-3: Codificación a nivel de equipo

<i>PISMADE S.A.</i>			<i>CODIFICACIÓN DE PLANTA CALPI</i>								
ÁREA	COD.		SISTEMA	COD.			EQUIPO	COD.			
DESCRIPCIÓN	ALF	NUM	DESCRIPCIÓN	ALF	ALF	NUM	DESCRIPCIÓN	ALF	ALF	ALF	NUM
ÁREA DE FABRICACION DE PALETS	A	1	Cepilladora de cilindro	C	P	1	Motor de cepillo	E	C	P	1
			Cortadora de cinta de 1 cabezales	C	C	1	Cabezal 1	E	C	B	1
							Motor-reductor	E	M	R	1
							Cintra transportadora	M	C	T	1
							Circuito de refrigeración	M	C	R	1
							Tablero de control	E	T	C	1
			Cortadora de cinta de 2 cabezales	C	C	2	Cabezal 1	E	C	B	1
							Cabezal 2	E	C	B	2
							Motor-reductor	E	M	R	1
							Cintra transportadora	M	C	T	1
							Sistemas de refrigeración	M	S	R	1
			Cortadora de cinta de 3 cabezales	C	C	3	Cabezal 1	E	C	B	1
							Cabezal 2	E	C	B	2
							Cabezal 3	E	C	B	3
							Motor-reductor	E	M	R	1
							Cintra transportadora	M	C	T	1
			Despuntadora	C	D	1	Sistemas de refrigeración	M	S	R	1
							Motor del disco de corte 1	E	M	D	1
							Motor del disco de corte 2	E	M	D	2
							Motor de la cadena transportadora	E	M	T	1
							Cadena transportadora	M	C	T	1
ÁREA DE FABRICACION DE PALETS	A	2	Acanaladora	A	C	1	Tablero de control	E	T	C	1
							Motor de cilindros de cepillado	E	C	P	1
							Motor de cadena de transporte	E	M	T	1
							Cadena transportadora	M	C	T	1
			Biseladora 1	B	S	1	Motor de la Biseladora	E	M	B	1
							Motor de cinta transportadora	E	M	T	1

CONTINUA

					Cintra transportadora	M	C	T	1			
					Sistema neumático	M	S	N	1			
					Tablero de control	E	T	C	1			
				Biseladora 2	B	S	2	Motor de la biseladora	E	M	B	1
				Cámara de secado 1	C	S	1	Horno de quemado	M	H	Q	1
								tubos de transmisión de calor	M	T	T	1
								Chimenea	M	C	H	1
								Cámara	M	C	M	1
								Ventiladores 1	E	M	V	1
								Ventiladores 2	E	M	V	2
								Ventiladores 3	E	M	V	3
								Ventiladores 4	E	M	V	4
								Ventiladores 5	E	M	V	5
								Motor del extractor	E	M	E	1
								Tablero de control	E	T	C	1
				Cámara de secado 2	C	S	2	Horno de quemado	M	H	Q	1
								tubos de transmisión de calor	M	T	T	1
								Chimenea	M	C	H	1
								Cámara	M	C	M	1
								Ventiladores 1	E	M	V	1
								Ventiladores 2	E	M	V	2
								Ventiladores 3	E	M	V	3
								Ventiladores 4	E	M	V	4
								Ventiladores 5	E	M	V	5
								Ventiladores 6	E	M	V	6
								Ventiladores 7	E	M	V	7
				Extractor	E	M	V	8				
				Tablero de control	E	T	C	1				
				Cepilladora de cilindros	C	P	2	Motor del cepillo 1	E	C	P	1
								Motor del cepillo 2	E	C	P	2
								Motor del cepillo 3	E	C	P	3
								Tablero de control	E	T	C	1
				Cepilladora doble cara de 635ah	C	P	1	Motor del cepillo 1	E	C	P	1

CONTINUA

						Motor del cepillo 2	E	C	P	2			
						Motor-ventilador del extractor de desechos	E	M	E	1			
						Tubo de extractor de desechos	M	T	E	1			
						Tablero de control	E	T	C	1			
					Cortadora de cinta de 6 cabezales	C	C	1	Cabezal 1	E	C	B	1
						Cabezal 2	E	C	B	2			
						Cabezal 3	E	C	B	3			
						Cabezal 4	E	C	B	4			
						Cabezal 5	E	C	B	5			
						Cabezal 6	E	C	B	6			
						Motor-reductor	E	M	R	1			
						Cintra transportadora	M	C	T	1			
						Sistemas de refrigeración	M	S	R	1			
						Tablero de control	E	T	C	1			
					Despuntadora	C	D	1	Motor del disco de corte 1	E	M	D	1
						Motor del disco de corte 2	E	M	D	2			
						Motor de la cadena transportadora	E	M	T	1			
						Cadena transportadora	M	C	T	1			
						Tablero de control	E	T	C	1			
					Multisierra	M	S	1	Motor del disco de corte	E	M	D	1
						Motor de la cinta transportadora	E	M	T	1			
						Cinta transportadora	E	C	T	1			
						Extractor de desechos	E	M	E	1			
						Tablero de control	E	T	C	1			
					Sierra fileteador	F	T	1	Disco de fileteadora	E	M	F	1
					Sierra cortadora de tacos	S	T	1	Disco de corte	E	M	C	1
					Sistema de compresión de aire	S	C	1	Motor compresor	E	C	A	1
						Compresor	M	C	A	1			
						Tanque de almacenaje de aire 1	M	T	A	1			
						Líneas de distribución de aire	M	L	D	1			
						Pistola de clavos 1	M	P	C	1			
						Pistola de clavos 2	M	P	C	2			
						Pistola de clavos 3	M	P	C	3			
					Pistola de clavos 4	M	P	C	3				

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.3.2 Fichas técnicas

3.3.2.1 Ficha técnica a nivel de sistema y equipo

El formato para los sistemas se desarrolló en la Tabla 9-2 y cuya información se obtiene de la inspección del sistema y de la mano de los operadores con lo cual se desarrolló la Tabla 29-3 como se muestra a continuación:

Tabla 29-3: Ficha técnica de la cortadora de 2 cabezales

<u>PISMADE S.A.</u>	FICHA TÉCNICAS SISTEMA	Versión 02	
	MANTENIMIENTO	Fecha de aprobación	-
Sistema	Cortadora de cinta de 2 cabezales	Código.	CC2
Ubicación	Línea secundaria de producción del área 1.		
Función	Cortar longitudinalmente el material a una velocidad de 15 m/s y obtener 360 unidades por hora.		
Descripción	Sistema que está conformado por un cabezal que está compuesto por un conjunto de bandas y poleas conectadas a dos tambores metálicos, en donde se coloca la sierra de corte y refrigerado por agua, todo montado sobre un sistema de banda transportadora y rodillos de presión conectados a un motor reductor con una transmisión por cadena y un circuito de control independiente para cada motor.		
Características			
Marca: -			
Serie: -			
Modelo: -			
Fabricante: Nacional			
Color: Gris			
Fuente de alimentación: 220v			
Potencia: 20 hp			
Dimensiones (Alto x Largo x Ancho): 2x4x1,2 m			
Material: Acero			
Año de adquisición: 2006			
Capacidad instalada: 6 unidades/min.			
Encargado:				Sr. Salomón Latorre
Recomendaciones de uso	Cortar longitudinalmente el material a una velocidad de 15 m/s y obtener 360 unidades por hora. Retirar el material en acumulado de residuos.		

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

De igual manera para las fichas técnicas a nivel de equipo se utilizó el formato de Tabla 10-2 y los datos la Tabla 5-3 y la Tabla 6-3 y, con lo cual se desarrolló la Tabla 30-3 como se muestra a continuación:

Tabla 30-3: Ficha técnica del cabezal 2

<u>PISMADE</u> <u>S.A.</u>	FICHA TÉCNICAS EQUIPOS				VERSIÓN 02	
	MANTENIMIENTO				Fecha de aprobación:	-
Código del equipo	Sistema:	Cortadora de cinta de 2 cabezales				
	Equipo:	Cabezal 1	Modelo:	WE22	Color:	AZUL
ECB1	Marca:	WEG	Serie:	1,022E+09	Fecha vigencia ficha:	-
Descripción:	El equipo es un motor acoplado por poleas y bandas a un tambor en donde se monta la cinta de corte cubierto con una carcasa metálica.					
A cargo de:	Mecánico	Paguay Cují Jonathan Javier				
Datos técnicos						
Tensión:	220V	Factor de potencia:	0,83			
Intensidad:	52A	Factor de servicio:	1,15			
Potencia:	20Hp	Rpm:	1765			
Frecuencia:	60hz	Temperatura operación:	40°C			
Eficiencia:	83%	Peso neto:	N/A			

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

El desarrollo de las fichas técnicas de los sistemas y equipos de la planta se encuentra en el ANEXO C.

3.3.3 *Análisis de criticidad*

El análisis de criticidad de los sistemas se realizó de manera cualitativa con el diagrama de la Figura 12-2 obteniendo la siguiente Tabla 31-3.

Tabla 31-3: Análisis de criticidad de los sistemas

CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DE PISMADE S.A.										
Realizado por:		Ronald Villa, Flavio Latorre								
Fecha:		11/01/2021								
Revisado por:		.....							
N°	Equipo	Medio ambiente	Seguridad	Calidad	Trabajo	Entrega	Fiabilidad	Mantenibilidad	Clasificación	
ÁREA DE PREPARACIÓN DEL MATERIAL										
1	Cortadora de cinta de 1 cabezal	C	C	B	C	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
2	Cortadora de cinta de 2 cabezales	C	B	B	C	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
3	Cortadora de cinta de 3 cabezales	C	B	B	C	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
4	Cepilladora de cilindro	C	B	B	C	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
5	Despuntadora	C	B	B	C	C	-	-	C	(PRESCINDIBLE)
ÁREA DE FABRICACIÓN DE PALÉS										
1	Acanaladora	C	B	B	C	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
2	Biseladora 1	C	C	A	-	-	-	-	A	(CRITICO)
3	Biseladora 2	C	C	B	C	B	C	C	C	(PRESCINDIBLE)
4	Cámara de secado 1	B	C	B	A	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
5	Cámara de secado 2	B	C	B	A	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
6	Cepilladora de cilindros	C	C	B	C	B	A	B	B	(IMPORTANTE)
7	Cepilladora doble cara de 635ah	C	C	A	-	-	-	-	A	(CRITICO)
8	Cortadora de cinta de 6 cabezales	C	B	B	C	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
9	Cortadora de tacos	C	C	C	C	C	-	-	C	(PRESCINDIBLE)
10	Despuntadora	C	B	B	A	B	B	B	B	(IMPORTANTE)
11	Multisierra	C	B	B	B	A	A	A	A	(CRITICO)
12	Sierra fileteadora	C	B	C	C	C	-	-	C	(PRESCINDIBLE)
13	sistema de compresión de aire	C	C	B	B	A	A	A	A	(CRÍTICO)

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.4 Aplicación de la metodología del RCM

La metodología del RCM se aplicará a los sistemas que compone el área de preparación y fabricación de palés dando respuesta a las siete preguntas planteadas.

3.4.1 ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento?

3.4.1.1 Contexto operacional

El contexto operacional de los sistemas nos indica del cómo opera el sistema y mediten el formato de la Tabla 11-2 se desarrolló la Tabla 32-3 en donde se describe el contexto operacional de la biseladora 1.

Tabla 32-3: Contexto operacional de la biseladora 1

Contexto operacional	
Sistema	Biseladora 1
Aspectos	Descripción
Aspectos climáticos de la región	Calpi está a una altura de 3250 metros al nivel de mar, con una temperatura promedio de 5°C a 13 °C con un clima relativamente frío, semi húmedo al encontrarse en la sierra centro.
Distribución del sistema en la planta	El sistema se encuentra instalada en el área 2 de la planta, dicha área es de 2143,68 m2 con una base de hormigón con varias naves(cubierta) que ofrecen una protección parcial del material y la maquinaria al no poseer paredes laterales.
Sistemas de producción	El sistema opera en una línea de mixto o bajo pedido.
Capacidad	La capacidad instalada es de 600 unidades/hora.
Operación	La biseladora es un sistema que realiza biseles laterales en los bordes de la madera mediante un rodillo con varias cuchillas en un cilindro con una cinta transportadora que transporta la madera en donde el operador coloca varias tablas y pasan una a una al ser biseladas.
Turnos	La cepilladora opera en 1 turno con una jornada de 9 horas de lunes a viernes desde las 8:00-12:00 y 13:00-18:00 horas y los sábados media jornada de 5 horas desde las 8:00 hasta 13:00 horas.
Redundancia	Existe otro que realiza la misma operación, pero de manera manual.
Calidad	El acabado del cepillado de la madera es estándar o normal con ligeras imperfecciones visibles a simple vista
Riesgos a la seguridad	No existe un riesgo considerable para los operadores al tener las partes móviles y de corte cubiertas.
Impacto ambiental	No existe contaminación medioambiental.
Impacto a la producción	El impacto a la producción nulo y trabaja en un sistema bajo pedido.

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.4.1.2 Función principal de los equipos de la biseladora

La biseladora es un sistema que consta de varios equipos la cual cada uno de ellos cumple una función, con lo que se elaboró la Tabla 33-3.

Tabla 33-3: Funciones principal de los equipos de la biseladora 1

Código del equipo	Equipo	Nº	Función principal
PC-A2-BS1-EMB1	Motor de la Biseladora	1	Biselar los bordes de la madera a una velocidad de 20 m/s para obtener 600 unidades por hora.
PC-A2-BS1-EMT1	Motor de cinta transportadora	1	Girar la polea a una velocidad de 1750 rpm
PC-A2-BS1-MCT1	Cintra transportadora	1	Transporta la madera por la cinta de corte a una velocidad de 20 unidades /min
PC-A2-BS1-MSN1	Sistema neumático	1	Transportar aire a una presión de 7 Bar a pistón neumático
PC-A2-BS1-ETC1	Tablero de control	1	Controlar las operaciones del sistema alimentado con 220V desde el panel

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.4.2 ¿De qué manera falla?

Se establece las fallas funcionales partiendo de la función principal del sistema, para lo cual se consideró todos los posibles fallos que impiden que el motor eléctrico de la biseladora no trabaje en su contexto operacional actual. En la siguiente Tabla 34-3 se describe las fallas funcionales del sistema.

Tabla 34-3: Falla funcional

Equipo	Nº	Falla funcional
Motor de la Biseladora	1-A	No biselar los bordes de la madera a una velocidad de 20 m/s para obtener 600 unidades por hora.
Motor de cinta transportadora	1-A	No girar la polea a una velocidad de 1750 rpm
Cintra transportadora	1-A	No transporta la madera por la cinta de corte a una velocidad de 20 unidades /min
	1-B	No Transporta la madera por la cinta de corte a una velocidad menor 10 unidades /min
Sistema neumático	1-A	No transportar aire a una presión de 7 Bar a pistón neumático
Tablero de control	1-A	No Controlar las operaciones del sistema alimentado con 220V desde el panel

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.4.3 ¿Cuál es la causa de cada falla?

Luego de identificar las fallas funcionales se analiza los modos de falla que causa cada una de ellas, para ello se realizó entrevistas a los operarios y al mecánico con lo que se obtuvo los modos de falla del motor de la biseladora, los cuales se muestra en la Tabla 35-3.

Tabla 35-3: Modos de falla funcional del motor de la biseladora

N°	Modos de falla
1-A-1	Motor quemado por sobretensión
1-A-2	Ventilador obstruido por acumulación de polvo
1-A-3	Rodamientos agarrotados por sobrecarga
1-A-4	Rotura de bandas por carga mecánica
1-A-5	Cuchilla no desbasta la madera. Por pérdida de perfil

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.4.4 ¿Qué sucede cuando ocurre una falla?

Los efectos de falla para cada modo de falla fueron descritos según la opinión de los operarios y por información de gerencia con lo que se obtuvo la Tabla 36-3.

Tabla 36-3: Efectos y consecuencias de la falla de motor de la biseladora

N°	Modo De Falla (Causa)	(Efecto De La Falla)		Consecuencias	
		Evidentes	Devanado del motor quemado		
1-A-1	Motor quemado por sobretensión	Afectaciones	Afectación a la producción	Operacionales	
		Tiempo de parada	30 minutos para la detección y 20 minutos para el cambio del motor de ser necesario, tiempo total de para 50 minutos		
		Costo de parada:			\$289,52
		Costos operacionales	Costo de parada		\$35,00
		Costo de mano de obra	1 técnico costo hora		\$3,33
		Costo de repuestos	Motor de 3Hp WEG		\$247,00
		Costo de materiales	Guaípe y antioxidante		\$4,19
		Tarea correctiva	Cambio del motor del cepillo		
		Probabilidad de ocurrencia	En un intervalo mayor a 3 años		

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

La Tabla 36-3 detalla los efectos y consecuencias del modo de fallo 1-A-1 que es el motor quemado y requiere el cambio de motor, con consecuencias operacionales al parar el equipo por un lapso 50 min. En la Tabla 37-3 se detalla el análisis RCM para el motor de la biseladora, uno de los equipos que componen el sistema biseladora 1 del área 2.

3.4.5 *Hoja de información del RCM*

Una vez determinada las funciones, fallas funcionales, modos de falla (causas, efectos) y consecuencias del motor de biseladora, procedemos a llenar con dicha información que se encuentra en la Tabla 12-2 con lo que obtenemos la Tabla 37-3.

Tabla 37-3: Hoja de información del motor de la biseladora

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área:		Equipo: Motor de la biseladora		Facilitador:		Sr. Salomón Latorre		Página		
		Área de fabricación de palés		Código: EMB1		Auditor		Autores		Pag: 1-5		
		Sistema:		Realizado por:		Fecha de la auditoria:						
		Biseladora 1		Autores		15/1/2021						
N°	Función	N°	Falla Funcional	N°	Modo De Falla (Causa)	(Efecto De La Falla)				Consecuencias		
1	Biselar los bordes de la madera a una velocidad de 20 m/s para obtener 600 unidades por hora.	A	No biselar los bordes de la madera a una velocidad de 20 m/s para obtener 600 unidades por hora.	1	Motor quemado por sobrecarga	Evidentes		Devanado del motor quemado		Operacionales		
						Afectaciones		Afectación de la producción				
						Tiempo de parada		30 minutos para la detección y 20 minutos para el cambio del motor de ser necesario, tiempo total de para 50 minutos				
						Costo de parada:		\$289,52				
						Costos operacionales		Costo de parada			\$35,00	
						Costo de mano de obra		1 técnico costo hora			\$3,33	
						Costo de repuestos		Motor de 3Hp WEG			\$247,00	
						Costo de materiales		Guaípe y antioxidante			\$4,19	
						Tarea correctiva		Cambio del motor del cepillo				
Probabilidad de ocurrencia		En un intervalo mayor a 3 años										

CONTINUA

1	Biselar los bordes de la madera a una velocidad de 20 m/s para obtener 600 unidades por hora.	A	Incapaz de cepillar la cara inferior de la madera a una velocidad de 20 m/s para obtener 600 unidades por hora	2	Ventilador obstruido	Evidentes	Incremento de temperatura del motor		Operacionales
						Afectaciones	Afectación de la producción		
						Tiempo de parada	30 minutos para la detección y 60 minutos para la limpieza de ventilador e instalar, tiempo total 1:30 min		
						Costo de parada:		\$34,83	
						Costos operacionales	Costo de parada	\$31,50	
						Costo de mano de obra	1 técnico costo hora	\$3,33	
						Costo de repuestos	-	-	
						Costo de materiales	-	-	
						Tarea correctiva	Limpieza del ventilador		
				Probabilidad de ocurrencia	1 año				
				3	Rodamientos agarrotados	Evidentes	Ruido de fondo al operar		Operacionales
						Afectaciones	Afectación de la producción		
						Tiempo de parada	30 minutos para la detección y 60 minutos para el cambio de los rodamientos, tiempo total 1:30 min		
						Costo de parada:		\$47,52	
						Costos operacionales	Costo de parada	\$31,50	
						Costo de mano de obra	Técnico costo hora	\$3,33	
						Costo de repuestos	Rodamiento NKS 6205	\$8,50	
						Costo de materiales	Guaípe y antioxidante	\$4,19	
						Tarea correctiva	Cambio de rodamiento		
				Probabilidad de ocurrencia	2 años				
				4	Rotura de bandas	Evidentes	Banda de transmisión rota		Operacionales
Afectaciones	Afectación de la producción								
Tiempo de parada	15 min para el cambio de banda								
Costo de parada:		\$13,58							
Costos operacionales	Costo de parada	\$5,25							

CONTINUA

					Costo de mano de obra	Técnico costo hora	\$3,33	
					Costo de repuestos	Banda A60	\$5,00	
					Costo de materiales	-	-	
					Tarea correctiva	Cambio de bandas		
					Probabilidad de ocurrencia	2 años		
			5	Cuchilla no desbasta la madera.	Evidentes	Atascamiento de la madera al pasar la madera por el rodillo. Salto de la madera al pasar por el cepillo		Operacionales
					Afectaciones	Afectación de la producción		
					Tiempo de parada	La parada promedio es de 1 hora en la cual se desmonta y se monta el rodillo de la mesa para el afilado de las cuchillas		
					Costo de parada:		\$7,47	
					Costos operacionales	Costo de parada	\$5,25	
					Costo de mano de obra	Operador costo hora	\$2,22	
					Costo de repuestos	-	-	
					Costo de materiales	-	-	
					Tarea correctiva	Afilar las cuchillas		
					Probabilidad de ocurrencia	1 mes		

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

3.4.6 Hoja de decisión

Concluida la hoja de información de la Tabla 37-3 pasamos a la hoja de decisión con el formato de la Tabla 13-2 en donde se propone tareas preventivas, de ser el caso tareas correctivas o trabajo al fallo obteniendo la Tabla 38-3 para el motor de la biseladora.

Tabla 38-3: Hoja de decisión de motor de biselado

Hoja de trabajo de decisión RCM II			Sistema:				Biseladora 1				Realizado por:	Autores		Fecha:	15/1/2021		Página		
			Equipo				Motor de la biseladora				Revisado por:			Fecha:	-		Pag: 1-5		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas				Frecuencia inicial	A realizar Por:
							S1	S2	S3										
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4							
1	A	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación de la intensidad de consumo del motor				2 semanas	Mecánico	
1	A	2	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Limpieza del ventilador interno del motor				4 semanas	Mecánico	
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de rodamientos del motor				270 semanas	Mecánico	
1	A	4	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspección visual de estado de las bandas de transmisión				1 semana	Operador	
1	A	5	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Afilado de las cuchillas de rodillo				6 semanas	Operador	

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

∞ La frecuencia de ejecución de las tareas se determinó con ayuda de los operadores, técnico de planta y con la vida útil de los repuestos. El desarrollo de las hojas de información y decisión para los equipos restantes de cada sistema de las dos áreas de nuestro análisis de la planta PISMADE S.A. se encuentra desarrollados en el ANEXO D.

3.4.7 Plan de mantenimiento

En la elaboración del plan de mantenimiento mediante la metodología del RCM nos permitió establecer un cronograma con las tareas de mantenimiento y su frecuencia de ejecución que se encuentra en el ANEXO E.

3.4.8 *Logística de mantenimiento*

La provisión de recursos para realizar la logística de las tareas determinadas mediante la metodología del RCM hemos incluido las siguientes:

- Herramientas.
- Materiales.
- Personal.

Con el formato de la Tabla 14-2 y con la información de la Tabla 38-3 en donde se determinó las tareas a realizar con su frecuencia y el encargado de su ejecución, se desarrolló las hojas de logística como se muestra en la Tabla 39-3.

De igual manera se realizó para los demás sistemas que abarca este proyecto, dicha información se encuentra en el ANEXO F.

Tabla 39-3: Logística de mantenimiento

Sistema		Biseladora 1	Área	A2	LOGÍSTICA			
			Código del sistema	BS1				
Equipo	Tareas Propuestas	Frecuencia en semanas	A realizar por:	Tiempo de mantenimiento activo	EPP	Repuestos y materiales		Equipos y herramientas
						Acciones preventivas	Acciones correctivas	
Motor de la biseladora	Verificación de la intensidad de consumo del motor	2 semanas	Mecánico	15	Epp	-	-	Multímetro y juego de destornilladores
	Limpieza del ventilador interno de motor	4 semanas	Mecánico	18	Epp	1 guaípe	-	Brocha
	Cambio de rodamientos del motor	270 semanas	Mecánico	120	Epp	2 rodamiento NSK 6206Z, 1 Guaípe	-	Juego de llaves, destornilladores, playo, Extractor de rodamiento; martillo
	Inspección visual de estado de las bandas de transmisión	1 semana	Operador	6	Epp	-	1 banda A55	Destornilladores
	Afilado de las cuchillas de rodillo	6 semanas	Operador	30	Epp	-	1 kit de cuchillas	Juego de llaves, Juego de hexagonales, esmeril
Motor de cinta transportadora	Verificación de la intensidad de consumo del motor	2 semanas	Mecánico	12	Epp	-	-	Multímetro y juego de destornilladores
	Limpieza del ventilador interno de motor	4 semanas	Mecánico	18	Epp	1 guaípe	-	Brocha, escoba
	Cambio de rodamientos del motor	270 semanas	Mecánico	120	Epp	2 rodamiento NSK 6204Z, 2 Guaípe	-	Juego de llaves, Destornilladores, Playo, Extractor de rodamiento, Martillo, Brocha
	Inspección visual de estado de las bandas de transmisión	1 semana	Operador	30	Epp	-	1 banda A55	-
	Inspección visual de la excentricidad de la banda	2 semanas	Operador	9	Epp	-	-	-
Cinta transportadora	Alineación de la banda sobre los rodillos de la cinta transportadora	12 semanas	Mecánico	15	Epp	-	-	Juego de llaves

CONTINUA

	Inspección visual de los rodillos de la cinta transportada	4 semanas	Operador	30	Epp	-	-	-
	Engrase de las chumaceras	8 semanas	Mecánico	12	Epp	800 CC SAE 15W40	-	Engrasadora
	Inspección visual de estado de la cinta transportadora de transmisión	1 semana	Operador	15	Epp	-	Manguera Compresor Aire Acoples 12 Piezas Kit	-
Sistemas neumáticos	Inspección visual del circuito neumático	1 semana	Operador	9	Epp	-	-	-
Tablero de control	Medir la continuidad de los conductores	24 semanas	Mecánico	9	Epp	-	-	Multímetro y juego de destornilladores
	Cambio de las protecciones térmicas	Trabajo a la falla	Mecánico	30	Epp	-	1 protección térmica	Destornilladores
	Limpieza de tablero de control	1 semana	Operador	6	Epp	-	-	-

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Una vez realizadas las hojas de logística para los sistemas es necesario determinar los recursos para su ejecución con las herramientas existentes del taller, las cuales se muestra en la Tabla 40-3.

Tabla 40-3: Herramientas del taller

Cantidad	Herramientas	Tipo
1	Juego de llaves hexagonales	Mecánico
1	Juego de destornilladores estrella aislados	Mecánico
1	Juego de destornilladores plano-aislados	Mecánico
1	Juego de destornillador para tuerca	Mecánico
1	Juego de destornilladores punta gabinete	Mecánico
1	Destornillador plano probador de corriente	Mecánico
1	Engrasadora manual de 400 cc	Mecánico
1	Playo	Mecánico
1	Llave de pico	Mecánico
1	Santiago de 3 ", 3Jaws	Mecánico
1	Aceitera para cadenas ESTAR 100 NF	Mecánico
2	Juego de llaves hexagonales cortas	Mecánico
1	Juego de llaves hexagonales largas	Mecánico
1	Alicate de presión	Mecánico
1	Llave de plomerías-llave de tubo	Mecánico
1	Juego de llaves corona (24 piezas)	Mecánico
1	Extractor de poleas	Mecánico
2	Martillo de goma	Mecánico
3	Martillo metálico	Mecánico
2	Carretillas	Mecánico
10	Escobas	Mecánico
18	Brochas	Mecánico
1	Pulidora	Eléctrico
1	Esmeril	Eléctrico
1	Afiladora de cinta	Eléctrico
1	Taladro percutor alámbrico	Eléctrico
1	Multímetro	Eléctrico
1	Soldadora	Eléctrico

Realizado por: Autores 2021.

Este plan de mantenimiento con una duración de 48 semanas requiere de repuestos y materiales, los cuales se determinó con el cronograma y frecuencias de ejecución de las tareas dándonos como resultado la Tabla 41-3 y la Tabla 42-3 como se muestra a continuación.

Tabla 41-3: Stock de repuestos

Repuestos	Cantidad de repuesto
Manguera Compresor Aire Acoples 12 Piezas Kit	2 UNI
Manguera De Agua Negra Flexible De 1/2	12 UNI
bandas de cinta de cadena transportadora	2 UNI
Bandas de rodadura de cinta transportadora plana de PVC, negra, 1200x300x2mm	3 UNI
Cierra de cinta de madera 3/16 x93 - 1/2	12 UNI
kit de Cuchillas	9 UNI
Rodamiento NSK 6011Z	4 UNI
Rodamiento NSK 6010Z	30 UNI
Rodamiento NSK 6205Z	28 UNI
Rodamiento NSK 6206Z	34 UNI
Rodamiento NSK 6204z	4 UNI
Protecciones térmicas UNI	17 UNI
Válvula de seguridad	1 UNI
Bandas A90	6 UNI
Bandas A88	5 UNI
A72	8 UNI
A60	21 UNI
A55	16 UNI
A50	4 UNI
Disco de corte 24 pulgadas DeWALT para madera	8 UNI
Disco Para Corte De Madera Tipo Motosierra 4-1/2	1 UNI

Realizado por: Autores 2021.

Tabla 42-3: Stock de materiales

Materiales	Cantidad de materiales
Guaípe	8,62 x 100 unidades
SAE 15W40	16 GL
Shell Omala S4 WE 320 L	5 L
Lubricante Solied ISO 100	1 L

Realizado por: Autores 2021.

CAPÍTULO IV

4 PROPUESTA

4.1 Costos de implementación de la propuesta eléctrica

Una vez determinado los componentes para los sub tableros de distribución, con la información de la Tabla 22-3 y la Tabla 23-3 se determinó los costos de los componentes en el mercado, con lo cual se desarrolló la Tabla 1-4 y la Tabla 2-4 como se muestra a continuación:

Tabla 1-4: Costos de los componentes eléctricos para el sub tablero del área 1

Sub tablero área 1							
Componentes	Cantidad	Unidad	Designación	Descripción	Características nominales	Costo unidad	Costo total
Aislador	2	UNI	AISLADOR ESCALERA 4P	Aislador de escalera con c/pernos	33mm 1 (1/4) ancho	\$5,70	\$11,40
Barras	3	UNI	Platina de cobre	Platina de cobre 1/4x1(1/4)	Corriente nominal 480 amp, temperatura de operación 65°C	\$86,26	\$258,78
Disyuntor electromagnético	1	UNI	NR2-25 CHINT 1350		Corriente nominal 12 a 18 Amp	\$12,30	\$12,30
	1	UNI	NR2-93 CHINT 1367		Corriente nominal 30 a 40 amp	\$30,61	\$30,61
	1	UNI	NR2-93 CHINT 1378		Corriente nominal 80 a 93 amp	\$30,61	\$30,61
	2	UNI	CHINT NRE8 -200 140-200		Corriente nominal 140-200	\$144,04	\$288,08
Gabinetes	1	UNI	NXW5-10060/40		100x60x40 cm	\$177,93	\$177,93
Rieles metálicos	2	UNI	SKU: J40810	Riel Din	35mm x 1m	\$1,82	\$3,64
						Subtotal	\$2.687,98
						IVA	\$322,56
						Total	\$3.010,54

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Tabla 2-4:Costos de los componentes eléctricos para el sub tablero del área 2

Sub tablero área 2							
Componentes	Cantidad	Unidad	Designación	Descripción	Características nominales	Costo unidad	costo total
Aislador	2	UNI	AISLADOR ESCALERA 4P	Aislador de escalera con c/pernos	44mm 1 (1/4) ancho	\$6,57	\$13,14
Barras	3	UNI	Platina de cobre	Platina de cobre 1/4x1(1/2)	Corriente nominal 583 amp, temperatura de operación 65°C	\$104,73	\$314,19
Disyuntor electromagnético	2	UNI	NR2-25 CHINT 1347		Corriente nominal 9 a 12 Amp	\$12,30	\$24,60
	2	UNI	NR2-25 CHINT 1350		Corriente nominal 12 a 18 Amp	\$12,30	\$24,60
	2	UNI	NR2-93 CHINT 1367		corriente nominal 30 a 40 amp	\$30,61	\$61,22
	1	UNI	NR2-93 CHINT 1374		Corriente nominal 80 a 93 amp	\$30,61	\$30,61
	3	UNI	NR2-93 CHINT 1378		Corriente nominal 80 a 93 amp	\$30,61	\$91,83
	1	UNI	CHINT NRE8 100 50-100		Corriente nominal 50 a 100 amp	\$51,04	\$51,04
	1	UNI	CHINT NRE8 -200 140-200		Corriente nominal 140-200	\$144,04	\$144,04
	1	UNI	RT5C		Corriente nominal 250-400	\$226,16	\$226,16
Gabinetes	1	UNI	NXW5-10060/40		100x60x40 cm	\$177,93	\$177,93
Rieles metálicos	2	UNI	SKU: J40810	Riel Din	35mm x 1m	\$1,82	\$3,64
						Subtotal	\$9.717,66
						IVA	\$1.166,12
						Total	\$10.883,78

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

De igual manera determinamos los costos para los tableros de control de los sistemas utilizando la Tabla 24-3 donde se determinó los componentes seleccionados mediante cálculos y catálogos.

En base a la Tabla 24-3 se desarrolló la Tabla 3-4 que se incluye los costos aproximados de los componentes en el mercado. En el ANEXO B se encuentran desarrolladas las tablas que muestra los costos de los componentes de cada sistema.

Tabla 3-4: Costos de implementación para un tablero de control.

Sistema	Acanaladora						
Componentes	Descripción	Características nominales	Cantidad	Unidad	Designación	Costo unidad sin IVA	Costo total
Fusible	Fusible y base porta fusible 10*30 1 polo 500V chint	Voltaje nominal: AC500V	1	UNI	RT28 32X	\$3,99	\$3,99
Pulsador NC	Pulsador auxiliar de mando	Voltaje nominal hasta 415Vca	1	UNI	NP8	\$5,99	\$5,99
Pulsador NA	Pulsador auxiliar de mando	Voltaje nominal hasta 415Vca	1	UNI	NP8	\$5,99	\$5,99
Botón de paro	Pulsador de hongo con retenida NA+NC NP2	Voltaje nominal hasta 230Vca	1	UNI	NP2	\$3,50	\$3,50
Bobina contactor trifásico	Contactor AC+1NO+1NC	Voltaje nominal 230V	1	UNI	NC1-9511	\$64,14	\$64,14
			1	UNI	NC1-1210	\$11,22	\$11,22
Contactos auxiliares	Bloque de contactos auxiliares	Bloque de contactor 4N0+4NC	2	UNI	F4-11	\$2,50	\$5,00
Luz piloto GN	Luz piloto verde	Voltaje hasta 400Vca/Vcc	2	UNI	ND16-22B(S)/2	\$2,10	\$4,20
Luz piloto RD	Luz piloto roja	Voltaje hasta 400Vca/Vcc	2	UNI	ND16-22B(S)/2	\$2,10	\$4,20
Disyuntor electromagnético	Breaker trifásico	Cabeza plana, saliente	1	UNI	NR2-93 CHT-1378	\$30,55	\$30,55
			1	UNI	NR2-25 CHT-1347	\$12,30	\$12,30
Relé térmico	Relé de sobrecarga térmica diferencial, designación LRD	Voltaje de alimentación CA	1	UNI	NRE8-200 100-200	\$163,68	\$163,68
			1	UNI	NR2-25 17-25	\$13,20	\$13,20
Guarda motor	Equipo de protección guarda motor conexión te terminal tornillo	Voltaje de trabajo 208-690 Vca	1	UNI	Mpw100-3u100	\$289,87	\$289,87
			1	UNI	MPW12-3-U012S	\$44,88	\$44,88
Temporizador	Timer para contactor Chint F5-T2	Timer 0-30segundos	1	UNI	F5-T2	\$22,80	\$22,80
Tablero de control	panel de control	Grado de protección IP54	1	UNI	NXW5-6040/20	\$68,95	\$68,95
Rieles metálicos	Riel Din	35mm x 1m	1	MT	SKU: J40810	\$1,82	\$1,82
Canaletas	Canaleta ranurada gris	25X40mm	1	MT	DNX 10042	\$5,05	\$5,05
Conductor	Cable flexible	TFF · 18AWG	1	MT	AWG · 18	\$0,15	\$0,15
Subtotal							\$761,48
IVA							\$91,38
Total							\$852,86

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Los costos de implementación para cada sistema se resumen en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4: Costos de implementación de los sistemas

Área	Sistemas	Costo de implementación
Área 1	Cepilladora de cilindros	\$187,91
	Cortador de cinta 1 cabezal	\$688,22
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	\$1.198,21
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	\$1.476,18
	Despuntadora	\$387,99
Área 2	Acanaladora	\$852,86
	Biseladora 1	\$287,45
	Biseladora 2	\$157,26
	Cámara de secado 1	\$1.029,84
	Cámara de secado 2	\$1.321,11
	Cepilladora de cilindros	\$364,15
	Cepilladora de doble cara	\$1.073,82
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	\$3.251,89
	Cortadora de tacos	\$157,26
	Multisierra	\$654,89
	Despuntadora	\$410,10
	Sierra fileteadora	\$171,44

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Una vez calculado el calibre y la distancia requerida de los conductores se procede a determinar el costo del material, con lo cual se obtiene la siguiente Tabla 5-4.

Tabla 5-4: Costo de los calibres seleccionados

Calibre de conductor	Distancia (m)	Costo por metro	Total
#18	107	\$1,25	\$133,75
#16	105	\$1,70	\$178,50
#12	9	\$3,67	\$33,03
#10	30	\$4,20	\$126,00
#6	62	\$4,90	\$303,80
#4	10	\$6,48	\$64,80
#3	22	\$7,25	\$159,50
#2	7	\$10,05	\$70,35
#2/0	31	\$20,52	\$636,12
#350	15	\$55,55	\$833,25
#500	12	\$82,50	\$990,00
#700	10	\$123,75	\$1.237,50

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

4.2 Costos de implementación del plan de mantenimiento

Para la ejecución de las tareas de mantenimiento se determinó los recursos necesarios, las herramientas y repuestos requeridos. En la siguiente Tabla 6-4 se detalla el personal implicado según el tipo de tarea a realizar.

Tabla 6-4:Personal de mantenimiento según la tarea.

Cantidad	Personal	Tipo de tareas	Costo mensual
1	Técnicos mecánicos	Ajuste	\$600
		Montaje de piezas y equipos	
		Soldadura	
		Desmontador de piezas y equipos	
		Electromecánico	
32	Operadores	Limpieza	\$400
		Inspecciones visuales	
		Calibraciones pequeñas	
		Reajustes de piezas	
Total			\$1000

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

4.2.1 *Ejecución del plan*

En la Tabla 7-4 y Tabla 8-4 se muestran los repuestos, materiales y el costo hora-hombre necesarios para la ejecución de plan de mantenimiento de la biseladora 1 para un año, en base a la información del plan y el mercado.

Tabla 7-4: Costo repuesto y materiales de Biseladora 1

Sistema		Biseladora 1	Área	A2	Costo repuesto y materiales del plan preventivo			Costo repuesto y materiales del plan Correctivo	
			Código del sistema	BS1					
Equipo	Tareas Propuestas		Tareas Propuestas	#de intervenciones al año	Repuestos y material	Costo unitario	Costo para un año	Repuestos y material	Costo unitario
Motor de la biseladora	Verificación de la intensidad de consumo del motor		2 semanas	24	-	\$0,00	\$0,00	-	\$0,00
	Limpieza del ventilador interno de motor		4 semanas	12	1 guaípe	\$1,19	\$14,28	-	\$0,00
	Cambio de rodamientos del motor		270 semanas	1	2 rodamiento NSK 6206Z, 1 Guaípe	\$12,19	\$12,19	-	\$0,00
	Inspección visual de estado de las bandas de transmisión		1 semana	48	-	\$0,00	\$0,00	1 banda A55	\$4,90
	Afilado de las cuchillas de rodillo		6 semanas	48	-	\$0,00	\$0,00	1 kit de cuchillas	\$22,00
Motor de cinta transportadora	Verificación de la intensidad de consumo del motor		2 semanas	24	-	\$0,00	\$0,00	-	\$0,00
	Limpieza del ventilador interno de motor		4 semanas	12	1 guaípe	\$1,19	\$14,28	-	\$0,00
	Cambio de rodamientos del motor		270 semanas	1	2 rodamiento NSK 6204Z, 2 Guaípe	\$8,79	\$8,79	-	\$0,00
	inspección visual de estado de las bandas de transmisión		1 semana	48	-	\$0,00	\$0,00	1 banda A55	\$4,90
	inspección visual de la excentricidad de la banda		2 semana	24	-	\$0,00	\$0,00	-	\$0,00
Cinta transportadora	Alineación de la banda sobre los rodillos de la cinta transportadora		12 semanas	4	-	\$0,00	\$0,00	-	\$0,00
	inspección visual de los rodillos de la cinta transportada		4 semanas	12	-	\$0,00	\$0,00	-	\$0,00
	Engrase de las chumaceras		8 semanas	6	800 CC SAE 15W40	\$3,60	\$21,60	-	\$0,00
	inspección visual de estado de la cinta transportadora de transmisión		1 semana	48	-	\$0,00	\$0,00	Manguera Compresor Aire Acoples 12 Piezas Kit	\$17,50
Sistemas neumáticos	Inspección visual del circuito neumático		1 semana	48	-	\$0,00	\$0,00	-	\$0,00
Tablero de control	Medir la continuidad de los conductores		24 semanas	2	-	\$0,00	\$0,00	-	\$0,00
	Cambio de las protecciones térmicas		Trabajo a la falla	0	-	\$0,00	\$0,00	1 protección térmica	\$12,75
	Limpieza de tablero de control		1 semana	48	-	\$0,00	\$0,00	-	\$0,00

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Tabla 8-4: Costo del personal del plan de mantenimiento biseladora 1

Sistema		Biseladora 1		Área	A2	Costo del personal del plan		
		Código del sistema			BS1			
Equipo	Tareas Propuestas	Frecuencia en semanas	Tiempo de mantenimiento activo	#de intervenciones al año	A realizar por:	Costo Hora-Hombre	Costo de personal Anual (horas)	
Motor de la biseladora	Verificación de la intensidad de consumo del motor	2 semanas	15	24	Mecánico	\$3,33	\$19,98	
	Limpieza del ventilador interno de motor	4 semanas	18	12	Mecánico	\$3,33	\$11,99	
	Cambio de rodamientos del motor	270 semanas	120	1	Mecánico	\$3,33	\$6,66	
	Inspección visual de estado de las bandas de transmisión	1 semana	6	48	Operador	\$2,22	\$10,66	
	Afilado de las cuchillas de rodillo	6 semanas	30	48	Operador	\$2,22	\$53,28	
Motor de cinta transportadora	Verificación de la intensidad de consumo del motor	2 semanas	12	24	Mecánico	\$3,33	\$15,98	
	Limpieza del ventilador interno de motor	4 semanas	18	12	Mecánico	\$3,33	\$11,99	
	Cambio de rodamientos del motor	270 semanas	120	1	Mecánico	\$3,33	\$6,66	
	Inspección visual de estado de las bandas de transmisión	1 semana	30	48	Operador	\$2,22	\$53,28	
	Inspección visual de la excentricidad de la banda	2 semana	9	24	Operador	\$2,22	\$7,99	
Cinta transportadora	Alineación de la banda sobre los rodillos de la cinta transportadora	12 semanas	15	4	Mecánico	\$3,33	\$3,33	
	Inspección visual de los rodillos de la cinta transportada	4 semanas	30	12	Operador	\$2,22	\$13,32	
	Engrase de las chumaceras	8 semanas	12	6	Mecánico	\$3,33	\$4,00	
	Inspección visual de estado de la cinta transportadora de transmisión	1 semana	15	48	Operador	\$2,22	\$26,64	
Sistemas neumáticos	Inspección visual del circuito neumático	1 semana	9	48	Operador	\$2,22	\$15,98	
Tablero de control	Medir la continuidad de los conductores	24 semanas	9	2	Mecánico	\$3,33	\$1,00	
	Cambio de las protecciones térmicas	Trabajo a la falla	30	0	Mecánico	\$3,33	\$0,00	
	Limpieza de tablero de control	1 semana	6	48	Operador	\$2,22	\$10,66	

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

De igual manera para los demás sistemas se muestra el resumen general en la Tabla 9-4y la Tabla 10-4.

Tabla 9-4: Resumen costos de repuestos y materiales por sistema

Área	Sistemas	Costo de Repuestos y materiales
Área preparación de material	Cepilladora de cilindro	\$66,47
	Cortadora de cinta de 1 cabezales	\$172,21
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	\$253,18
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	\$334,15
	Despuntadora	\$177,86
Área de fabricación de palés	Acanaladora	\$128,64
	Biseladora 1	\$133,19
	Biseladora 2	\$70,02
	Cámara de secado 1	\$214,94
	Cámara de secado 2	\$281,32
	Cepilladora de cilindros	\$149,49
	Cepilladora doble cara de 635ah	\$182,44
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	\$654,67
	Despuntadora	\$176,51
	Multisierra	\$354,73
	Sierra fileteador	\$67,46
	Sierra cortadora de tacos	\$94,47
	Sistema de compresión de aire	\$425,37

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Tabla 10-4: Resumen de costo Hora-Hombre del plan de mantenimiento

Área	Sistemas	Tiempo requerido por el mecánico Anual (hora)	Mecánico	Tiempo requerido por el operador Anual (hora)	Operadores
Área preparación de material	Cepilladora de cilindro	20	\$66,60	28,8	\$63,94
	Cortadora de cinta de 1 cabezales	45,1	\$150,18	55,8	\$123,88
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	74,35	\$247,59	81	\$179,82
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	128,3	\$427,24	103,8	\$230,44
	Despuntadora	48,6	\$161,84	87,6	\$194,47
Área de fabricación de palés	Acanaladora	16,15	\$64,37	74,4	\$165,17
	Biseladora 1	33,4	\$111,22	86,4	\$191,81
	Biseladora 2	20,8325	\$74,36	28,8	\$63,94
	Cámara de secado 1	102	\$338,00	190,8	\$423,58
	Cámara de secado 2	130	\$431,24	248,4	\$551,45
	Cepilladora de cilindros	42,8	\$140,86	547,2	\$202,46
	Cepilladora doble cara de 635ah	42,8	\$140,86	96	\$213,12
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	263,9	\$878,79	175,8	\$390,28
	Despuntadora	48,3	\$159,17	87,6	\$194,47
	Multisierra	28,8	\$95,90	71,5	\$158,73
	Sierra fileteador	8,75	\$29,14	16,8	\$37,30
	Sierra cortadora de tacos	9	\$29,97	16,8	\$37,30
	Sistema de compresión de aire	17,5	\$56,61	48,8	\$108,34

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

4.2.2 *Factibilidad económica de las tareas*

La factibilidad económica es la relación del costo de ejecución de la tarea con el costo de no ejecución de dicha tarea como se puede observar en la Tabla 36-3.

En la Tabla 11-4 muestra el costo de ejecución de las tareas para la biseladora 1 y el costo de no tomar acciones preventivas, es factible ejecutar las tareas propuestas al evidenciar que el costo de ejecución es de \$406,58 que el no ejecutar con un costo de \$1.060,75 anual equivalente a una reducción de 61,67%.

Tabla 11-4: Factibilidad económica de las tareas de biseladora 1

Sistema		Biseladora 1	Área	A2		Factibilidad economía		
			Código del sistema	BS1				
Equipo	Tareas Propuestas	Frecuencia en semanas	Tiempo de mantenimiento activo	#de intervenciones al año	Costo de ejecución del plan	Costo de no ejecución	Factibilidad de las tareas	
Motor de la biseladora	Verificación de la intensidad de consumo del motor	2 semanas	15	24	\$19,98	\$96,51	Factible	
	Limpieza del ventilador interno de motor	4 semanas	18	12	\$26,27	\$34,83	Factible	
	Cambio de rodamientos del motor	140 semanas	120	1	\$18,85	\$23,76	Factible	
	Inspección visual de estado de las bandas de transmisión	1 semana	6	48	\$15,56	\$6,79	No es Factible	
	Afilado de las cuchillas de rodillo	6 semanas	30	48	\$75,28	\$89,64	Factible	
Motor de cinta transportadora	Verificación de la intensidad de consumo del motor	2 semanas	12	24	\$15,98	\$60,84	Factible	
	Limpieza del ventilador interno de motor	4 semanas	18	12	\$26,27	\$66,33	Factible	
	Cambio de rodamientos del motor	140 semanas	120	1	\$15,45	\$39,51	Factible	
	inspección visual de estado de las bandas de transmisión	1 semana	30	48	\$58,18	\$13,26	No es Factible	
	inspección visual de la excentricidad de la banda	2 semana	9	24	\$7,99	\$12,17	Factible	
Cinta transportadora	Alineación de la banda sobre los rodillos de la cinta transportadora	12 semanas	15	4	\$3,33	\$179,28	Factible	
	inspección visual de los rodillos de la cinta transportada	4 semanas	30	12	\$13,32	\$14,70	Factible	
	Engrase de las chumaceras	8 semanas	12	6	\$25,60	\$13,26	No es Factible	
	inspección visual de estado de la cinta transportadora de transmisión	1 semana	15	48	\$44,14	\$347,28	Factible	
Sistemas neumáticos	Inspección visual del circuito neumático	1 semana	9	48	\$15,98	\$17,33	Factible	
Tablero de control	Medir la continuidad de los conductores	24 semanas	9	2	\$1,00	\$14,53	Factible	
	Cambio de las protecciones térmicas	Trabajo a la falla	30	0	\$12,75	\$22,80	Factible	
	Limpieza de tablero de control	1 semana	6	48	\$10,66	\$7,94	No es Factible	
Total					\$406,58	\$1.060,75	Factible	

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

En base a la Tabla 11-4 de la misma manera se realizaron para los demás sistemas, en Tabla 12-4 se muestra el resumen de la factibilidad económica para los demás sistemas.

Tabla 12-4: Resumen de la factibilidad de los sistemas

Área	Sistema	Costo de ejecución del plan de mantenimiento	Costo de no ejecución de plan de mantenimiento	Costo de mantenimiento reducido	% de reducción	Factibilidad del plan de mantenimiento por sistema
A1	Cepilladora de cilindro	\$197,01	\$343,03	\$146,02	42,57%	Factible
	Cortadora de cinta de 1 cabezales	\$446,27	\$1.351,56	\$905,29	66,98%	Factible
	Cortadora de cinta de 2 cabezales	\$718,88	\$2.272,85	\$1.553,96	68,37%	Factible
	Cortadora de cinta de 3 cabezales	\$987,33	\$3.091,87	\$2.104,54	68,07%	Factible
	Despuntadora	\$532,51	\$855,36	\$322,85	37,74%	Factible
A2	Acanaladora	\$346,42	\$1.034,17	\$687,75	66,50%	Factible
	Biseladora 1	\$406,58	\$1.060,75	\$654,16	61,67%	Factible
	Biseladora 2	\$200,56	\$262,19	\$61,64	23,51%	Factible
	Cámara de secado 1	\$683,47	\$3.032,27	\$2.348,80	77,46%	Factible
	Cámara de secado 2	\$873,28	\$3.626,41	\$2.753,13	75,92%	Factible
	Cepilladora de cilindros	\$492,81	\$752,39	\$259,58	34,50%	Factible
	Cepilladora doble cara de 635ah	\$536,42	\$2.420,09	\$1.883,67	77,83%	Factible
	Cortadora de cinta de 6 cabezales	\$1.923,73	\$4.832,25	\$2.908,51	60,19%	Factible
	Despuntadora	\$530,16	\$953,33	\$423,18	44,39%	Factible
	Multisierra	\$609,36	\$1.992,88	\$1.383,51	69,42%	Factible
	Sierra fileteador	\$133,89	\$256,36	\$122,46	47,77%	Factible
	Sierra cortadora de tacos	\$161,74	\$271,49	\$109,76	40,43%	Factible
	Sistema de compresión de aire	\$590,32	\$796,78	\$206,47	25,91%	Factible
Total		\$10.370,74	\$29.206,00	\$18.835,27	64,49%	Factible

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

4.3 Capacitación

Con motivo de poner en conocimiento nuestro proyecto a los trabajadores y personal de la planta PISMADE SA. Se realizó una capacitación a todo el personal de las dos áreas de la planta previo a la autorización del gerente del cómo se realizó el plan de mantenimiento y cómo se tomó en

cuenta la situación actual para determinar las tareas de mantenimiento y que medidas de seguridad deberíamos tomar, así también hacer referencia a la gestión actual del mantenimiento y las mejoras que conlleva la propuesta de este trabajo y la importancia actual que la requiere.

4.3.1 *Generalidades*

Las generalidades de la capacitación se realizarán por como se muestra en la Tabla 13-4 y Tabla 14-4.

Tabla 13-4: Generalidades de la capacitación área 1

Generalidad	Área de preparación
Tema	Capacitación sobre la propuesta del proyecto integrador
Duración	45 min
Dirigido a	Operadores, mecánicos, operarios
Encargados	Ronal Villa, Flavio Latorre

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

Tabla 14-4: Generalidades de la capacitación área 2

Generalidad	Área de fabricación
Tema	Capacitación sobre la propuesta del proyecto integrador
Duración	45 min
Dirigido a	Operadores, mecánicos, eléctricos
Encargados	Ronal Villa, Flavio Latorre

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

4.3.2 *Estructura y desarrollo*

Para la presentación del proyecto se realiza como se muestra en la Tabla 15-4.

Tabla 15-4: Estructura de la capacitación

Tema	Duración (min)	Responsable
Introducción al RCM.	5	Ronal Villa
Inventario técnico jerárquico	10	Flavio Latorre
Metodología del RCM	10	Ronal Villa
Plan de mantenimiento	10	Ronal Villa
Frecuencias de las tareas	10	Flavio Latorre

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

4.3.3 *Recursos*

Para la socialización con el personal se utilizó la herramienta virtual preparando una presentación comprensible para los asistentes.

Tabla 16-4: Plan de capacitación del plan de mantenimiento

Plan de capacitación para el área de preparación y fabricación de la planta PISMADE S. A.							
Tema	Actividades	duración (min)	personal	09/12/2021	09/12/2021	10/12/2021	10/12/2021
		Introducción al RCM.	5	Técnicos	Área de preparación	-	-	Área de fabricación
Mecánicos							
Operarios							
Inventario técnico jerárquico		10	Técnicos	Área de preparación	-	-	Área de fabricación
			Mecánicos				
			Operarios				
Metodología del RCM	10	Técnicos	Área de preparación	-	-	Área de fabricación	
		Mecánicos					
		Operarios					
Plan de mantenimiento	10	Técnicos	Área de preparación	-	-	Área de fabricación	
		Mecánicos					
		Operarios					
Frecuencias de las tareas	10	Técnicos	Área de preparación	-	-	Área de fabricación	
		Mecánicos					
		Operarios					

Realizado por: Villa R.; Latorre F.; 2021.

CONCLUSIONES

Se rediseñó, calculó y dimensionó el cableado de los sistemas del área de preparación y fabricación, ya que existe una gran congestión de conductores montados sobre el piso y la estructura, también se presentó en los conductores un desgaste del aislante dieléctrico por pérdidas energéticas que se generaban por el incremento de temperatura y así poder reducir los riesgos eléctricos al personal y a los sistemas de la planta, mejorando la distribución del cableado y seleccionando los conductores más apropiados.

Se propuso el diseño de dos sub tableros lo cual permite el control, protección y distribución del suministro eléctrico del área de preparación y fabricación aislando el circuito eléctrico de las áreas de producción, ya que se presentaban caídas de tensión que paralizaba todos los sistemas afectando directamente a la producción lo que se traduce como pérdidas económicas para planta.

El rediseño de los tableros eléctricos del área 1 y 2 se realizó porque muchos de los tableros necesitan de una repotenciación inmediata o a futuro, ya que muchos de los tableros no contaban con ciertos parámetros para un correcto funcionamiento que permitan al operador controlar el proceso de manera más eficiente y segura.

Con la aplicación del RCM se puede evidenciar los modos de fallos más importantes de cada equipo que pueden ocasionar afectaciones al operador, medio ambiente o a la producción, con esta metodología no se pretende cambiar la estructura de trabajo ni realizar tareas difíciles para el operador, sino añadir tareas que se puedan cumplir y así evitar que existan paradas imprevistas en la producción de la planta.

Se puede evidenciar que al ejecutar el plan de mantenimiento propuesto mediante la metodología del RCM se puede lograr una reducción de \$18.835,27 dólares equivalentes a 64,49% de los costos relacionados al generarse las pérdidas de la función en los equipos que componen los sistemas de la planta.

La socialización del rediseño eléctrico y el plan de mantenimiento fue dirigida al personal encargado de cada área, así como al personal de mantenimiento y al gerente demostrando la necesidad de una implementación de esta propuesta para poder disminuir los tiempos no productivos por paradas imprevistas y a su vez reducir los costos por pérdidas energéticas y acciones de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Dimensionar los componentes eléctricos acordes a la necesidad de los equipos, sin sobredimensionar dichos componentes.

Se recomienda la instalación de dos sub tableros de distribución para cada área lo que permite independizar los circuitos eléctricos para reducir el número de conductores requeridos.

Utilizar gabinetes con un grado de protección IP 65 que ofrecen una mayor impermeabilidad al ingreso de partículas sólidas y agua en todas las direcciones.

Realizar una revisión periódica de los planes de mantenimiento obtenidos a través de la metodología RCM debido a que en algunos sistemas cambia el contexto operativo.

Se recomienda tener un historial de fallos para obtener una tasa de fallos en el tiempo y así mismo poder reducirla.

Priorizar la propuesta del plan de mantenimiento iniciando por los equipos que mayor afectación tiene a la producción.

BIBLIOGRAFÍA:

ALADON. *Reliability-centred maintenance (Version 2)*. Santo Domingo-Republica Dominicana: Sql systems Caribbean nv, 1998, pp. 3-6.

ARCONEL. *El directorio de la agencia de regulación y control de electricidad* [blog]. [Consulta 5 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf>

ASTRONOMY AURA. *Check List Tableros Eléctricos*. [blog]. [Consulta:12 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.aura-o.aura-astronomy.org/aura/sites/default/files/files/Checklists/Check%20list%20tableros%20electricos.pdf>

CARLOS GALIZIA. *Los grados de protección IP en los equipos e instalaciones y su interpretación según IEC y NEMA*. [blog]. Buenos Aires-Argentina, 2013: [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102_Interpretaci%C3%B3n%20de%20los%20Grados%20de%20Protecci%C3%B3n%20seg%C3%BAn%20IEC%20y%20NEMA.pdf

CATALAN IZQUIERDO S. *Electrotecnia: circuitos electricos*. [en línea]. Valencia-España: Editorial de la Universidad Politecnica de Valencia, 2014. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/57377>

CONEJO J. *Instalaciones electricas*. [en línea]. Ciudad Real-España: Editorial McGraw-Hill Espana, 2007. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/50121>

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

GONZALES S. *Esquemas Eléctricos I*. [en línea]. Oviedo-España: Editorial de la universidad de Oviendo, 2009. [Consulta: 23 diciembre 2020]. Disponible en: http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/simbologia/ELECT_TEMA_1.pdf

IEC 947-4. *IEC 02 Contactores normalizado iec*.

JOHN MOUBRAY. *Rcm II Mantenimiento Centrado en confiabilidad.* Buenos Aires-Argentina. Biddles Ltc Edición en español. 2004, pp 7-197.

LARA FELIPE ,Ordonez Dario. *Control eléctrico industrial.* Santo Domingo-Ecuador Editorial academica española. 2020, pp. 26-29.

MARCO SANTILLAN. *Conceptos generales del control industrial.* Riobamba-Ecuador. Com Editorial Politecnica. 2020, pp.55-56.

MAYORGA O. & Olmedo W. Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del gobierno autónomo descentralizado municipal de riobamba, aplicando la metodología (pmo) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 18-19. [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10632>

MILTON L. Diseño de la automatización electromecánica en una cabina ergonómica multipropósito [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador. 2019. p. 34 [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1204>

NEC 2013. *Norma Ecuatoriana De Construcción Nec Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas.*

NTE INEN-EN 13306. *Mantenimiento Terminología del mantenimiento.*

RAYMUNDOD BARRALES, Victor Barrales, MELITÓN RODRÍGUEZ, Ernesto Vázquez. *Circuitos electricos: teoria y practica* [en línea]. Azcapotzalco-México: Editorial Patria, 2016. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/esPOCH/titulos/39433>

TAQUES MAURICIO MARTINS. *Comandos elétricos industriais teoria* [En línea]. Florianópolis, Brasil: Editorial Marco, 2016. [Consulta: 10 enero 2021] Disponible en:http://joinville.ifsc.edu.br/~mtaques/Comandos%20Industriais/Apostila_ComandosIndustriais_Teoria_ProfMauricioTaqes_Vmar%C3%A7o2016.pdf

TELEMECANIQUE. *Manual electrotécnico Telesquemario Tecnologias de control Industrial*

[En línea]. Madrid, España: Telemecánica Eléctrica Española, 2016. [Consulta: 4 enero 2021].
Disponible en: <https://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>

UNE-EN 60617 *Símbolos de componentes eléctricos normalizados*

USCÁTEGUI PAOLA. Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyectos en la empresa Petrosantander Colombia (INC) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Industrial de Santander, Bu Bucaramanga, Colombia. 2014. pp. 31-32. [consulta: 17 diciembre 2020]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/152309.pdf>

VILLACRÉS. Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para las líneas de extrusión y torsión de fibras retorcidas, film y malla en la empresa Hiplas [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 3-10. [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9133/1/25T00326.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: Diagramas de control, potencia y unifilares para los sistemas de la planta

ANEXO B: Componentes eléctricos para la implementación de los tableros de control

ANEXO C:Fichas técnicas a nivel de los sistemas y equipos de la planta PISMADE S.A.

ANEXO D: Hojas de información y decisión de los sistemas de la planta PISMADE S.A.

ANEXO E: Cronogramas de actividades para los sistemas de la planta PISMADE S.A.

ANEXO F: Logística de mantenimiento de los sistemas