



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE RECEPCIÓN,  
PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA S.A.**

**Minor Javier Fernández Pellecer**

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE RECEPCIÓN,  
PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MINOR JAVIER FERNÁNDEZ PELLECCER**

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

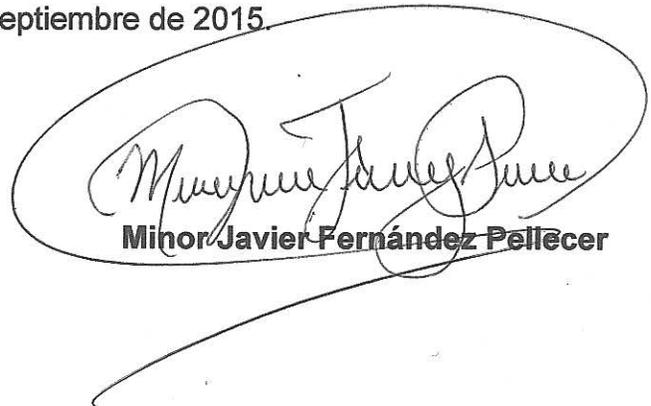
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE RECEPCIÓN,  
PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 9 de septiembre de 2015.



**Minor Javier Fernández Pellecer**



Guatemala, 08 de agosto de 2017.  
REF.EPS.DOC.514.08.17.

Ingeniera  
Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Minor Javier Fernández Pellecer**, Registro Académico No. **201020685** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE RECEPCIÓN, PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA S.A.**

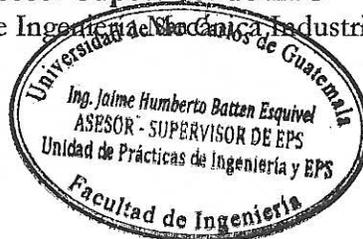
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 08 de agosto de 2017.  
REF.EPS.D.237.08.17

Ingeniero  
José Francisco Gómez Rivera  
Director a. i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

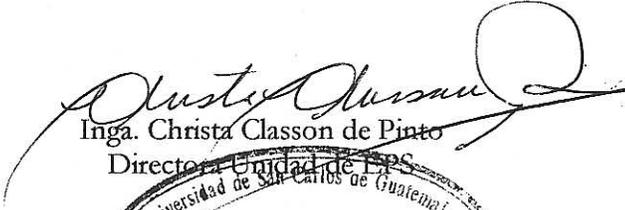
Estimado Ing. Gómez:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE RECEPCIÓN, PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Minor Javier Fernández Pellecer** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE RECEPCIÓN, PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Minor Javier Fernández Pellecer**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.174.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE RECEPCIÓN, PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Minor Javier Fernández Pellecer**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

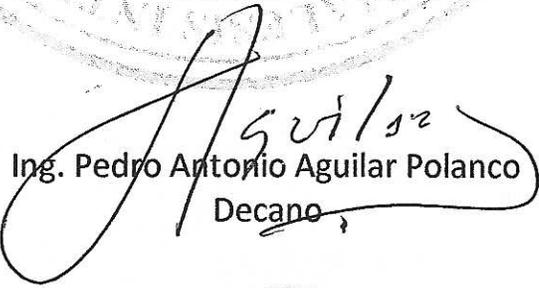


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 501.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN ÁREA DE RECEPCIÓN, PREPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **Minor Javier Fernández Pellecer** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, octubre de 2017

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme el regalo de la vida y permitirme llegar hasta este momento. Soy agradecido con Él y con la vida por cada bendición en mi camino.
- Mi padre** Herminio Fernández Ramírez (q. e. p. d.), por ser mi ejemplo a seguir y enseñarme el verdadero valor de la vida. Por no dejarme solo nunca y por tanto consejo y regaño que me ayudaron a crecer como persona.
- Mi madre** Olivia Haydée Pellecer Lira, por estar conmigo durante toda mi vida y quererme como nadie más. Por apoyarme siempre sin importar las circunstancias.
- Mi hermano** Edwin Alejandro Fernández Pellecer, por ser mi mejor amigo, a quien espero ver pronto alcanzando este logro.
- Mi primo** José Rodrigo Linares Fernández (q. e. p. d.), por ser como un hermano para mí y por compartir tantas experiencias.

## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi <i>alma mater</i> y permitirme ser parte de más de trescientos años de historia en el desarrollo de profesionales para el país.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por forjarme como profesional, pero más como persona. Por todo lo aprendido y por ser un lugar donde encontré grandes amigos para la vida.
<b>Mi madre</b>	Por el apoyo incondicional durante toda mi carrera universitaria y en especial, durante el Ejercicio Profesional Supervisado.
<b>Ingenio Magdalena, S.A.</b>	Por abrirme las puertas tan importante empresa para el desarrollo de mi trabajo de graduación y crecimiento en mi formación profesional.
<b>Ing. Luis Nájera</b>	Por darme la oportunidad para la realización de mi EPS, por las enseñanzas y los momentos compartidos.
<b>Ing. Sergio Soto</b>	Por el apoyo con el desarrollo del proyecto, pero sobre todo por su amistad.

**Departamento de  
Maquinaria**

Por permitirme formar parte de un grupo tan especial de personas, por su colaboración con el proyecto, por la amistad y el tiempo compartido.

**Gilmar Pineda**

Por el apoyo, confianza y ser el nexo que propiciara la realización del EPS en el Ingenio.

**Mi asesor**

Ing. Jaime Batten, por su colaboración y apoyo con el desarrollo del proyecto.



	1.7.1.2.3.	Control de malezas .....	8
	1.7.1.2.4.	Control de plagas .....	8
	1.7.1.2.5.	Aplicaciones aéreas .....	8
	1.7.1.3.	Cosecha .....	8
	1.7.1.3.1.	Quema .....	9
	1.7.1.3.2.	Corte manual.....	9
	1.7.1.3.3.	Corte mecanizado .....	9
	1.7.1.3.4.	Alce y movimiento interno .....	10
	1.7.1.3.5.	Transporte de caña .....	10
1.7.2.	Azúcar .....		10
	1.7.2.1.	Entrada.....	10
	1.7.2.2.	Molienda.....	11
	1.7.2.3.	Clarificación.....	11
	1.7.2.4.	Evaporación .....	12
	1.7.2.5.	Cristalización .....	12
	1.7.2.6.	Separación .....	12
	1.7.2.7.	Refinación .....	13
	1.7.2.8.	Secado .....	13
	1.7.2.9.	Envasado .....	13
1.7.3.	Alcohol.....		14
	1.7.3.1.	Fermentación .....	14
	1.7.3.2.	Destilación.....	14
	1.7.3.3.	Almacenaje.....	15
	1.7.3.4.	Subproductos .....	15
1.7.4.	Energía eléctrica .....		16
	1.7.4.1.	Transformación .....	16
	1.7.4.2.	Distribución.....	17
1.8.	Principales elementos del plan estratégico .....		17

1.8.1.	Misión .....	17
1.8.2.	Visión .....	17
1.8.3.	Principios .....	18
1.8.4.	Valores .....	18
1.8.5.	Competencias.....	18
1.9.	Políticas del ingenio.....	19
1.9.1.	Política de gestión .....	19
1.9.2.	Política de seguridad y salud ocupacional .....	20
1.9.3.	Política de inocuidad.....	21
1.9.4.	Política de calidad.....	22
1.9.5.	Política de responsabilidad social .....	22
1.10.	Organigrama del Departamento de Maquinaria.....	24
2.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (FASE DE SERVICIO TÉCNICO – PROFESIONAL).....	29
2.1.	Situación actual .....	30
2.1.1.	Descripción del área .....	30
2.1.2.	Diagnóstico .....	35
2.1.3.	Descripción de la maquinaria.....	40
2.1.3.1.	Malacate o virador de jaulas cañeras ..	40
2.1.3.2.	Mesas de descarga o alimentación de caña .....	42
2.1.3.3.	Conductor de tablillas .....	44
2.1.3.4.	Conductores de banda .....	45
2.1.3.5.	Precuchilla .....	47
2.1.3.6.	Picadora .....	48
2.1.3.7.	Desfibradora .....	51
2.1.3.8.	Molinos .....	54
2.1.3.9.	Inclinados.....	58

2.1.4.	Recursos actuales.....	59
2.1.5.	Programación de mantenimiento.....	60
2.1.6.	Procedimientos de mantenimiento .....	61
2.1.7.	<i>Stock</i> de repuestos.....	61
2.2.	Situación propuesta.....	63
2.2.1.	Principales lineamientos del plan .....	63
2.2.1.1.	Objetivo general .....	63
2.2.1.2.	Objetivos específicos .....	64
2.2.1.3.	Metas.....	64
2.2.1.4.	Actividades .....	64
2.2.1.5.	Estrategias de trabajo .....	65
2.2.1.6.	Plazo de ejecución .....	65
2.2.1.7.	Responsabilidad.....	66
2.2.2.	Programación de mantenimiento.....	66
2.2.2.1.	En tiempo de zafra .....	66
2.2.2.2.	En tiempo de reparación .....	72
2.2.3.	Procedimientos de mantenimiento .....	75
2.2.3.1.	Requisiciones a bodega central .....	75
2.2.3.2.	Procedimiento de directrices de trabajos con grúa.....	81
2.2.3.3.	Procedimiento de medición de temperatura de chumaceras de molinos.....	85
2.2.3.4.	Procedimiento para el registro de actividades correctivas de mantenimiento.....	88
2.2.3.5.	Registro de trabajos realizados .....	92

2.2.4.	Descripción de recurso humano, actividades de mantenimiento y desarrollo de hojas de programación y verificación .....	95
2.2.4.1.	Malacate o virador de jaulas cañeras ..	96
2.2.4.1.1.	Recurso humano .....	96
2.2.4.1.2.	Actividades de mantenimiento .....	97
2.2.4.1.3.	Hoja de programación de mantenimiento .....	110
2.2.4.1.4.	Hoja de verificación ....	112
2.2.4.2.	Mesas de descarga o alimentación de caña .....	116
2.2.4.2.1.	Recurso humano .....	116
2.2.4.2.2.	Actividades de mantenimiento .....	117
2.2.4.2.3.	Hoja de programación de mantenimiento .....	128
2.2.4.2.4.	Hoja de verificación ....	134
2.2.4.3.	Conductor de tablillas .....	141
2.2.4.3.1.	Recurso humano .....	141
2.2.4.3.2.	Actividades de mantenimiento .....	141
2.2.4.3.3.	Hoja de programación de mantenimiento .....	147
2.2.4.3.4.	Hoja de verificación ....	150
2.2.4.4.	Conductores de banda .....	152
2.2.4.4.1.	Recurso humano .....	152
2.2.4.4.2.	Actividades de mantenimiento .....	152

	2.2.4.4.3.	Hoja de programación de mantenimiento.....	161
	2.2.4.4.4.	Hoja de verificación.....	163
2.2.4.5.		Precuchilla.....	167
	2.2.4.5.1.	Recurso humano.....	167
	2.2.4.5.2.	Actividades de mantenimiento.....	168
	2.2.4.5.3.	Hoja de programación de mantenimiento.....	172
	2.2.4.5.4.	Hoja de verificación.....	173
2.2.4.6.		Picadora.....	175
	2.2.4.6.1.	Recurso humano.....	175
	2.2.4.6.2.	Actividades de mantenimiento.....	175
	2.2.4.6.3.	Hoja de programación de mantenimiento.....	178
	2.2.4.6.4.	Hoja de verificación.....	179
2.2.4.7.		Desfibradora.....	182
	2.2.4.7.1.	Recurso humano.....	182
	2.2.4.7.2.	Actividades de mantenimiento.....	182
	2.2.4.7.3.	Hoja de programación de mantenimiento.....	188
	2.2.4.7.4.	Hoja de verificación.....	190
2.2.4.8.		Molinos.....	193
	2.2.4.8.1.	Recurso humano.....	193
	2.2.4.8.2.	Actividades de mantenimiento.....	194

	2.2.4.8.3.	Hoja de programación de mantenimiento .....	205
	2.2.4.8.4.	Hoja de verificación ....	208
	2.2.4.9.	Inclinados.....	209
	2.2.4.9.1.	Recurso humano .....	209
	2.2.4.9.2.	Actividades de mantenimiento .....	209
	2.2.4.9.3.	Hoja de programación de mantenimiento .....	213
	2.2.4.9.4.	Hoja de verificación ....	216
2.2.5.		Insumos, materiales y herramientas .....	217
	2.2.5.1.	Soldadura .....	217
	2.2.5.2.	Lubricantes .....	220
	2.2.5.3.	Herramientas .....	224
2.2.6.		Permisos.....	226
2.2.7.		Análisis de costos de operación y mantenimiento de picadora de tándem C .....	228
	2.2.7.1.	Detalle de ingresos .....	228
	2.2.7.2.	Detalle de costos por operación y mantenimiento de la picadora.....	230
3.		ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN TÁNDEMOS DE MOLINOS (FASE DE INVESTIGACIÓN) .....	239
3.1.		Descripción de los tándems de molinos .....	239
	3.1.1.	Tándem A .....	240
	3.1.2.	Tándem B .....	240
	3.1.3.	Tándem C .....	241
3.2.		Toma de datos de paros en molienda de anterior zafra .....	241

3.2.1.	Resumen estadístico de los paros en tandems de molinos .....	243
3.2.2.	Análisis de las principales estadísticas obtenidas .....	249
3.3.	Análisis de primer nivel .....	250
3.3.1.	Descripción del método de análisis de Pareto.....	250
3.3.2.	Aplicación del método .....	252
3.3.2.1.	Resultados obtenidos.....	252
3.3.2.2.	Diagrama de Pareto .....	254
3.3.2.3.	Análisis del método .....	258
3.3.2.4.	Determinación de principales causas .....	258
3.4.	Análisis de segundo nivel.....	259
3.4.1.	Descripción de las herramientas de calidad .....	259
3.4.1.1.	Diagrama de Ishikawa .....	260
3.4.1.2.	Árbol de problemas .....	261
3.4.2.	Aplicación de las herramientas de calidad .....	262
3.4.3.	Análisis de las causas principales .....	274
3.5.	Catálogo de fallas .....	276
3.6.	Instructivos propuestos .....	283
4.	INSTRUCCIÓN AL PERSONAL OPERATIVO DE LAS HOJAS DE MANTENIMIENTO Y DEL PROCESO DE MOLIENDA (FASE DE DOCENCIA).....	291
4.1.	Planificación .....	291
4.2.	Programación.....	293
4.3.	Dinámicas .....	294
4.4.	Evaluación.....	296
4.5.	Resultados .....	298

CONCLUSIONES .....	301
RECOMENDACIONES .....	305
BIBLIOGRAFÍA.....	307
ANEXOS.....	309



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ubicación del Ingenio Magdalena .....	4
2.	Política de gestión .....	20
3.	Certificación OHSAS 18001:2007 .....	21
4.	Certificación de inocuidad .....	21
5.	Calidad Magrisa .....	22
6.	Organigrama del Departamento de Maquinaria .....	24
7.	Área de recepción, preparación y extracción de caña .....	34
8.	Diagrama de Ishikawa del diagnóstico de la situación actual.....	36
9.	Malacate o virador de jaulas cañeras.....	41
10.	Mesa de descarga o alimentación de caña .....	43
11.	Conductor de tablillas.....	45
12.	Conductor de banda de <i>trash</i> .....	46
13.	Detalle de picadora .....	50
14.	Vista lateral de la picadora .....	50
15.	Desfibradora y martillos del tándem B.....	51
16.	Relación entre el yunque y la desfibradora .....	52
17.	Detalle de la desfibradora del tándem B .....	54
18.	Detalle de un molino.....	56
19.	Mazas del molino .....	57
20.	Inclinado o conductor intermedio del tándem C .....	58
21.	Programación basada en proyecciones .....	69

22.	Mantenimiento programado tándem B.....	71
23.	Diagrama de Gantt.....	74
24.	Procedimiento de requisición al almacén central.....	76
25.	Procedimiento de directrices de trabajos con grúa .....	81
26.	Procedimiento de medición de temperatura .....	85
27.	Procedimiento para el registro de actividades correctivas .....	89
28.	Ejemplo de formato para detalle de fallas por turno.....	93
29.	Registro de inconvenientes en zafra.....	94
30.	Balancín del malacate.....	97
31.	Poleas de levante superiores.....	101
32.	<i>Joystick</i> del malacate.....	107
33.	Hoja de programación del malacate .....	110
34.	Hoja de verificación del malacate .....	112
35.	Eje motriz de la mesa .....	117
36.	Nivelador de la mesa .....	120
37.	Pateador o separador de caña .....	122
38.	Rodillos de la mesa.....	123
39.	Troceadora .....	126
40.	Sistema de lavado con agua por rebalse.....	127
41.	Hoja de programación de la mesa de descarga .....	128
42.	Hoja de programación de la segunda mesa .....	130
43.	Hoja de programación de la troceadora.....	132
44.	Hoja de verificación de mesa de lavado en seco .....	134
45.	Hoja de verificación de la segunda mesa .....	137
46.	Hoja de verificación de la troceadora.....	139
47.	Hoja de programación del conductor de tablillas .....	148
48.	Hoja de verificación del conductor de tablillas .....	150
49.	Banda de hule de alimentación a molinos .....	153
50.	Rodillos de carga de la banda de alimentación .....	155

51.	Rodillos de retorno de la banda .....	156
52.	Estructura de los conductores de banda de alimentación .....	160
53.	Hoja de programación de los conductores de banda .....	161
54.	Hoja de verificación de los conductores de banda .....	164
55.	Hoja de programación de la precuchilla .....	172
56.	Hoja de verificación de la precuchilla .....	174
57.	Cuerpo de la picadora .....	177
58.	Hoja de programación de la picadora.....	178
59.	Hoja de verificación de la picadora .....	180
60.	Cuerpo de la desfibradora.....	183
61.	Detalle de martillo largo de la desfibradora del tándem C.....	185
62.	Rodo alimentador de la desfibradora .....	186
63.	Yunque de la desfibradora .....	187
64.	Hoja de programación de la desfibradora .....	188
65.	Hoja de verificación de la desfibradora .....	191
66.	Colador rotativo .....	204
67.	Hoja de programación de mantenimiento de molinos .....	205
68.	Hoja de verificación de molinos.....	208
69.	Hoja de programación de mantenimiento de inclinados.....	214
70.	Hoja de verificación de mantenimiento de inclinados.....	216
71.	Partes de una pulidora rotatoria .....	224
72.	Polipasto manual de cadena .....	225
73.	Formato de permiso para trabajos en alturas.....	227
74.	Detalle de cuchilla para picadora .....	235
75.	Vista del tándem C.....	239
76.	Monitor del moledor.....	242
77.	Porcentaje de número de inconvenientes por tándem .....	244
78.	Porcentaje de tiempo relativo a problemas .....	245
79.	Número de inconvenientes por mes y promedio diario .....	248

80.	Diagrama de Pareto del tándem A.....	255
81.	Diagrama de Pareto del tándem B.....	256
82.	Diagrama de Pareto del tándem C.....	257
83.	Diagrama de Pareto de segundo nivel de la unidad 6A.....	263
84.	Diagrama de Pareto de segundo nivel de la unidad 5B.....	265
85.	Diagrama de Pareto de segundo nivel de la unidad 5C.....	267
86.	Diagrama de Pareto de segundo nivel de los inclinados.....	269
87.	Árbol de problemas de desperfecto de motor eléctrico.....	270
88.	Diagrama de Ishikawa de desgaste de peine superior.....	271
89.	Diagrama de Ishikawa de sobrecarga de bagazo.....	272
90.	Árbol de problemas del desgaste de tablillas de arrastre.....	273
91.	Instructivo para hidrolavado de mazas.....	284
92.	Instructivo para arranque y parada de cargadores frontales.....	286
93.	Instructivo para arranque de motores eléctricos.....	288
94.	Proceso de producción de azúcar.....	296
95.	Hoja de evaluación de aprendizaje.....	297
96.	Resultados de evaluaciones.....	298
97.	Capacitaciones a cargo del personal de maquinaria.....	299

## TABLAS

I.	Análisis FODA.....	38
II.	Días de mantenimiento en anterior zafra.....	67
III.	Días de mantenimiento programado según plan de molienda.....	68
IV.	Ingreso por azúcar procesada hasta el primer cambio de cuchillas de la picadora del tándem C.....	229

V.	Costo de la energía eléctrica hasta el primer cambio de cuchillas de la picadora del tándem C .....	231
VI.	Costo de mano de obra por fabricación y cambio de cuchillas de la picadora del tándem C .....	234
VII.	Costo por soldadura para cuchillas .....	236
VIII.	Resumen de costos para el primer cambio de cuchillas de la picadora del tándem C.....	237
IX.	Resumen general por número y tiempo de inconvenientes .....	243
X.	Porcentajes de pérdidas de tiempo.....	245
XI.	Inconvenientes por mes y por día .....	247
XII.	Resultados de fallas en el tándem A.....	253
XIII.	Resultados de fallas en el tándem B.....	253
XIV.	Resultados de fallas en el tándem C.....	254
XV.	Tabla de frecuencias de los problemas de la unidad 6A.....	262
XVI.	Tabla de frecuencias de los problemas de la unidad 5B.....	264
XVII.	Tabla de frecuencias de los problemas de la unidad 5C.....	266
XVIII.	Tabla de frecuencias de los problemas de los inclinados .....	268
XIX.	Programación de las capacitaciones del proceso de molienda.....	293



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>\$</b>	Dólar estadounidense
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>°</b>	Grado sexagesimal
<b>h</b>	Hora
<b>hp</b>	<i>Horsepower</i> o caballo de fuerza
<b>kW</b>	Kilovatio
<b>kWh</b>	Kilovatio hora
<b>lb</b>	Libra
<b>MW</b>	Megavatio
<b>MWh</b>	Megavatio hora
<b>m</b>	Metro
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minutos
<b>%</b>	Porcentaje
<b>% ACUM.</b>	Porcentaje acumulado
<b>psi</b>	Libra por pulgada cuadrada
<b>”</b>	Pulgada
<b>in<sup>2</sup></b>	Pulgada cuadrada
<b>Q</b>	Quetzal guatemalteco
<b>qq</b>	Quintal
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>ton</b>	Tonelada



## GLOSARIO

<b>Azúcar</b>	Término para la sacarosa disacárida y productos de la industria azucarera, compuestos esencialmente por sacarosa.
<b>Bagazo</b>	Residuo de la caña que sale del molino después de la extracción de jugo.
<b>Brix</b>	Medida de los sólidos disueltos en azúcar, jugo, licor o jarabe utilizando un refractómetro, también conocidos como sólidos secos refractométricos. Para soluciones que contienen únicamente azúcar y agua, $Brix = \% \text{ en masa de azúcar}$ . Los grados Brix se pueden también determinar usando un hidrómetro, pero actualmente este equipo se emplea raramente.
<b>Cachaza</b>	Material retenido y descargado por los filtros que se encargan de filtrar los lodos del clarificador.
<b>Camisa</b>	Es un cilindro de hierro fundido que se monta sobre un eje y es en la que se realiza el rayado o ranurado de la maza.
<b>Centrífuga</b>	Máquina rotativa utilizada para separar el azúcar del licor madre o miel.

<b>Corona</b>	Son engranes de acero fundido encargados de transmitir el movimiento entre mazas.
<b>Criticidad</b>	Indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y necesario.
<b>Cuchilla central</b>	Es una pieza de hierro fundido que va alojada entre la maza cañera y bagacera y montada sobre el puente. Su función es la de transportar el bagazo entre mazas y cuenta con dientes en cada lado que limpian y remueven el exceso de bagazo. Es también llamada virador.
<b>Equipo padre</b>	Son todas las agrupaciones de sistemas y equipos que trabajan en conjunto para desarrollar una función específica de la línea de producción. Entre ellos se encuentra: el malacate o virador de jaulas, la mesa de alimentación, los conductores de tablillas y de banda, picadoras, desfibradoras y molinos.
<b>Imbibición</b>	Proceso de añadir agua en el área de molinos para aumentar la extracción. En ocasiones se denota incorrectamente como maceración (remojar la caña con jugo).

<b>Jugo cristal</b>	Es el jugo de caña sin diluir que se extrae en el primer molino de cada tándem. Es de mayor pureza que el jugo crudo.
<b>Jugo crudo</b>	Es el jugo de caña que se obtiene en el segundo molino después de haber pasado por las distintas maceraciones de los siguientes molinos. Es de menor calidad que el jugo cristal.
<b>Maceración</b>	Es un tipo de extracción entre un elemento sólido y uno líquido, donde el líquido pretende extraer los compuestos solubles del sólido. En este caso, el agua pretende extraer la sacarosa remanente en el bagazo del último molino.
<b>Mantto. programado</b>	Tipo de mantenimiento que consiste en efectuar paros en la operación para efectuar reparaciones o cambios en los sistemas y equipos de acuerdo a los estándares de funcionamiento.
<b>Maza</b>	Rodillo dentado de hierro fundido que sirve para comprimir el bagazo y extraer el jugo de la caña de azúcar.
<b>Mesh</b>	Es el número de orificios por pulgada línea, contados a partir del centro de un hilo en una malla.

<b>Polarización o Pol</b>	Contenido de sacarosa aparente expresado como porcentaje de masa, medido a partir de la rotación óptica de luz polarizada al pasar por una solución azucarada. Este procedimiento es exacto únicamente para soluciones de sacarosa puras.
<b>Refinado</b>	Purificación del azúcar empleando métodos físicos y químicos, generalmente incluyendo procesos como la clarificación, filtración, decolorización y recristalización.
<b>Sacarosa</b>	Es un disacárido que se encuentra formado por la combinación de glucosa y de fructosa. Su fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$ .
<b><i>Sprocket</i></b>	Rueda dentada cuyos dientes encajan en cadenas por lo general y su rotación produce movimiento de algún sistema.
<b>Tándem</b>	Conjunto de molinos dispuestos en serie que funcionan el proceso de la extracción de jugo.
<b><i>Trash</i></b>	Incluye toda hoja y cogollo de caña, barro, tierra, raíces, piedras y metales entregados con la caña.
<b>Zafra</b>	Tiempo que dura la cosecha de caña dulce y el proceso de fabricación de azúcar. Generalmente abarca de noviembre a mayo.

## RESUMEN

El proyecto consta de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para el área de la recepción, preparación y extracción de caña de azúcar en el Ingenio Magdalena, S.A., tomando en cuenta herramientas de ingeniería mecánica industrial.

Como base del proyecto se tiene la propuesta del plan mencionado como parte de la fase de servicio técnico – profesional en el área de maquinaria. Se realiza la descripción de recurso humano y actividades de mantenimiento por cada componente de cada equipo padre. Con esto se pretende sustentar teóricamente el diseño de hojas de programación y de verificación de mantenimiento preventivo.

Por parte de la fase de investigación se realiza un análisis de criticidad, evaluando las principales causas que ocasionan paros en la molienda de los tres tándems de molinos. Se revisan los libros diarios de jefes y supervisores de turno para desarrollar una base de datos y poder realizar un análisis 80 – 20 mediante el diagrama de Pareto. Al determinar las principales causas, se les aplican otras herramientas administrativas y estadísticas de calidad para desglosar y profundizar sobre los principales inconvenientes.

Por último, en la fase de docencia se pretende instruir al personal encargado en zafra, acerca de las hojas de programación y de verificación de mantenimiento propuestas, así como de las actividades y equipos involucrados en el proceso de molienda.



# OBJETIVOS

## Generales

Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo que abarque el equipo y maquinaria del área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar del Ingenio Magdalena, aplicando distintas herramientas de ingeniería mecánica industrial.

## Específicos

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual apoyado en herramientas administrativas de ingeniería industrial para determinar de mejor manera la problemática a tratar.
2. Definir la planificación y programación de las tareas de mantenimiento preventivo propuestas para los diferentes equipos padre del área.
3. Diseñar procedimientos, registros e instructivos específicos para las ciertas actividades correspondientes al mantenimiento preventivo.
4. Definir y agrupar por cada equipo padre, el recurso humano y actividades de mantenimiento preventivo que se realizarán a todos sus sistemas y componentes.

5. Diseñar hojas de programación y de verificación de mantenimiento preventivo, listando todas las actividades por sistema y componente de cada equipo padre y dándoles cierta periodicidad de ejecución.
6. Describir las propiedades de los principales insumos, materiales y herramientas utilizadas en las tareas de mantenimiento preventivo del área.
7. Analizar la relación beneficio – costo para un equipo específico del área en lo que respecta a tareas por mantenimiento preventivo, representando una muestra de toda el área.
8. Realizar un análisis de tiempos perdidos por equipos y causas de la zafra anterior para presentar oportunidades de mejora en las zafras posteriores.

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería es una herramienta que promueve la mejora continua de sistemas industriales. En los ingenios azucareros, donde existe aplicación total de las distintas herramientas ingenieriles en todas sus ramas, no es la excepción, siendo industrias que generalmente se mantienen a la vanguardia con técnicas y procedimientos de producción, mantenimiento y administración de recursos.

El presente trabajo de graduación es una implementación de instrumentos y herramientas que colaborarán con esta mejora continua que se pretende en el Ingenio Magdalena, específicamente en el área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar que tiene maquinaria como grúas de volteo, mesas de descarga, dispositivos rotativos de preparación, conductores y tándems de molinos, para la producción de jugo de caña y bagazo como biocombustible para su combustión en calderas.

El desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y la propuesta de herramientas que faciliten las rutinas de los mecánicos de turno servirán como base para la posterior implementación de un sistema de gestión empresarial. El mantenimiento preventivo se realiza con base en la experiencia de los jefes y supervisores de turno, así como del personal operativo más involucrado con la maquinaria y los procesos de conservación del equipo. Por otra parte, no existe documentación especializada ni específica de los trabajos que se realizan o de una rutina específica a seguir, con el fin de registrar los procedimientos de forma más normada y técnica.



## **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **1.1. Ingenio Magdalena, S.A.**

Es una empresa agroindustrial que se dedica al procesamiento de la caña de azúcar para la producción de azúcar, alcoholes, energía eléctrica y otros productos derivados del proceso. Es uno de los ingenios más importantes de América Central y tiene el récord mundial de quintales de azúcar producidos por la zafra 2014 – 2015.

Consta de grandes agregados como lo son: taller, campo, servicios generales y el área industrial. En el área industrial existen algunas divisiones como maquinaria, fábrica, refinería, destilería, cogeneración, envasado y producto terminado. El Departamento de Maquinaria está a cargo de la recepción, preparación y extracción de caña de azúcar.

### **1.2. Antecedentes generales**

En la década de los años cincuenta la familia Leal se inicia en negocios relacionados con la agricultura y en 1968 invierte en una participación en un ingenio nuevo en conjunción con otras personas que fue destinado a la producción de mieles vírgenes con un par de molinos. Estaba ubicado en la Finca Magdalena, en el Rodeo, Escuintla.

En 1983 se adquiere el 100 % de las acciones del Ingenio Magdalena y se inicia la etapa de inversión en la empresa, reubicando el ingenio en la Finca

Buganvilla, ubicada en el municipio La Democracia del departamento de Escuintla, Guatemala.

En 1990 inicia el proyecto de cogeneración de energía eléctrica, en 1994 firmar un contrato por veinte años con la Empresa Eléctrica de Guatemala.

En 1996 se adquiere un tándem nuevo de molinos y se construye un laboratorio para la producción de semilla de caña y selección de variedades. En 2001 inician los trabajos de destilería con la instalación de la planta de alcohol con capacidad de 120 000 litros diarios.

Los siguientes años continuaron con la implementación de maquinaria y equipo que optimizaría la producción total y mejoraría las instalaciones, siendo lo más relevante la instalación de un tercer tándem de molinos y una planta de cogeneración de treinta megavatios (30 MW). En 2010 se construye una nueva planta de generación eléctrica a base de biomasa y carbón, con capacidad de sesenta y dos megavatios (62 MW). En 2013 se inaugura el domo de azúcar más grande de la región y se realizan trabajos de obra civil y construcción de plantas hidroeléctricas.

Así, entonces, el Ingenio Magdalena después de la compra de las acciones, tiene treinta y dos años de estar en funciones, más de cuarenta y cinco desde su conformación y siempre con la idea de seguir creciendo.

### **1.3. De la institución**

Según su forma jurídica el Ingenio Magdalena es una sociedad anónima donde existe responsabilidad limitada y el capital está distribuido por acciones o títulos.

Según la actividad realizada, se puede establecer que la empresa pertenece al sector secundario ya que, para realizar sus actividades, realiza la transformación de la materia prima mediante procesos industriales y tecnología.

Según el tipo de capital, que en este caso proviene de particulares, la empresa es del sector privado.

### **1.4. Cantidad de personal**

El Ingenio Magdalena está dividido en grandes agregados que consolidan a la empresa. En el área industrial, que es en la que se desarrolla el proyecto, el personal está catalogado por puestos operativos y administrativos. Entre el personal operativo se encuentran mecánicos, técnicos, asistentes de mecánicos, encargados de limpieza de las áreas de la planta, entre otros. El personal administrativo está compuesto por jefes de área, jefes de turno, supervisores de área, asistentes, técnicos, entre otros.

El total de personal dentro del área de fábrica es de 1 646 personas, divididas de la siguiente manera:

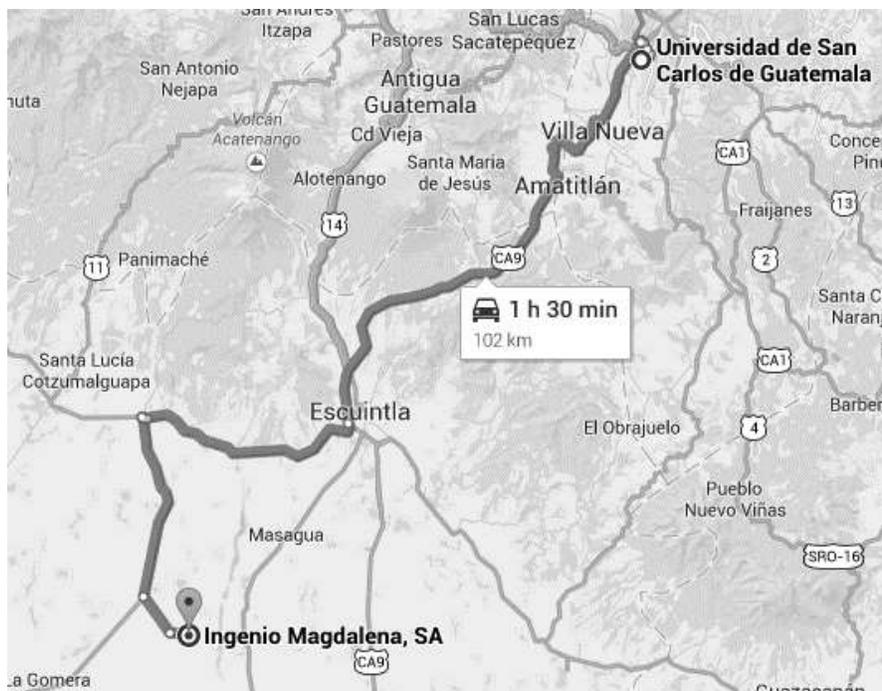
- Personal operativo: 1 544 personas
- Personal administrativo: 102 personas

## 1.5. Ubicación

El Ingenio Magdalena está ubicado en una región donde se hace fácil la siembra, cosecha y transporte de la materia prima, que es la caña de azúcar. Esto se debe a las condiciones climatológicas favorables de la región sur del país. Además, el ingenio se ubica en un sector cercano a los puertos marítimos donde se embarca el azúcar como producto de exportación.

El Ingenio Magdalena se encuentra en el interior de la Finca Buganvilla, ubicada en el kilómetro 99,5 carretera a Sipacate, municipio La Democracia, departamento de Escuintla, Guatemala.

Figura 1. **Ubicación del Ingenio Magdalena**



Fuente: Google Maps. Consulta: 20 de febrero de 2015.

## 1.6. Productos

En el Ingenio Magdalena se tienen tres productos que utilizan como materia prima la caña de azúcar, de la cual su cultivo se ha convertido en una de las principales actividades económicas de la región sur del país. Estos productos son los siguientes:

- Azúcar: es el producto líder del ingenio y ha mostrado una creciente demanda, que ha llevado a la extensión de las plantaciones y a la generación de empleos. Hay tres tipos de azúcar que se manejan en el ingenio y son: estándar, superior y refinada.

El azúcar tiene un proceso que involucra operaciones de índole puramente mecánica, así como operaciones de índole química. El proceso generalmente abarca la recepción de caña, preparación, molienda, clarificación, evaporación, cristalización, separación, refinado, secado y envasado.

- Alcohol: se producen alcoholes y gases utilizando la melaza como materia prima. Dentro del ingenio hay una destilería que desarrolla los procesos de fermentación, destilación y almacenaje. Al producir alcoholes, se generan subproductos como gases que se venden para la extracción de dióxido de carbono y metano.
- Energía eléctrica: hay una planta de cogeneración que funciona a través de la combustión del bagazo de la caña de azúcar. La energía eléctrica surge de transformar la energía térmica resultante de la combustión del bagazo y la producción de vapor de agua. La energía eléctrica generada es utilizada para consumo interno y también como aporte a la red energética nacional.

## **1.7. Procesos de producción**

Los procesos a considerar son los relacionados a la caña de azúcar, azúcar, alcohol y energía eléctrica. Cada proceso pasa por varias etapas específicas que permiten la producción con alta calidad.

### **1.7.1. Caña de azúcar**

La caña de azúcar es manejada de distintas formas en la industria azucarera. En Ingenio Magdalena S.A., el manejo de la caña sigue el proceso a continuación.

#### **1.7.1.1. Siembra**

La siembra se realiza en las distintas fincas que administra el ingenio y se lleva a cabo de forma manual.

##### **1.7.1.1.1. Adecuación de la tierra**

Se hace necesario revisar las dimensiones del lote para dimensionar el tamaño de los surcos, así como diseñar el sistema de riego de la caña de azúcar.

##### **1.7.1.1.2. Ruma**

Es el proceso de eliminación de árboles, cercos y construcciones que estén presentes en el lote seleccionado. Involucra el diseño de canales y zanjias que sirvan como un sistema de drenaje de agua.

Además, se diseñan los accesos para el transporte de caña por medio de las diferentes jaulas cañeras, así como se procede a fertilizar la tierra con compost.

#### **1.7.1.1.3. Preparación de tierras**

Esta actividad involucra labores mecanizadas que se realizan por medio de maquinaria agrícola especializada. El objetivo principal de esta actividad es el surqueo o realización de surcos para la siembra de caña.

#### **1.7.1.1.4. Siembra**

Principalmente se desarrolla de forma manual. La semilla es analizada y se desarrolla dentro de la unidad de laboratorios del área industrial del ingenio.

### **1.7.1.2. Manejo de la plantación**

Este procedimiento concierne a lo relativo a la administración de las plantaciones y sus respectivos cuidados.

#### **1.7.1.2.1. Fertilización**

Es la aplicación de nutrientes químicos y orgánicos al suelo. Se desarrolla de forma mecánica por medio de maquinaria y equipo agrícola especializado.

#### **1.7.1.2.2. Riegos**

Es la actividad de surtir agua a las plantaciones y se puede llevar a cabo por aspersión, por gravedad o de forma mecánica. Esta actividad se desarrolla posteriormente a la fertilización, aproximadamente 35 días después.

#### **1.7.1.2.3. Control de malezas**

Se aplican herbicidas por medio de aspersores a las plantaciones de caña. Se realizan despejes de rondas para habilitar accesos para la cosecha y la prevención de quemas de caña.

#### **1.7.1.2.4. Control de plagas**

Es un control de carácter preventivo que involucra tratamiento térmico y la utilización de productos biológicos.

#### **1.7.1.2.5. Aplicaciones aéreas**

Se realiza por medio de avionetas adecuadas con un sistema de aspersión que suministran fertilizantes, insecticidas y madurantes, según sea el caso. Estas actividades están regidas por la normativa ambiental de ASAZGUA.

#### **1.7.1.3. Cosecha**

Se realiza en el período comprendido desde noviembre hasta aproximadamente finales de abril. Se da en la época seca que corresponde al llamado tiempo de zafra.

#### **1.7.1.3.1. Quema**

Esta actividad consiste en la provocación de incendios controlados que tienen como fin facilitar la labor del cortador y disminuir la cantidad de basura a transportar en las jaulas cañeras.

#### **1.7.1.3.2. Corte manual**

Actividad que llevan a cabo los cortadores y que puede ser facilitada por la quema, aunque se puede realizar sin ella dando lugar al llamado corte verde, que se realiza a ras de suelo. Es una actividad que se desarrolla en áreas céntricas y cercanas a vías de transporte.

#### **1.7.1.3.3. Corte mecanizado**

Es el corte de caña que se realiza por medio de maquinaria agrícola especializada que corta la caña en tallos más pequeños que los que se obtienen manualmente. Una jaula cañera se moviliza a la par de la cortadora y va siendo llenada a medida que se realiza el corte de caña.

Entre sus ventajas está que involucra un número de personal reducido y que reduce los tiempos de corte. También tiene desventajas y entre ellas está que el corte mecanizado no se puede realizar en áreas rocosas o en áreas con pendientes pronunciadas. Otra desventaja es que con el corte mecanizado hay mucha presencia de materia extraña en la caña.

#### **1.7.1.3.4. Alce y movimiento interno**

Esta actividad consiste en levantar mecánicamente la caña y acomodarla en las jaulas por medio de maquinaria agrícola especializada.

#### **1.7.1.3.5. Transporte de caña**

Se realiza en arreglos de dos, tres, cuatro o cinco jaulas cañeras. Esto se dispone y programa según la ubicación, distancia y carretera de donde se ubica el lote donde se cosecha.

### **1.7.2. Azúcar**

Este proceso es bastante complejo y comprende desde la entrada de jaulas cañeras a la báscula, hasta el envasado del producto en sus respectivos sacos.

#### **1.7.2.1. Entrada**

Se realiza el pesaje en básculas de las unidades que transportan caña. Luego, se descarga sobre mesas de alimentación por medio de viradores de caña con capacidad de 50 toneladas. En las mesas se realiza el lavado en seco para después pasar la caña por la fase de preparación a través de picadoras y desfibradoras.

### **1.7.2.2. Molienda**

Se tienen tres tandems de molinos denominados A, B y C. El tandem A es el de menor capacidad de molienda. Este tandem cuenta con seis molinos, mientras que los tandems B y C cuentan con cinco molinos. Cada molino está compuesto por cuatro mazas denominadas: superior, cañera, bagacera y cuarta maza. En esta fase se realiza el proceso de maceración que consiste en que los jugos pobres de molinos posteriores regresan a los anteriores para hacer más eficiente la molienda. En el último molino se aplica agua caliente a aproximadamente 55 °C.

Los dos productos que se obtienen del proceso de molienda de caña son el jugo de caña, ya sea cristal o crudo, y el bagazo que es un subproducto industrial que pasa a calderas como biocombustible de las mismas. El bagazo no se utiliza en su totalidad y el remanente cubre paros de emergencia.

### **1.7.2.3. Clarificación**

El jugo procedente de la molienda llega a calentadores que operan a una temperatura que se encuentra entre los 60 y 68 °C. Luego de los calentadores, el jugo pasa a una torre de sulfatación que baja el pH para poder producir azúcar blanco. Se utiliza azufre como decolorante y bachada de cal para neutralizar el jugo.

Después se realiza un calentamiento en tres etapas que son: vegetal con temperaturas entre los 79 y 85 °C a 5 psi; vapor de 5 psi entre los 96 y 102 °C; y vapor de 10 psi para la rectificación del jugo.

Posteriormente se alimenta el jugo a los clarificadores a baja velocidad para poder concentrar los lodos y extraerlos del jugo. Por último, se utilizan coladores vibratorios con malla 110 *mesh* para eliminar el bagacillo remanente.

#### **1.7.2.4. Evaporación**

Es del tipo de quántuple efecto con evaporadores de la clase Roberts. El vapor y el jugo se ubican en cámaras separadas y el jugo pasa de un evaporador a otro por medio de bombas de transferencia.

#### **1.7.2.5. Cristalización**

Es el proceso de crecimiento de la sacarosa y se realiza normalmente en tachos al vacío. Según su pureza el azúcar se clasifica en crudo y blanco.

El proceso consta de introducir granos microscópicos de azúcar en el jugo, estos granos son llamados semillas. Es necesario conocer y llegar al punto exacto del cocimiento y así obtener un buen producto.

#### **1.7.2.6. Separación**

Los cristales obtenidos en la etapa anterior son separados de la miel por medio de dispositivos rotativos llamados centrífugas. La miel pasa a través de las telas mientras que los cristales son contenidos dentro de la malla y posteriormente son lavados con agua. La miel retorna a los tachos o se puede utilizar para el proceso de destilación. El azúcar obtenido pasa al proceso de secado y enfriado.

#### **1.7.2.7. Refinación**

Este es un proceso adicional para obtener azúcar con mayor grado de finura. Utiliza como materia prima el azúcar blanco estándar o azúcar crudo.

En este proceso se disuelve el azúcar a 60 grados brix, luego se le adiciona carbón activado y tierra diatomácea. Esta solución se hace pasar por dos filtraciones en filtros verticales, hasta obtener un licor claro. El licor es evaporado y empieza la cristalización de los granos.

#### **1.7.2.8. Secado**

En el proceso de centrifugado se utiliza agua de condensado para lavar el azúcar. Esto resulta en humedades que oscilan entre 0,3 y 0,6 %, por lo que se hace necesario pasar el azúcar por un proceso de secado para alcanzar niveles de 0,2 % para azúcar crudo y 0,03 % para azúcar blanco.

#### **1.7.2.9. Envasado**

El azúcar crudo de exportación sale desde la secadora directamente a las bodegas de almacenamiento. En dichas bodegas se carga a granel en camiones que la transportan al puerto de embarque.

El azúcar blanco estándar y refinada se envasa en sacos de 46 y 50 kilogramos y en sacos jumbo de 1 400 kilogramos.

### **1.7.3. Alcohol**

Se cuenta con una planta de destilería que tiene capacidad de 450 000 litros diarios de alcohol etílico hidratado.

#### **1.7.3.1. Fermentación**

Se utiliza la melaza como materia prima, la cual es un subproducto del proceso de fabricación del azúcar. Las melazas del ingenio contienen entre 80 a 88 grados brix y 46 a 60 grados de azúcares totales.

El proceso inicia en el laboratorio, donde se realiza un crecimiento de la levadura con 15 litros de mosto. Esta mezcla se almacena en condiciones ideales de temperatura durante un día, hasta alcanzar 15 litros de levadura.

La levadura se agrega en el reactor uno y se continua el proceso en otros tres reactores para así aumentar el volumen de la misma.

Cuando los semilleros alcanzan el 80 % de su capacidad, se bombea su contenido hacia uno de los cuatro fermentadores. Cuando el fermentador tiene la levadura, se agrega agua y melaza hasta alcanzar el 80 % de llenado y 15 grados brix. Luego de 32 a 36 horas de fermentador se alcanza alrededor de 8 % de alcohol. Éste se bombea hacia un sedimentador de levadura, donde se recupera hacia los semilleros para ser procesada en el siguiente fermentador.

#### **1.7.3.2. Destilación**

El mosto fermentado o vino ingresa a la columna uno. Los vapores de esta columna pasan a la columna dos o elaboradora de grado. Luego los vapores se

condensan y pasan a la columna tres donde se le agrega agua para dejar la temperatura entre 15 y 20 °C y así separar los aceites no deseables del alcohol.

El alcohol libre de aceites se bombea hacia la columna cuatro donde nuevamente se eleva el grado de licor.

El alcohol obtenido se bombea a la columna cinco donde se separa el metanol para obtener alcohol extra fino.

#### **1.7.3.3. Almacenaje**

Se cuenta con seis tanques con capacidad de 150 000 litros cada uno que almacenan la producción diaria de la planta. Este alcohol es despachado en pipas hacia la terminal del puerto, donde posteriormente es trasladada a barcos para su exportación.

#### **1.7.3.4. Subproductos**

Los gases resultantes del proceso de fermentación se venden para que les extraigan dióxido de carbono.

De la destilación se obtienen vinazas que son aprovechadas para regar y fertilizar los campos de caña.

Existe una planta que procesa las vinazas y produce gas metano que puede servir de combustible en las calderas.

#### **1.7.4. Energía eléctrica**

La producción de la energía eléctrica se realiza aprovechando la transformación de la energía que resulta de la combustión de bagazo, carbón y chip, y la producción de vapor de agua.

La energía eléctrica producida se utiliza para satisfacer el consumo interno y el restante se distribuye para el consumo en la red eléctrica nacional.

##### **1.7.4.1. Transformación**

Para la producción de energía eléctrica se utiliza como materia prima el bagazo de la caña de azúcar, carbón mineral, chip y rastrojo. Son transportados por medio de bandas hacia las calderas para que sirvan como combustible para producir vapor de agua. Este vapor tiene la mitad de agua y la otra mitad de fibras de caña.

El vapor seco y a alta presión que es producido en las calderas sirve para generar energía eléctrica por medio de turbogeneradores. No se utiliza toda la energía térmica del vapor porque hay un residual que sale a 20 psi y se utiliza en la fábrica para calentar y concentrar los jugos, mieles y masas en la fabricación del azúcar.

El vapor es producido en diez calderas del tipo acuatubular, que entregan el vapor a una serie de turbogeneradores que realizan la conversión de energía térmica a mecánica y luego a energía eléctrica, que tiene consumo interno y externo.

#### **1.7.4.2. Distribución**

Se entrega energía eléctrica a 12,5 kW a las líneas internas para el consumo en el ingenio y el restante se eleva mediante un transformador a 69 kW, que es el voltaje comercial establecido por el administrador de mercado mayorista, y así interconectarse a la red nacional.

### **1.8. Principales elementos del plan estratégico**

El plan estratégico de la empresa está en constante desarrollo y actualización. A grandes rasgos consta de lo siguiente.

#### **1.8.1. Misión**

Desarrollamos y comercializamos productos agrícolas, alimenticios y energéticos para mejorar la calidad de vida de las personas.

#### **1.8.2. Visión**

Al 2022, Magdalena será una empresa de clase mundial, líder en costos y productividad. Impulsada por la innovación y la creación de nuevo valor. Desarrollará y comercializará de forma sostenible productos agrícolas, alimenticios y energéticos para el beneficio de sus grupos de interés.

### **1.8.3. Principios**

Los principios que se tienen en el Ingenio Magdalena son los siguientes:

- Dios.
- Familia.
- Trabajo.
- Sociedad.

### **1.8.4. Valores**

Los valores que se pretende inculcar en el personal son los siguientes:

- Honestidad.
- Humildad.
- Pasión por los logros.

Sembramos honestidad, humildad y la pasión por los logros para cosechar mejores personas.

### **1.8.5. Competencias**

En el Ingenio Magdalena como parte del plan estratégico se tienen ciertas competencias que se pretende inculcar en el personal con el fin de obtener como resultado personas más capaces y con un mismo perfil que se dirija hacia la consecución de objetivos y metas. Las competencias contempladas son las siguientes:

- Enfoque en el cliente.
- Innovación.
- Liderazgo Magdalena.
- Enfoque en el mercado.
- Aseguramiento del desarrollo integral.
- Comunicación efectiva.
- Aseguramiento de la calidad y eficiencia.
- Compromiso con Magdalena.

## **1.9. Políticas del ingenio**

Dentro de la organización se tienen ciertos lineamientos por los cuales hay que regirse para garantizar un adecuado servicio.

### **1.9.1. Política de gestión**

En Magdalena están comprometidos a lograr la satisfacción de nuestros clientes, a través de:

- Productos que cumplen sus necesidades y expectativas.
- El desarrollo de una cultura de servicio.
- La mejora continua de nuestras capacidades humanas y tecnológicas.
- El desarrollo de nuestro entorno social y ambiental.

Este compromiso es la base para la rentabilidad y sostenibilidad del negocio. Enfocándonos en los siguientes cuatro cuadrantes:

Figura 2. **Política de gestión**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

### **1.9.2. Política de seguridad y salud ocupacional**

En Magdalena todos están comprometidos en asegurar un ambiente laboral sano y seguro, enfocado en la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales a través de:

- Participación activa de los colaboradores.
- Cumplimiento de compromisos para la satisfacción de clientes.
- La mejora continua en cada actividad para asegurar nuestros recursos y activos.

Involucrando a los colaboradores, servicios tercerizados y visitantes en nuestras actividades dentro de las instalaciones.

Figura 3. **Certificación OHSAS 18001:2007**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

### **1.9.3. Política de inocuidad**

Se fabrican productos inocuos derivados de la caña de azúcar para uso industrial y consumo directo, cumpliendo con la legislación vigente y los requisitos de los clientes, comunicándolo de manera eficaz.

Figura 4. **Certificación de inocuidad**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

#### **1.9.4. Política de calidad**

Magrisa garantiza la satisfacción del cliente a través de productos que cumplan eficientemente los requisitos y expectativas acordadas, comprometidos con la mejora continua de sus procesos y el desarrollo integral de sus colaboradores.

Figura 5. **Calidad Magrisa**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

#### **1.9.5. Política de responsabilidad social**

Se maneja la comunicación y relación con los segmentos del público interesado por medio de proyectos, programas y acciones que impacten en el desarrollo humano, ambiental y en la mejora de calidad de vida de las personas, bajo los lineamientos de la presente política de responsabilidad social.

- Desarrollo del entorno: Se impacta en el desarrollo de los territorios de operación e influencia de Magdalena y se mejora la calidad de vida de las personas.
- Desarrollo familiar y social: desarrollo de las familias de los colaboradores, de esta manera impactamos en las familias para una mejor sociedad.

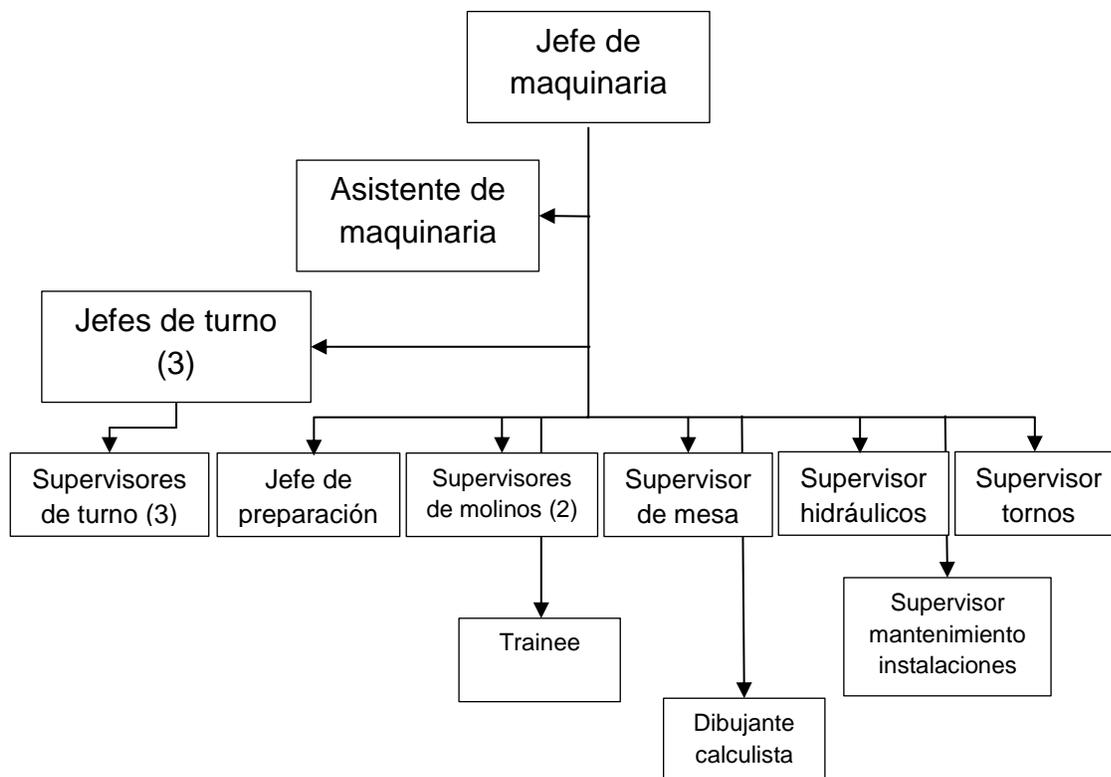
- Alianzas para el desarrollo: las relaciones y proyectos se construyen en conjunto con los públicos interesados, enfocados en una dinámica ganar – ganar.
- Desarrollo humano: se desarrollan a los colaboradores y se incide en las familias y comunidades de origen de los colaboradores.
- Cumplimiento del régimen legal y mejora continua: se cumple con lo que dicta la legislación guatemalteca y se cuenta con sistemas de gestión para garantizar el éxito de los procesos internos y externos.

Se cuida la imagen de Magdalena para impactar y apoyar la cultura bajo una visión de innovación y mejora continua.

### 1.10. Organigrama del Departamento de Maquinaria

Se tiene un organigrama de diseño funcional, donde cada encargado tiene a su cargo ocupaciones específicas.

Figura 6. Organigrama del Departamento de Maquinaria



Fuente: elaboración propia.

- Descripción de puestos:
  - Jefe de maquinaria: dirige y lidera el departamento, delegando responsabilidades y supervisando avances y cumplimiento de los diferentes planes y programas de operación y mantenimiento del área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar.
  - Asistente de maquinaria: coordina y supervisa la delegación y realización de tareas para el logro de los objetivos administrativos y operacionales del proceso de recepción y preparación de caña y el proceso de extracción de jugo.
  - Jefes de turno: encargado de coordinar y supervisar las actividades del proceso de recepción, preparación de caña y extracción de jugo, controlando los distintos parámetros de producción y distribuyendo tareas al personal bajo su cargo para mantener la continuidad del proceso productivo.
  - Supervisores de turnos: encargado de supervisar la operación del área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar en turnos rotativos en tiempo de zafra. Coordina tareas correctivas que den continuidad a la operación.
  - Jefe de preparación: coordina la fabricación de piezas de repuesto para los diferentes elementos de la preparación de caña, así como las intervenciones en los días de mantenimiento programado.

- Supervisores de molinos: encargado de la operación y mantenimiento de los tandems de molinos, planificando y supervisando las actividades de su equipo de trabajo.
- Supervisor de mesa: encargado de la operación y mantenimiento de las mesas de descarga de caña y conductores de bagazo y *trash* del área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar.
- Supervisor de hidráulicos: encargado de la operación y mantenimiento de los distintos sistemas hidráulicos del área industrial, planificando y supervisando las actividades de su equipo de trabajo.
- Supervisor de tornos: planificar, supervisar y coordinar la operación y mantenimiento del taller industrial, así como la fabricación de piezas mecánicas que se necesiten en los distintos procesos del área industrial. Distribuye el trabajo a realizar en el taller de acuerdo a la planificación, instruyendo al personal para su ejecución y verificando la calidad de los trabajos a fin de satisfacer los requerimientos de los usuarios.
- Supervisor de mantenimiento de instalaciones: encargado de gestionar y coordinar la conservación de los bienes inmuebles del área industrial.

- *Trainee*: aprender de los procesos administrativos, operativos y de mantenimiento del proceso de recepción, preparación y extracción de caña, apoyando y asistiendo directamente al funcionamiento del departamento.
  
- Dibujante calculista: encargado de apoyar en materias de dibujo técnico especializado en piezas mecánicas, maquinaria, equipo e instalaciones del área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar.



## **2. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (FASE DE SERVICIO TÉCNICO – PROFESIONAL)**

Esta es la fase central del proyecto y se basa en la reorganización de los trabajos de mantenimiento realizados en el área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar que opera bajo el cargo del personal del Departamento de Maquinaria del área industrial del Ingenio Magdalena, S.A. Esto con el fin de proponer un plan de mantenimiento preventivo para el área.

El mantenimiento preventivo tiene sus fundamentos en la realización de actividades que conserven el equipo y garanticen su funcionalidad, mediante revisiones y reparaciones que se desarrollan de forma planificada y programada antes de que los equipos presenten inconvenientes o, en el peor de los casos, fallen e incidan en paros en la producción.

Las actividades de mantenimiento preventivo por lo general consisten en inspecciones generales que involucran la observación y la familiarización con los equipos, limpiezas del equipo, cambios de piezas que cumplan su vida útil, lubricaciones periódicas y trabajos pequeños que garanticen el buen funcionamiento de la maquinaria y el equipo.

En esta fase se realiza un análisis de la situación actual y se realiza una propuesta que consiste básicamente en la agrupar los distintos elementos de un plan de mantenimiento preventivo por cada equipo padre. Por equipo padre se entiende al conjunto de sistemas que conforman un elemento que desarrolla una función específica y distinta en el proceso del azúcar.

Se procede a describir el recurso humano, las actividades de mantenimiento y se diseñan formatos para hojas de programación y de verificación de mantenimiento preventivo. Para las hojas de programación se emplean distintos lapsos de tiempo donde se diferencian dos términos principalmente: el servicio anual, que es el que se desarrolla durante el período de reparación, y el mantenimiento programado, que se desarrolla en tiempo de zafra al cumplir con cierta cantidad de caña procesada o de días de producción transcurridos. Las hojas de verificación propuestas son relativas al mantenimiento programado y detallan actividades por cada componente de cada equipo padre.

## **2.1. Situación actual**

Para definir la situación actual es necesario realizar un análisis profundo del área, conociendo el proceso y la maquinaria involucrada, así como su estado actual. Es necesario mencionar que el proceso está parcialmente automatizado y que la maquinaria y equipo en general están en buenas condiciones. Para empezar se hace necesario describir el área en la que se desarrolla el proyecto.

### **2.1.1. Descripción del área**

En el área de la recepción, preparación y extracción de caña de azúcar del Ingenio Magdalena se tienen tres tándems con capacidad de molienda de hasta cuarenta y cuatro mil toneladas cortas diarias. Se distribuyen de la siguiente forma: doce mil toneladas para el tándem A, dieciséis mil para el tándem B y dieciséis mil para el tándem C. El ratio o la molienda por hora es de 500, 666 y 666 toneladas cortas por hora, respectivamente. Cabe mencionar que el tándem C tiene mayor capacidad de alcanzar los valores máximos respecto del tándem B dado que es tiene equipos más nuevos y una mejor preparación de caña.

El proceso generalmente incluye la recepción desde las jaulas cañeras por medio de grúas de volteo o viradores que depositan la caña en las mesas de alimentación para que pase por una fase de limpieza que se conoce como sistema de lavado en seco. Después la caña cae a un conductor de tablillas de acero que la transporta a través de dispositivos rotativos de preparación que la convierten en fibra de caña. Esta fibra es transportada a una banda que alimenta el tándem de molinos, donde hay cinco o seis molinos en serie que extraen el jugo de la fibra. Al final se obtienen dos productos: el jugo, ya sea cristal o crudo, que sirve para el proceso de producción del azúcar y es transportado por tuberías hacia la fábrica; y el bagazo, que sirve como combustible para las diez calderas que operan en el área de cogeneración.

Los tres tándems han sido instalados en distintos tiempos, por lo que no son iguales y cada uno cuenta con variaciones de diseño y capacidad de producción. El tándem A opera desde 1983, el tándem B desde 1996 y el tándem C desde 2005.

El tándem A cuenta con un malacate o virador de jaulas cañeras con capacidad de levante de 50 toneladas cortas. Este deposita la caña sobre una mesa de alimentación que cuenta con un nivelador y un separador de caña, donde se apartan las hojas, cogollos, piedras y otros elementos que no son útiles para el proceso. Luego hay un conductor de tablillas que transporta los tallos de caña hacia una precuchilla, que sirve para cortar los tallos en trozos más pequeños, así como nivelar el colchón de caña. Después de la precuchilla, está una picadora que corta los tallos en pedazos todavía más pequeños por medio de cuchillas. Por último, los pedazos de caña llegan a una desfibradora que, por medio de un yunque y martillos oscilantes, convierte los trozos de caña en fibra sin llegar a romper la pared celular y extraer el jugo.

Después del proceso de preparación de caña, la fibra es transportada en bandas de hule hacia el tándem de molinos. En el tándem A hay seis molinos en serie que cuentan con cuatro mazas cada uno y extraen el jugo. El bagazo sale del proceso por medio de un conductor de tablillas que lo transporta hacia el área de calderas.

El tándem B y el tándem C son bastante parecidos y sus variaciones están en la disposición y capacidad de sus equipos. Ambos cuentan con su respectivo malacate que deposita la caña en mesas de alimentación y éstas en lugar de transportarla directamente al conductor de tablillas, lo hacen a una segunda mesa de menor tamaño que la primera, donde hay un sistema de lavado con agua por rebalse y una troceadora que corta los tallos en pequeños trozos. Este arreglo hace que no se necesite una precuchilla como sí lo es en el tándem A.

Luego la caña pasa por el conductor de tablillas donde llega a una picadora y posteriormente a una desfibradora. La fibra es transportada hacia su respectivo tándem, que cuenta con cinco molinos cada uno y donde la salida de bagazo se da por medio de bandas de hule.

La fibra de caña que llega a cada tándem pasa por molinos de cuatro mazas llamadas: superior, cañera, bagacera y cuarta maza. Se realizan dos extracciones de jugo: la primera entre la maza superior y la cañera, y la segunda entre la maza superior y la bagacera con una menor distancia u holgura entre mazas. La cuarta maza sirve como un mecanismo de alimentación forzada a los molinos.

Los conductores de *trash* están dispuestos de forma distinta y llegan a una caída común en la cual hay camiones recolectores que transportan la carga hacia el campo para utilizarla como abono.

El movimiento de los diferentes equipos es transmitido por motores eléctricos de distintas potencias con energía producida en el ingenio y dichos motores están acoplados ya sea a reductores, sistemas de fajas o sistemas de cadenas y *sprockets*.

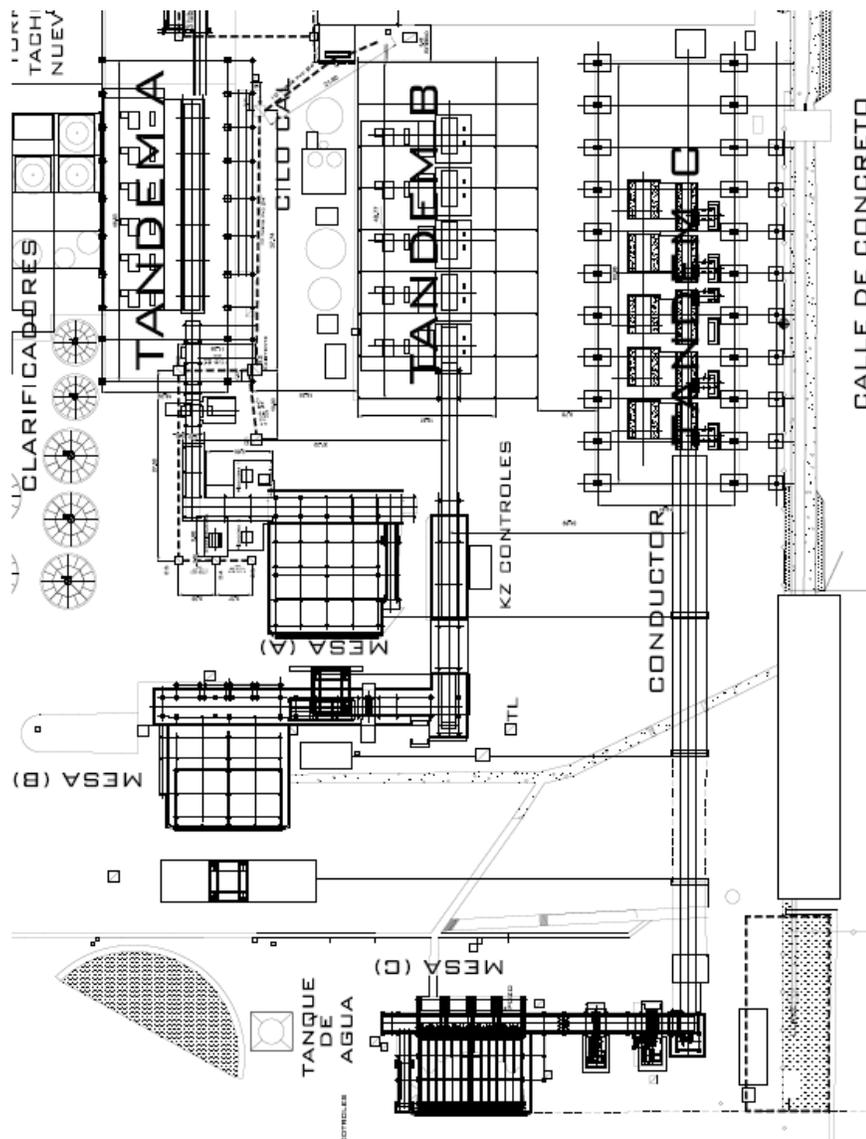
En general el equipo está en buenas condiciones, pero se hace necesario desarrollar una planificación de mantenimiento preventivo, dadas las condiciones ambientales extremas a las que está expuesto. Estas condiciones son las altas temperaturas del sur del país, la contaminación por exceso de tierra presente en caña, lo abrasivo del jugo de caña debido su pH que tiende de ácido a neutro y las grandes cantidades de caña procesadas, siendo Magdalena el ingenio azucarero guatemalteco con mayor producción.

Estas condiciones hacen que el equipo se vaya desgastando paulatinamente y que amerite reparaciones o cambios que garanticen la continuidad del proceso y el cumplimiento de la producción de toda la zafra.

Dado que las tareas correctivas emplean tiempos perdidos y paros inesperados, se hace necesario realizar una readecuación de la planificación por mantenimiento preventivo.

Se muestra a continuación un plano que representa la disposición de los equipos del área de recepción, preparación y extracción de caña bajo el cargo del Departamento de Maquinaria.

Figura 7. Área de recepción, preparación y extracción de caña



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

### **2.1.2. Diagnóstico**

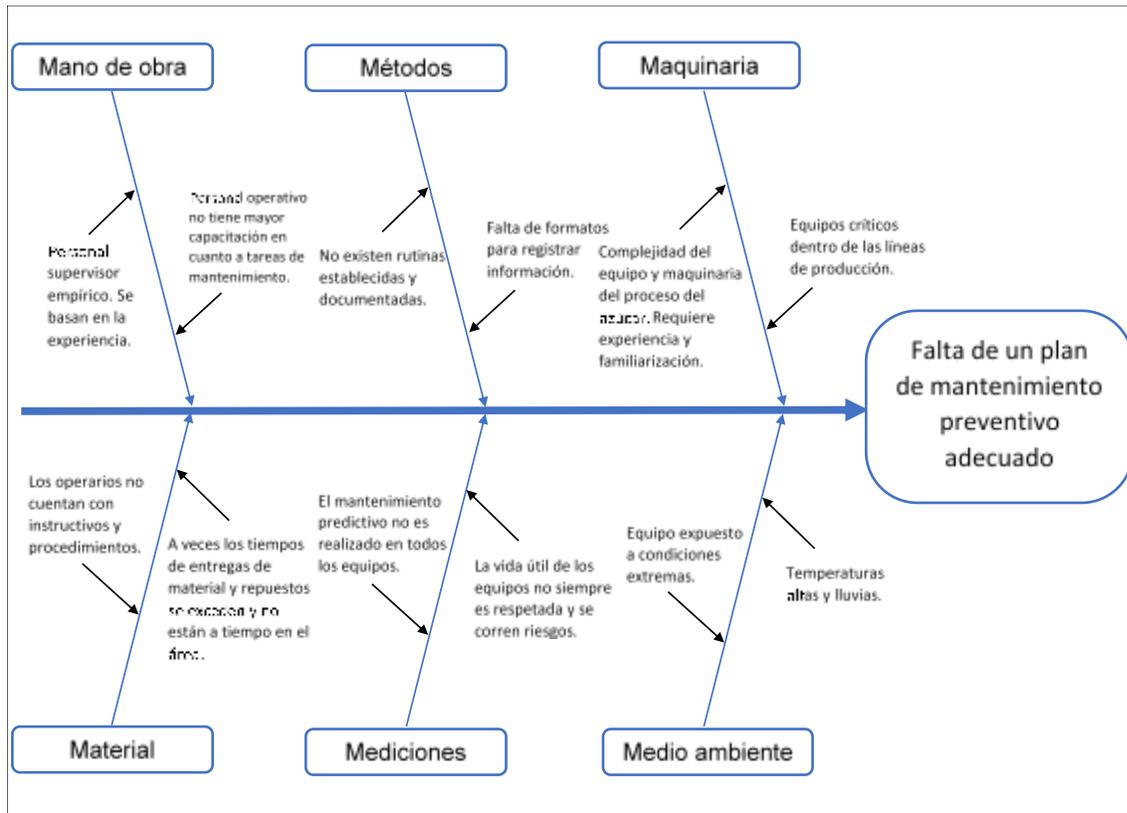
Para la realización del diagnóstico se desarrollaron entrevistas con los supervisores de cada área, tomando notas de sus comentarios y de los datos compartidos acerca de las tareas de mantenimiento. No fueron entrevistas con preguntas cerradas, al contrario, fueron entrevistas abiertas donde se trató de percibir lo más importante para el estudio.

A raíz de dichas entrevistas se pudo concluir que el problema principalmente radica en la desorganización de cómo se desarrollan los trabajos de mantenimiento. Se realizan de forma muy reactiva o correctiva y no de forma proactiva y preventiva. Se pretende que los trabajos se desarrollen de forma programada con base en un plan de mantenimiento que se ejecute según un parámetro de producción, que en este caso son 300 000 toneladas cortas de caña procesadas por tándem.

Se pretende además que los trabajos de mantenimiento sean orientados específicamente a todos los equipos que conforman los distintos sistemas de los equipos padre. Actualmente no se cuenta con una documentación actualizada que norme el mantenimiento por tiempo o tonelaje de caña.

Para la realización del diagnóstico se desarrolló la herramienta del Diagrama de Ishikawa (ver figura 8) que consta de un gráfico con un problema principal que se ramifica en causas principales y secundarias. Se utiliza la metodología de las 6M que corresponden a mano de obra, métodos, maquinaria, material, mediciones y medio ambiente.

Figura 8. Diagrama de Ishikawa del diagnóstico de la situación actual



Fuente: elaboración propia.

Se pueden observar los distintos factores o causas que inciden en cada una de las 6M y que son oportunidades de mejora. En la parte de mano de obra se observa que la oportunidad principal es la de capacitar al personal, en la parte de métodos la oportunidad es la de planificar y organizar los trabajos, en la parte de maquinaria se requiere de mucha experiencia para conocer los equipos con sus respectivas características, funcionamiento, operación y mantenimiento.

En lo respectivo a materiales la oportunidad está en el diseño de instructivos y herramientas que le faciliten las tareas al personal operativo, para las mediciones representa una oportunidad para el departamento de instrumentación y automatización el mostrar más variables en los tableros de control. Con el factor de medio ambiente es algo con lo que se debe convivir ya que no se puede controlar y es mejor buscar adaptarse a las condiciones.

Al diagramar todas estas causas se concluye en un efecto final que radica en la falta de una planificación adecuada para el desarrollo de los trabajos de mantenimiento preventivo.

Encontrando las causas principales del problema central, se puede realizar un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) describiendo cada uno de los factores y haciendo la relación entre factores internos y externos para contemplar distintas situaciones y escenarios del área y así conocer a profundidad la situación y diagnosticar las posibilidades de mejora.

Tanto las fortalezas como las debilidades son consideradas como factores internos y las oportunidades como las amenazas son consideradas como factores externos. Los factores internos y los externos pueden relacionarse y así conformar una matriz más amplia y específica que presente mejor calidad de información.

Esta matriz se muestra a continuación en la tabla I, en la cual quedan definidos los distintos factores y relaciones entre los mismos para definir estrategias.

Tabla I. **Análisis FODA**

<p><b>Factores externos</b></p> <p><b>Factores internos</b></p>	<p><b>Fortalezas</b></p> <p>F1 Experiencia del personal.  F2 Capacidad de respuesta para reparaciones.  F3 Disponibilidad de equipo y repuestos.  F4 Facilidades para adquirir repuestos.</p>	<p><b>Debilidades</b></p> <p>D1 Falta de documentación.  D2 Descontrol en el manejo de recursos.  D3 Información de mantenimiento dispersa.  D4 Canales de comunicación débiles.</p>
<p><b>Oportunidades</b></p> <p>O1 Referencia respecto al % de tiempo perdido.  O2 Referencia respecto a parámetros de operación.  O3 Adquisición de un sistema de gestión empresarial.  O4 Nuevos métodos de mantenimiento.</p>	<p><b>FO</b></p> <p>F1-O1 Definir una programación de mantenimiento preventivo con el fin de reducir posibles tiempos perdidos por trabajos correctivos.  F2-O2 Definir acciones correctivas para garantizar la continuidad de la operación sin afectar los parámetros de la misma.</p>	<p><b>DO</b></p> <p>D2-O3 Implementar un sistema de gestión empresarial para mejor control de recursos y disminución de costos.  D1-O4 Diseñar hojas de ruta y de verificación de mantenimiento.  D3-O4 Integrar en un plan los principales elementos de mantenimiento (recurso humano, actividades y rutas de mantenimiento).</p>
<p><b>Amenazas</b></p> <p>A1 Proveedores a la baja por menor consumo.  A2 Aumento del precio de insumos.  A3 Mano de obra mejor remunerada en otras empresas.</p>	<p><b>FA</b></p> <p>F4-A1 Diseñar programas de financiamiento para garantizar el beneficio mutuo entre la empresa y proveedores.  F3-A2 Definir los insumos adecuados para cada actividad de mantenimiento a modo de realizar una mejor gestión de los mismos.</p>	<p><b>DA</b></p> <p>D4-A3 Incentivar al personal para que desarrolle el sentimiento de pertenencia hacia la empresa.  D3-A2 Catalogar los diferentes insumos de mantenimiento, con el fin de conocer las características propias de cada uno.</p>

Fuente: elaboración propia.

De la anterior matriz se obtienen estrategias que serán empleadas en la propuesta del plan de mantenimiento preventivo. Esas estrategias surgieron a partir de relacionar los factores internos con los externos concernientes a la necesidad de dicho plan.

Básicamente, entre las fortalezas se encuentra la experiencia del personal que se puede consolidar en la facilidad de la empresa para la adquisición de repuestos y materiales. Esto puede ser utilizado como una ventaja para el desarrollo de trabajos de mantenimiento. Entre las debilidades se puede encontrar la falta de organización y de lineamientos para el desarrollo de las actividades y el uso de materiales. Es ahí donde se puede buscar una oportunidad de mejora con la elaboración del plan de mantenimiento.

En las oportunidades se encuentran factores operativos que servirían para ser referidos ante otros ingenios azucareros como una industria eficiente en cuanto a mantenimiento preventivo.

En las amenazas básicamente se encuentran factores monetarios que podrían afectar la economía de la empresa. Al final, la búsqueda de volver más eficiente el mantenimiento, significaría la disminución en el consumo de repuestos, por lo que los proveedores podrían buscar nuevas ventanas.

Al relacionar dichos factores se pueden desarrollar estrategias que son inherentes al plan de mantenimiento preventivo, tales como el diseño una programación, la formulación de rutas de mantenimiento por equipo o área y la definición de las actividades involucradas en dichas rutas.

### **2.1.3. Descripción de la maquinaria**

En el área de la recepción, preparación y extracción de caña se cuenta con maquinaria diversa que transporta la caña por varias etapas y procesos. Es un proceso altamente automatizado y la mayoría del movimiento es transmitido por motores eléctricos que utilizan la energía producida en el ingenio.

El equipo y maquinaria está en buenas condiciones ya que año con año se desarrolla una fase de reparación de hasta cinco meses en la cual se montan equipos nuevos o se reparan piezas y elementos para montarlos en óptimas condiciones. El estado en general de todo el equipo es muy bueno a pesar de la diversidad de procesos y características del mismo.

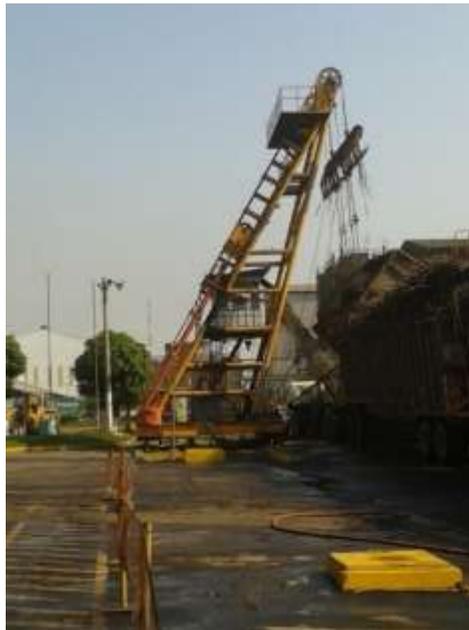
#### **2.1.3.1. Malacate o virador de jaulas cañeras**

El malacate es un sistema conformado por elementos mecánicos, hidráulicos y eléctricos que está encargado del volteo de las jaulas cañeras con el propósito de descargar la caña sobre las mesas. Es un elemento crítico dentro de la línea de producción ya que, al parar por alguna falla, hace que se detenga la preparación y molienda de caña en el respectivo tándem. Su mantenimiento no es tan exhaustivo como en otros equipos.

El principio básico de su funcionamiento radica en los cilindros hidráulicos de doble efecto que, al salir el vástago hasta su máxima posición, hacen que el balancín se encuentre en su parte más baja para enganchar o desenganchar la jaula y que, cuando el vástago está dentro del cilindro completamente, el balancín se encuentra en la parte más alta sosteniendo la jaula que está descargando la caña de azúcar sobre la mesa de alimentación. Todo esto se logra gracias a un mecanismo que consiste de poleas y cables de acero. De igual forma, los

cilindros laterales, cuya función es mover el balancín hacia adelante o atrás, operan bajo mecanismos parecidos y el mismo principio que los cilindros de levante.

Figura 9. **Malacate o virador de jaulas cañeras**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. *Malacate del tándem B.*

El malacate es también conocido como virador o volteador de jaulas cañeras y tiene capacidad de levante de hasta 50 toneladas cortas, aunque en promedio cada jaula tiene entre 30 y 35 toneladas de caña.

El estado de este equipo padre es bueno ya que sus sistemas principales son renovados cada cierto tiempo. Tanto los actuadores, como los cables, como las poleas y cadenas son cambiadas constantemente. La parte estructural y la cabina del operario también se encuentran en buenas condiciones en cada uno de los tres viradores.

### **2.1.3.2. Mesas de descarga o alimentación de caña**

Las mesas de descarga o de alimentación de caña son las encargadas de recibir la caña proveniente de las jaulas cañeras, transportarlas al conductor de tablillas pasando por separadores de caña y limpiarla por medio de un sistema de lavado en seco.

Está ubicada enfrente del malacate o virador y cuenta con cilindros que mueven de forma angular una rampa para una mejor recepción de la carga. Normalmente se reciben alrededor de 30 a 35 toneladas por jaula cañera.

La mesa es un tablero que tiene cierta inclinación, que puede variar desde la horizontal hasta más o menos 35°, y transporta la caña por medio de un mecanismo de cadenas y tablillas de arrastre, con velocidades entre 0,20 y 0,35 m/s, hasta la parte superior, donde se encuentra un separador de caña o pateador, que separa en trozos más pequeños la caña y que al caer desde la parte más alta, aparta la caña de las hojas, cogollos, piedras y otros elementos que no son útiles y están catalogados como basura o *trash*. La mesa cuenta con un nivelador que es el encargado de hacer pasar cantidades constantes de caña con el fin de no atorar o saturar el conductor de tablillas y los dispositivos rotativos de preparación.

Cuando la caña cae desde el pateador, lo hace en nueve rodillos accionados por motores eléctricos que la transportan al conductor de tablillas o a la segunda mesa, según sea el caso. El tándem A cuenta con una sola mesa, mientras que los tándems B y C cuentan con una segunda mesa, de menor tamaño que la primera y con un elemento llamado troceadora, que corta los tallos de caña en pedazos más pequeños.

El sistema de lavado en seco es el mencionado anteriormente, donde se involucra el pateador o separador de caña, que hace que la caña pase por los rodillos a la siguiente fase y que en el espacio entre ellos pase tierra, hojas y otros elementos que son depositados en las bandas conductoras de basura.

Las mesas de alimentación están en buenas condiciones a pesar de estar expuestas a la mayor cantidad de tierra que viene con la caña, así como el denominado *trash* que consiste en hojas, piedras, cogollos y cualquier otro elemento que no forma parte de la fibra útil de caña. Los conductores de cadenas y tablillas son renovados año tras año y no presentan mayores complicaciones para su mantenimiento. El problema principal en estas mesas de alimentación es la cantidad de material extraño que proviene del campo, un factor que debe ser controlado por el departamento de cosecha, alza y transporte de caña.

Figura 10. **Mesa de descarga o alimentación de caña**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. *Mesa de alimentación del tándem C.*

### **2.1.3.3. Conductor de tablillas**

Es el mecanismo encargado de recibir la caña proveniente de las mesas de descarga después de pasar por el pateador o la troceadora, según sea el caso, y transportar la caña preparada hasta el conductor de banda de alimentación. El conductor de tablillas abarca la fase de preparación de caña que incluye los dispositivos rotativos como precuchillas, picadoras y desfibradoras.

El conductor de tablillas es un tablero móvil que está compuesto por tablillas de hierro negro fabricadas en el ingenio con un ancho de 84 pulgadas. Estas tablillas se atornillan entre sí y a un sistema de cadenas de arrastre que sirven para desplazar la caña. Opera a bajas velocidades, aproximadamente entre 0,10 y 0,25 m/s, aunque pueden llegar a 0,35 m/s. Puede estar inclinado con un ángulo de hasta 23 grados respecto a la horizontal.

Este conductor cumple una dura tarea, pues tiene que lidiar con la acidez del jugo de caña, con arena, con suciedad, y ocasionalmente con rocas y pedazos de metal. Es por ello que constantemente se están lavando con agua a presión.

Las cadenas pueden llegar a soportar hasta 45 toneladas de caña y se sugiere que las tablillas tengan un espesor ligero para que, en caso de algún paro con carga, estas se deformen elásticamente y no se fisuren o fracturen.

Es accionado por un motor eléctrico que transmite movimiento a un eje motriz ubicado en uno de los extremos del conductor. En el otro extremo se ubica un eje colero que es graduado y se encarga de tensar el conductor.

Es un equipo que se encuentra en buenas condiciones y que su principal problema es tratar con la abrasión que ocasiona el jugo de caña, así como la formación de hongos. Esto es contrarrestado con plaguicidas y bactericidas que se aplican de forma programada.

Figura 11. **Conductor de tablillas**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. *Conductor de tablillas del tándem B.*

#### **2.1.3.4. Conductores de banda**

Es el mecanismo encargado de transportar carga por longitudes más grandes que el conductor de tablillas. Puede transportar fibra de caña en bandas anchas y de mayor resistencia hacia el tándem de molinos, o bien, transportar el *trash* desde las mesas de alimentación de caña hasta las tolvas de descarga donde se ubican camiones recolectores.

Al igual que el conductor de tablillas, es un tablero móvil que transporta carga de un lugar a otro. Este tablero está conformado por bandas de hule de varias capas, capaces de resistir el desgaste y los esfuerzos a los que está sometido. El movimiento es transmitido por un motor eléctrico que mediante

cadenas y *sprockets* se acopla a un rodo motriz ubicado en un extremo de la banda. En el extremo opuesto hay un rodo colero y a lo largo de la banda se ubican rodillos de carga, de alineación y de retorno. Además, en el mecanismo se encuentran rodos tensores que mantienen la uniformidad y la tensión de la banda que no permiten que existan holguras que puedan acelerar el desgaste.

Por lo general en las áreas donde se recibe la carga se ubican rodillos de carga con menor distancia entre sí que tensan la banda y no permiten que la banda se deforme. Estos elementos se conocen como rodillos de impacto.

Estos conductores pueden operar a velocidades un poco mayores a la del conductor de tablillas y pueden tener una inclinación máxima de alrededor 22 grados respecto a la horizontal.

Las bandas de los conductores de alimentación a molinos tienen un ancho de 84 pulgadas en los tandems A y B, y 90 pulgadas en el tandem C. Por su parte, las bandas de *trash* tienen un ancho de 30 pulgadas a excepción de la banda de *trash* 1B que tiene un ancho de 42 pulgadas.

Figura 12. **Conductor de banda de *trash***



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. *Conductor de banda de trash.*

Las bandas de hule se encuentran en buen estado, aunque se hace necesario mencionar que existen zonas en las cuales las bandas están deterioradas y que su reparación es muy difícil por lo que deben adquirirse nuevas bandas.

#### **2.1.3.5. Precuchilla**

Este elemento de preparación está presente únicamente en el tándem A y consta de un eje con varios planos de cuchillas cuya función principal es nivelar el colchón de caña que se transporta en el conductor de tablillas, para no saturar la picadora y la desfibradora. Además, es capaz de cortar pedazos de caña, aunque no sea su función primordial, como sí lo es en la picadora.

Está únicamente en el tándem A porque los otros dos tándems en lugar de contar con una precuchilla, cuentan con una segunda mesa de alimentación que tiene una troceadora y es la encargada de cortar la caña y regular el paso de la misma hacia el conductor de tablillas.

La precuchilla opera con una holgura aproximada de 200 mm o más desde el conductor de tablillas. Se utilizan cuchillas rígidas que realizan una nivelación adicional del colchón de caña en el conductor. El paso entre cuchillas está entre 150 y 200 mm, aproximadamente. Además, estas cuchillas, que pueden ser intercambiadas con cierto tiempo, llegan a describir diámetros de entre 1,5 y 2,4 m. Las diez cuchillas que se utilizan en el tándem A son de lámina de hierro negro 1 040, de 26 pulgadas de largo, 7 de ancho y 5/8" de grosor. Tienen un refuerzo de soldadura con electrodo 4 004.

Está accionada por un motor eléctrico de 1 250 hp que gira a 1 773 rpm pero que está acoplado a un reductor que baja la velocidad a cerca de 700 rpm.

Es un elemento que se encuentra en buen estado y que no está tan exigido como las picadoras y desfibradoras.

#### **2.1.3.6. Picadora**

Es un eje con varios planos de cuchillas cuya función es la de cortar en pequeños pedazos la caña proveniente de la precuchilla, en el tándem A, y de la troceadora, en los tándems B y C. Este elemento opera sobre el conductor de tablillas y es parte de la fase de preparación de caña. Está ubicada antes de la desfibradora. Cuenta con 96 cuchillas en los tres tándems.

Por lo general, la velocidad en la punta de las cuchillas oscila entre 30 y 80 m/s, siendo 60 m/s la velocidad más común. Las picadoras pueden operar con una holgura de 50 mm o menos. Esa holgura es el espacio aproximado entre la punta de la cuchilla en su punto más bajo y el conductor de tablillas. En el caso del ingenio, la holgura está entre seis y siete pulgadas.

Las picadoras por si mismas no pueden llegar a proporcionar el grado de preparación que se logra con una desfibradora. La acción de las cuchillas es cortar la caña en trozos más pequeños, dejando una gran proporción de celdas sin romper.

La rotación de las cuchillas es convencional, lo que significa que la picadora gira en dirección tal que las cuchillas que se mueven debajo del eje, lo hacen en la misma dirección que la caña sobre el conductor de tablillas.

Las picadoras son accionadas por motores eléctricos de aproximadamente 1 750 hp, que operan a velocidades de alrededor 1 780 rpm. Los motores pueden estar acoplados a reductores de velocidad o pueden estar directos. La potencia

consumida está relacionada con el número de cuchillas, el diámetro descrito, el paso entre cuchillas, la holgura de trabajo, entre otros factores.

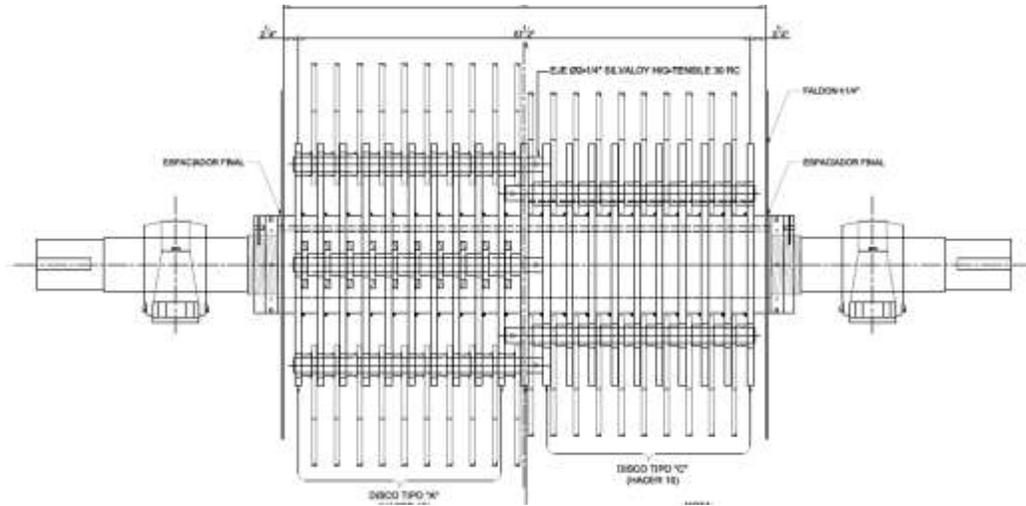
El rotor típico de las picadoras consiste de un eje sobre el cual se montan varios brazos soportes de cuchillas. Las cuchillas se fijan en los extremos de cada brazo, los cuales se montan escalonándose angularmente a lo largo del eje.

Las cuchillas están diseñadas de tal modo que sean fácilmente removibles para su reemplazo. El paso entre cuchillas está entre 50 y 75 mm y el diámetro descrito por la punta de las cuchillas está entre 1,5 y 2,4 m. Tienen un largo de 20" en el tándem A y 18" en los tándems B y C, un ancho de 7" y un grosor de  $\frac{3}{4}$ ". Están hechas de hierro negro 1 040 y tienen un recubrimiento de soldadura en la parte que impactan con electrodo 4 004.

Las cuchillas pueden proveerse de filos de corte mediante forjado o cortando biseles sobre la cara de ataque que enfrenta a la caña. La superficie plana usualmente se protege con una capa de recubrimiento duro que refuerza al borde de corte. A medida que la cuchilla se desgasta, el recubrimiento duro permanece y mantiene la arista de corte afilada.

Las picadoras se readecúan año con año y se encuentran en buen estado. En estos elementos son las cuchillas las que sufren el desgaste principal y son cambiadas cada cierto tiempo por un juego completo nuevo.

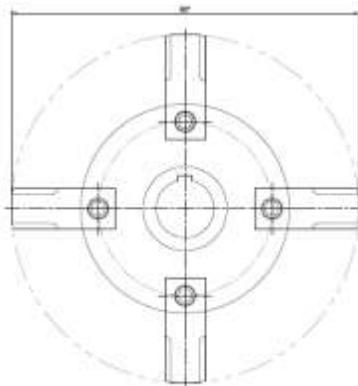
Figura 13. **Detalle de picadora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

La vista lateral de cómo se acomodan las cuchillas se muestra a continuación. Es necesario mencionar que en la mitad de la picadora las cuchillas están de una forma y en la otra mitad se corren un ángulo de 45°.

Figura 14. **Vista lateral de la picadora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

### 2.1.3.7. Desfibradora

Es un eje con varios planos de martillos que, con ayuda de un yunque posicionado en la parte superior de la rotación, convierte los pequeños trozos de caña provenientes de la picadora en fibra de caña, sin llegar a romper la pared celular y extraer el jugo de caña. Es un elemento que opera sobre el conductor de tablillas y forma parte de la fase de preparación de caña.

Este eje gira de modo que los martillos que se mueven debajo del eje lo hacen en dirección opuesta a la caña sobre el conductor. La desfibradora es auxiliada por un rodo alimentador que lleva la caña a la parte superior, donde está ubicado el yunque, y así se pueda producir el desfibrado de la caña.

Los martillos son de lámina de hierro negro 1 040 y tienen un grosor de 2 pulgadas. Para el tándem A se tienen martillos rectos largos y cortos. Para el tándem B se tienen martillos con cabeza de un solo tipo y para el tándem C se tienen martillos con cabeza de dos variantes de longitud.

Figura 15. **Desfibradora y martillos del tándem B**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

El diámetro de barrido está en el rango de 1,4 a 1,9 m, lo que resulta en velocidades periféricas de las puntas de aproximadamente 100 m/s, en un rango entre 65 y 110 m/s. Los martillos son posicionados de modo que exista una holgura estrecha entre la punta del martillo y el yunque, que cuenta con barras localizadas en posiciones angulares apropiadas respecto a la rotación de los martillos.

Es importante utilizar holguras estrechas entre el yunque y los martillos para lograr una preparación fina del tipo requerido, con presencia de fibras largas. La principal función de las barras del yunque es la de retornar a las partículas dentro de la trayectoria de los martillos de manera que puedan ocurrir más impactos.

Figura 16. **Relación entre el yunque y la desfibradora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

Los martillos que no se han desgastado excesivamente pueden ser recuperados mediante soldadura con electrodo 7 018 hasta sus dimensiones originales para aplicarles recubrimientos duros con electrodo 4 004. Entre las variantes, está la de unir una pastilla de tungsteno al martillo en el área donde

recibe los impactos. Los martillos son desmontables y cuando han sido reconstruidos, deben ser pesados individualmente y emparejados antes de su reinstalación, de modo que se preserve el balanceo del rotor. El balanceo se tiene que examinar regularmente y debe ser corregido en caso de ser requerido.

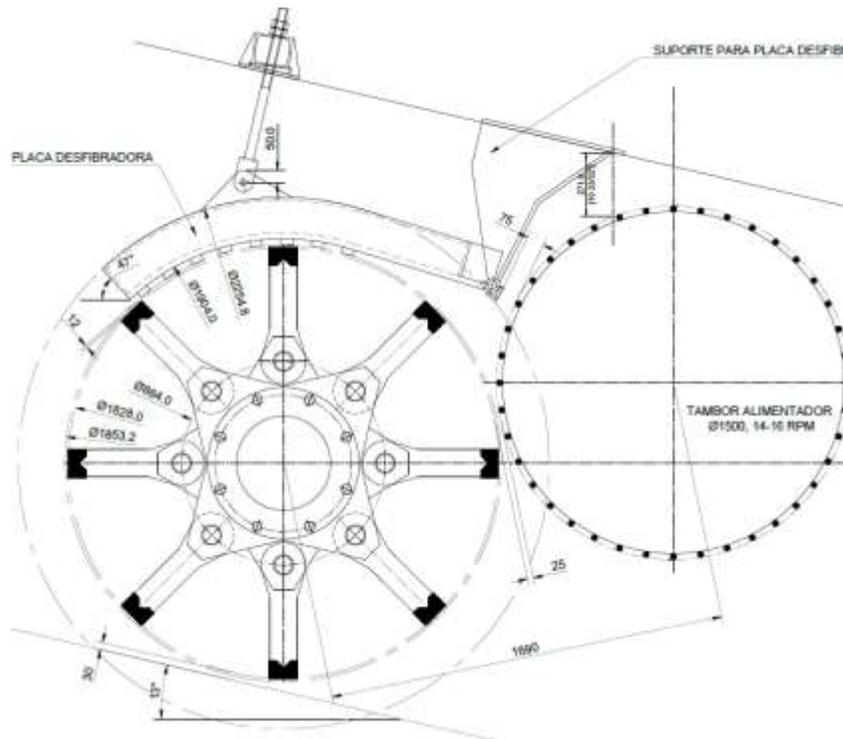
Los rotores de picadoras y desfibradoras están sujetos a desgaste abrasivo y corrosivo, así como acumulación de material extraño y deben ser revisados regularmente utilizando un sistema de monitoreo de vibraciones durante su operación normal. Si un martillo se rompe o desprende en operación, se necesita detener la máquina para remover el elemento opuesto y mantener el rotor balanceado.

En el área de preparación del Ingenio Magdalena se tienen tres desfibradoras de tipos distintos para cada tándem. En el tándem A se tiene una desfibradora tipo cop-5 que tiene 90 martillos que describen un diámetro de 1,8319 m y en la cual hay dos tipos de martillos que son largo y corto y se alternan por planos. En el tándem B se tiene una desfibradora tipo Maxcell que tiene 164 martillos que describen un diámetro de 1,8280 m y se tiene solo un tipo de martillos. Para el tándem C se tiene una desfibradora tipo Walkers en la cual hay 88 martillos de dos tamaños que describen un diámetro de 1,5097 m.

En la figura 17 se muestra el detalle en vista lateral de la desfibradora Maxcell del tándem B. Se puede observar claramente el rodo alimentador, la desfibradora con sus martillos y el yunque.

Estos equipos que se encuentran en buen estado y que, de forma similar que las picadoras, los elementos con principal desgaste son los martillos, los cuales son cambiados cada cierto tiempo por un juego nuevo.

Figura 17. **Detalle de la desfibradora del tándem B**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

### 2.1.3.8. Molinos

Los molinos son las unidades más esenciales de todo el proceso que abarca la recepción, preparación y extracción de caña. Constan de cuatro cilindros dentados llamados mazas que giran a una razón de un poco más de 6 revoluciones por minuto. Las mazas son llamadas: superior, cañera, bagacera y cuarta maza y constan de dos partes principales que son el eje y la camisa. La longitud de las camisas es la misma para todas las mazas de un molino y estas tienen un revestimiento o blindaje con diferentes electrodos para que puedan preservarse por más tiempo y realizar una mejor extracción.

En cada molino se realizan dos extracciones: la primera se realiza entre la maza superior y la maza cañera y la segunda entre la superior y la bagacera. La holgura entre mazas o *setting* es menor a medida que se avanza en los molinos. La cuarta maza sirve para la alimentación forzada del molino.

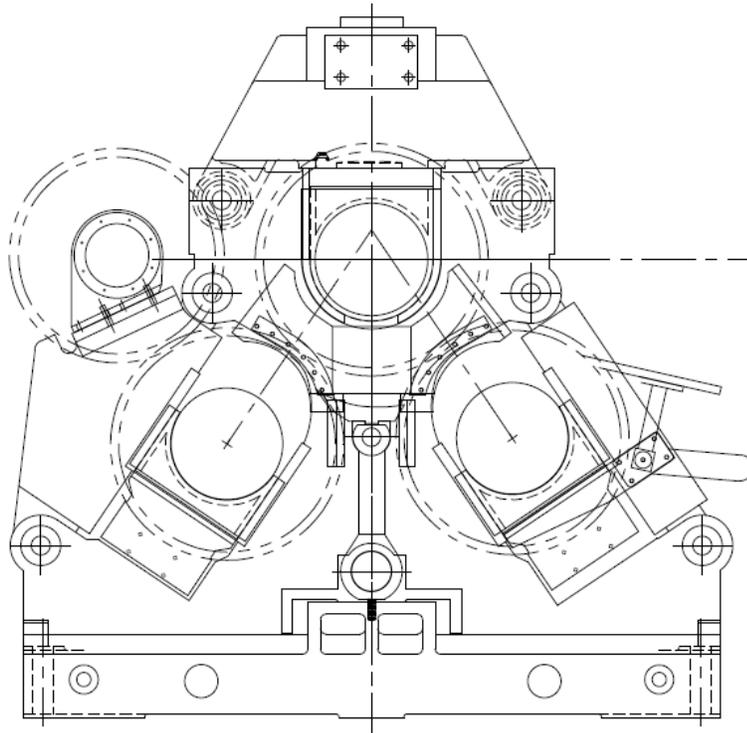
Todas las mazas se apoyan en chumaceras de bronce que tienen un sistema de lubricación y de enfriamiento y estas chumaceras a su vez, se apoyan en las vírgenes, que son estructuras robustas que sostienen las mazas, las cuchillas y los peines y que están ancladas a la cimentación.

Los raspadores, peines y cuchillas tienen por función eliminar los excesos de bagazo de las mazas para que la extracción sea la óptima. El jugo obtenido es depositado en piletas que están debajo de las mazas y es bombeado para los diferentes tanques. El bagazo es transportado por los molinos y al final es trasladado por conductores de banda o de tablillas al área de cogeneración.

Se tienen cinco o seis molinos en serie para lograr una extracción óptima en la que el bagazo viaja de molino a molino y en donde se obtienen dos clases de jugo. En el primer molino se obtiene el jugo de mayor pureza y es llamado jugo cristal. En el último molino de cada tándem se añade agua de imbibición a una temperatura de aproximadamente 55 °C. Este jugo diluido es bombeado al anterior molino y así sucesivamente hasta el segundo molino, donde se obtiene el llamado jugo crudo. Este proceso es conocido como maceración compuesta y su objetivo es extraer la máxima cantidad de jugo de la fibra.

Se tiene un sistema de recuperación para extraer la mayor cantidad de jugo posible. Este sistema consta de un colador rotativo en el que en la parte superior se deposita jugo cristal y en la parte inferior jugo crudo. El jugo pasa a través de telas filtrantes y es depositado en sus respectivos tanques. El bagazo que sale del colador es introducido al segundo molino por medio de un conductor helicoidal o gusano rotativo.

Figura 18. **Detalle de un molino**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

El movimiento a los molinos es transmitido por medio de motores eléctricos de entre 1 200 y 1 500 hp que están acoplados a un reductor de alta velocidad que a su vez lo hace a otro reductor de baja velocidad. La salida del reductor de baja se une a la maza superior por medio de un acople flexible de eslingas. La

maza superior tiene coronas en ambos lados para transmitir movimiento a las otras mazas. En ocho molinos la maza cañera es accionada por un sistema de potencia hidráulica y en otros dos molinos es accionada por un arreglo de reductor planetario.

En la siguiente figura se muestra un molino desarmado al terminar la época de zafra. Se puede observar la maza cañera y la maza bagacera.

Figura 19. **Mazas del molino**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

El estado de estos equipos es bueno, aunque durante el tiempo de zafra sufren mucho desgaste dado el alto trabajo que realizan y a las variaciones de fibra de caña. En zafra necesitan cambios de peines y cuchillas, ajustes de posición o *setting* de mazas, aplicación de soldadura a mazas, entre otros.

### 2.1.3.9. Inclínados

Son conocidos también como conductores intermedios. Se ubican entre cada molino y su función es la de transportar el bagazo que sale de un molino al siguiente. Descargan en tolvas que conducen el bagazo al molino.

Comprenden de tablillas montadas en medio de dos hileras de cadenas que transportan el bagazo en elevaciones con inclinación de  $38^\circ$  respecto a la horizontal. Estas tablillas son fabricadas en el ingenio y constan de un tubo de cédula 40 y lámina de hierro negro a la cual se le da la forma dentada.

Figura 20. **Inclinado o conductor intermedio del tándem C**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

La velocidad de las cadenas es de 114 pies por minuto y la teoría dice que deben estar limitadas a menos de 1 m/s para garantizar una vida útil razonable. En este caso se tiene una velocidad de 0,58 m/s por lo que no hay inconvenientes en ese aspecto. Para una buena vida útil de la cadena, la acción cordal debería ser limitada y los *sprockets* deberían tener al menos 14 dientes, o 7 dientes para cadenas de bloques en donde existe un diente por dos pasos. Los *sprockets* de los ejes motrices tienen 16 dientes y los *sprockets* de los ejes coleros tienen 14 dientes.

Dado que las cadenas son nuevas y que las tablillas fabricadas en el ingenio se desarrollan para cada zafra, estos conductores tienen un buen estado.

#### **2.1.4. Recursos actuales**

Se cuenta con hojas de inspección que detallan la realización de actividades de mantenimiento preventivo y predictivo en las diferentes componentes de los distintos equipos padre. Son llamadas hojas de inspección y el departamento de administración de mantenimiento es el encargado de su gestión.

Estas hojas cuentan con actividades que ya no se realizan debido a que el equipo se ha ido actualizando, es por ello que se decide proponer nuevas hojas de programación de mantenimiento y de verificación.

Se hace necesario la actualización de esas hojas puesto que los períodos de tiempo en que se realizan las actividades no se ajustan a la forma en que se desarrollan. Muchas actividades estaban programadas como semanales y ahora ya no se adecúan a ese espacio de tiempo dado que se introduce el concepto de mantenimiento programado que se realiza cada cierta cantidad de caña procesada o cada período de tiempo definido, que para la siguiente zafra será de

21 o 22 días, según la capacidad de molienda de cada tándem. Esto se realiza con la finalidad de no detener la producción tantas veces y dejar de producir.

Aparte de las hojas de inspección mencionadas no se cuenta con documentos específicos referentes a los trabajos de mantenimiento. Es por ello que se pretende documentar la información dispersa y actualizar la información con la que se cuenta.

#### **2.1.5. Programación de mantenimiento**

Actualmente se cuenta con un tipo de programación de mantenimiento, la cual ha ido cambiando conforme el tiempo y se ha ido adaptando a las necesidades que demanda la producción y el desgaste de equipos. En la actualidad se tienen hojas de inspección en las que se pueden ubicar actividades de mantenimiento por un período de tiempo, ya sea de forma diaria, semanal, mensual y anual, por cada componente de equipo padre.

Con base en lo anterior, el servicio anual se refiere a los trabajos que se realizan durante el período de reparación, mientras que los demás tipos de servicios son los que se realizan en el período de zafra.

Esta forma de programación no es la óptima dado que no está actualizada ni complementada por otras herramientas que puedan sustentar la función del mantenimiento preventivo en el área.

### **2.1.6. Procedimientos de mantenimiento**

Los procedimientos específicos para las tareas de mantenimiento no existen desde la parte técnica de cómo desarrollar las actividades o desde la programación para llevar a cabo los servicios requeridos.

En el departamento de gestión de la calidad se tienen algunos procedimientos referentes a la seguridad industrial con la que el personal operativo debe laborar y aspectos relacionados con la norma FSSC 22000 (*Food Safety System Certification*) que estipula ciertos puntos que cumplir para obtener la certificación.

Como tales, en el Departamento de Maquinaria, no se cuenta con procedimientos establecidos para el desarrollo de las actividades de mantenimiento.

### **2.1.7. Stock de repuestos**

Por ser un área tan compleja en la que se desarrolla el proyecto, se tiene un gran *stock* de repuestos distribuido por talleres y áreas.

En el taller hidráulico se tiene un área delimitada para el trabajo de reparación y se tiene un furgón que sirve como bodega de repuestos. En este taller se trabaja todo lo relativo a equipos hidráulicos como cilindros, mangueras, sistema de potencia *Hägglunds*, entre otros.

En el taller eléctrico se trabaja todo lo relacionado con motores eléctricos. Hay un taller que trabaja motores de baja potencia y está en el área industrial y se tiene otro taller que trabaja motores de mayor potencia en el área de

cogeneración. Cuentan con repuestos para los motores como lo son el rotor, el estator, la carcasa, el eje, el ventilador, la placa de bornes y otros. También cuentan con motores completos que pueden sustituir a los que estén presentando problemas.

En el taller de tornos se trabaja en la adecuación de la gran mayoría de piezas de la maquinaria tales como ejes, peines, cuchillas, puentes. Se realizan procesos de torneado, cepillado, fresado, entre otros. Este taller como tal, no tiene un *stock* de repuestos para las máquinas – herramientas, aunque sirve para tener un *stock* de piezas en general del área.

El taller de bombas y reductores es el encargado del mantenimiento general de esos elementos. Cuenta con diversidad de repuestos individuales por cada equipo, así como con equipos completos para sustituir los averiados. Variedad de piezas es corregida en el taller de tornos.

El taller de preparación y de molinos cuenta con variedad de repuestos que han sido fabricados como soporte al momento que surjan las necesidades. Se cuenta con cuchillas y martillos de la preparación, con coronas de los molinos, con rodillos de las mesas y otros elementos.

Es necesario mencionar que no existe un adecuado *stock* de repuestos en donde estén inventariados todos los elementos disponibles para suplir necesidades cuando estas se presenten. Cada encargado de taller tiene más o menos una idea de los materiales con los que se cuenta, pero no datos exactos.

## **2.2. Situación propuesta**

La situación propuesta consta de definir y delimitar un plan de mantenimiento preventivo para el área de recepción, preparación y extracción de caña. Este plan se construye definiendo sus principales lineamientos, su programación, las actividades de mantenimiento por cada equipo padre y complementándolo con el diseño de procedimientos, hojas de programación y verificación de mantenimiento, así como con un breve análisis de costos.

La idea principal es reunir todos los elementos principales de un plan de mantenimiento y describirlos adecuadamente a lo largo del desarrollo de la propuesta.

### **2.2.1. Principales lineamientos del plan**

Es necesario definir directrices por las que el plan se regirá. Es por ello que se detallan objetivos, actividades, estrategias y responsabilidades, para darle sentido al plan y tener una base de la cual partir.

Esta sección engloba, de forma general, todo el contenido de la propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el área mencionada.

#### **2.2.1.1. Objetivo general**

Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar de Ingenio Magdalena que sirva para la readecuación y reorganización del equipo y maquinaria del área, así como de los trabajos que se ejecutan sobre los mismos para su conservación y operación.

### **2.2.1.2. Objetivos específicos**

- Definir un modelo matemático para la programación de paros por mantenimiento según cantidad de toneladas de caña procesadas.
- Delimitar el recurso humano, las actividades de mantenimiento, hojas de programación y de verificación de mantenimiento por cada equipo padre.
- Determinar los materiales, insumos y herramientas necesarias para el desarrollo de las tareas de mantenimiento.

### **2.2.1.3. Metas**

- Definir bases para que el plan sirva como principio de las actividades de mantenimiento para la iniciativa a futuro de la implementación de un sistema de gestión empresarial.
- Realizar planes de mejora del equipo y maquinaria con base en la programación establecida.

### **2.2.1.4. Actividades**

- Desarrollar ciertos procedimientos y registros administrativos inmersos en los trabajos de mantenimiento.
- Ubicar el recurso humano según las necesidades y actividades a realizar por cada equipo padre.

- Definir y programar acciones de mantenimiento preventivo por cada parte y componente de cada equipo padre.
- Ejemplificar un tipo de permiso para tareas de mantenimiento.
- Realizar un análisis de costos por un equipo para realizar una muestra de la relación beneficio – costo por cuestiones relativas a mantenimiento.

#### **2.2.1.5. Estrategias de trabajo**

- Integrar en un plan los principales elementos de mantenimiento (recurso humano, actividades y rutas de mantenimiento).
- Definir una programación de mantenimiento preventivo con el fin de reducir posibles tiempos perdidos por trabajos correctivos.
- Catalogar los diferentes insumos de mantenimiento, con el fin de conocer las características propias de cada uno.

#### **2.2.1.6. Plazo de ejecución**

El tiempo de ejecución es bastante amplio dada la diversidad del proyecto. El proyecto tiene como base nueve meses (febrero a noviembre de 2015) dentro de los cuales se contemplan los seis respectivos al ejercicio profesional supervisado. Además, posteriormente a los nueve meses, los cuales culminan con la presentación del informe final, se debe tener un plazo para el seguimiento y control del proyecto.

### **2.2.1.7. Responsabilidad**

La responsabilidad directa del proyecto es del desarrollador del proyecto, aunque está claro que el apoyo del personal operativo y administrativo es de gran valor e importancia. De igual forma, la implementación, el seguimiento y el control están bajo responsabilidad del desarrollador, pero también de los ingenieros y supervisores del Departamento de Maquinaria.

### **2.2.2. Programación de mantenimiento**

Para la programación se tienen las dos épocas en las que se trabaja como ingenio azucarero. En tiempo de zafra el mantenimiento se da por cantidades de toneladas procesadas de caña de azúcar o por días de operación y para el tiempo de reparación se sigue una planificación establecida que a grandes rasgos consta del desmontaje, reparación y montaje del equipo.

#### **2.2.2.1. En tiempo de zafra**

Como se mencionaba con anterioridad, la programación de mantenimiento ha ido evolucionando y adaptándose a la demanda de producción y del desgaste de equipos. A las rutinas que se desarrollan de forma diaria, semanal, mensual y trimestral, se les ha añadido un nuevo concepto: el de mantenimiento programado.

El mantenimiento programado es el que se desarrolla según el plan de molienda y producción y ha determinado que se deben realizar paros en la maquinaria cuando hayan sido procesadas 300 000 toneladas cortas de caña, que son más o menos equivalentes a 21 o 22 días según la capacidad de cada tándem. Para el día de mantenimiento programado, se detiene la maquinaria y

se tienen alrededor de cuatro a cinco horas para realizar los trabajos necesarios. En la zafra anterior se realizaron nueve paros por mantenimiento programado como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla II. **Días de mantenimiento en anterior zafra**

<b>Día de zafra</b>
21
38
49
66
86
107
121
146
165

Fuente: elaboración propia.

Es necesario mencionar que los mantenimientos no se realizarán siempre en los mismos días para cada uno de los tres tándems. Esto se debe a que cada uno tiene diferente capacidad de alcanzar ese parámetro de producción (toneladas molidas o procesadas).

Además, se debe hacer mención del concepto de falta de caña. Esto ocurre cuando no hay buena planificación por el área de campo y no son capaces de abastecer al área industrial con caña de azúcar. Las causas por las cuales presentan incapacidades son variadas y pueden ser por complicaciones en el corte y transporte de caña. La falta de caña origina que alguno de los tres tándems deba parar o regular el ratio de molienda. En estos paros por falta de caña se aprovecha para realizar trabajos de mantenimiento en áreas o equipos que ameriten atención y presenten oportunidad de emplearse de mejor manera.

Para la zafra siguiente se trabajará con los mismos parámetros de cantidad de toneladas procesadas y días empleados. Se tienen proyectados paros por mantenimiento programado para cada 300 000 toneladas cortas de caña.

Para esa zafra se tendrán alrededor de 189 días de molienda y se tiene que seguir una planificación de producción. Este plan identifica los días en los que se hará mantenimiento programado según la proyección realizada. La siguiente tabla ejemplifica esos días según tándem de molinos.

Tabla III. **Días de mantenimiento programado según plan de molienda**

<b>Días de zafra</b>		
<b>TANDEM A</b>	<b>TANDEM B</b>	<b>TANDEM C</b>
28	22	21
53	42	41
78	63	62
105	81	81
128	102	101
154	122	121
178	141	141
	162	161
	182	181

Fuente: elaboración propia.

Como propuesta para la programación en tiempo de zafra se proyectan estimaciones de molienda con base en promedios de molienda individual por tándem.

Figura 21. Programación basada en proyecciones

Día	Fecha	TÁNDEM A			TÁNDEM B			TÁNDEM C			TOTAL	
		Promedio	Mantto	Acumulado	Promedio	Mantto	Acumulado	Promedio	Mantto	Acumulado	Promedio	Acumulado
		10 975,76			15 406,32			16 111,39			42 493,47	
102	16/02/2016	8 826,76	210 503,44	952 063,71	14 596,46	317 731,27	1 453 697,55	16 011,42	332 273,73	1 454 400,67	39 434,64	3 860 161,93
103	17/02/2016	10 975,76	221 479,20	963 039,47	15 406,32	15 406,32	1 469 103,87	16 111,39	16 111,39	1 470 512,06	42 493,47	3 902 655,40
104	18/02/2016	10 975,76	10 975,76	974 015,24	15 406,32	30 812,64	1 484 510,19	16 111,39	32 222,77	1 486 623,44	42 493,47	3 945 148,87
105	19/02/2016	10 975,76	21 951,53	984 991,00	15 406,32	46 218,96	1 499 916,51	16 111,39	48 334,16	1 502 734,83	42 493,47	3 987 642,34
106	20/02/2016	10 975,76	32 927,29	995 966,76	15 406,32	61 625,28	1 515 322,83	16 111,39	64 445,55	1 518 846,22	42 493,47	4 030 135,81
107	21/02/2016	10 975,76	43 903,05	1 006 942,52	15 406,32	77 031,60	1 530 729,15	16 111,39	80 556,94	1 534 957,61	42 493,47	4 072 629,28
108	22/02/2016	10 975,76	54 878,81	1 017 918,29	15 406,32	92 437,92	1 546 135,47	16 111,39	96 668,32	1 551 068,99	42 493,47	4 115 122,75
109	23/02/2016	10 975,76	65 854,58	1 028 894,05	15 406,32	107 844,24	1 561 541,79	16 111,39	112 779,71	1 567 380,38	42 493,47	4 157 616,21
110	24/02/2016	10 975,76	76 830,34	1 039 869,81	15 406,32	123 250,55	1 576 948,10	16 111,39	128 891,10	1 583 291,77	42 493,47	4 200 109,68
111	25/02/2016	10 975,76	87 806,10	1 050 845,57	15 406,32	138 656,87	1 592 354,42	16 111,39	145 002,49	1 599 403,16	42 493,47	4 242 603,15
112	26/02/2016	10 975,76	98 781,86	1 061 821,34	15 406,32	154 063,19	1 607 760,74	16 111,39	161 113,87	1 615 514,54	42 493,47	4 285 096,62
113	27/02/2016	10 975,76	109 757,61	1 072 797,10	15 406,32	169 469,51	1 623 167,06	16 111,39	177 225,26	1 631 625,91	42 493,47	4 327 590,09
114	28/02/2016	10 975,76	120 733,37	1 083 772,86	15 406,32	184 875,83	1 638 573,38	16 111,39	193 336,65	1 647 737,32	42 493,47	4 370 083,56
115	29/02/2016	10 975,76	131 709,13	1 094 748,62	15 406,32	200 282,15	1 653 979,70	16 111,39	209 448,03	1 663 848,70	42 493,47	4 412 577,03
116	01/03/2016	10 975,76	142 684,89	1 105 724,39	15 406,32	215 688,47	1 669 386,02	16 111,39	225 559,42	1 679 960,09	42 493,47	4 455 070,50
117	02/03/2016	10 975,76	153 660,65	1 116 700,15	15 406,32	231 094,79	1 684 792,34	16 111,39	241 670,81	1 696 071,48	42 493,47	4 497 563,97
118	03/03/2016	10 975,76	164 636,41	1 127 675,91	15 406,32	246 501,11	1 700 198,66	16 111,39	257 782,20	1 712 182,87	42 493,47	4 540 057,44
119	04/03/2016	10 975,76	175 612,17	1 138 651,67	15 406,32	261 907,43	1 715 604,98	16 111,39	273 893,58	1 728 294,25	42 493,47	4 582 550,91
120	05/03/2016	10 975,76	186 587,93	1 149 627,43	15 406,32	277 313,75	1 731 011,30	16 111,39	290 004,97	1 744 405,64	42 493,47	4 625 044,38
121	06/03/2016	10 975,76	197 563,69	1 160 603,19	15 406,32	292 720,07	1 746 417,62	16 111,39	306 116,36	1 760 517,03	42 493,47	4 667 537,84
122	07/03/2016	10 975,76	208 539,45	1 171 578,95	15 406,32	308 126,39	1 761 823,94	16 111,39	322 227,75	1 776 628,42	42 493,47	4 710 031,31

Fuente: elaboración propia.

Se observa como las celdas sombreadas representan los días de mantenimiento programado y como en los tandems B y C, se cumple con el objetivo de las 300 000 toneladas cortas de caña procesadas.

Para las proyecciones se sigue simplemente el modelado a través de una ecuación lineal de la forma:

$$y = m(x_2 - x_1) + b$$

Donde:

y = proyección de toneladas procesadas

m = es la pendiente de la ecuación, representada por el promedio de toneladas procesadas en un cierto rango de tiempo

x<sub>2</sub> = el día de zafra que se está evaluando

$x_1$  = el día de zafra en que se acumularon las 300 000 toneladas la última vez  
 $b$  = es el intersección con el eje de las ordenadas, en este caso se asume que es 0 porque se arranca desde ese valor hasta acumular 300 000 toneladas.

De esta forma entonces, hasta el día 102 de zafra para el tándem B se tendría que el valor de la pendiente  $m$  es de 15 406,32. Este valor resulta de promediar los valores individuales de molienda desde el día 40 (que fue cuando se logró estabilizar la zafra) hasta el día 102.

$$y = m(x_2 - x_1) + b$$

$$y = (15\,406,32)(122 - 102) + 0$$

$$y = 308\,126,40$$

Al ir aplicando la anterior fórmula en la tabla ilustrada anteriormente, se tiene que las 300 000 toneladas se alcanzan a los 20 días del último mantenimiento. Entonces, para el día 122 se tendrían 308 126,40 toneladas procesadas, lo que significa que al día siguiente habría que realizar mantenimiento.

En la figura 22 se puede observar lo que sería un ciclo de mantenimiento para el tándem B, notando la presencia de varias columnas en la que día representa el día de zafra; fecha, la fecha correspondiente; toneladas, la cantidad diaria, mantto., las toneladas para cada ciclo de mantenimiento; y acumulado para el total a la fecha de caña procesada.

Figura 22. **Mantenimiento programado tándem B**

		TÁNDEM B		
		Promedio	15 406,32	
Día	Fecha	Toneladas	Mantto.	Acumulado
102	16/02/2016	14 596,46	317 731,27	1 453 697,55
103	17/02/2016	15 406,32	15 406,32	1 469 103,87
104	18/02/2016	15 406,32	30 812,64	1 484 510,19
105	19/02/2016	15 406,32	46 218,96	1 499 916,51
106	20/02/2016	15 406,32	61 625,28	1 515 322,83
107	21/02/2016	15 406,32	77 031,60	1 530 729,15
108	22/02/2016	15 406,32	92 437,92	1 546 135,47
109	23/02/2016	15 406,32	107 844,24	1 561 541,79
110	24/02/2016	15 406,32	123 250,55	1 576 948,10
111	25/02/2016	15 406,32	138 656,87	1 592 354,42
112	26/02/2016	15 406,32	154 063,19	1 607 760,74
113	27/02/2016	15 406,32	169 469,51	1 623 167,06
114	28/02/2016	15 406,32	184 875,83	1 638 573,38
115	29/02/2016	15 406,32	200 282,15	1 653 979,70
116	01/03/2016	15 406,32	215 688,47	1 669 386,02
117	02/03/2016	15 406,32	231 094,79	1 684 792,34
118	03/03/2016	15 406,32	246 501,11	1 700 198,66
119	04/03/2016	15 406,32	261 907,43	1 715 604,98
120	05/03/2016	15 406,32	277 313,75	1 731 011,30
121	06/03/2016	15 406,32	292 720,07	1 746 417,62
122	07/03/2016	15 406,32	308 126,39	1 761 823,94

Fuente: elaboración propia.

De igual forma, se puede averiguar el día de mantenimiento despejando la variable  $x_2$  de la ecuación y asumiendo un valor  $y$  de 300 000 toneladas.

$$x_2 = \frac{y}{m} + x_1 \quad x_2 = \frac{300\,000}{15\,406,32} + 102 = 121,47 \approx 122$$

El resultado de esta ecuación representa el día en el que se cumpliría el parámetro de producción que sería el día 122 de zafra, por lo que el mantenimiento en el tándem B debería realizarse al día siguiente, que es el valor sombreado en la figura 22.

### **2.2.2.2. En tiempo de reparación**

El tiempo de reparación generalmente abarca desde finales de mayo o principios de junio a principios de noviembre. En este período se procede a desmontar la gran mayoría del equipo del área que en términos generales es el siguiente.

- Malacate o virador de jaulas
  - Poleas superiores e inferiores.
  - Cables de levante y laterales.
  - Balancín.
  - Cilindros de levante y laterales.
  - Motor, bomba, mangueras.
  
- Mesas de alimentación
  - Eje motriz y colero.
  - Pateador y niveladores.
  - Rodillos de limpieza.
  - Cadenas y tablillas de arrastre.
  - Motores y reductores.
  
- Conductor de tablillas
  - Eje motriz y colero.
  - Cadenas y tablillas de arrastre.
  - Nivelador.
  - Motores y reductores.
  
- Conductores de banda
  - Rodos motrices o coleros dañados.

- Rodillos de carga, de retorno, de alineación o de impacto dañados.
- Banda si está dañada.
- Motores y reductores.
  
- Troceadoras, picadoras y desfibradoras.
  - Cuerpo o estructura.
  - Cuchillas o martillos.
  - Rodo alimentador.
  - Motores y reductores.
  
- Molinos
  - Mazas.
  - Cuchillas y peines.
  - Puente.
  - Cabezotes hidráulicos.
  - Acoples flexibles.
  - Guardajugos y platos fijos.
  - Coronas de transmisión.
  - Sistemas de potencia asistida.

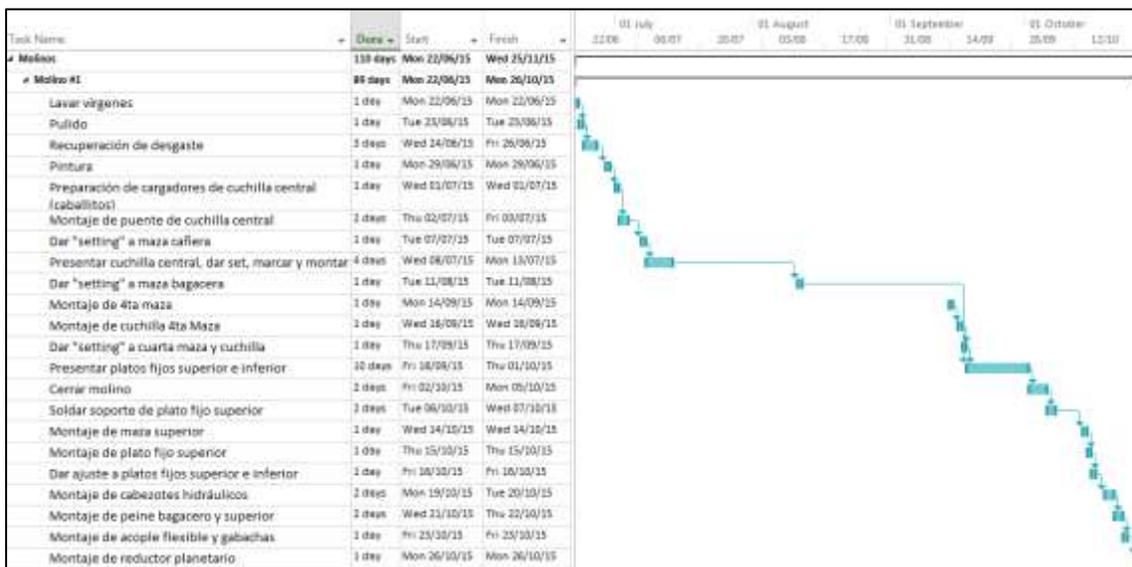
En este período los trabajos de mantenimiento y conservación del equipo se rigen por una programación establecida que utiliza la herramienta diagrama de Gantt. Este diagrama es revisado semanalmente.

De considerar que la programación inicial no cumplirá las fechas, se realizan modificaciones ya sea de añadir horas al personal operativo existente o contratar nuevo personal. Este período de reparación es también llamado servicio anual y como tal reúne una gran cantidad de actividades que deben ser programadas y

desarrolladas de manera estricta puesto que el período de zafra debe iniciar en una fecha determinada que es por lo general inamovible.

Para este servicio anual los distintos jefes y supervisores de turno son asignados en distintas áreas específicas del proceso. Cada uno debe actualizar el diagrama para informar de la situación y del avance de la reparación. Siguiendo con la línea de la actualización del progreso, son programadas reuniones quincenales de todo el personal administrativo del Departamento de Maquinaria para informar de los acontecimientos y avances.

Figura 23. Diagrama de Gantt



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

En la figura anterior se presenta el diagrama de Gantt para el molino 1 del tándem B. En ella se pueden observar las descripciones de las tareas, el tiempo y las fechas estimadas para su realización.

Para optimizar el uso de esta herramienta, se propone detallar el avance de los trabajos realizados y determinar recursos para las actividades a realizar. Con esto se tendría mejor control del recurso programado y empleado para el servicio anual.

Para lo referente a recursos se pueden definir insumos como electrodo y alambre para soldadura, herramientas a utilizar y repuestos y obviamente la mano de obra a emplear.

Como propuesta adicional se desarrollaron las hojas de programación en las que el tiempo de reparación está definido como servicio anual. Estas hojas se describen en la sección 2.2.4.

### **2.2.3. Procedimientos de mantenimiento**

Los procedimientos se realizan como una propuesta ya que es el departamento de gestión de la calidad el encargado de realizar y administrar la autorización de reglamentos, procedimientos, manuales y otros documentos.

Se proponen cuatro procedimientos de actividades varias involucradas en tareas de mantenimiento, siguiendo la normativa de gestión de la calidad.

#### **2.2.3.1. Requisiciones a bodega central**

Se realiza la propuesta de un procedimiento que ejemplifique cómo se desarrolla el proceso para realizar pedidos de equipo y materiales al almacén central mediante el sistema de mantenimiento con que cuenta el área industrial.

Figura 24. **Procedimiento de requisición al almacén central**

	<b>Procedimiento para la elaboración de solicitudes al almacén central</b>	Código:
		Versión:
<b>Depto. Maquinaria</b>		
<p>1. Propósito</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los pasos a seguir para la realización de requisiciones de materiales al almacén central.</li> <li>• Definir un criterio que estandarice las formas para solicitar materiales al almacén central.</li> </ul> <p>2. Alcance</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El procedimiento aplica a todos los ingenieros, supervisores, personal administrativo y operativo del área industrial.</li> </ul> <p>3. Política</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingenio Magdalena S.A. documenta sus procesos de acuerdo a procedimientos establecidos y de manera estandarizada.</li> </ul> <p>4. Referencias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Reglamentos internos de trabajo del Ingenio Magdalena S.A.</li> <li>4.2 Procedimiento para la elaboración de documentos.</li> </ul> <p>5. Distribución</p> <p>Este documento se distribuye así:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 Original: archivo central de documentos en gestión de la calidad.</li> <li>5.2 Copias: consejo directivo, gerencias, jefaturas, coordinaciones, supervisiones, coordinador gestión de la calidad, administrador de documentos.</li> </ul>		
<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Autorizado por:</b>
<b>Cargo:</b>	<b>Cargo:</b>	<b>Cargo:</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

Continuación de la figura 24.

## 6. Responsabilidades

6.1 Gerentes, jefes, coordinaciones, supervisores, administradores, asistentes y empleados con personal bajo su cargo del área industrial:

- Velar por que todas las obligaciones, prohibiciones y medidas de seguridad e higiene en el trabajo sean fielmente cumplidas por todos los trabajadores.

## 7. Definiciones

Sistema de mantenimiento: sistema informático interno del área industrial que sirve para la realización de solicitudes de material al almacén central para que el personal operativo desarrolle sus actividades.

Pre requisición: es un documento que permite la realización de una solicitud de adquisición de productos o servicios a nivel interno de una organización. Es generada por un sector de la entidad y enviada al departamento de compras.

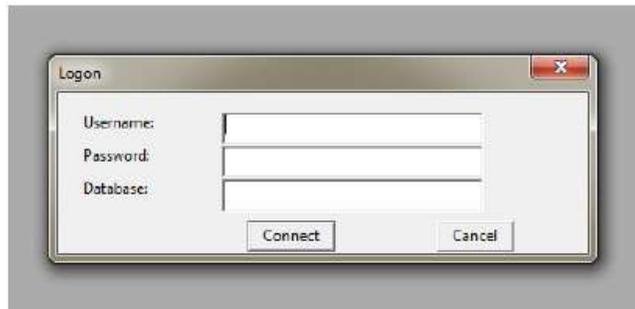
## 8. Desarrollo

El desarrollo de este procedimiento consta principalmente de la metodología a seguir para la adecuada realización de solicitudes de material al almacén central por parte del personal operativo. El manejo del sistema de mantenimiento lo realiza personal administrativo dado que es el que cuenta con usuarios y contraseñas definidas.

Pasos a seguir:

1. Abrir el programa de sistema de mantenimiento en el ordenador.
2. Aparecerá un cuadro llamado *logon* con tres campos a llenar. En el campo de *username* escribir el usuario del encargado del área respectiva por la que se solicita el material. En el campo de *password* escribir la contraseña del usuario. El campo de *database* se utiliza cuando el servidor presenta problemas.

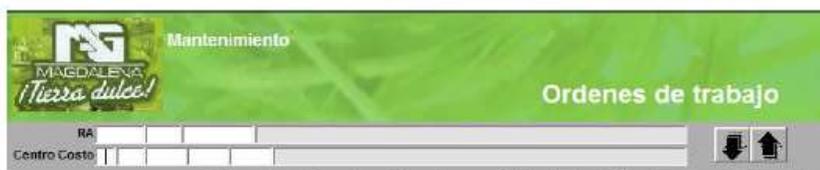
Continuación de la figura 24.



3. Entre las pestañas que se ubican en la parte superior seleccionar la opción de Ingresos. Se desplegarán varias opciones de las que se debe seleccionar la de órdenes de trabajo y luego apertura y gestión de órdenes.



4. Cuando aparece el formato de pre requisición se procede a llenar primero el centro de costo. Si no se sabe dicho centro de costo, se puede pulsar la tecla F9 para buscar por nombre.

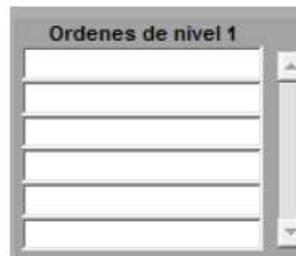


Continuación de la figura 24.

5. Después se procede a seleccionar preventivo para tiempo de zafra o abastecimientos para tiempo de reparación.



6. Se selecciona el recuadro referente a órdenes de primer nivel y se formula la pre requisición.

A rectangular window titled 'Ordenes de nivel 1'. It contains a list of six empty rows, each with a small upward-pointing arrow on the right side. A vertical scrollbar is visible on the right edge of the list.

7. Se llena el campo solicitante con el código de la persona que solicita los materiales al almacén central. El receptor es el mismo que el solicitante.

8. El campo de materiales se procede a llenar con el código del material. Se puede utilizar la tecla F9 para buscar por nombre. La columna UM significa *unidad de medida*.

Se van a observar varios estados de los materiales requeridos que son: en existencia en bodega, en proceso y disponible.

En el campo de solicitado se escribe la cantidad que se necesita del material requerido.

9. Se procede a guardar la pre requisición con la tecla F10 y el número consta de seis dígitos, de los cuales los últimos tres forman el número de solicitud.

Continuación de la figura 24.

10. El receptor debe presentar su carné en el almacén central para corroborar su número de código y que se le pueda entregar el material solicitado.

The screenshot shows a web application for 'Ordenes de trabajo' (Work Orders) under the 'Mantenimiento' (Maintenance) section. The interface includes a header with the company logo 'MAGDALENA Tierra dulce!' and the text 'ORDENES DE TRABAJO'. Below the header, there is a navigation menu with options: 'Preventivo', 'Correctivo', 'Inversiones', 'Mecanizado', 'Ejecucion Externa', and 'Abastecimientos'. The main form area contains several fields: 'Numero de Orden' (highlighted in yellow), 'Prioridad', 'Centro de Costo', 'Solicitante', 'Inspeccion', 'Fecha Inicio', 'Fecha Fin', 'Fecha de apertura', and 'Comentarios'. There are also buttons for 'Pre-requisicion', 'Listo para Revision', and 'Anular'. The interface is designed for creating and managing work orders.

### 9. Acuso de recibido

Firma del empleado: \_\_\_\_\_ Nombre del empleado: \_\_\_\_\_

Puesto del empleado: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

Área de trabajo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Firma de quien autoriza: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3.2. Procedimiento de directrices de trabajos con grúa

Se define un procedimiento para normar los trabajos con el apoyo de grúa en trabajos de mantenimiento, reparación o transporte de cargas.

Figura 25. Procedimiento de directrices de trabajos con grúa

 <b>Depto. Maquinaria</b>	<b>Procedimiento de directrices para los trabajos con grúa</b>	<b>Código:</b>
		<b>Versión:</b>
<p>1. Propósito</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer las directrices para guiar los trabajos realizados con grúa.</li> <li>• Definir medidas de seguridad para los involucrados en la operación de movimientos con dicha maquinaria.</li> </ul> <p>2. Alcance</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El procedimiento aplica a todos los ingenieros, supervisores, personal administrativo y operativo del área industrial.</li> </ul> <p>3. Política</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingenio Magdalena S.A. documenta sus procesos de acuerdo a procedimientos establecidos y de manera estandarizada.</li> </ul> <p>4. Referencias</p> <p>4.1 Reglamentos internos de trabajo del Ingenio Magdalena S.A.</p> <p>4.2 Procedimiento para la elaboración de documentos.</p> <p>5. Distribución</p> <p>Este documento se distribuye así:</p> <p>5.1 Original: archivo central de documentos en gestión de la calidad.</p> <p>5.2 Copias: consejo directivo, gerencias, jefaturas, coordinaciones, supervisiones, coordinador gestión de la calidad, administrador de documentos.</p>		
<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Autorizado por:</b>
<b>Cargo:</b>	<b>Cargo:</b>	<b>Cargo:</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

Continuación de la figura 25.

## 6. Responsabilidades

6.1 Gerentes, jefes, coordinaciones, supervisores, administradores, asistentes y empleados con personal bajo su cargo del área industrial:

- Velar por que todas las obligaciones, prohibiciones y medidas de seguridad e higiene en el trabajo sean fielmente cumplidas por todos los trabajadores.

## 7. Definiciones

Grúa: máquina destinada a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho. Cuentan con poleas acanaladas, contrapesos y mecanismos simples que sirven para crear ventaja mecánica y lograr movilizar grandes cargas.

## 8. Desarrollo

El desarrollo de este procedimiento consta principalmente de las directrices para guiar los trabajos de mantenimiento, reparación o transporte de cargas efectuados con grúas en el área industrial.

Estos movimientos deben ser realizados por una persona previamente capacitada, que pueda dirigir la operación de la máquina y tenga pleno conocimiento del manejo de cargas y espacios.

Instrucciones principales:

1. Comienzo: los dos brazos extendidos de forma horizontal y las palmas de las manos hacia adelante.



2. Alto: brazo hacia arriba con la palma de la mano hacia adelante.



Continuación de la figura 25.

3. Fin de operaciones: las dos manos juntas a la altura del pecho.



4. Izar: brazo derecho extendido hacia arriba, la palma hacia adelante describiendo un círculo



5. Bajar: brazo derecho extendido hacia abajo, con la palma hacia atrás describiendo un círculo



6. Distancia vertical: colocar las palmas frente a frente de forma horizontal, definiendo una distancia vertical.



7. Avanzar: los dos brazos doblados, las palmas hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.

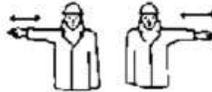


8. Retroceder: los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente, alejándose del cuerpo.



Continuación de la figura 25.

9. Hacia la derecha/izquierda: brazo extendido de forma horizontal con la palma de la mano hacia abajo describiendo movimientos lentos.



10. Distancia horizontal: colocar las palmas de las manos frente a frente de forma vertical describiendo una distancia horizontal.



11. Peligro o parada de emergencia: los dos brazos extendidos hacia arriba y las palmas de las manos hacia adelante.



Medidas de seguridad industrial:

Es necesario tomar medidas de seguridad en los trabajos que involucren el uso de grúa.

- Solicitar permiso de trabajo a seguridad industrial.
- Delimitar área de trabajo con cinta de precaución.
- Procurar que no haya personal debajo de las cargas suspendidas, así como del gancho de la grúa.
- Realizar el debido anclaje de la grúa a la superficie.
- No exceder la capacidad de carga de la grúa.
- Procurar no tener cargas suspendidas por largos períodos de tiempo.
- Utilizar equipo de protección personal.
- Definir el trabajo a realizar con el operador de la grúa previamente al inicio de operaciones.

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3.3. Procedimiento de medición de temperatura de chumaceras de molinos

Figura 26. Procedimiento de medición de temperatura

 <b>Depto. Maquinaria</b>	<b>Procedimiento de medición de temperatura de chumaceras de molinos</b>	Código:
		Versión:
<p>1. Propósito</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer las directrices para la medición y registro de temperaturas de chumaceras.</li> <li>• Definir medidas de seguridad para los involucrados en la toma de temperaturas.</li> </ul> <p>2. Alcance</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El procedimiento aplica a todos los ingenieros, supervisores, personal administrativo y operativo del área industrial.</li> </ul> <p>3. Política</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingenio Magdalena S.A. documenta sus procesos de acuerdo a procedimientos establecidos y de manera estandarizada.</li> </ul> <p>4. Referencias</p> <p>4.1 Reglamentos internos de trabajo del Ingenio Magdalena S.A.</p> <p>4.2 Procedimiento para la elaboración de documentos.</p> <p>5. Distribución</p> <p>Este documento se distribuye así:</p> <p>5.1 Original: archivo central de documentos en gestión de la calidad.</p> <p>5.2 Copias: consejo directivo, gerencias, jefaturas, coordinaciones, supervisiones, coordinador gestión de la calidad, administrador de documentos.</p>		
Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

Continuación de la figura 26.

## 6. Responsabilidades

6.1 Gerentes, jefes, coordinaciones, supervisores, administradores, asistentes y empleados con personal bajo su cargo del área industrial:

- Velar por que todas las obligaciones, prohibiciones y medidas de seguridad e higiene en el trabajo sean fielmente cumplidas por todos los trabajadores.

## 7. Definiciones

Chumacera: pieza de metal con una muesca en la que se apoya y gira cualquier eje de maquinaria.

Molino: equipo que consta de cuatro rodos llamados mazas, que sirve para comprimir la fibra de caña de azúcar y extraer el jugo de la misma.

Lado corona: lado del molino donde está la transmisión principal del motor eléctrico al molino.

Lado libre: lado del molino opuesto a la transmisión principal.

## 8. Desarrollo

El desarrollo de este procedimiento consta principalmente de las directrices para tomar temperaturas en las chumaceras de los molinos, así como llevar el registro de las mismas.

Instrucciones principales:

Se deben realizar ocho mediciones por molino, detalladas de la siguiente forma:

- 4 en el lado corona, una por cada chumacera (superior, cañera, bagacera y cuarta).
- 4 en el lado libre, una por cada chumacera (superior, cañera, bagacera y cuarta).

Las mediciones se realizan con un termómetro infrarrojo tipo pistola, el cual se apunta en dirección al punto de medida y se presiona un botón que proyecta un láser como ayuda para obtener la medición. Deben realizarse dos o tres tomas para tener un valor más exacto.

Continuación de la figura 26.

Al obtener la lectura de los valores, deben ser registrados en un formato establecido que indica mediciones cada dos horas.

El formato para cada molino de cada tándem se guía por lo siguiente:

	HORA	LADO CORONA				LADO LIBRE			
		4TA	CAÑ	SUP	BAG	4TA	CAN	SUP	BAG
MOLINO 1	07:00								
	09:00								
	11:00								
	13:00								
	15:00								
	17:00								
	19:00								
	21:00								
	23:00								
	01:00								
	03:00								
	05:00								

La temperatura es registrada en grados Celsius (°C).

Cada chumacera tiene sus distintas propiedades por lo cual los valores tienden a variar de una chumacera a otra. Debe establecerse, por lo tanto, un valor promedio y un valor de tolerancia máxima.

Estos valores sirven para tomar medidas correctivas y cambiar los tiempos de lubricación o aplicar otros métodos de enfriamiento.



Termómetro infrarrojo.

Continuación de la figura 26.

**Medidas de seguridad industrial:**

Es necesario tomar medidas de seguridad en las tomas de temperatura de chumaceras de molinos.

- Utilizar equipo de protección personal (EPP): casco industrial, lentes de protección, tapones auditivos, calzado industrial, etc.
- Verificar que no sea horario de lavado. Confirmar que las luces de lavado estén apagadas y que ninguno de los lavadores esté haciendo uso de mangueras.
- Verificar que no se estén realizando trabajos correctivos en molinos.
- Verificar que no exista movimiento de cargas suspendidas en grúas puente.
- Confirmar que el estado del termómetro infrarrojo sea el adecuado para garantizar un buen funcionamiento.
- Verificar que no se esté realizando trabajo de soldadura en mazas.

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.3.4. Procedimiento para el registro de actividades correctivas de mantenimiento**

Se define un procedimiento para registrar las actividades realizadas concernientes a reparaciones o trabajos correctivos que tengan el fin de mantener una operación estable sin afectar los parámetros de producción. Este procedimiento se refuerza con un registro descrito en la sección 2.2.3.5.

Figura 27. **Procedimiento para el registro de actividades correctivas**

	<p align="center"><b>Procedimiento para el registro de trabajos correctivos</b></p>	<p><b>Código:</b></p>
<p><b>Depto. Maquinaria</b></p>		<p><b>Versión:</b></p>
<p>1. Propósito</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los principales lineamientos para el desarrollo de registros de trabajo relativas a acciones correctivas durante el tiempo de zafra.</li> <li>• Definir responsables en el desarrollo de registros de trabajo.</li> </ul> <p>2. Alcance</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El procedimiento aplica a todos los ingenieros, supervisores, personal administrativo y operativo del área industrial.</li> </ul> <p>3. Política</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingenio Magdalena S.A. documenta sus procesos de acuerdo a procedimientos establecidos y de manera estandarizada.</li> </ul> <p>4. Referencias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Reglamentos internos de trabajo del Ingenio Magdalena S.A.</li> <li>4.2 Procedimiento para la elaboración de documentos.</li> </ul> <p>5. Distribución</p> <p>Este documento se distribuye así:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 Original: archivo central de documentos en gestión de la calidad.</li> <li>5.2 Copias: consejo directivo, gerencias, jefaturas, coordinaciones, supervisiones, coordinador gestión de la calidad, administrador de documentos.</li> </ul>		
<p><b>Elaborado por:</b></p>	<p><b>Revisado por:</b></p>	<p><b>Autorizado por:</b></p>
<p><b>Cargo:</b></p>	<p><b>Cargo:</b></p>	<p><b>Cargo:</b></p>
<p><b>Fecha:</b></p>	<p><b>Fecha:</b></p>	<p><b>Fecha:</b></p>

Continuación de la figura 27.

## 6. Responsabilidades

6.1 Gerentes, jefes, coordinaciones, supervisores, administradores, asistentes y empleados con personal bajo su cargo del área industrial:

- Velar por que todas las actividades desarrolladas como trabajos correctivos sean debidamente documentadas para un mejor control de los insumos.

## 7. Definiciones

Trabajos correctivos: todas las actividades relativas al mantenimiento correctivo, relacionado con reparaciones inmediatas para preservar el funcionamiento y operación de los equipos y el proceso.

## 8. Desarrollo

El procedimiento consta de definir lineamientos para la creación de órdenes de trabajo con el fin de tener un registro detallado en una base de datos que sirva para la toma de decisiones.

Del departamento de maquinaria:

Los jefes de turno del departamento son los encargados de documentar los trabajos correctivos desarrollados durante el turno bajo su cargo. En las ocho o, eventualmente, doce horas que laboran, son los encargados de la operación y mantenimiento de los equipos destinados a la recepción, preparación y extracción de caña de azúcar.

Partiendo de eso, se tienen dos pilares fundamentales: la operación, relacionada a la cantidad de toneladas de caña a procesar bajo ciertos indicadores de producción; y el mantenimiento, relativo a preservar el estado y funcionamiento de los equipos, con el fin de mantener una operación constante y estable.

Por lo tanto, jefes como supervisores de turno deben coordinar los trabajos correctivos necesarios y documentar los mismos, describiendo las actividades realizadas, el equipo y el tándem, así como el tiempo empleado en el trabajo y perdido en operación.

Continuación de la figura 27.

Del departamento de administración de mantenimiento:

Existe personal designado por turno encargado para darle seguimiento a las actividades correctivas realizadas y a los tiempos perdidos en operación. Son los encargados de la elaboración de registros de trabajo, para posteriormente documentarlos en una base de datos en el sistema de mantenimiento.

Este personal debe estar presente en las actividades correctivas, desarrollar y presentar al jefe de turno de maquinaria el registro elaborado, archivar los mismos física y virtualmente y, por último, crear la orden de trabajo respectiva.

De la orden de trabajo:

El técnico especialista del departamento de administración de mantenimiento es el encargado de la creación de las órdenes de trabajo. Debe documentar la información recopilada en el registro que presentó al jefe de turno de maquinaria, asignarle personal y materiales y presentar la información al planificador de mantenimiento.

Del registro de trabajo:

El registro documenta la fecha y horario del turno, el área y ubicación del trabajo desarrollado, la descripción del inconveniente y las acciones realizadas, el tiempo perdido de operación (si es que lo hubo), y la firma del encargado de turno del departamento de maquinaria.

Dicho documento está bajo el nombre de registro de trabajos de mantenimiento realizados en zafra y consta de una página que debe ser desarrollada por el técnico especialista del departamento de administración de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3.5. Registro de trabajos realizados

- En tiempo de zafra

Actualmente los trabajos de mantenimiento en época de zafra se documentan en los libros diarios de los jefes y supervisores de turno bajo los siguientes lineamientos.

- Escribir la fecha correspondiente.
- Escribir el horario del turno correspondiente. Son tres turnos: de 6:00 a 14:00, de 14:00 a 22:00 y de 22:00 a 6:00.
- Detallar la ubicación de los trabajos desarrollados por equipo y tándem correspondiente.
- Describir los trabajos de mantenimiento realizados con especificaciones técnicas y detalladas.
- Firmar el libro. Cada jefe y supervisor lo hace en su respectivo libro.

Este método es impráctico para la búsqueda y almacenamiento de información, es por ello que se ha propuesto un formato para tener la información digitalizada y poder acceder a ella de forma más sencilla con una tabla en la que se apliquen filtros para analizar equipos y causas comunes.

La tabla, ejemplificada en la figura 28, consta de varias columnas en las que se detalla el número de inconveniente, la fecha del mismo, el tándem donde se desarrolló, el equipo padre, la causa del inconveniente, la consecuencia que puede ser paro o espacio en molienda y punteo de molinos, la solución desarrollada, el tiempo en minutos y un espacio para observaciones.

Figura 28. **Ejemplo de formato para detalle de fallas por turno**

NO.	FECHA	TANDEM	EQUIPO	CAUSA	CONSECUENCIA	SOLUCIÓN	TIEMPO	OBSERVACIONES
204	22/01/2015	B	COLADOR ROTATIVO 1B	FRACTURA DE CADENA DE TRANSMISIÓN	ESPACIO EN MOLIENDA	CAMBIO DE ESLABÓN EN CADENA DE TRANSMISIÓN	8	

Fuente: elaboración propia.

Este formato fue desarrollado y empleado como base fundamental de la fase de investigación en este trabajo.

Además, se propone un modelo de registro para llevar el control de los trabajos de mantenimiento en operación.

En este modelo se observa que se tienen espacios para describir la fecha, el turno de operación, el área del incidente o inconveniente, el tándem, el equipo afectado, la descripción del incidente o inconveniente y los trabajos realizados para enmendar las condiciones. Hay espacio para describir el tiempo empleado, así como la hora.

Por último, hay un espacio para llenar con el nombre y firma del jefe de turno y así dar validez al registro para su posterior archivo.

Este modelo de registro se propone para ser desarrollado y firmado en cada reunión de cambio de turno en el período de zafra.

Figura 29. Registro de inconvenientes en zafra

	<b>Registro de trabajos de mantenimiento realizados en zafra</b>	Código: _____
		Versión: _____
<b>Depto. Maquinaria</b>		
<b>Zafra:</b> _____ <b>Fecha:</b> _____		
<b>Turno:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 06:00 am – 02:00 pm <input type="checkbox"/></li> <li>- 02:00 pm – 10:00 pm <input type="checkbox"/></li> <li>- 10:00 pm – 06:00 am <input type="checkbox"/></li> <li>- Otro: _____</li> </ul>		
<b>Área:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recepción <input type="checkbox"/></li> <li>- Preparación <input type="checkbox"/></li> <li>- Extracción <input type="checkbox"/></li> </ul>		
<b>Tándem:</b> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>		
<b>Equipo:</b> _____		
<b>Descripción del inconveniente:</b> _____ _____ _____		
<b>Trabajos realizados:</b> _____ _____ _____ _____		
<b>Hora:</b> _____		
<b>Tiempo:</b> _____		
<b>Jefe de turno:</b> _____ <b>Firma:</b> _____		

Fuente: elaboración propia.

- En tiempo de reparación

En el tiempo de reparación los trabajos de mantenimiento están programados desde un inicio ya que, básicamente, es la misma rutina de servicio la que se practica año tras año. Ese programa está contemplado en la herramienta de diagrama de Gantt y se realiza un estimado de la fecha de terminación y del progreso o avance de la reparación. Esto está descrito en la sección 2.2.2.2.

Como propuesta complementaria a esta herramienta se desarrollan hojas de programación de mantenimiento, en las cuales el mantenimiento de reparación está contemplado como servicio anual. Estas hojas están descritas en los distintos numerales de la sección 2.2.4.

#### **2.2.4. Descripción de recurso humano, actividades de mantenimiento y desarrollo de hojas de programación y verificación**

Esta es la parte fundamental del proyecto en la cual la maquinaria se divide en grandes agregados o equipos padre, que constan de varios sistemas y equipos hijos.

Se describen las actividades de mantenimiento preventivo en días de paro programado por cada equipo hijo, así como el personal involucrado. Además, se proponen hojas de programación y de verificación de actividades de mantenimiento.

Básicamente, para cada equipo padre se detalla la siguiente estructura:

- Recurso humano asignado por mantenimiento y operación.
- Descripción de las actividades de mantenimiento por cada componente o parte del equipo padre.
- Hojas de programación de las actividades de mantenimiento por período de tiempo.
- Hojas de verificación de la realización de actividades de mantenimiento para los paros programados durante la zafra.

Posteriormente a esta sección se continúa con otras que detallan materiales, insumos y costos asociados a las actividades de mantenimiento.

#### **2.2.4.1. Malacate o virador de jaulas cañeras**

Para el virador de jaulas cañeras se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

##### **2.2.4.1.1. Recurso humano**

Para los viradores y el mantenimiento de sistemas hidráulicos se cuenta con el personal que se describe a continuación y que opera en horario de mantenimiento, es decir, de 7:00 a 17:00. El personal es el siguiente:

- Mecánico I (2 personas).
- Soldador I (1 persona).
- Ayudante (3 personas).
- Mecánico II (2 personas).

Para el personal encargado de la operación de los viradores durante la época de zafra se tiene:

- Operador de virador (9 personas).
- Ayudante (9).

#### **2.2.4.1.2. Actividades de mantenimiento**

- Balancín

Es una estructura metálica que está sujeta por cables de acero y que a su vez sostiene cuatro ganchos por medio de cadenas. Está involucrado en el volteo de las jaulas de caña de azúcar.

Figura 30. **Balancín del malacate**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

Dependiendo el tipo de jaula, así es enganchado el balancín. Si es de cadenas, el balancín es enganchado a la estructura que sujeta las cadenas, y si la jaula tiene apoyo para girar, los ganchos del balancín son enganchados a unas cadenas ubicadas en la parte inferior de la cadena.

- Limpieza general

Actividad que se realiza en días de mantenimiento programado y que implica la remoción de cantidades excesivas de polvo y suciedad.

- Inspección general

Dentro de esta actividad se realiza una observación profunda y minuciosa de la estructura del balancín, revisando los ganchos y las cadenas, con sus respectivos pasadores. Además, se realiza una inspección para corroborar la existencia de fisuras y estas de existir, se corrigen por medio de soldadura eléctrica.

- Movimiento transversal

Es un mecanismo que consta de rodos, rieles y cadenas de transmisión que se ocupa de darle movimiento a toda la estructura sobre un mismo eje de forma lateral.

- Limpieza general

Se remueven cantidades excesivas de suciedad que puedan interferir con el desplazamiento normal de los rodos sobre los rieles.

- Inspección general

Dentro de esta inspección, se revisan y engrasan los distintos elementos del mecanismo (rodos, rieles y cadenas de transmisión). De estar en buenas condiciones se procede a lubricar el eje de rodos con grasa Alvania.

Además, si la revisión de rodos, rieles y cadenas de transmisión presenta alguna imperfección que malogre el funcionamiento normal del mecanismo, se procede a cambiar los elementos defectuosos por repuestos provistos por el taller.

- Cilindros de levante

Son dispositivos que funcionan de forma hidráulica y que tienen 8" de diámetro externo y el vástago que realiza el movimiento tiene un diámetro de 2 ½". Están involucrados en el mecanismo de levante y operan por el principio del doble efecto. Utilizan como lubricante el aceite DTE ISO 68.

- Limpieza general

Se realiza durante los días de mantenimiento programado y consta de remover cantidades excesivas de suciedades o fugas de aceite que puedan dañar la estructura. Se realiza una limpieza de la barra y los sellos de los cilindros.

- Inspección general

Dentro de esta inspección se procede a revisar la estructura completa, observando si hay fisuras que puedan ser reparadas por soldadura eléctrica y de existir fugas de aceite, las mismas deben ser reparadas. Esta inspección y

reparación puede ser llevada a cabo tanto en días de operación como de mantenimiento.

- Poleas de levante

Son dispositivos mecánicos que giran respecto a su centro y por los cuales pasan cables alrededor de su circunferencia para facilitar el movimiento del mecanismo de levante, transmitiendo fuerzas de tracción.

- Limpieza general

Se trata de remover cantidades excesivas de suciedad que puedan impedir el desplazamiento correcto de los cables en las poleas. Esta actividad se realiza en días de mantenimiento programado.

- Inspección general

Se realiza una observación profunda y minuciosa de la estructura y las fisuras de las poleas de levante. Estas son cuatro y están divididas en:

Poleas superiores para levante: estas se ubican en la parte más alta del malacate y se les realiza una inspección si presentan torceduras o daños estructurales. De estar en buenas condiciones, se lubrican con grasa Alvania. Además, se revisan los cojinetes de este tipo de poleas.

Poleas inferiores para levante: estas poleas se ubican dentro de la cajuela y están acopladas al vástago, realizando desplazamientos en una dirección en sentidos opuestos, según la operación del mecanismo. A estas poleas se les revisa su estructura, así como los bujes a los cuales están acopladas.

- Cambio

Si las poleas están defectuosas (con daños estructurales), se proceden a cambiar. Dentro del cambio de poleas se realiza también la sustitución de cojinetes, para poleas superiores, y bujes, para poleas inferiores.

Figura 31. **Poleas de levante superiores**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Cables de levante

Cables de acero de 1 ¼" que sujetan el balancín y pasan por poleas para conformar, junto con los cilindros, el mecanismo de levante del malacate. Tienen una vida útil aproximada de ocho semanas.

- Inspección general

Se realiza una observación detallada de los cables y mientras estén bien se procede únicamente a inspeccionarlos y lubricarlos. Esta actividad se realiza generalmente en los días de mantenimiento programados. La lubricación se lleva a cabo por medio de grasa Alvania.

- Cambio de cable

Se realiza según la vida útil del cable que es de aproximadamente ocho semanas. Esta actividad se realiza en los días de mantenimiento programado con el fin de no correr riesgos de que los cables se rompan en días de operación, ocasionando paros inesperados.

- Chumaceras

Son piezas metálicas que tienen una muesca en la cual un eje gira y se apoya. Dentro de los elementos del malacate hay varias aplicaciones de chumaceras.

- Inspección general

Se realiza una inspección general de la estructura, revisando la presencia de fisuras o defectos que puedan perjudicar su funcionamiento normal.

- Lubricación

Se realiza por medio de grasa Alvania posteriormente a la inspección general. De estar en buenas condiciones se procede a lubricar.

- Cilindros laterales

Dispositivos que operan hidráulicamente y están involucrados en el movimiento del balancín hacia la jaula cañera o hacia la estructura del malacate, con el fin de encontrar la posición adecuada de enganche de las cadenas de la jaula.

- Inspección general

Esta actividad se realiza en los días de mantenimiento programado. Esto no se cierra estrictamente a que solo en esos días se pueda realizar, ya que en los días de operación pueden presentarse fallas que obliguen inclusive a un cambio de cilindro. Se revisan y corrigen las fugas de aceite. Se utiliza soldadura eléctrica para corregir desperfectos.

- Lubricación

Para el equipo que opera hidráulicamente el lubricante utilizado en forma general es el aceite DTE 26 ISO 68. Los cilindros se lubrican al estar en buenas condiciones y según las necesidades que surjan.

- Poleas laterales

Dispositivos mecánicos que transmiten fuerzas de tracción y están involucrados en el movimiento hacia adelante y hacia atrás del balancín con respecto a las jaulas cañeras.

- Inspección general

Se realiza una observación detallada de la estructura de estas poleas notando si hay presencia de fisuras o deformaciones y verificando el estado del eje. Las poleas pueden estar dañadas por trabajo y su revisión se puede hacer en días de mantenimiento como en días de operación.

- Cambio

Las poleas laterales pueden ser cambiadas en días de mantenimiento y operación, se realiza esta sustitución de notar grandes deficiencias en el estado de las mismas.

- Cables laterales

Cables de acero de  $\frac{3}{4}$ " que sujetan el balancín y están involucrados en el movimiento del mismo hacia adelante y hacia atrás.

- Inspección general

Esta actividad se realiza generalmente en días de mantenimiento programado y se está buscando prolongar su vida útil. Actualmente la vida útil de los cables laterales es de quince días y se busca que sea de al menos un mes, durando así dos reparaciones.

- Cambio de cable

Si el cable se encuentra en buenas condiciones, este se procede a lubricar con grasa Alvania. De exceder o estar próximo a la caducidad de su vida útil, los cables laterales deben ser removidos y sustituidos por nuevos.

- Cilindros de rampa

Son dispositivos que operan hidráulicamente y están ubicados en la parte frontal de la mesa de alimentación. Están involucrados en el movimiento de inclinación de la rampa de recepción de caña en la mesa.

No se utilizan con normalidad debido a que los operadores del malacate no están capacitados para su buen uso, a que los camiones no se alinean debidamente con la mesa y a que el proceso no está normalizado.

- Limpieza general

Por estar ubicados en el área de descarga de la caña, los cilindros tienden a acumular grandes cantidades de suciedad por lo que es necesario realizarles una limpieza adecuada que permita su buen funcionamiento.

- Lubricación

Al igual que los otros tipos de cilindros, el lubricante para equipo hidráulico es el aceite DTE 26 ISO 68 y se lubrican según las necesidades. Por su uso relativamente bajo, la lubricación no es una constante de los días de mantenimiento programado.

- Filtros de aceite

Son elementos que tienen como función principal la retención de partículas para evitar la circulación de contaminantes dentro de los motores.

- Inspección visual

Se observa el estado de los filtros de forma periódica. Los mismos tienen un tiempo estipulado de operación, pero de presentarse alguna anomalía, pueden ser sustituidos antes de tiempo.

- Cambio

Tienen una duración aproximada de dos meses, por lo cual durante el tiempo de zafra se realizan tres cambios de filtros.

- Intercambiador de calor

Son dispositivos que operan con base en principios termodinámicos cuya función es facilitar la transferencia de calor y energía de una corriente fluida a otra.

- Inspección general

La revisión y limpieza general se realiza cada período de reparación. Involucra actividades de desarme, inspección y cambio de tornillería, inspección de tapaderas y tuberías, armado del intercambiador y la pintura que se hace cada doce meses.

Durante el período de zafra, las actividades de mantenimiento son mínimas y de presentarse algún inconveniente, se realizan trabajos correctivos de forma inmediata.

- *Joystick*

Consta de palancas y contactos que permiten al operador maniobrar los diferentes mecanismos para realizar la descarga de caña sobre las mesas de descarga. Hay dos tipos de *joystick*: hidráulico y eléctrico.

- Inspección general

Hay dos tipos de *joystick* y ambos involucran actividades parecidas.

*Joystick* eléctrico: este tipo involucra actividades de limpieza general para remover suciedades, se observa el funcionamiento normal de su operación, así como su estado y se corrigen las fallas que se puedan presentar.

*Joystick* hidráulico: este tipo involucra las mismas actividades que el *joystick* eléctrico, pero se le agrega la inspección de fugas de aceite.

Esta actividad es propia de los días de mantenimiento programado.

Figura 32. ***Joystick del malacate***



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Depósito de aceite

Su función es la de contener el aceite para su circulación por los distintos elementos que conforman el sistema hidráulico.

- Inspección general

Se realiza una limpieza general en cada período de reparación, llevando a cabo un cambio de aceite dependiendo de su estado.

Durante el tiempo de zafra se realiza un análisis de aceite que también puede ser llevado a cabo durante la reparación. Se revisan los indicadores de nivel, así como las tapaderas de los depósitos.

- Tubería y accesorios

Son conductores de fluidos que operan dentro de los sistemas involucrados en los distintos mecanismos. Hay tubería rígida, como tubos metálicos, y tubería flexible, como mangueras de algún tipo de polímero. Dentro de los accesorios se encuentran las roscas, los adaptadores o conectores.

- Limpieza general

Se realiza de forma ocasional y no es tan minuciosa dado que el fluido corre por dentro de los elementos. La tubería rígida sí debe ser limpiada para evitar corroerse.

- Inspección general

Esta actividad involucra la inspección de fisuras y fugas de la tubería en general. Se realiza una inspección del estado de la soldadura, de la rajadura y de las grietas. De ser posible, la tubería rígida puede ser reparada por soldadura eléctrica. En cambio, la tubería flexible presenta más complicaciones y debe ser sustituida ya que no se puede soldar. También se realizan cambios de tubería rígida, cuando esta lo amerita.

Esta inspección puede llevarse a cabo de forma indiferente en días de operación como de mantenimiento.

- Estructura

Es un arreglo metálico a base de marcos, con cierta inclinación y sus respectivos contrapesos, al cual van adaptados y acoplados los distintos elementos que operan dentro del sistema del malacate.

- Inspección general

Esta actividad puede realizarse en días de operación como en días de mantenimiento. Consta de una verificación general del estado de la estructura en los mayores puntos de concentración de esfuerzos. Si existen fisuras, se corrigen por soldadura, la cual también es verificada. Se inspeccionan los soportes de la estructura como tal.

### 2.2.4.1.3. Hoja de programación de mantenimiento

Se presenta la hoja de programación de mantenimiento preventivo del malacate o virador de jaulas cañeras para distintos lapsos de tiempo.

Figura 33. Hoja de programación del malacate

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.						
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL MALACATE						
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA				OBSERVACIONES
		DIARIO	SEMANAL	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>ELECTROVÁLVULAS</b>						
1	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	X	
2	LIMPIEZA GENERAL		X		X	
3	VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS		X		X	
4	CAMBIO			X		
<b>SISTEMA DE TUBERÍA</b>						
5	LIMPIEZA GENERAL	X			X	
6	PINTURA			X		
7	CAMBIO			X	X	
8	VERIFICAR FUGAS EN TUBERÍA Y ACCESORIOS	X			X	
<b>INTERCAMBIADOR DE CALOR</b>						
9	LIMPIEZA GENERAL		X	X	X	
10	INSPECCIÓN VISUAL		X		X	
11	PINTURA			X		
<b>CHUMACERAS</b>						
12	INSPECCIÓN VISUAL		X		X	
13	LIMPIEZA GENERAL		X	X		
14	DESARME			X		
15	ARMAR			X		
16	LUBRICACIÓN		X		X	
<b>CILINDROS DE LEVANTE</b>						
17	VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS		X	X	X	
18	VERIFICAR SI EXISTEN FISURAS EN ESTRUCTURA DE SUJECIÓN		X	X	X	
19	LIMPIEZA GENERAL		X	X	X	
20	VERIFICAR EL ESTADO DE LA SOLDADURA		X	X		
21	INSPECCIÓN VISUAL	X	X			
22	CAMBIO DE SELLOS			X	X	
<b>POLEAS DE LEVANTE</b>						
23	LIMPIEZA GENERAL			X	X	
24	INSPECCIÓN VISUAL			X	X	
25	REVISIÓN DE ESTRUCTURA			X	X	
26	REVISIÓN DE COJINETES DE POLEAS SUPERIORES			X	X	
27	REVISIÓN DE BUJES DE POLEAS INFERIORES			X	X	
28	LUBRICACIÓN			X	X	
29	CAMBIO DE POLEAS O COJINETES			X	X	
<b>CABLES DE LEVANTE</b>						
30	LUBRICACIÓN		X		X	
31	REVISAR ESTADO DE HILOS DE CABLES	X			X	
32	REVISAR ABRAZADERAS DE PRESIÓN		X		X	
33	CAMBIO		X		X	
34	INSPECCIÓN VISUAL		X		X	
35	LIMPIEZA GENERAL		X		X	
<b>CILINDROS DE RAMPA</b>						
36	VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS			X	X	
37	VERIFICAR SI EXISTEN FISURAS EN ESTRUCTURA DE SUJECIÓN			X	X	
38	LIMPIEZA GENERAL			X	X	
39	VERIFICAR EL ESTADO DE LA SOLDADURA			X	X	
40	INSPECCIÓN VISUAL			X	X	
41	LUBRICACIÓN			X	X	

Continuación de la figura 33.

BALANCÍN						
42	VERIFICAR ESTADO DE CADENA		X		X	
43	REVISAR ESTADO DE GANCHOS		X	X	X	
44	REVISIÓN Y AJUSTE DE PASADORES			X	X	
45	INSPECCIÓN DE ESTRUCTURA		X	X	X	
46	LIMPIEZA GENERAL		X	X	X	
47	PINTURA			X		
48	INSPECCIÓN VISUAL		X		X	
JOYSTICK						
49	LIMPIEZA GENERAL		X	X	X	
50	REVISIÓN DE CONTACTOS		X	X	X	
51	REVISIÓN DE FUGAS EN JOYSTICK HIDRÁULICO		X	X	X	
52	CAMBIO			X		
53	INSPECCIÓN VISUAL		X			
SPROCKETS MOVIMIENTO TRANSVERSAL						
54	LUBRICACIÓN		X		X	
55	LIMPIEZA GENERAL		X	X	X	
56	VERIFICAR ESTADO DE DIENTES		X	X	X	
57	INSPECCIÓN VISUAL		X		X	
CADENA MOVIMIENTO TRANSVERSAL						
58	LUBRICACIÓN		X	X	X	
59	LIMPIEZA GENERAL		X	X	X	
60	VERIFICAR ESTADO DE ESLABONES			X	X	
61	CAMBIO				X	
62	INSPECCIÓN VISUAL		X		X	
FILTROS DE ACEITE						
63	INSPECCIÓN VISUAL			X	X	
64	CAMBIO			X	X	
MANGUERAS DE PRESIÓN						
65	VERIFICAR FUGAS EN LOS ACOPLÉS	X		X	X	
66	VERIFICAR FUGAS EN MORDAZAS	X		X	X	
67	CAMBIO DE MANGUERAS			X	X	
68	LIMPIEZA GENERAL	X		X	X	
DEPÓSITO DE ACEITE						
69	LIMPIEZA GENERAL		X	X		
70	REVISAR FISURAS		X		X	
71	REVISAR FUGAS		X		X	
72	FLUSHING			X		
73	INSPECCIÓN VISUAL		X		X	
CABLES LATERALES						
74	CAMBIO				X	MES Y MEDIO
75	REVISIÓN DEL ESTADO		X	X	X	
76	LUBRICACIÓN		X	X	X	
POLEAS LATERALES						
77	REVISAR CARRIL DE CABLE		X	X	X	
78	VERIFICAR ESTADO DE PASADORES		X	X	X	
79	VERIFICAR SI EXISTEN FISURAS		X		X	
80	REVISIÓN DEL EJE				X	
81	CAMBIO			X	X	
82	INSPECCIÓN VISUAL				X	
83	LIMPIEZA GENERAL		X		X	
CILINDROS LATERALES						
84	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	X	
85	REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA			X	X	
86	REVISIÓN DE FUGAS DE ACEITE		X	X	X	
87	LUBRICACIÓN			X	X	
ESTRUCTURA						
88	INSPECCIÓN VISUAL			X	X	
89	REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA			X	X	
90	PINTURA			X		
CABINA						
91	LIMPIEZA GENERAL		X			OPERADORES SON LOS ENCARGADOS
PRUEBA						
92	PRUEBA			X		

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.4.1.4. Hoja de verificación

Se presenta la hoja de verificación de mantenimiento preventivo del malacate o virador de jaulas cañeras en días de paro programado.

Figura 34. Hoja de verificación del malacate

Núm.		ACTIVIDAD	ESTADO REALIZADO		OBSERVACIONES
			B	M	
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MALACATE</b>					
<b>PLAN POR PAROS PROGRAMADOS</b>					
ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
<b>ELECTROVÁLVULAS</b>					
1		INSPECCIÓN VISUAL			
2		LIMPIEZA GENERAL			
3		VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS			
<b>SISTEMA DE TUBERÍA</b>					
5		LIMPIEZA GENERAL			
7		CAMBIO			
8		VERIFICAR FUGAS EN TUBERÍA Y ACCESORIOS			
<b>INTERCAMBIADOR DE CALOR</b>					
9		LIMPIEZA GENERAL			
10		INSPECCIÓN VISUAL			
<b>CHUMACERAS</b>					
12		INSPECCIÓN VISUAL			
16		LUBRICACIÓN			
<b>CILINDROS DE LEVANTE</b>					
17		VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS			
18		VERIFICAR SI EXISTEN FISURAS EN ESTRUCTURA			
19		LIMPIEZA GENERAL			
22		CAMBIO DE SELLOS			
<b>POLEAS DE LEVANTE</b>					
23		LIMPIEZA GENERAL			
24		INSPECCIÓN VISUAL			
25		REVISIÓN DE ESTRUCTURA			
26		REVISIÓN DE COJINETES DE POLEAS SUPERIORES			
27		REVISIÓN DE BUJES DE POLEAS INFERIORES			
28		LUBRICACIÓN			
29		CAMBIO DE POLEAS O COJINETES			

Continuación de la figura 34.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>CABLES DE LEVANTE</b>					
30	LUBRICACIÓN				
31	REVISAR ESTADO DE HILOS DE CABLES				
32	REVISAR ABRAZADERAS DE PRESIÓN				
33	CAMBIO				
34	INSPECCIÓN VISUAL				
35	LIMPIEZA GENERAL				
<b>CILINDROS DE RAMPA</b>					
36	VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS				
37	VERIFICAR SI EXISTEN FISURAS EN ESTRUCTURA				
38	LIMPIEZA GENERAL				
39	VERIFICAR EL ESTADO DE LA SOLDADURA				
40	INSPECCIÓN VISUAL				
41	LUBRICACIÓN				
<b>BALANCÍN</b>					
42	VERIFICAR ESTADO DE CADENA				
43	REVISAR ESTADO DE GANCHOS				
44	REVISIÓN Y AJUSTE DE PASADORES				
45	INSPECCIÓN DE ESTRUCTURA				
46	LIMPIEZA GENERAL				
48	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>JOYSTICK</b>					
49	LIMPIEZA GENERAL				
50	REVISIÓN DE CONTACTOS				
51	REVISIÓN DE FUGAS EN JOYSTICK HIDRÁULICO				

Continuación de la figura 34.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>SPROCKETS MOVIMIENTO TRANSVERSAL</b>					
54	LUBRICACIÓN				
55	LIMPIEZA GENERAL				
56	VERIFICAR ESTADO DE DIENTES				
57	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>CADENA MOVIMIENTO TRANSVERSAL</b>					
58	LUBRICACIÓN				
59	LIMPIEZA GENERAL				
60	VERIFICAR ESTADO DE ESLABONES				
61	CAMBIO				
62	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>FILTROS DE ACEITE</b>					
63	INSPECCIÓN VISUAL				
64	CAMBIO				
<b>MANGUERAS DE PRESIÓN</b>					
65	VERIFICAR FUGAS EN LOS ACOPLÉS				
66	VERIFICAR FUGAS EN MORDAZAS				
67	CAMBIO DE MANGUERAS				
68	LIMPIEZA GENERAL				
<b>DEPÓSITO DE ACEITE</b>					
70	REVISAR FISURAS				
71	REVISAR FUGAS				
73	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>CABLES LATERALES</b>					
74	CAMBIO				
75	REVISIÓN DEL ESTADO				
76	LUBRICACIÓN				

Continuación de la figura 34.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>POLEAS LATERALES</b>					
77	REVISAR CARRIL DE CABLE				
78	VERIFICAR ESTADO DE PASADORES				
79	VERIFICAR SI EXISTEN FISURAS				
80	REVISIÓN DEL EJE				
81	CAMBIO				
82	INSPECCIÓN VISUAL				
83	LIMPIEZA GENERAL				
<b>CILINDROS LATERALES</b>					
84	INSPECCIÓN VISUAL				
85	REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA				
86	REVISIÓN DE FUGAS DE ACEITE				
87	LUBRICACIÓN				
<b>ESTRUCTURA</b>					
88	INSPECCIÓN VISUAL				
89	REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>REVISADO POR:</b>					

Fuente: elaboración propia.

## **2.2.4.2. Mesas de descarga o alimentación de caña**

Para la mesa de descarga o alimentación de caña se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

### **2.2.4.2.1. Recurso humano**

El patio de caña involucra el área comprendida donde se ubican las mesas de alimentación de caña, los conductores de tablillas, los conductores de alimentación de fibra, los conductores de basura y los dispositivos de preparación. Aunque estos últimos tienen personal asignado individualmente.

Para la operación por turnos rotativos del patio de caña se cuenta el personal siguiente:

- Operador de cargador frontal (9 personas).
- Operador de mesa de caña (9 personas).
- Electricista I (3 personas).
- Ayudante (36 personas).
- Mecánico I (4 personas).

El personal que opera en horario de mantenimiento de 7:00 a 17:00 es el que se describe a continuación:

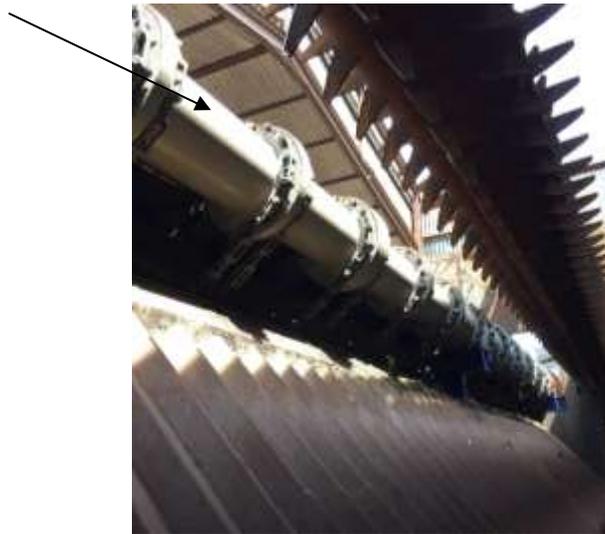
- Mecánico I (2 personas).
- Soldador I (3 personas).
- Ayudante (4 personas).

#### 2.2.4.2.2. Actividades de mantenimiento

- Eje motriz

Es el elemento que recibe movimiento rotativo impartido por motores eléctricos con capacidad de 100 hp y proporciona movimiento axial al mecanismo de cadenas y tablillas de arrastre para el transporte de caña. Está ubicado en la parte superior de la mesa.

Figura 35. Eje motriz de la mesa



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Inspección de la cadena de transmisión

Se realiza una observación detallada del estado de la cadena y de los eslabones. De presentarse inconformidades con los anteriores, se cambian y si

son demasiados, se cambia toda la cadena. Esta actividad es propia de la rutina del mecánico de turno.

- Inspección de *sprockets*

Actividad propia de la rutina del mecánico de turno. Se evalúa el estado de los mismos y se proceden a cambiar según las necesidades.

- Lubricación

Se realiza por acción de una bomba que aproximadamente cada media hora surte de lubricante al equipo. Se utiliza grasa Molub Alloy 6 040.

- Cadenas de arrastre

Son elementos diseñados para soportar temperaturas altas en aplicaciones sumamente abrasivas como lo es el transporte de caña de azúcar. Llevan un tratamiento térmico especial para mejor resistencia a la fatiga, resistencia al desgaste y mejor rendimiento.

- Inspección general

Se realiza una observación del estado de las cadenas como tal y de los eslabones, los cuales se cambian según las necesidades. Por lo general es un elemento que no presenta mayores inconvenientes durante el tiempo de zafra.

- Tablillas de arrastre

Son elementos acoplados a las cadenas de arrastre cada cierto espacio y su función es la de transportar la caña desde la parte inferior de la mesa, donde

es descargada, hasta la parte superior de la misma, donde se encuentra el pateador. El material empleado es el tubo rectangular de 1/8" de grosor que forma una sección de 2" por 5".

- Inspección general

Se observa el estado de las tablillas y si presentan deformaciones o roturas se proceden a cambiar cuando el equipo está detenido.

- Eje colero

Es el eje que complementa el movimiento del mecanismo de arrastre de la caña y está ubicado en la parte inferior de la mesa.

- Inspección general

Se observa el estado de la tornillería, de las chumaceras, del eje como tal y de los *sprockets*. Es una actividad propia de la rutina del mecánico de turno. Los *sprockets* se proceden a recuperar en los talleres según las posibilidades.

- Lubricación

El lubricante utilizado es la grasa Molub Alloy 6 040 y se aplica con una bomba hidráulica.

- Nivelador

Es un elemento ubicado más o menos en la parte media de la mesa y es un eje de amplio diámetro que cuenta con paletas que tienen como función hacer pasar un nivel constante de caña para no saturar el conductor de tablillas o atorar el pateador. Esto se logra gracias a un movimiento de rotación proporcionado por dos motores eléctricos de 40 hp cada uno.

Figura 36. **Nivelador de la mesa**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Inspección general

Se revisa el estado de la tornillería, de la cadena de transmisión, del eje y de las chumaceras. Las inconformidades son solventadas según las necesidades.

- Lubricación

La grasa utilizada, de igual forma que en los anteriores, es Molub Alloy 6 040.

- Cambio de paletas

Las paletas pueden deformarse al impactar con piedras o elementos metálicos. El cambio se realiza en días de mantenimiento programado y se hace con soldadura.

- Separador de caña

Este elemento, también llamado pateador, está ubicado en la parte más alta de la mesa de alimentación y está encargado de realizar el lavado en seco de la caña, pues al impactar la caña, la separa de piedras y tierra que lleva consigo. Esto para que luego la carga caiga a los rodillos y pase al conductor de tablillas en el tándem A, o pase a la siguiente mesa, como en los tándems B y C. Es un cilindro que cuenta con cuchillas espaciadas que impactan y cortan la caña en trozos más pequeños. Está accionado por un motor de 150 hp que puede alcanzar 1 775 rpm.

- Inspección general

Se verifica el estado del cilindro y de los bracitos o cuchillas. De presentar inconformidades, son corregidas. También se revisa el estado de la cadena de transmisión, así como de los eslabones que la integran.

Figura 37. **Pateador o separador de caña**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Inspección de los *sprockets*

Los *sprockets* son observados y son sustituidos cuando presentan problemas. Lo más común que ocurre con los *sprockets* es que el eje se sobe y se procede a calzar. No se utiliza soldadura y si el daño es mayor, el *sprocket* es descartado.

- Lubricación

Se utiliza grasa Molub Alloy 6 040 para la lubricación de las chumaceras.

- Cambio de paletas

Esta actividad se realiza solamente si se presentan daños mayores provocados por el paso de piedras o elementos metálicos que deformen o

quiebren las paletas. Se realiza en días de mantenimiento programado o cuando la maquinaria está parqueada.

- Rodillos

Son nueve cilindros dispuestos de forma paralela y con cierta inclinación que en su superficie tienen una especie de roscado o fileteado. En ellos cae la caña proveniente del pateador y están encargados de transportarla al conductor de tablillas o a la siguiente mesa, según sea el caso. Hay cierto espacio entre ellos que permite a la basura o *trash* colarse y caer a las bandas conductoras.

Figura 38. **Rodillos de la mesa**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Inspección general

Se verifica el estado de la cadena de transmisión y sus eslabones, que se cambian si se presentan inconformidades. Se observa el estado de los acoplamientos, así como de la tornillería y el estado de las chumaceras. Es una actividad diaria.

- Cambio de rodillos

Los rodillos son observados a detalle, verificando que no existan daños estructurales que provoquen la sustitución de los mismos. Por lo general, estos elementos duran todo el tiempo de zafra y con una buena limpieza logran preservarse por tiempos largos.

- Lubricación

Se utiliza la grasa tipo Molub Alloy 6 040 para lubricar las chumaceras.

- Estructura

Estructura metálica que sostiene y resguarda los distintos elementos y mecanismos que operan en la mesa.

- Inspección general

Se observa el estado de la tornillería, de las láminas, de las vigas y de la soldadura. Cualquier desperfecto puede ser corregido casi que en cualquier momento. Como es un elemento estático, no presenta problemas y su mantenimiento se da en el tiempo de reparación.

- Tubería y accesorios

Elementos conductores de fluidos con distintos accesorios como válvulas, tapones, conectores, entre otros.

- Inspección general

Estos elementos son inspeccionados visualmente, se limpian de excesos de suciedad, se observa el estado de las roscas y la presencia de grietas. Se verifica que las líneas de lubricación estén trabajando de la mejor manera posible.

- Troceadora

Este elemento está ubicado en las segundas mesas de los tándems B y C. Consta de cuatro arreglos de eje y soportes. Tiene la función de cortar la caña en tallos más pequeños y opera con motores eléctricos de 350 hp, pudiendo alcanzar 1 785 rpm. Estos motores no están acoplados a ningún reductor y, en cambio, utilizan un arreglo de fajas que permite mayor velocidad de rotación de la troceadora. Después el proceso continúa en el conductor de tablillas pasando por las picadoras y desfibradoras. Las cuchillas son de hierro negro de 5/8" a 3/4" de grosor y tienen un blindaje de electrodo 4 004.

- Inspección de las fajas

Por lo general trabajan de forma constante y cubren el tiempo de zafra. Su mantenimiento preventivo consta de tensarlas y revisar que no tengan daños superficiales que puedan ocasionar rupturas. Se cambian solamente de presentarse problemas mayores que no puedan ser solucionados con

reparaciones menores. Las poleas son inspeccionadas visualmente y se observa que no presenten fisuras o daños estructurales.

- Cambio de cuchillas

Es una actividad propia de los días de mantenimiento programado o que se puede realizar cuando el equipo está parqueado. Se sustituyen las cuchillas desgastadas por otras que hayan sido reforzadas con soldadura eléctrica utilizando el electrodo 4 004.

- Lubricación

Se aplica grasa Molub Alloy 6 040. Se puede realizar con bomba hidráulica o de forma manual.

Figura 39. **Troceadora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Sistema de lavado de caña

Es un sistema de tuberías que operan por gravedad, rebalsando agua a lo largo de la mesa sobre la caña con el fin de limpiarla. Está ubicado en la segunda mesa de los tándems B y C.

- Inspección general

Se observa el estado de la tubería y se corrigen fugas si se llegaran a presentar. Se limpia la tubería a modo de impedir excesos de suciedad por todo el canal.

Figura 40. **Sistema de lavado con agua por rebalse**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

### 2.2.4.2.3. Hoja de programación de mantenimiento

Se presenta la hoja de programación de mantenimiento preventivo de la mesa.

Figura 41. Hoja de programación de la mesa de descarga

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.								
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MESA DE LAVADO DE CAÑA EN SECO								
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA						OBSERVACIONES
		DIARIO	SEMANAL	ANUAL	2 AÑOS	3 AÑOS	PROGRAMADO	
<b>ESTRUCTURA</b>								
1	INSPECCIÓN VISUAL	X		X			X	
2	LIMPIEZA GENERAL			X				
3	INSPECCIÓN DE FISURAS EN LÁMINAS LATERALES			X			X	
4	CAMBIO DE LÁMINAS LATERALES					X		
5	INSPECCIÓN DE FISURAS EN LÁMINAS DEL PISO		X	X			X	
6	CAMBIO DE LÁMINAS INFERIORES				X			
7	REVISIÓN DE SOLDADURA		X	X			X	
8	REPARACIÓN DE FISURAS			X				
9	INSPECCIÓN DE VIGAS DE CARGA			X				
10	CAMBIO DE HEMBRAS			X	X			
11	CAMBIO DE HULE DE TOPE			X				
<b>CHUMACERAS</b>								
12	LIMPIEZA GENERAL			X			X	
13	DESARME			X				
14	CAMBIO DE PIEZAS			X				
<b>CADENA DE TRANSMISIÓN</b>								
15	LIMPIEZA GENERAL			X				
16	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES	X	X	X				
17	CAMBIO DE CADENA				X			
18	CAMBIO DE ESLABONES		X	X			X	
<b>SPROCKETS</b>								
19	CAMBIO DE SPROCKETS							
20	INSPECCIÓN VISUAL			X			X	
<b>EJE COLERO</b>								
21	CAMBIO DE EJE							
22	DESARME DEL EJE			X				
23	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS			X			X	
24	INSPECCIÓN VISUAL		X				X	
25	INSPECCIÓN VISUAL DE SPROCKETS			X			X	
26	LUBRICACIÓN	X		X			X	
<b>EJE MOTRIZ</b>								
27	INSPECCIÓN DE SPROCKETS			X			X	
28	DESARME DE EJE			X				
29	LIMPIEZA GENERAL DE CHUMACERAS			X				
30	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS			X			X	
31	LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS	X					X	
32	DESMONTAJE DE EJE			X				
33	INSPECCIÓN VISUAL DE EJE		X	X				
34	LIMPIEZA GENERAL DE EJE			X				
35	FABRICACIÓN DE SPROCKETS			X				
36	FABRICACIÓN DE EJE MOTRIZ			X				
37	RECUPERACIÓN DE SPROCKETS			X				

Continuación de la figura 41.

<b>TABLILLAS DE ARRASTRE</b>							
38	DESMONTAJE			X			X
39	INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN			X			
40	CAMBIO DE TACOS			X			
41	MONTAJE			X			
42	INSPECCIÓN VISUAL						X
43	FABRICACIÓN DE NUEVAS TABLILLAS			X			
44	CAMBIO DE TABLILLAS			X			X
45	LIMPIEZA GENERAL	X					
<b>CADENA DE ARRASTRE</b>							
46	LIMPIEZA GENERAL			X			
47	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES	X		X			X
48	CAMBIO DE ESLABONES			X			X
49	REVISIÓN DE SPROCKETS	X		X			X
50	INSPECCIÓN VISUAL	X					X
<b>SISTEMA DE LAVADO DE CAÑA</b>							
51	CAMBIO DE JOYS						
<b>CILINDROS HIDRÁULICOS</b>							
52	DESMONTAJE			X			
53	DESARME			X			
54	REVISIÓN DE FISURAS			X			X
55	CAMBIO DE SELLOS			X			
56	ARMADO			X			
57	MONTAJE EN ESTRUCTURA			X			
<b>NIVELADOR</b>							
58	INSPECCIÓN VISUAL			X			X
59	DESMONTAR NIVELADOR			X			
60	DESARMAR CHUMACERAS			X			
61	CAMBIO DE PALETAS			X			X
62	INSPECCIÓN DE SPROCKETS			X			X
63	LUBRICACIÓN	X					X
<b>PATEADOR</b>							
64	INSPECCIÓN VISUAL			X			X
65	CAMBIO DE TORNILLERÍA			X			X
66	REVISIÓN DE SOLDADURA			X			X
67	REVISIÓN DE GRETADURAS			X			X
68	INSPECCIÓN DE LOS SPROCKETS			X			X
69	LUBRICACIÓN	X		X			X
70	CAMBIO DE CUCHILLAS						X
71	DESMONTAJE			X			
72	FABRICACIÓN			X			
73	MONTAJE			X			
<b>RODILLOS</b>							
74	CAMBIO			X			
75	INSPECCIÓN VISUAL			X			X
76	LUBRICACIÓN	X					X
77	LIMPIEZA GENERAL						X
78	REVISIÓN DE CHUMACERAS						X
79	REVISIÓN DE SPROCKETS						X
80	REVISIÓN DE ACOPLAMIENTO						X
81	REVISIÓN DE CADENA DE TRANSMISIÓN						X

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Hoja de programación de la segunda mesa

HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MESA 2							
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA					OBSERVACIONES
		DIARIO	SEMANAL	ANUAL	2 AÑOS	3 AÑOS	
<b>ESTRUCTURA</b>							
1	INSPECCIÓN VISUAL	X		X			X
2	LIMPIEZA GENERAL			X			
3	INSPECCIÓN DE FISURAS EN LÁMINAS LATERALES			X			X
4	CAMBIO DE LÁMINAS LATERALES					X	
5	INSPECCIÓN DE FISURAS EN LÁMINAS DEL PISO		X	X			X
6	CAMBIO DE LÁMINAS INFERIORES				X		
7	REVISIÓN DE SOLDADURA		X	X			X
8	REPARACIÓN DE FISURAS			X			
9	INSPECCIÓN DE VIGAS DE CARGA			X			
10	CAMBIO DE HEMBRAS			X			
11	CAMBIO DE HULE A TOPE			X			
12	CAMBIO DE LÁMINA DE SEPARADOR DE CAÑA			X			
<b>CADENA DE TRANSMISIÓN</b>							
13	LIMPIEZA GENERAL			X			
14	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES	X	X	X			
15	CAMBIO DE CADENA				X		
16	CAMBIO DE ESLABONES		X	X			X
<b>SPROCKETS</b>							
17	INSPECCIÓN DE SPROCKETS			X			X
18	CAMBIO DE SPROCKETS			X			
<b>EJE COLERO</b>							
19	CAMBIO DEL EJE						
20	DESARME DE EJE			X			
21	REVISAR ALINEAMIENTO			X			
22	LIMPIEZA GENERAL DE CHUMACERAS			X			
23	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS			X			X
24	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE			X			X
25	DESMONTAJE DE CHUMACERAS			X			
26	MONTAJE DE CHUMACERAS			X			
27	LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS	X		X			X
28	INSPECCIÓN VISUAL		X	X			X
29	LIMPIEZA GENERAL DEL EJE		X	X			
30	FABRICACIÓN DEL EJE COLERO		X				
<b>EJE MOTRIZ</b>							
31	INSPECCIÓN DE SPROCKETS			X			X
32	DESARME DE EJE			X			
33	REVISAR ALINEAMIENTO			X			
34	LIMPIEZA GENERAL DE CHUMACERAS			X			
35	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS			X			X
36	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE			X			
37	DESMONTAJE DE CHUMACERAS			X			
38	MONTAJE DE CHUMACERAS			X			
39	LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS		X	X			X
40	DESMONTAJE DE EJE			X			
41	INSPECCIÓN VISUAL DE EJE		X	X			
42	LIMPIEZA GENERAL DE EJE			X			
43	MONTAJE DE EJE MOTRIZ			X			
44	ARMADO			X			
45	FABRICACIÓN DE EJE MOTRIZ		X				

Continuación de la figura 42.

TABLILLAS DE ARRASTRE							
46	DESMONTAJE			X			X
47	INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN			X			
48	CAMBIO DE TACOS			X			
49	MONTAJE			X			
50	INSPECCIÓN VISUAL						X
51	CAMBIO DE TABLILLAS			X			X
52	LIMPIEZA GENERAL	X					
CADENA DE ARRASTRE							
53	LIMPIEZA GENERAL			X			
54	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES	X		X			X
55	CAMBIO DE ESLABONES			X			X
56	REVISIÓN DE SPROCKETS	X		X			X
57	INSPECCIÓN VISUAL	X					X
58	ARMADO			X			
SISTEMA DE LAVADO DE CAÑA							
59	VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS EN TUBERÍAS			X			X
60	VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS EN ACCESORIOS			X			X
61	CAMBIO DE SPRAYS			X			
62	CAMBIO DE JOYS						
CILINDROS HIDRÁULICOS							
63	DESMONTAJE			X			
64	DESARME			X			
65	REVISIÓN DE FISURAS			X			X
66	CAMBIO DE SELLOS			X			
67	ARMADO			X			
68	MONTAJE EN ESTRUCTURA			X			
NIVELADOR							
69	INSPECCIÓN VISUAL			X			X
70	DESMONTAR NIVELADOR			X			
71	DESARMAR CHUMACERAS			X			
72	CAMBIO DE PALETAS			X			X
73	LUBRICACIÓN	X					X
74	INSPECCIÓN DE SPROCKETS			X			X

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Hoja de programación de la troceadora

HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA TROCEADORA					
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA			OBSERVACIONES
		DIARIO	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
1	DESMONTAJE		X		
2	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
3	LIMPIEZA GENERAL		X	X	
4	LUBRICACIÓN	X		X	
5	MONTAJE		X		
<b>ESTRUCTURA</b>					
6	INSPECCIÓN DE VIGAS DE CARGA		X		
7	INSPECCIÓN DE LA CUBIERTA		X		
8	INSPECCIÓN DE FALDONES LATERALES		X		
9	REVISIÓN DE LÁMINA		X		
10	MONTAJE DE CUBIERTAS Y FALDONES LATERALES		X		
11	DESMONTAJE DE CUBIERTA Y FALDONES LATERALES		X		
12	LIMPIEZA DE SOPORTES		X		
13	REPARACIÓN DE SOPORTES		X		
<b>PRUEBA</b>					
14	PRUEBA		X		
15	ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN EL ROTOR		X	X	
<b>RODAMIENTOS</b>					
16	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
17	LUBRICACIÓN	X		X	
18	CALIBRACIÓN		X	X	
19	DESMONTAJE		X		
20	MONTAJE		X		
21	LIMPIEZA GENERAL		X		
<b>CHUMACERAS</b>					
22	INSPECCIÓN VISUAL		X		
23	LIMPIEZA GENERAL		X		
24	MONTAJE		X		
25	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE		X		
26	DESMONTAJE		X		
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>					
27	LIMPIEZA GENERAL		X		
28	LUBRICACIÓN	X		X	
29	INSPECCIÓN VISUAL			X	
30	VERIFICAR ALINEAMIENTO ENTRE POLEAS			X	
31	COMPROBAR TENSIÓN DE FAJAS		X	X	
32	DESMONTAJE DE FAJAS		X	X	
33	DESMONTAJE DE PROTECCIONES DE SEGURIDAD		X	X	
34	DESMONTAJE DE POLEAS		X	X	
35	INSTALACIÓN DE FAJAS		X	X	
36	INSTALACIÓN DE PROTECTORES DE SEGURIDAD		X	X	

Continuación de la figura 43.

<b>CUCHILLAS</b>					
37	DESMONTAJE		X		
38	CAMBIO DE JUEGO DE CUCHILLAS			X	
39	INSPECCIÓN VISUAL			X	
40	MONTAJE		X	X	
41	APRETAR TORNILLERÍA FLOJA			X	
42	CAMBIO DE TORNILLERÍA		X	X	
43	LIMPIEZA GENERAL			X	
<b>TROCEADORA</b>					
44	DESMONTAJE		X		
45	LIMPIEZA GENERAL		X	X	
46	EVALUACIÓN DE EJES		X		
47	MONTAJE		X		

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la hoja de programación de la mesa de lavado en seco que aplica a los tres tándems, la hoja de la segunda mesa y de la troceadora que aplican a los tándems B y C.

A continuación se muestran las hojas de verificación de mantenimiento preventivo programado para los equipos descritos anteriormente.

### 2.2.4.2.4. Hoja de verificación

Figura 44. Hoja de verificación de mesa de lavado en seco

ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
		MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MESAS DE DESCARGA		MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MESAS DE DESCARGA	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO REALIZADO		OBSERVACIONES	
		B	M		
<b>ESTRUCTURA</b>					
1	INSPECCIÓN VISUAL				
3	INSPECCIÓN DE FISURAS LÁMINAS LATERALES				
5	INSPECCIÓN DE FISURAS EN LÁMINAS DEL PISO				
7	REVISIÓN DE SOLIDADURA				
<b>CHUMACERAS</b>					
12	LIMPIEZA GENERAL				
<b>CADENA DE TRANSMISIÓN</b>					
18	CAMBIO DE ESLABONES				
<b>SPROCKETS</b>					
20	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>EJE COLERO</b>					
23	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS				
24	INSPECCIÓN VISUAL				
25	INSPECCIÓN VISUAL DE SPROCKETS				
26	LUBRICACIÓN				
<b>EJE MOTRIZ</b>					
27	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				
30	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS				
31	LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS				
<b>TABILLAS DE ARRASTRE</b>					
38	DESMONTAJE				
42	INSPECCIÓN VISUAL				
44	CAMBIO DE TABILLAS				

Continuación de la figura 44.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>CADENA DE ARRASTRE</b>					
47	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES				
48	CAMBIO DE ESLABONES				
49	REVISIÓN DE SPROCKETS				
50	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>CILINDROS HIDRÁULICOS</b>					
54	REVISIÓN DE FISURAS				
<b>NIVELADOR</b>					
58	INSPECCIÓN VISUAL				
61	CAMBIO DE PALETAS				
62	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				
63	LUBRICACIÓN				
<b>PATEADOR</b>					
64	INSPECCIÓN VISUAL				
65	CAMBIO DE TORNILLERÍA				
66	REVISIÓN DE SOLDADURA				
67	REVISIÓN DE GRETADURAS				
68	INSPECCIÓN DE LOS SPROCKETS				
69	LUBRICACIÓN				
70	CAMBIO DE CUCHILLAS				

Continuación de la figura 44.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
	<b>RODILLOS</b>				
75	INSPECCIÓN VISUAL				
76	LUBRICACIÓN				
77	LIMPIEZA GENERAL				
78	REVISIÓN DE CHUMACERAS				
79	REVISIÓN DE SPROCKETS				
80	REVISIÓN DE ACOPLAMIENTO				
81	REVISIÓN DE CADENA DE TRANSMISIÓN				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>REVISADO POR:</b>					

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Hoja de verificación de la segunda mesa

					
ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>ESTRUCTURA</b>					
1	INSPECCIÓN VISUAL				
3	INSPECCIÓN DE FISURAS LÁMINAS LATERALES				
5	INSPECCIÓN DE FISURAS EN LÁMINAS DEL PISO				
7	REVISIÓN DE SOLDADURA				
<b>CADENA DE TRANSMISIÓN</b>					
16	CAMBIO DE ESLABONES				
<b>SPROCKETS</b>					
17	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				
<b>EJE COLERO</b>					
23	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS				
24	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE				
27	LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS				
28	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>EJE MOTRIZ</b>					
31	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				
35	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS				
39	LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS				
<b>TABLILLAS DE ARRASTRE</b>					
46	DESMONTAJE				
50	INSPECCIÓN VISUAL				
51	CAMBIO DE TABLILLAS				



Figura 46. Hoja de verificación de la troceadora

 <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TROCEADORA</b> PLAN POR PAROS PROGRAMADOS					
ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
2	INSPECCIÓN VISUAL				
3	LIMPIEZA GENERAL				
4	LUBRICACIÓN				
<b>PRUEBA</b>					
15	ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN EL ROTOR				
<b>RODAMIENTOS</b>					
16	INSPECCIÓN VISUAL				
17	LUBRICACIÓN				
18	CALIBRACIÓN				
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>					
28	LUBRICACIÓN				
29	INSPECCIÓN VISUAL				
30	VERIFICAR ALINEAMIENTO ENTRE POLEAS				
31	COMPROBAR TENSIÓN DE FAJAS				
32	DESMTAJE DE FAJAS				
33	DESMTAJE PROTECCIONES DE SEGURIDAD				
34	DESMTAJE DE POLEAS				
35	INSTALACIÓN DE FAJAS				
36	INSTALACIÓN DE PROTECTORES DE SEGURIDAD				

Continuación de la figura 46.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
	<b>CUCHILLAS</b>				
38	CAMBIO DE JUEGO DE CUCHILLAS				
39	INSPECCIÓN VISUAL				
40	MONTAJE				
41	APRETAR TORNILLERÍA FLOJA				
42	CAMBIO DE TORNILLERÍA				
43	LIMPIEZA GENERAL				
	<b>TROCEADORA</b>				
45	LIMPIEZA GENERAL				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>REVISADO POR:</b>					

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.4.3. Conductor de tablillas**

Para el conductor de tablillas se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

#### **2.2.4.3.1. Recurso humano**

Como se describe en la sección 2.2.3.2.1., el personal operativo del patio de caña está desglosado en varios puestos que atienden las mesas de caña, los conductores de banda y el conductor de tablillas. Agregado a ese personal entonces, se tiene para este equipo es siguiente puesto en turnos rotativos:

- Operador de conductor de caña (9 personas).

#### **2.2.4.3.2. Actividades de mantenimiento**

- Eje motriz

Es el encargado de desarrollar el movimiento del conductor y está ubicado en uno de los extremos. Es accionado por un motor eléctrico con potencia de 125 a 150 hp y tiene un arreglo de *sprockets* y cadenas que proporcionan el movimiento rotativo del eje y axial del conductor.

- Inspección general

Esta actividad involucra una inspección visual del estado del eje como tal y es parte de una rutina diaria ejecutada por los mecánicos encargados. Se revisa

que no existan fisuras, así como el estado de los *sprockets*, los cuales se proceden a recuperar si lo ameritan.

- Limpieza general

Esta actividad se realiza con un lavado general que se lleva a cabo por turno. Se aplica agua o solvente según las necesidades, aunque por lo general es agua aplicada a presión con mangueras.

- Inspección de la cadena de transmisión

Este elemento es montado cada período de reparación y presenta problemas de forma muy esporádica por lo cual solamente si existen inconformidades tales como rotura de eslabones, se procede a reparar o cambiar según la criticidad del momento.

- Inspección de la tornillería y chumaceras

Es una actividad que se realiza por lo general en días de mantenimiento a cargo del mecánico de turno. Las chumaceras se limpian y montan en cada período de reparación.

- Lubricación

Esta actividad se desarrolla por lo general cada tres días de operación y no es una actividad propia de los días de mantenimiento programados. El lubricante utilizado es la grasa Alvania. A pesar de que hay un intervalo establecido de lubricación, esta es revisada en cada turno de trabajo diario.

- Cadenas de arrastre

Es un mecanismo que está acoplado a las tablillas de arrastre y a los distintos *sprockets* y realiza el movimiento típico de una banda, con un lado conductor y otro conducido.

- Inspección general

Se realiza una inspección visual del estado de los eslabones y se lleva a cabo de forma diaria ya que es un punto crítico dentro de la línea, debido a que la cadena puede descarrilarse.

- Limpieza general

Se realiza cada turno de trabajo diario y se hace con dos fines, el de higiene y el evitar que la cadena se descarrile por elementos extraños presentes en el mecanismo.

- Tablillas de arrastre

Elementos de hierro negro fabricados en el ingenio que se acoplan entre sí y a la cadena de arrastre por medio de tornillos. Fungen como un tablero móvil que transporta la caña desde su caída hasta el conductor de banda que alimenta a los molinos.

- Inspección general

Se realiza una observación detallada de las tablillas conforme su movimiento y es una actividad que se lleva a cabo de forma diaria por turno de

trabajo. Se observa el estado de las tablillas verificando que no tengan fisuras o estén mal atornilladas.

- Limpieza

Se realiza un lavado con agua a presión en uno de los extremos del conductor para retirar restos de caña e impurezas que puedan impedir el funcionamiento normal del conductor.

- Eje colero

Es la contraparte del eje motriz y está ubicado en el extremo opuesto. Está encargado de proseguir el movimiento transmitido por el eje motriz y está apoyado en chumaceras que permiten su rotación.

- Inspección general

Al igual que en el eje motriz, esta actividad involucra una inspección visual del estado del eje como tal y es parte de una rutina diaria ejecutada por los mecánicos encargados. Se revisa que no existan fisuras, así como el estado de los *sprockets*, los cuales se proceden a recuperar si lo ameritan.

- Limpieza general

Esta actividad se realiza con un lavado general que se lleva a cabo por turno. Se aplica agua o solvente según las necesidades, aunque por lo general es agua aplicada a presión con mangueras.

- Inspección de la tornillería y chumaceras

Es una actividad que se realiza por lo general en días de mantenimiento a cargo del mecánico de turno. Las chumaceras se limpian y montan en cada período de reparación.

- Lubricación

Esta actividad se desarrolla por lo general cada tres días de operación y no es una actividad propia de los días de mantenimiento programados. El lubricante utilizado es la grasa Alvania. A pesar de que hay un intervalo establecido de lubricación, esta es revisada en cada turno de trabajo diario.

- *Take – ups*

Son las chumaceras del eje colero y sirven para dar tensión al conductor de tablillas, así como para graduar su posición a modo que opere de manera óptima.

- Inspección general

Esta actividad involucra una observación detallada del estado general de la estructura, verificando la presencia de inconformidades. Además, se observa el estado de la tornillería y los rodamientos. Es necesario aclarar que un cambio de tornillería o de rodamientos se presenta raramente en alguna ocasión, pero de igual forma se hace necesario corroborar su estado y funcionamiento.

- Limpieza

Al igual que los demás elementos, se lleva a cabo por medio de un lavado con agua a presión a modo de eliminar elementos extraños en la estructura.

- Lubricación

Esta actividad se realiza cada dos o tres días y consiste en la aplicación de grasa Molub Alloy. Este elemento tiende a calentarse mucho a pesar de la baja velocidad a la que opera. Por lo tanto, se hace necesaria una buena lubricación.

- Estructura

Es la armazón dentro de la cual opera el conductor de tablillas. Consiste en un arreglo de láminas, faldones, vigas y otros elementos.

- Inspección general

La actividad se realiza de una forma bastante superficial hasta el punto de no llegarse a hacer. Esto se debe a que la estructura no es un elemento crítico en la operación del conductor y no presenta inconformidades que puedan incidir de forma grande en el desenvolvimiento normal. El mantenimiento de este elemento se lleva a cabo durante el tiempo de reparación e involucra actividades como el cambio de tornillería, desmontaje de láminas, montaje de hembra mango plate, limpieza, reparación de soldadura y pintura.

- Tubería y accesorios

Consta de tubería rígida y flexible, así como de roscas, conectores y otros elementos que conforman un sistema hidráulico.

- Inspección general

Esta actividad se realiza de manera irregular debido a que son elementos que no tienden a presentar mayores inconformidades y que se les da mantenimiento correctivo en caso de que presenten problemas.

- Revisión de sellos

Esta actividad se realiza cada día de mantenimiento programado. Se hace énfasis en los angulares de sellos, verificando su estado y corrigiendo inconformidades si se presentaran.

#### **2.2.4.3.3. Hoja de programación de mantenimiento**

El conductor de tablillas se considera un equipo padre dada su alta relevancia en el transporte de caña y sabiendo que un desperfecto en él puede causar el paro de la línea y de la producción.

Se presenta entonces la hoja de programación de mantenimiento del conductor de tablillas en la siguiente figura.

Figura 47. Hoja de programación del conductor de tablillas

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.						
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CONDUCTOR DE TABLILLAS						
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA				OBSERVACIONES
		DIARIO	SEMANAL	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>ACOPLAMIENTO</b>						
1	INSPECCIÓN VISUAL				X	
2	LIMPIEZA GENERAL			X		
3	LUBRICACIÓN				X	
<b>ESTRUCTURA</b>						
4	LIMPIEZA GENERAL			X		
5	INSPECCIÓN DE VIGAS DE CARGA			X		
6	INSPECCIÓN DE LA CUBIERTA			X		
7	INSPECCIÓN DE FALDONES LATERALES			X		
8	REVISIÓN DE LÁMINA			X		
9	MONTAJE DE HEMBRA MANGO PLATE			X		
10	MONTAJE DE VIGAS DE CARGA			X		
11	DESMONTAJE DE HEMBRA MANGO PLATE			X		
12	DESMONTAJE DE LÁMINA DEL ENCAJUELADO DE LA VIGA DE CARGA			X		
13	PULIR VIGAS DE CARGA			X		
14	DESMONTAJE DEL ANGULAR DEL FALDON DEL CONDUCTOR			X		
15	ENCAJUELADO DE VIGAS DE CARGA			X		
16	MONTAJE DEL ANGULAR DEL CONDUCTOR			X		
<b>PRUEBA</b>						
17	PRUEBA			X		
<b>CADENA DE TRANSMISIÓN</b>						
18	INSPECCIÓN VISUAL	X			X	
19	MONTAJE			X		
20	DESMONTAJE			X		
19	REVISIÓN DE ESLABONES	X			X	
20	CAMBIO DE ESLABONES				X	
<b>EJE COLERO</b>						
21	INSPECCIÓN VISUAL				X	
22	LIMPIEZA GENERAL DE EJE			X		
23	DESARME DE EJE			X		
24	REVISAR ALINEAMIENTO			X	X	
25	LIMPIEZA GENERAL DE CHUMACERAS			X	X	
26	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS	X				
27	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE DE CHUMACERAS			X	X	
28	DESMONTAJE DE CHUMACERAS			X		
29	MONTAJE DE CHUMACERAS			X		
30	LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS	X				
31	DESMONTAJE DE EJE			X		
32	FABRICACIÓN DE EJE COLERO		X			
33	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				X	
34	CAMBIO DE SPROCKETS			X	X	

Continuación de la figura 47.

<b>EJE MOTRIZ</b>						
35	INSPECCIÓN VISUAL				X	
36	LIMPIEZA GENERAL DE EJE			X		
37	DESARME DE EJE			X		
38	REVISAR ALINEAMIENTO			X	X	
39	LIMPIEZA GENERAL DE CHUMACERAS			X	X	
40	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS	X				
41	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE DE CHUMACERAS			X	X	
42	DESMONTAJE DE CHUMACERAS			X		
43	MONTAJE DE CHUMACERAS			X		
44	LUBRICACIÓN DE CHUMACERAS	X				
45	DESMONTAJE DE EJE			X		
46	FABRICACIÓN DE EJE COLERO		X			
47	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				X	
48	CAMBIO DE SPROCKETS			X	X	
<b>TABLILLAS DE ARRASTRE</b>						
49	LIMPIEZA GENERAL				X	
50	INSPECCIÓN VISUAL	X			X	
51	DESMONTAJE			X		
52	INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN			X	X	
53	CAMBIO DE TABLILLAS				X	
54	CAMBIO DE TACOS			X		
55	MONTAJE			X		
<b>CADENA DE ARRASTRE</b>						
56	LIMPIEZA GENERAL				X	
57	INSPECCIÓN VISUAL	X			X	
58	LUBRICACIÓN			X		
59	VERIFICAR TENSIÓN				X	
60	MONTAJE			X		
61	DESMONTAJE			X		
<b>CONDUCTOR DE CAÑA</b>						
63	DESMONTAJE			X		
64	INSPECCIÓN DE CADENA			X	X	
65	DESARME DE CADENA PARA EXTRACCIÓN DE ELEMENTOS			X		
66	ARMAR CADENA CLASIFICADA			X		

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.4.3.4. Hoja de verificación

Figura 48. Hoja de verificación del conductor de tablillas

ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CONDUCTOR DE TABLILLAS PLAN POR PAROS PROGRAMADOS			
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO B M	REALIZADO	OBSERVACIONES	
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
1	INSPECCIÓN VISUAL				
3	LUBRICACIÓN				
<b>CADENA DE TRANSMISIÓN</b>					
18	INSPECCIÓN VISUAL				
19	REVISIÓN DE ESLABONES				
20	CAMBIO DE ESLABONES				
<b>EJE COLERO</b>					
21	INSPECCIÓN VISUAL				
24	REVISAR ALINEAMIENTO				
25	LIMPIEZA GENERAL DE CHUMACERAS				
27	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE				
33	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				
34	CAMBIO DE SPROCKETS				
<b>EJE MOTRIZ</b>					
35	INSPECCIÓN VISUAL				
38	REVISAR ALINEAMIENTO				
39	LIMPIEZA GENERAL DE CHUMACERAS				
41	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE				
47	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				
48	CAMBIO DE SPROCKETS				

Continuación de la figura 48.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>TABLILLAS DE ARRASTRE</b>					
49	LIMPIEZA GENERAL				
50	INSPECCIÓN VISUAL				
52	INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN				
53	CAMBIO DE TABLILLAS				
<b>CADENA DE ARRASTRE</b>					
56	LIMPIEZA GENERAL				
57	INSPECCIÓN VISUAL				
59	VERIFICAR TENSIÓN				
<b>CONDUCTOR DE CAÑA</b>					
64	INSPECCIÓN DE CADENA				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>REVISADO POR:</b>					

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.4.4. Conductores de banda**

Para los conductores de banda se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

##### **2.2.4.4.1. Recurso humano**

El recurso humano que opera y mantiene a estos equipos es el mismo que el descrito en la sección 2.2.4.2.1. al ubicarse los mismos dentro del patio de caña.

Ese personal descrito en esa sección se encarga de las dos bandas de alimentación a molinos de 84", de la banda de alimentación a molinos de 90", de las 8 bandas de *trash* de 30" y una banda de *trash* de 42".

##### **2.2.4.4.2. Actividades de mantenimiento**

- Banda

Es el elemento principal de este mecanismo y funge como un tablero móvil que transporta algún tipo de carga (fibra de caña, *trash* o bagazo). La banda está hecha de hule y tiene varias capas que le dan flexibilidad, resistencia a los esfuerzos y al desgaste.

Figura 49. **Banda de hule de alimentación a molinos**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Inspección general

Esta actividad incluye la inspección de gretaduras, de la unión de la banda y de la presencia de hilos sueltos. Es la observación detallada de los aspectos anteriores, así como del estado de la banda en general. Las actividades correctivas se emplean de presentarse y en sí el mantenimiento de la banda se realiza durante el período de reparación.

- Limpieza

Es una actividad que se realiza diariamente según turnos de operación y que consiste en aplicar agua o aire a presión para retirar polvo e impurezas presentes en la banda.

- Rodillos de alineación

Son rodillos que se encuentran debajo de las bandas en el lado conductor y que tienen cojinetes que permiten un movimiento oscilatorio a modo que la banda se desplace con la mayor uniformidad posible.

- Inspección general

En esta actividad se incluye una inspección visual detallada que abarque la estructura y la tornillería. Es una actividad que se realiza de forma muy general dada la complicación que presentan las bandas por ubicarse en lugares de difícil acceso.

- Lubricación

Se engrasan en la medida de lo necesario, llegando al punto de hacerlo en el día a día si es requerido por medio de bombas de inyección que operan según la temperatura de trabajo.

- Rodillos de carga

Son los rodillos que están debajo de la banda en el lado conductor o de carga, es decir, el lado superior de la banda, donde se realiza el transporte. En los extremos de la banda, donde cae la carga, se ubican los rodillos de impacto que tienen una mayor resistencia a los esfuerzos y que están dispuestos con menor distancia entre sí. A medida que se va avanzando por el conductor, se tienen arreglos que constan de tres rodillos donde los que se ubican en los extremos pueden llegar a tener una inclinación de 20 a 35 grados respecto a la horizontal.

Figura 50. **Rodillos de carga de la banda de alimentación**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Inspección general

Es una actividad que se realiza de forma irregular dado el difícil acceso al equipo. El mantenimiento como tal se realiza en el período de reparación. Esta inspección incluye la verificación del estado de los rodos, de las graseras, de los guardapolvos, de los rodamientos, de la estructura y de la tornillería. Los cambios de los elementos mencionados se realizan únicamente si se presentan inconformidades y se debe tener el repuesto y la mano de obra lista para realizar el trabajo correctivo en el menor tiempo posible.

- Lubricación

Actividad que puede realizarse en días de operación normal y que consta de engrasar los rodillos según las necesidades. El tipo de grasa utilizada es Molub Alloy y es aplicada por medio de una bomba de inyección que trabaja

según la temperatura de la chumacera. Una temperatura mayor a 50°C amerita lubricación.

- Rodillos de retorno

Son los rodillos que se encuentran debajo de la banda en el lado conducido o el lado inferior de la banda, donde no se transporta carga.

Figura 51. **Rodillos de retorno de la banda**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Inspección general

Al igual que con los rodillos de carga, es una inspección que se realiza de forma irregular ya que su servicio se realiza en cada período de reparación. Se revisa el eje, las graseras, los guardapolvos, los rodamientos, la estructura y la tornillería.

- Lubricación

Se aplica grasa Molub Alloy según la temperatura a través de bombas de inyección.

- Rodo motriz

Es un rodo de mayor diámetro que el resto que está acoplado a un sistema de cadenas y sprockets o engranes para transmitir movimiento a toda la banda conductora. Es accionado por un motor eléctrico con capacidad de entre 75 y 150 hp para las bandas de alimentación a molinos y entre 10 y 30 hp para las bandas conductoras de basura.

- Inspección general

Consiste en una observación detallada de la cadena de transmisión, el estado de los eslabones de la cadena, la tornillería, las chumaceras, presencia de fisuras en el sprocket y otras inconformidades. En cada período de reparación se realiza el servicio de este elemento y se limpia con agua y se procede a engrasar. Las inspecciones visuales por lo general se realizan en los días de mantenimiento programado.

- Lubricación

Las cadenas de transmisión se lubrican con aceite para cadenas (chain oil).

- Rodos tensores

Son los rodos que, como su nombre lo dice, tensan la banda. Están ubicados en partes muy bajas, donde la banda desciende para que no haya holguras que puedan acelerar el desgaste. Estos rodos tienen acoplado un peso adicional que colabora con la tensión de la banda.

- Inspección general

Esta actividad forma parte del chequeo que se hace en las rutinas diarias que realizan los mecánicos de turno. Este es un elemento que no tiende a presentar problemas por lo cual el mantenimiento es más del tipo correctivo. De todas formas, se realiza una observación y verificación del estado de la tornillería, de las chumaceras, del eje, de la presencia de posibles fisuras o daños estructurales.

- Lubricación

La lubricación de este elemento se realiza con grasa dado su velocidad.

- Rodo colero

Es el rodo que se ubica en el extremo opuesto al rodo motriz y colabora con transmitir movimiento a la banda.

- Inspección general

Esta actividad incluye la verificación del estado del rodo, de la tornillería, de las chumaceras y del eje. Se revisa la temperatura, sabiendo que, si excede los 50°C, se presenta resequead y se hace necesaria la lubricación.

- Lubricación

La lubricación de las cadenas se realiza con aceite para cadenas (chain oil).

- Tolva de descarga

Es un elemento que está presente en los conductores de *trash* y que sirve para depositar la carga en camiones.

- Inspección general

Es parte de la rutina diaria que llevan a cabo los mecánicos de turno. Se revisan faldones, las cubiertas, los soportes y las láminas. Por lo general no se presentan mayores inconformidades con este elemento.

- Estructura y otros

Armazón de vigas y soportes que sostienen las bandas y los rodillos. También incluye la cubierta de la banda que protege a la fibra del agua y de contaminación.

- Revisión

Actividad propia totalmente del tiempo de reparación. Se revisan las vigas de carga, se reparan los soportes y se aplica pintura.

- Chequeo de sellos

Actividad que se realiza en días de mantenimiento programado y se corrigen averías hasta que fallen con una reparación o cambio del elemento.

Figura 52. **Estructura de los conductores de banda de alimentación**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

### 2.2.4.4.3. Hoja de programación de mantenimiento

Figura 53. Hoja de programación de los conductores de banda

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.					
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CONDUCTORES DE BANDA					
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA			OBSERVACIONES
		DIARIO	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
1	INSPECCIÓN VISUAL		X		
2	LIMPIEZA GENERAL		X		
3	LUBRICACIÓN			X	
<b>PRUEBA</b>					
4	PRUEBA		X		
<b>CHUMACERAS</b>					
5	LIMPIEZA GENERAL		X		
6	LUBRICACIÓN		X	X	
7	REVISIÓN DE ESTADO DE RODAMIENTOS		X		
8	REVISIÓN DE RETENEDORES		X		
9	REVISIÓN DE LABERINTOS Y SELLOS		X		
10	TOMA DE TEMPERATURA	X			
<b>EJE COLERO</b>					
11	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
12	LIMPIEZA GENERAL DE EJE		X		
<b>EJE MOTRIZ</b>					
13	INSPECCIÓN VISUAL DE EJE	X		X	
14	LIMPIEZA GENERAL		X		
15	REVISIÓN DE RODAMIENTOS			X	
16	INSPECCIÓN DE SPROCKETS			X	
17	FABRICACIÓN DE EJE MOTRIZ		X		
<b>BANDA</b>					
18	REVISIÓN DE GRETADURAS	X		X	
19	REVISIÓN DE HILOS SUELTOS	X	X	X	
20	LIMPIEZA GENERAL		X	X	
21	CORTE DE HILOS SUELTOS			X	
22	INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PEGA DE LA BANDA		X	X	
<b>RODO MOTRIZ</b>					
23	INSPECCIÓN VISUAL	X	X	X	
24	LIMPIEZA GENERAL		X		
25	REVISIÓN DE FISURAS		X	X	
26	REVISIÓN DE GRETADURAS EN FLANGES		X	X	
27	REVISIÓN DE ESTRUCTURA		X		
28	REVISIÓN DE SOLDADURA		X		
29	REVISIÓN DEL VULCANIZADO DEL RODO		X	X	
30	REVISIÓN DE TORNILLOS Y TUERCAS DEL MANGUITO		X	X	
31	REVISIÓN DEL EJE		X		
32	LUBRICACIÓN DE LAS CADENAS			X	
33	PINTURA		X		

Continuación de la figura 53.

<b>RODO COLERO</b>					
34	INSPECCIÓN VISUAL	X	X	X	
35	LIMPIEZA GENERAL		X		
36	REVISIÓN DE FISURAS		X	X	
37	REVISIÓN DE GRETADURAS EN FLANGES		X	X	
38	REVISIÓN DE ESTRUCTURA		X		
39	REVISIÓN DE SOLDADURA		X		
40	REVISIÓN DEL VULCANIZADO DEL RODO		X	X	
41	REVISIÓN DE TORNILLOS Y TUERCAS DEL MANGUITO		X	X	
42	REVISIÓN DEL EJE		X		
43	PINTURA		X		
<b>RODO TENSOR</b>					
44	INSPECCIÓN VISUAL	X	X	X	
45	LIMPIEZA GENERAL		X		
46	REVISIÓN DE FISURAS		X	X	
47	REVISIÓN DE GRETADURAS EN FLANGES		X	X	
48	REVISIÓN DE ESTRUCTURA		X		
49	REVISIÓN DE SOLDADURA		X		
50	REVISIÓN DEL VULCANIZADO DEL RODO		X	X	
51	REVISIÓN DE TORNILLOS Y TUERCAS DEL MANGUITO		X	X	
52	REVISIÓN DEL EJE		X		
53	PINTURA		X		
<b>ELECTROIMÁN</b>					
54	LIMPIEZA DE MATERIALES FERROSOS INCRUSTADOS	X	X		
55	LIMPIEZA DE DUCTOS DE ENFRIAMIENTO	X	X		
56	LIMPIEZA DE LÍNEA DE ENFRIAMIENTO		X		
57	REVISIÓN DE PERNOS TENSORES		X		
<b>RODILLOS DE CARGA</b>					
58	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
59	LUBRICACIÓN		X	X	
60	LIMPIEZA GENERAL		X		
61	REVISIÓN DE GUARDAPOLVOS		X		
62	REVISIÓN DE RODAMIENTOS		X	X	
63	REVISIÓN DE EJE		X		
64	REVISIÓN DE GRASERAS		X		
65	CAMBIO DE RODOS			X	
66	PINTURA		X		
<b>RODILLOS DE RETORNO</b>					
67	INSPECCIÓN VISUAL			X	
68	LUBRICACIÓN		X	X	
69	LIMPIEZA GENERAL		X		
70	REVISIÓN DE GUARDAPOLVOS		X		
71	REVISIÓN DE RODAMIENTOS		X	X	
72	REVISIÓN DE EJE		X		
73	REVISIÓN DE GRASERAS		X		
74	CAMBIO DE RODOS			X	
75	PINTURA		X		

Continuación de la figura 53.

<b>RODILLOS DE ALINEACIÓN</b>					
76	INSPECCIÓN VISUAL			X	
77	LUBRICACIÓN		X	X	
78	ALINEACIÓN			X	
79	LIMPIEZA GENERAL		X		
80	REVISIÓN DE GUARDAPOLVOS		X		
81	REVISIÓN DE RODAMIENTOS		X		
82	REVISIÓN DE EJE		X		
83	REVISIÓN DE GRASERAS		X		
84	PINTURA		X		
<b>TAKE-UPS</b>					
85	REVISIÓN DE TORNILLOS		X	X	
86	LUBRICACIÓN			X	
87	LIMPIEZA GENERAL		X		
88	EVALUACIÓN DE TORNILLOS		X		
89	ARMADO		X		
90	PINTURA		X		
91	INSPECCIÓN VISUAL	X			
<b>TOLVA DE DESCARGA</b>					
92	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
93	REVISIÓN DE FALDONES, CUBIERTAS Y LÁMINAS		X		
94	REVISIÓN DE SOPORTES		X		

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4.4.4. Hoja de verificación

Para la hoja de programación de mantenimiento se contemplaron los períodos: diario, anual y programado. Estos equipos no requieren tanto mantenimiento, es por ello que el mantenimiento diario es la lubricación, el servicio anual es el montaje o desmontaje de las componentes y el mantenimiento programado es la revisión y la inspección de la funcionalidad.

La hoja de verificación presentada a continuación es la referente al mantenimiento preventivo por paros programados.

Figura 54. Hoja de verificación de los conductores de banda

 <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CONDUCTORES DE BANDA</b> PLAN DE PAROS PROGRAMADOS					
ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
3	LUBRICACIÓN				
<b>CHUMACERAS</b>					
6	LUBRICACIÓN				
<b>EJE COLERO</b>					
11	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>EJE MOTRIZ</b>					
13	INSPECCIÓN VISUAL DE EJE				
15	REVISIÓN DE RODAMIENTOS				
16	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				
<b>BANDA</b>					
18	REVISIÓN DE GRETADURAS				
19	REVISIÓN DE HILOS SUELTOS				
20	LIMPIEZA GENERAL				
21	CORTE DE HILOS SUELTOS				
22	INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN PEGA DE BANDA				
<b>RODO MOTRIZ</b>					
23	INSPECCIÓN VISUAL				
25	REVISIÓN DE FISURAS				
26	REVISIÓN DE GRETADURAS EN FLANGES				
29	REVISIÓN DEL VULCANIZADO DEL RODO				
30	REVISIÓN TORNILLOS Y TUERCAS MANGUITO				
32	LUBRICACIÓN DE LAS CADENAS				

Continuación de la figura 54.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>RODO COLERO</b>					
34	INSPECCIÓN VISUAL				
36	REVISIÓN DE FISURAS				
37	REVISIÓN DE GRETADURAS EN FLANGES				
40	REVISIÓN DEL VULCANIZADO DEL RODO				
41	REVISIÓN TORNILLOS Y TUERCAS MANGUITO				
<b>RODO TENSOR</b>					
44	INSPECCIÓN VISUAL				
46	REVISIÓN DE FISURAS				
47	REVISIÓN DE GRETADURAS EN FLANGES				
50	REVISIÓN DEL VULCANIZADO DEL RODO				
51	REVISIÓN TORNILLOS Y TUERCAS MANGUITO				
<b>RODILLOS DE CARGA</b>					
58	INSPECCIÓN VISUAL				
59	LUBRICACIÓN				
62	REVISIÓN DE RODAMIENTOS				
65	CAMBIO DE RODOS				
<b>RODILLOS DE RETORNO</b>					
67	INSPECCIÓN VISUAL				
68	LUBRICACIÓN				
71	REVISIÓN DE RODAMIENTOS				
74	CAMBIO DE RODOS				

Continuación de la figura 54.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>RODILLOS DE ALINEACIÓN</b>					
76	INSPECCIÓN VISUAL				
77	LUBRICACIÓN				
78	ALINEACIÓN				
<b>TAKE-UPS</b>					
85	REVISIÓN DE TORNILLOS				
86	LUBRICACIÓN				
<b>TOLVA DE DESCARGA</b>					
92	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>REVISADO POR:</b>					

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.4.5. Precuchilla**

Para la precuchilla se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

##### **2.2.4.5.1. Recurso humano**

La preparación de caña incluye a la precuchilla, las picadoras y las desfibradoras de los tres tándems que son los equipos que convierten los tallos en fibra. Se tiene personal operativo dividido en dos grupos.

El primer grupo, que opera en horario de mantenimiento de 7:00 a 17:00 consta de los siguientes puestos:

- Mecánico I (1 persona).
- Soldador I (1 persona).
- Ayudante (3 personas).
- Mecánico II (1 persona).
- Soldador III (3 personas).

El segundo grupo opera en horario de 18:00 a 6:00 y consta de los siguientes puestos:

- Mecánico I (2 personas).
- Soldador I (1 persona).
- Ayudante (4 personas).
- Soldador III (3 personas).
- Mecánico IV (2 personas).

#### **2.2.4.5.2. Actividades de mantenimiento**

- **Acoplamiento**

Son elementos que sirven para prolongar líneas de transmisión de ejes o para conectar ejes. En este caso, se utilizan acoplamientos entre el motor eléctrico y el reductor, así como entre el reductor y el eje de la estructura rotativa.

- **Inspección visual**

Es parte de la rutina de los mecánicos de turno y se observa el estado físico del acoplamiento, así como su correcto funcionamiento.

- **Lubricación**

Se revisa en los días de mantenimiento programado que se presentan alrededor de cada tres semanas. Se utiliza como lubricante la grasa Alvania EP2.

- **Chumaceras**

Son los soportes sobre los cuales se apoya y gira el eje de la precuchilla. Están hechos de bronce.

- Inspección general

Es una inspección que se realiza de forma diaria y que abarca la revisión de la tornillería y de las mangueras. Además, se controla en un manómetro la presión del aceite lubricante.

- Lubricación

Se controla por medio de una bomba de lubricación en la que se debe controlar el nivel del aceite, la presión y temperatura del mismo. Es una actividad que se desarrolla por turno a cargo de los mecánicos encargados. El aceite utilizado es Spartan 150.

- Cimentación

Están hechas de hormigón principalmente y su función es la de servir como base sólida del mecanismo, soportando el peso del equipo y las vibraciones a las que está sujeto.

- Inspección visual

Se realiza en los días de mantenimiento programado y consta de observar el estado general de la misma. Este elemento es atendido más a fondo en el servicio anual que se realiza al equipo.

- Cuchillas

Son diez cuchillas de lámina de hierro negro 1 040 de 5/8" de grosor por 26" de largo y 7" de ancho. Están atornilladas y giran para nivelar el colchón de caña.

Tienen un recubrimiento de soldadura con electrodo 4 004 en la parte donde se produce el impacto con la caña.

- Inspección visual

Se realiza en los días de mantenimiento programado que son alrededor de cada tres semanas o en momentos cuando el tándem para por falta de caña y se puede utilizar ese tiempo para revisar las cuchillas. Esta actividad se puede realizar únicamente con el equipo en reposo y consta de observar el estado de las cuchillas.

- Inspección de barras o tornillos

Se revisa el estado general de estos elementos que son en los cuales van acopladas las cuchillas. Se realiza en los días de mantenimiento programado.

- Cambio de cuchillas

Se realiza en los días de mantenimiento programado o cuando el tándem está parado por falta de caña y se hace necesario un cambio de cuchillas. Todo el juego de cuchillas es cambiado para que tengan cierta vida útil que se mide conforme las toneladas de caña que pasan a través de la precuchilla.

- Recuperación de cuchillas

Las cuchillas que son removidas cada mantenimiento programado son recuperadas por medio de soldadura. Las que son nuevas pasan por un proceso de barrenado para poder adaptarlas a la estructura.

- Estructura

Consta de faldones, láminas, vigas y otros elementos que funcionan como cubierta de la precuchilla y el conductor de tablillas.

- Inspección visual

Es una actividad que se puede realizar de forma diaria ya que implica una observación sencilla y a grandes rasgos de la estructura. De notar alguna inconformidad, se debe proceder a corregirla.

- Rodamientos

Son elementos que sirven de apoyo a un eje y sobre los cuales gira. Los elementos rodantes son cilindros dispuestos en dos hileras.

- Inspección general

Dado que no se puede realizar una inspección visual porque son elementos que su servicio se realiza de forma anual, la inspección consta del uso de los sentidos como el oído y el tacto. Se pueden notar inconformidades al escuchar ruidos extraños que puedan derivarse de la rotura de algún elemento del rodamiento.

- Lubricación

Hay una bomba de lubricación que suministra aceite Spartan 150 a los rodamientos para su adecuado y normal funcionamiento.

### 2.2.4.5.3. Hoja de programación de mantenimiento

Se presenta a continuación la hoja de programación de mantenimiento de la precuchilla que está presente en la fase de preparación únicamente en el tándem A.

Figura 55. Hoja de programación de la precuchilla

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.					
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PRECUCHILLA					
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD				OBSERVACIONES
		SEMANAL	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
1	DESMONTAJE		X		
2	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
3	LIMPIEZA GENERAL		X	X	
4	LUBRICACIÓN	X	X	X	
5	MONTAJE		X		
<b>ESTRUCTURA</b>					
6	INSPECCIÓN DE LA CUBIERTA		X	X	
7	INSPECCIÓN DE FALDONES LATERALES		X	X	
8	REVISIÓN DE LÁMINA		X	X	
9	DESMONTAJE DE CUBIERTA Y FALDONES LATERALES		X		
10	LIMPIEZA DE SOPORTES		X		
11	REPARACIÓN DE SOPORTES		X		
<b>PRUEBA</b>					
12	PRUEBA		X		
<b>RODAMIENTOS</b>					
13	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
14	LUBRICACIÓN	X	X	X	
15	CALIBRACIÓN		X		
16	DESMONTAJE		X		
17	MONTAJE		X		
18	LIMPIEZA GENERAL	X			
<b>CHUMACERAS</b>					
19	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
20	LIMPIEZA GENERAL		X		
21	LUBRICACIÓN			X	
22	MONTAJE		X		
23	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE		X		
24	DESMONTAJE		X		

Continuación de la figura 55.

<b>CUCHILLAS</b>					
25	DESMONTAJE		X		
26	CAMBIO DE JUEGO DE CUCHILLAS		X	X	
27	INSPECCIÓN VISUAL			X	
28	MONTAJE		X		
29	RECUPERACIÓN DE CUCHILLAS	X	X	X	
30	INSPECCIÓN DE BARRAS Y TORNILLOS			X	
31	LIMPIEZA GENERAL	X		X	
<b>CIMENTACIÓN</b>					
32	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
<b>PRECUCHILLA</b>					
33	DESMONTAJE DEL ROTOR		X		
34	MONTAJE DEL ROTOR		X		
35	ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN DEL ROTOR		X		
36	BALANCEO DEL ROTOR		X		

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar como en la parte de preparación, el mantenimiento se desarrolla principalmente en el servicio anual y cuando se hace necesario en zafra, se desarrolla en los días de mantenimiento programado o cuando se para por falta de caña.

#### **2.2.4.5.4. Hoja de verificación**

Desarrollada la hoja de programación, se procede a presentar la hoja de verificación para el mantenimiento programado que se desarrolla en la época de zafra para la precuchilla del tándem A.

Es necesario mencionar que, para los dispositivos rotativos de preparación, el mantenimiento en época de zafra se desarrolla principalmente cuando hay paros programados dado que es un área de difícil acceso y donde no se pueden realizar actividades preventivas con el equipo en movimiento.

Figura 56. Hoja de verificación de la precuchilla

 <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PRECUCHILLA</b> PLAN POR PAROS PROGRAMADOS						
ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM: A		
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.		
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO REALIZADO		OBSERVACIONES		
		B	M			
<b>ACOPLAMIENTO</b>						
2	INSPECCIÓN VISUAL					
3	LIMPIEZA GENERAL					
4	LUBRICACIÓN					
<b>ESTRUCTURA</b>						
6	INSPECCIÓN DE LA CUBIERTA					
7	INSPECCIÓN DE FALDONES LATERALES					
8	REVISIÓN DE LÁMINA					
<b>RODAMIENTOS</b>						
13	INSPECCIÓN VISUAL					
14	LUBRICACIÓN					
<b>CHUMACERAS</b>						
19	INSPECCIÓN VISUAL					
21	LUBRICACIÓN					
<b>CUCHILLAS</b>						
26	CAMBIO DE JUEGO DE CUCHILLAS					
27	INSPECCIÓN VISUAL					
29	RECUPERACIÓN DE CUCHILLAS					
30	INSPECCIÓN DE BARRAS Y TORNILLOS					
31	LIMPIEZA GENERAL					
<b>CIMENTACIÓN</b>						
32	INSPECCIÓN VISUAL					
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>REALIZADO POR:</b>						
<b>REVISADO POR:</b>						

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.4.6. Picadora**

Para la picadora se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

##### **2.2.4.6.1. Recurso humano**

El personal operativo para el mantenimiento de la picadora es el que está encargado de la preparación de caña y que está descrito en la sección 2.2.4.5.1.

##### **2.2.4.6.2. Actividades de mantenimiento**

El mantenimiento preventivo que se realiza en los días de paro programado para el acoplamiento, la cimentación, las chumaceras, los rodamientos y la estructura, es el mismo que se realiza en la precuchilla dado que son equipos muy similares.

- Cuchillas

Elementos de hierro negro 1 040 de forma rectangular que tienen bisel y recubrimiento de electrodo 4 004 en el lado donde impactan a la caña de azúcar. Tienen un largo de 20" en el tándem A y de 18" en los tándems B y C, un ancho de 7" y un grosor de  $\frac{3}{4}$ ". Están dispuestas de forma angular y son removidas cada cierto tiempo y tonelaje de caña. Son reparadas de presentar daños o inconformidades. Tienen una holgura de 6 a 7 pulgadas respecto al conductor de tablillas.

- Inspección general

Se realiza en los días de mantenimiento programado o cuando el equipo está parado por falta de caña. Se revisa el estado de las cuchillas para ver si se hace necesario cambiarlas. En ciertas ocasiones se procede a realizar limpieza del equipo.

- Cambio de tornillería

Se revisan las barras y los ocho tornillos dispuestos en la estructura. Los tornillos son de ½" por 3 ½" de acero inoxidable.

- Cambio de cuchillas

Se realiza en los días de mantenimiento programado o cuando el equipo está parado por falta de caña y se haga necesario cambiarlas. Por lo general se tienen tres semanas para preparar los distintos juegos de cuchillas para cambiarlos cada cierta cantidad de toneladas de caña.

- Inspección de barra

Se revisa el estado de la barra en los días de mantenimiento programado y se procede a cambiarla de haber necesidad.

- Picadora

Es un elemento con varios planos, en el cual van acopladas todas las cuchillas para realizar el movimiento de rotación y cortar la caña. Tiene aberturas en las cuales se aseguran los distintos grupos de cuchillas mediante pasadores.

Figura 57. **Cuerpo de la picadora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Inspección general

Se puede realizar en los días de mantenimiento programado o cuando el equipo está parado por falta de caña. El servicio de este elemento se realiza de forma anual y cubre el desmontaje de discos y su montaje, el montaje de bushings y soportes. En tiempo de zafra se realiza observación del estado de este elemento cuando el equipo está en reposo y se realizan las reparaciones que se ameriten.

**2.2.4.6.3. Hoja de programación de mantenimiento**

Figura 58. Hoja de programación de la picadora

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.					
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PICADORA					
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD				OBSERVACIONES
		SEMANAL	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
1	DESMONTAJE		X		
2	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
3	LIMPIEZA GENERAL	X	X		
4	LUBRICACIÓN	X	X	X	
5	MONTAJE		X		
<b>ESTRUCTURA</b>					
6	INSPECCIÓN DE VIGAS DE CARGA		X	X	
7	INSPECCIÓN DE LA CUBIERTA		X	X	
8	INSPECCIÓN DE FALDONES LATERALES		X	X	
9	REVISIÓN DE LÁMINA		X	X	
10	DESMONTAJE DE CUBIERTA Y FALDONES LATERALES		X		
11	LIMPIEZA DE SOPORTES		X		
12	REPARACIÓN DE SOPORTES		X		
<b>PRUEBA</b>					
13	PRUEBA		X		
<b>RODAMIENTOS</b>					
14	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
15	LUBRICACIÓN	X	X	X	
16	CALIBRACIÓN		X		
17	DESMONTAJE		X		
18	MONTAJE		X		
19	LIMPIEZA GENERAL	X			
<b>CHUMACERAS</b>					
20	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
21	LIMPIEZA GENERAL		X		
22	MONTAJE		X		
23	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE		X	X	
24	DESMONTAJE		X		
25	PINTURA		X		
26	LUBRICACIÓN			X	
27	CAMBIO DE COJINETES		X		

Continuación de la figura 58.

<b>CUCHILLAS</b>					
28	DESMONTAJE		X		
29	CAMBIO DE JUEGO DE CUCHILLAS	X	X	X	
30	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
31	MONTAJE	X	X		
32	RECUPERACIÓN DE CUCHILLAS		X	X	
33	REPARACIÓN DE CUCHILLAS	X		X	
34	LIMPIEZA GENERAL	X			
35	INSPECCIÓN DE LA BARRA			X	
36	APLICACIÓN DE SOLDADURA		X		
<b>PICADORA</b>					
37	DESMONTAJE DE DISCOS		X		
38	LIMPIEZA GENERAL		X		
39	ELABORACIÓN DE BUSHINGS		X		
40	FABRICACIÓN DE SEGUROS DE BARRAS		X		
41	INSPECCIÓN VISUAL DE DISCOS LATERALES		X	X	
42	MONTAJE DE SOPORTES EN EL EJE		X		
43	MONTAJE DE LOS BUSHINGS EN SOPORTES		X		
44	MONTAJE DE DISCOS LATERALES		X		
45	ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN		X		
46	BALANCEO		X		
47	INSPECCIÓN DE COJINETES		X	X	
<b>CIMENTACIÓN</b>					
48	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4.6.4. Hoja de verificación

Desarrollada la hoja de programación, se procede a presentar la hoja de verificación para el mantenimiento programado que se desarrolla en la época de zafra para las tres picadoras que son iguales.

De igual manera, es necesario mencionar que, para los dispositivos rotativos de preparación, el mantenimiento en época de zafra se desarrolla principalmente cuando hay paros programados dado que es un área de difícil

acceso y donde no se pueden realizar actividades preventivas con el equipo en movimiento.

Figura 59. Hoja de verificación de la picadora

 <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PICADORA</b> <b>PLAN POR PAROS PROGRAMADOS</b>					
ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
2	INSPECCIÓN VISUAL				
4	LUBRICACIÓN				
<b>ESTRUCTURA</b>					
6	INSPECCIÓN DE VIGAS DE CARGA				
7	INSPECCIÓN DE LA CUBIERTA				
8	INSPECCIÓN DE FALDONES LATERALES				
9	REVISIÓN DE LÁMINA				
<b>RODAMIENTOS</b>					
14	INSPECCIÓN VISUAL				
15	LUBRICACIÓN				
<b>CHUMACERAS</b>					
20	INSPECCIÓN VISUAL				
23	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE				
26	LUBRICACIÓN				
<b>CUCHILLAS</b>					
23	CAMBIO DE JUEGO DE CUCHILLAS				
24	INSPECCIÓN VISUAL				
26	RECUPERACIÓN DE CUCHILLAS				
27	REPARACIÓN DE CUCHILLAS				
29	INSPECCIÓN DE LA BARRA				

Continuación de la figura 59.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>PICADORA</b>					
35	INSPECCIÓN VISUAL DE DISCOS LATERALES				
41	INSPECCIÓN DE COJINETES				
<b>CIMENTACIÓN</b>					
42	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>REVISADO POR:</b>					

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.4.7. Desfibradora**

Para la desfibradora se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

#### **2.2.4.7.1. Recurso humano**

El personal operativo para el mantenimiento de la desfibradora es el que está encargado de la preparación de caña y que está descrito en la sección 2.2.4.5.1.

#### **2.2.4.7.2. Actividades de mantenimiento**

El mantenimiento preventivo que se realiza en los días de paro programado para el acoplamiento, la cimentación, las chumaceras, los rodamientos y la estructura, es el mismo que se realiza en la precuchilla y en la picadora dado que son equipos muy similares.

- Desfibradora

Es un elemento con varios planos llamados soportes, en el cual se disponen los martillos para realizar el movimiento de rotación y desfibrar los pedazos de caña que llegan. Hay tres tipos de desfibradoras que son: Cop-5, *Maxcell* y *Walkers* para los tándems A, B y C, respectivamente. Cada una tiene diferente estructura y número de martillos.

Figura 60. **Cuerpo de la desfibradora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Limpieza general

Se realiza en los días de mantenimiento programado o en paros por falta de caña. Se realiza con agua o con aire comprimido tratando de retirar el exceso de bagazo o fibra atorada. Se realiza esporádicamente dado el difícil acceso que se tiene a estos elementos. Se desarrolla de mejor forma en el servicio anual.

- Inspección visual

Esta actividad incluye la observación del estado de los discos laterales, así como de los soportes y el estado general de la estructura. Se realiza en días de mantenimiento programado o en paros por falta de caña. De notar inconformidades se proceden a corregir.

- Martillos

Elementos de lámina de hierro negro 1 040 de sección plana y 2 pulgadas de grosor, que giran respecto a un eje e impactan la caña, sin romper su pared celular, para culminar la fase de preparación. Tienen refuerzo por soldadura con electrodo 4 004 en el lado que recibe el impacto. Pueden ser removidos y reparados según las necesidades o inconformidades que se presenten. Tienen un mayor grosor que las cuchillas de la picadora.

En la desfibradora del tándem A se usan dos tipos de martillos rectos en los cuales varía únicamente el largo del martillo. En la desfibradora del tándem B se usa solamente un tipo de martillos perfilados. En el tándem C se utilizan dos tipos de martillos perfilados que varían en el largo y que se alternan en los distintos soportes.

- Inspección visual

Se realiza en los días de mantenimiento programado o en paros por falta de caña. Se revisa el estado de los martillos y si alguno presenta inconformidades, deberá ser sustituido.

- Cambio de martillos

Se realiza en los días de mantenimiento programado que se producen cada 22 días o cada 300 000 toneladas de caña procesadas. Se retiran las barras poco a poco a modo de ir retirando los martillos de forma ordenada.

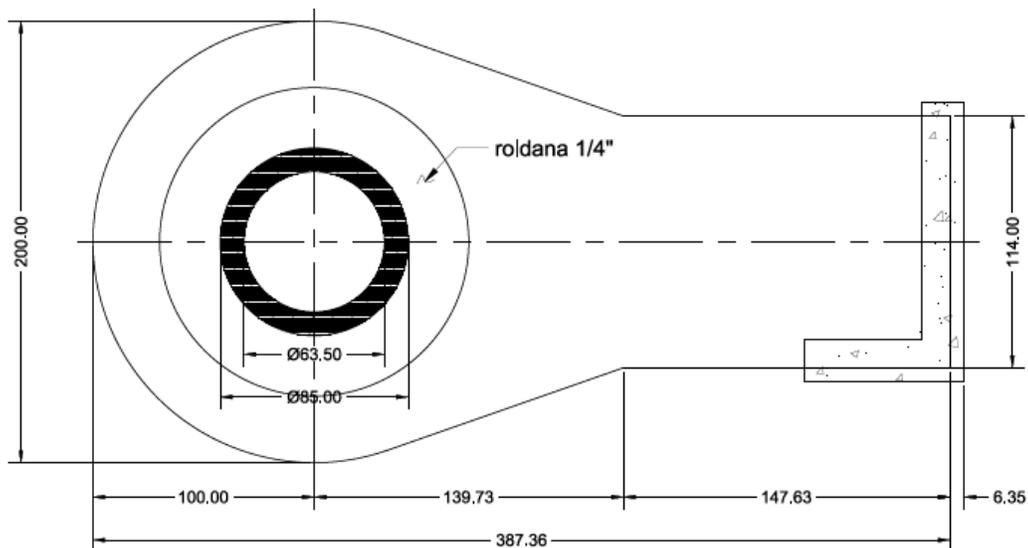
- **Reconstrucción de martillos**

Los martillos deteriorados que tienen pérdida de material son reconstruidos con electrodo 7 018 hasta su forma original y luego se les aplica soldadura con electrodo 4 004. Los martillos tienen que ser pesados y deben estar dentro del rango permisible de peso.

- **Inspección de barras y de tornillería**

Se realiza en los días de mantenimiento programado o en paros por falta de caña. Se revisa el estado general de la estructura y de los elementos que la componen. De presentar inconformidades, deben ser sustituidos.

**Figura 61. Detalle de martillo largo de la desfibradora del tándem C**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

- Rodo alimentador

Es un elemento rotativo que realiza su movimiento de forma contraria al de la desfibradora para así producir el encuentro y la conjunción de caña en la parte superior, entre el yunque y los martillos basculantes. Está ubicado en un plano superior al eje de la desfibradora y es accionado por un motor eléctrico de 40 a 50 hp.

Figura 62. **Rodo alimentador de la desfibradora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Limpieza general

Se retiran cantidades excesivas de bagazo o fibra con agua o aire comprimido. Es una actividad que se realiza en días de paro por mantenimiento programado.

- Inspección visual

Se revisa el estado general de la estructura observando a detalle el tambor y el eje del rodo alimentador.

- Lubricación

Se realiza en días de mantenimiento programado y se aplica grasa de extrema presión Alvania EP2.

- Yunque

Es una secuencia de barras metálicas espaciadas que están fijas y que conjuntamente con la rotación de los martillos, realizan el desfibrado de los pedazos de caña que llegan provenientes de la picadora. En el tándem A se tiene un yunque de barras y en el B y C se tienen yunques de muelas.

Figura 63. **Yunque de la desfibradora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

- Lubricación

Se realiza con grasa Alvania EP2 en días de mantenimiento programado.

- Calibración de yunque

Se realiza en días de mantenimiento programado o en paros por falta de caña. Consta de ajustar la posición del yunque a una holgura de 1/2". Esto se realiza porque es necesario controlar una holgura adecuada para mantener un óptimo índice de preparación.

### 2.2.4.7.3. Hoja de programación de mantenimiento

Figura 64. Hoja de programación de la desfibradora

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.					
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA DESFIBRADORA					
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD				OBSERVACIONES
		SEMANAL	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
1	DESMTAJE		X		
2	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
3	LIMPIEZA GENERAL	X	X		
4	LUBRICACIÓN	X	X	X	
5	MONTAJE		X		
<b>ESTRUCTURA</b>					
6	LIMPIEZA GENERAL		X		
7	INSPECCIÓN DE VIGAS DE CARGA		X	X	
8	INSPECCIÓN DE LA CUBIERTA		X	X	
9	INSPECCIÓN DE FALDONES LATERALES		X	X	
10	REVISIÓN DE LÁMINA		X	X	
11	DESMTAJE DE CUBIERTA Y FALDONES LATERALES		X		
12	LIMPIEZA DE SOPORTES		X		
13	REPARACIÓN DE SOPORTES		X		
<b>RODAMIENTOS</b>					
14	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
15	LUBRICACIÓN	X	X	X	
16	CALIBRACIÓN		X		
17	DESMTAJE		X		
18	MONTAJE		X		
19	LIMPIEZA GENERAL	X			

Continuación de la figura 64.

<b>CHUMACERAS</b>					
20	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
21	LIMPIEZA GENERAL		X		
22	MONTAJE		X		
23	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE		X	X	
24	DESMONTAJE		X		
25	PINTURA		X		
26	LUBRICACIÓN			X	
27	CAMBIO DE COJINETES		X		
<b>CIMENTACIÓN</b>					
28	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
<b>MARTILLOS</b>					
29	DESMONTAJE		X	X	
30	CAMBIO DE JUEGO DE MARTILLOS (C)		X	X	
31	CAMBIO DE JUEGO DE MARTILLOS (B)		X	X	
32	INSPECCIÓN VISUAL			X	
33	MONTAJE		X	X	
34	RECONSTRUCCIÓN DE MARTILLOS		X		
35	CAMBIO DE BARRAS			X	
36	LIMPIEZA GENERAL			X	
<b>DESFIBRADORA</b>					
37	DESMONTAJE DEL VOLANTE DEL ROTOR (B)		X		
38	DESMONTAJE DEL PAQUETE DE SOPORTES DEL ROTOR (B)		X		
39	DESMONTAJE DE SOPORTES		X		
40	REPARACIÓN DE SOPORTES		X		
41	LIMPIEZA GENERAL		X	X	
42	ELABORACIÓN DE BUSHINGS		X		
43	FABRICACIÓN DE SEGUROS DE BARRAS		X		
44	INSPECCIÓN VISUAL DE DISCOS LATERALES		X	X	
45	REPARACIÓN DE DISCOS LATERALES		X		
46	MONTAJE DE SOPORTES EN EL EJE		X		
47	MONTAJE DE LOS BUSHINGS EN SOPORTES		X		
48	MONTAJE DE DISCOS LATERALES		X		
49	MONTAJE DEL VOLANTE EN EXTREMO DEL EJE (B)		X		
50	ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN DEL ROTOR DE DESFIBRADORA		X		
51	BALANCEO DEL ROTOR DE DESFIBRADORA		X		
<b>RODO ALIMENTADOR</b>					
52	DESACOPLAR		X		
53	DESMONTAJE		X		
54	INSPECCIÓN VISUAL		X	X	
55	APLICACIÓN DE SOLDADURA		X		
56	MAQUINADO EN LOS EXTREMOS		X		
57	LIMPIEZA GENERAL		X	X	
58	MONTAJE		X		
59	ACOPLAR		X		

Continuación de la figura 61.

YUNQUE					
60	AFLOJAR PERNOS DE ANCLAJE DE CHUMACERA DE CARGA		X		
61	AFLOJAR TUERCA DE TORNILLOS AJUSTADORES		X		
62	DESMONTAJE DEL YUNKE DE SU BASE DE TRABAJO		X		
63	LIMPIEZA GENERAL		X		
64	MONTAJE		X		
65	APLICACIÓN DE SOLDADURA EN LAS MUELAS DEL YUNKE		X		
66	DESMONTAJE DE MUELAS EN EL YUNKE		X		
67	MONTAJE DE MUELAS EN EL YUNKE		X		
68	MONTAJE DEL YUNKE EN SU BASE DE TRABAJO		X		
69	COLOCAR Y APRETAR TUERCAS EN TORNILLOS DE AJUSTE		X		
70	LUBRICACIÓN			X	
71	CALIBRACIÓN DE YUNQUE			X	

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4.7.4. Hoja de verificación

Desarrollada la hoja de programación, se procede a presentar la hoja de verificación para el mantenimiento programado que se desarrolla en la época de zafra para las tres desfibradoras.

Como anteriormente con la precuchilla y la picadora, es necesario mencionar que, para los dispositivos rotativos de preparación, el mantenimiento en época de zafra se desarrolla principalmente cuando hay paros programados dado que es un área de difícil acceso y donde no se pueden realizar actividades preventivas con el equipo en movimiento. Esto aumenta en la desfibradora al tratarse de tres equipos: el cuerpo, el rodo alimentador y el yunque.

Figura 65. Hoja de verificación de la desfibradora

 <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE DESFIBRADORA</b> PLAN POR PAROS PROGRAMADOS					
ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO REALIZADO		OBSERVACIONES	
		B	M		
<b>ACOPLAMIENTO</b>					
2	INSPECCIÓN VISUAL				
4	LUBRICACIÓN				
<b>ESTRUCTURA</b>					
7	INSPECCIÓN DE VIGAS DE CARGA				
8	INSPECCIÓN DE LA CUBIERTA				
9	INSPECCIÓN DE FALDONES LATERALES				
10	REVISIÓN DE LÁMINA				
<b>RODAMIENTOS</b>					
14	INSPECCIÓN VISUAL				
15	LUBRICACIÓN				
<b>CHUMACERAS</b>					
20	INSPECCIÓN VISUAL				
23	INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA DE ANCLAJE				
26	LUBRICACIÓN				
<b>CIMENTACIÓN</b>					
28	INSPECCIÓN VISUAL				
<b>MARTILLOS</b>					
29	DESMONTAJE				
30	CAMBIO DE JUEGO DE MARTILLOS (C)				
31	CAMBIO DE JUEGO DE MARTILLOS (B)				
32	INSPECCIÓN VISUAL				
33	MONTAJE				
35	CAMBIO DE BARRAS				
36	LIMPIEZA GENERAL				

Continuación de la figura 65.

Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>DESFIBRADORA</b>					
41	LIMPIEZA GENERAL				
44	INSPECCIÓN VISUAL DE DISCOS LATERALES				
<b>RODO ALIMENTADOR</b>					
54	INSPECCIÓN VISUAL				
57	LIMPIEZA GENERAL				
<b>YUNQUE</b>					
70	LUBRICACIÓN				
71	CALIBRACIÓN DE YUNQUE				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>REVISADO POR:</b>					

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.4.8. Molinos**

Para los molinos se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

##### **2.2.4.8.1. Recurso humano**

Para el personal que se desarrolla en el horario de turnos rotativos y está encargado de la operación de los molinos, se tienen los siguientes puestos:

- Moledor (9 personas).
- Vigilante de molinos (9 personas).
- Mecánico I (9 personas).
- Bombero (9 personas).
- Mecánico Especial (3 personas).
- Ayudante (9 personas).
- Operador de motores eléctricos (9 personas).

El personal que opera en los tándems de molinos en horario de mantenimiento de 7:00 a 17:00 es el siguiente:

- Mecánico I (3 personas).
- Soldador I (8 personas).
- Mecánico Especial (3 personas).
- Ayudante (4 personas).
- Mecánico II (3 personas).
- Soldador III (6 personas).
- Mecánico IV (6 personas).

#### **2.2.4.8.2. Actividades de mantenimiento**

- Mazas

##### Maza superior

Es la maza principal en cada molino. Es la que está acoplada al motor eléctrico y su respectivo reductor, ya que es la encargada de transmitir movimiento a las demás mazas. Tiene cierta flotación y forma un triángulo con la maza cañera y la maza bagacera. Entre sus características están que los dientes tienen un paso de 2", un ángulo de 45° y una altura de 2 1/32". Esta maza es de carácter macho al centro, lo que significa que en el centro de su longitud queda un diente que encaja en las otras tres mazas.

Además, ésta es la maza que tiene el eje más largo y tiene agujeros a lo largo del rayado con el fin de drenar el jugo. A este tipo de maza se les llama mazas perforadas y tienen boquillas y drenajes por las cuales circula el jugo. El fin de este sistema es el de mejorar la extracción de jugo.

##### Maza cañera

Es también llamada maza inferior y está debajo de la superior y antes que la bagacera. Recibe movimiento por medio de la maza superior y gira a la misma velocidad ya que ambas coronas tienen el mismo número de dientes. En ciertos molinos el movimiento le es transmitido por una unidad hidráulica y no se necesitan coronas para que gire.

Es en donde se realiza la primera extracción en cada molino y esta maza es de carácter hembra al centro.

#### Maza bagacera

Está ubicada debajo de la maza superior y después de la maza cañera. Tiene un ajuste o *setting* más pequeño con la superior, respecto a la cañera. Es acá donde se realiza la segunda extracción de jugo en cada molino. El movimiento le es transmitido a través de coronas.

#### Cuarta maza

Es de menor tamaño respecto a las otras tres y es una maza alimentadora ligera que sirve para redirigir la caña y asistir la alimentación. Está ubicada a la par de la maza superior y arriba de la maza cañera. Gira a mayor número de revoluciones por minuto que las otras tres mazas.

- Inspección visual

Esta actividad se realiza de forma diaria y está bajo el cargo de los mecánicos de turno. Se observa el estado de las mazas y su correcta funcionalidad. Debe realizarse una observación de las cuatro mazas por molino.

- Limpieza general

Actividad que realiza en los días de mantenimiento por paros programados o en días que para la molienda por falta de caña. La limpieza de las mazas se hace por medio de agua a presión. Esta actividad también es conocida como hirolavado.

- Verificación de *setting*

Esta actividad consiste en la revisión de las medidas iniciales del *setting* propuesto por la Consultoría de Ingenios Azucareros (CIASA) e involucra la inspección de fondo de maza con puntas de dientes, de peines y de cuchillas. Se realiza en los días de mantenimiento por paros programados.

- Inspección de la flotación de la maza superior

Se realiza diariamente por cada turno de trabajo realizado y es una actividad que está bajo el cargo de los mecánicos de turno. La flotación de la maza tiene que ver con el sistema de cabezotes hidráulicos.

- Aplicación de soldadura

Esta actividad se realizará para con mayor frecuencia que en la anterioridad. Es por ello que puede llegar a ser una actividad que se desarrolle diariamente, sin importar si el molino está cargado o no. Esto se hará para preservar el estado de las mazas y que los parámetros de molienda sean los ideales. Se aplica soldadura en los flancos de los dientes con electrodo Azúcar 80 o con soldadura por alambre Zucar Spatter; en los picotes de los dientes se aplica soldadura con alambre FLS-XLC/HCO; en las caras y en los fondos, de ameritarlo, se aplica soldadura con electrodo inoxidable.

- Vírgenes

Estructuras robustas de acero al carbono fundido de alrededor 8 a 12 toneladas que soportan todas las piezas que conforman el molino. Estas armaduras laterales están ancladas a la cimentación mediante pernos de anclaje

y en ellas se colocan las chumaceras de bronce en las que giran las mazas, así como los cabezotes hidráulicos que permiten la flotación de la maza superior. Cuenta con unas compuertas, llamadas monos, que restringen el movimiento de la maza cañera y bagacera.

- Limpieza general

Esta actividad se realiza en los días de mantenimiento programado y consiste en el lavado de las estructuras por medio de agua y desengrasante.

- Coronas de transmisión de potencia

Son engranes de distintos diámetros y números de dientes que se acoplan para formar un arreglo que transmita movimiento a las cuatro mazas de un molino en el proceso de extracción de jugo de caña.

- Inspección visual

Se realiza diariamente por cada turno de trabajo a cargo de los mecánicos de turno. Se observa el buen estado y la correcta funcionalidad de las coronas, así como su ajuste.

- Lubricación

La lubricación es revisada diariamente dado que es un elemento crítico en el correcto funcionamiento de los molinos. En el Tándem A se utiliza una grasa Shell 3100 y en los tándems B y C se utiliza la grasa Mobil 375 NC.

- Cuchilla de cuarta maza

Esta cuchilla es la encargada de remover cantidades excesivas de bagazo que se puedan agrupar en la cuarta maza. Tiene la misma función que los peines bagaceros. Está fabricada de lámina de hierro negro.

- Inspección visual

Se realiza en cada turno de operación y se observa el estado de la cuchilla como tal, así como de los espárragos y los pernos que la sostienen y tensan.

- Cambio de cuchilla

Se realiza la sustitución de la cuchilla cuando esta lo amerita por ciertas condiciones como desgaste, fisuras o desajuste.

- Peine superior

Es la estructura dentada encargada de remover cantidades excesivas de bagazo en la maza superior. Está hecha de hierro fundido y es ocasionalmente reforzada por soldadura con electrodo 4 004. En los tandems A y B se llaman raspadores superiores y en el C se llaman peines superiores. La diferencia radica en su forma.

- Inspección visual

Actividad que se realiza en los días de mantenimiento programado y está a cargo del mecánico de turno. Se realizan mediciones del diente para definir si se

hace necesaria la sustitución de este elemento. Además, se observan los tensores del peine.

- Cambio de peine

Se realiza cuando el elemento está muy deteriorado o desgastado por el roce. También puede cambiarse por fractura de los pernos tensores.

- Chute alimentador

Es una tolva en la cual se transporta la fibra de caña desde el inclinado hasta el grupo de mazas. Son del tipo *Donelly* y cuentan con sensores que sirven para detectar el nivel y la cantidad de fibra dentro de la tolva para prevenir atoros.

- Inspección de lucetas

Es una actividad desarrollada por el mecánico de turno y consiste en observar a través de estos elementos el flujo o colchón de fibra que circula por la tolva.

- Ajuste de estructura

Los chutes son abiertos si lo ameritan para permitir el flujo de caña o liberar de atoros.

- Peine bagacero

Es una estructura metálica que está fija y tiene como función remover las cantidades excesivas de bagazo en la maza bagacera. Es una barra metálica dentada que está a cierta distancia de la maza y retira excesos de bagazo.

- Inspección visual

Se realiza en días de mantenimiento por paros programados dado que no se puede acceder hasta él con facilidad. Se observa el estado de la estructura y de la tornillería.

- Inspección de tensores

Se realiza a cargo de los mecánicos de turno de forma diaria. Se observa el estado de los pernos tensores y se cambian de presentar disconformidades.

- Cuchilla central

Pieza maciza de hierro fundido que se ubica entre la maza cañera y la bagacera y cuya función es la de transportar el bagazo entre las mazas mencionadas, además de actuar como raspador de la maza cañera, removiendo excesos de bagazo. Está montada sobre el puente y se le puede dar movimiento según las necesidades.

- Inspección visual

Se realiza en días de mantenimiento programado dado que está ubicada en una posición muy difícil entre las tres mazas principales. Se observa el estado de

la estructura y su ajuste correcto. Se revisa el estado de los tensores de la cuchilla central.

- Cambio de cuchilla

Se realiza cuando la cuchilla central está deteriorada o no funciona de manera correcta. La pieza que está sustituyendo está maquinada y soldada.

- Caballitos

Son pequeñas estructuras de lámina de hierro negro cubiertas con soldadura de electrodo inoxidable y su función es proporcionar el sostén del puente que a su vez soporta la cuchilla central o virador.

- Inspección visual

Se observa el estado físico de la estructura y su funcionalidad. Se realiza en días de mantenimiento por paros programados dado su difícil acceso.

- Puente

Es una estructura de hierro negro con recubrimiento inoxidable que está ubicada entre las vírgenes y sostiene la cuchilla central o virador.

- Inspección visual

Se observa el estado físico de la estructura y su funcionalidad. Se realiza en días de mantenimiento por paros programados dado su difícil acceso. Se procede a cambiar de ser necesario.

- Chumaceras

Son los soportes sobre los cuales se apoyan y giran los muñones de las mazas. Están hechas de bronce y su construcción implica la presencia de canales por los que circule el agua que servirá como método de enfriamiento, absorbiendo el calor generado entre el eje, el lubricante y el bronce, por las cargas tan altas que se producen por la rotación de las mazas.

- Inspección visual

Se realiza en los días de mantenimiento programado a cargo de los mecánicos encargados de turno. Consiste en observar el estado de la estructura y se proceden a cambiar de ameritarlo.

- Revisión de temperatura

Es una actividad que se desarrolla en cada turno de operación a cargo de los mecánicos de turno. Se utiliza un termómetro infrarrojo para la medición de la temperatura.

- Monos

Son tapaderas laterales que se ajustan a las vírgenes por medio de tornillos o de pasadores. Cada virgen tiene cuatro monos, dos cañeros y dos bagaceros. Estas tapaderas mantienen en una misma posición a las mazas según el *setting* que les sea dispuesto al principio de cada zafra.

- Inspección visual

Esta actividad se desarrolla por cada turno de operación y consiste en la observación detallada del estado y la funcionalidad de los monos. De existir inconvenientes se procede a corregirlos.

- Sistema de cabezotes hidráulicos

Es un conjunto de unidades hidráulicas que consta de un pistón y un cilindro por cada virgen y que sirven para permitir la flotación de la maza superior. Hay un cilindro por cada virgen que tiene en su interior una vejiga llena de nitrógeno a la misma presión que la nominal. Esta vejiga se contrae y se expande según las necesidades y el flujo hidráulico dentro del cilindro, para conservar la presión dentro del sistema.

- Cambio de sellos

Se realiza para conservar la presión dentro del sistema. Es la sustitución de ciertos elementos que mantienen la uniformidad en el funcionamiento.

- Revisión de presión

El mecánico de turno es el encargado de verificar y controlar la presión del sistema. Esto queda evidenciado en los manómetros del sistema y donde hay que realizar solamente las lecturas de los mismos.

- Colador rotativo

Es un cilindro que está posicionado de forma horizontal, aunque tiene cierta inclinación, que tiene una entrada de jugo cristal y una entrada de jugo crudo. Tiene dos tipos distintos de telas filtrantes, donde la que filtra el jugo cristal es más fina que la otra. El jugo filtrado es depositado en tuberías que conducen a tanques de jugo y el bagazo sale del colador y se deposita en un conductor helicoidal o gusano rotativo que devuelve el bagazo al proceso y lo introduce en la entrada del segundo molino.

- Limpieza general

Se lava tres veces por turno de operación, es decir, nueve veces diariamente con agua caliente. Es una actividad a cargo del personal operativo de cada tándem. El colador tiene una válvula automática que contribuye con la limpieza del mismo.

Figura 66. **Colador rotativo**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

### 2.2.4.8.3. Hoja de programación de mantenimiento

Figura 67. Hoja de programación de mantenimiento de molinos

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.					
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOLINOS					
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA			OBSERVACIONES
		DIARIO	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>PRUEBA</b>					
1	LÍQUIDOS PENETRANTES EN CORONAS		X		
2	ULTRASONIDO EN EJES DE MAZAS		X		
3	MAGNETOSCOPIA		X		
4	PRUEBA HIDROSTÁTICA EN CÁMARAS DE ENFRIAMIENTO DE CHUMACERAS		X		
5	ASENTAMIENTO DE UNIDAD COMPLETA		X		
<b>CHUMACERAS</b>					
6	INSPECCIÓN VISUAL	X	X		
7	LIMPIEZA GENERAL		X		
8	MONTAJE		X		
9	DESMONTAJE		X		
10	REVISIÓN DE TEMPERATURA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE CHUMACERAS	X			
11	ASENTAR TEJA DE BRONCE TÁNDEM A Y TÁNDEM B		X		
12	ASENTAR CHUMACERA DE BRONCE TÁNDEM C		X		
13	REPARACIÓN DE CHUMACERA		X		
14	PINTURA		X		
15	REPARACIÓN DE TEJA DE BRONCE TÁNDEM A Y TÁNDEM B		X		
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>					
16	REVISIÓN DE CHUMACERAS		X		
17	CAMBIO DE SELLOS		X		
18	INSPECCIÓN DE DIENTES (PRUEBA DE LÍQUIDOS PENETRANTES)		X		
19	CALIBRACIÓN DE CHUMACERAS		X		
20	INSPECCIÓN VISUAL DE ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	X	X		
21	REPARACIÓN DE ACOPLAMIENTO FLEXIBLE		X		
22	DESMONTAJE DE ACOPLAMIENTO FLEXIBLE		X		
23	MONTAJE DE ACOPLAMIENTO FLEXIBLE		X		
<b>UNIDAD COMPLETA</b>					
24	INSPECCIÓN VISUAL	X	X	X	
25	INSPECCIÓN DE FLOTACIÓN DE MAZA SUPERIOR	X			
26	LIMPIEZA GENERAL		X	X	
27	INSPECCIÓN DE CORONAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	X		X	
28	REVISIÓN DE ESPÁRRAGOS CUCHILLA CUARTA MAZA	X			
29	REVISIÓN DE CHUMACERAS CUCHILLA CUARTA MAZA	X			
30	REVISIÓN DE TORNILLOS PRISIONEROS CUARTA MAZA	X			
31	DESMONTAJE DE CHUTE ALIMENTADOR		X		
32	REVISAR TENSORES DE PEINE SUPERIOR	X			
33	APRETAR TENSORES DE PEINE SUPERIOR			X	
34	REVISAR TORNILLOS DE PEINE SUPERIOR	X			
35	DESMONTAJE DE PEINE SUPERIOR		X		
36	REVISIÓN DE PASADORES DE MONOS	X			
37	DESMONTAJE DE MONOS INFERIORES		X		
38	REVISAR TENSORES DE PEINE BAGACERO	X			
39	APRETAR TENSORES DE PEINE BAGACERO				
40	REVISAR TORNILLOS DE PEINE BAGACERO	X			

Continuación de la figura 67.

41	DESMONTAJE DE PEINE BAGACERO		X		
42	REVISAR TENSORES DE CUCHILLA CENTRAL	X		X	
43	APRETAR TENSORES DE CUCHILLA CENTRAL			X	
44	REVISAR TORNILLOS DE CUCHILLA CENTRAL	X		X	
45	DESMONTAJE DE CUCHILLA CENTRAL		X		
46	DESMONTAJE DE PUENTE		X		
47	REVISIÓN DE CABALLITOS DE SOPORTE DE CUCHILLA CENTRAL			X	
48	DESMONTAJE DE CABALLITOS		X		
49	MAQUINADO DE CUCHILLAS		X		
50	RECUPERACIÓN DE DESGASTE EN PUENTE DE CUCHILLA CENTRAL Y CABALLITOS		X		
51	NIVELACIÓN Y PLOMEADO DE CABALLITOS		X		
52	PRESENTACIÓN DE CUCHILLA CENTRAL PARA AGUJEROS DE FIJACIÓN		X		
53	MONTAJE DE CUCHILLA CENTRAL		X		
54	MONTAJE DE PEINE BAGACERO		X		
55	MONTAJE DE CUCHILLA DE CUARTA MAZA		X		
56	MONTAJE DE CHUMACERAS SUPERIORES		X		
57	MONTAJE DE PEINE SUPERIOR		X		
58	MONTAJE DE CHUTE ALIMENTADOR		X		
59	MONTAJE DE PUENTE		X		
60	REPARACIÓN DE PEINE SUPERIOR		X		
61	DESMONTAJE DE CORONAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		X		
62	MONTAJE DE CORONAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		X		
63	REPARACIÓN DE CORONAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		X		
64	LIMPIEZA DE CORONAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		X		
65	REPARACIÓN DE PUENTE		X		
66	REPARACIÓN DE PLATOS FIJOS		X		
67	ARMADO DE CUCHILLA CUARTA MAZA		X		
68	ARMADO DE CUCHILLA CENTRAL		X		
69	MONTAJE DE MONOS INFERIORES		X		
70	LIMPIEZA DE MONOS INFERIORES		X		
71	REPARACIÓN DE MONOS INFERIORES		X		
72	REPARACIÓN DE PEINE CUARTA MAZA		X		
73	MONTAJE DE PLATOS FIJOS		X		
74	ARMADO DE PEINE BAGACERO		X		
75	REPARACIÓN DE PEINE BAGACERO		X		
76	FABRICACIÓN DE CORONAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		X		
77	PINTURA DE CORONAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		X		
78	REPARACIÓN DE CHUTE ALIMENTADOR		X		
79	DESMONTAJE DE CUBIERTAS PROTECTORAS		X		
80	MONTAJE DE CUBIERTAS PROTECTORAS		X		
81	DESMONTAJE DE PLATOS FIJOS		X		
82	REPARACIÓN DE CABALLITOS		X		
83	DESMONTAJE DE CUCHILLA DE CUARTA MAZA		X		
84	REPARACIÓN DE CUBIERTAS PROTECTORAS		X		
85	CAMBIO DE LUCETA		X		
86	INSPECCIÓN DE PLATO FIJO			X	
87	ALINEAMIENTO		X		
88	ASENTAMIENTO DE CUCHILLA CENTRAL		X		
89	ASENTAMIENTO DE PEINE BAGACERO		X		
90	ASENTAMIENTO DE PEINE DE CUARTA MAZA		X		

Continuación de la figura 67.

VÍRGENES					
91	LIMPIEZA	X	X	X	
92	PULIDO		X		
93	RECUPERACIÓN DE DESGASTE		X		
94	PINTURA		X		
95	REVISIÓN DE CENTROS DE VÍRGENES CON TRANSMISIÓN		X		
96	APRIETE DE PERNOS		X		
97	APRIETE DE MONOS		X		
98	APLICACIÓN DE PINTURA ANTIOXIDANTE A PERNOS DE ANCLAJE		X		
99	LIMPIEZA DE PERNOS DE ANCLAJE		X		
MAZAS					
100	LIMPIEZA DE MUÑONES		X	X	
101	REVISIÓN DE FONDO DE MAZAS CON PUNTAS DE DIENTES		X	X	
102	REVISIÓN DE FONDO DE MAZAS CON PUNTAS DE PEINES		X	X	
103	REVISIÓN DE FONDO DE MAZAS CON PUNTAS DE CUCHILLAS		X	X	
104	TOMA DE MEDIDAS DE DIÁMETROS DE MAZAS		X		
105	DESMONTAJE DE CUARTA MAZA		X		
106	DESMONTAJE DE MAZA SUPERIOR		X		
107	DESMONTAJE DE MAZA CAÑERA		X		
108	DESMONTAJE DE MAZA BAGACERA		X		
109	PULIDO DE MAZA CAÑERA		X		
110	PULIDO DE MAZA BAGACERA		X		
111	PULIDO DE MAZA SUPERIOR		X		
112	PULIDO DE CUARTA MAZA		X		
113	AJUSTE LATERAL DE MAZA CAÑERA		X		
114	RECTIFICADO Y TORNEADO DE MAZA CAÑERA SEGÚN MEDIDA DE SETTING		X		
115	RECONSTRUCCIÓN DE DIENTES QUEBRADOS A MAZA CAÑERA		X		
116	APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO (CHAPISCO) A MAZA CAÑERA	X	X	X	
117	AJUSTE LATERAL DE MAZA BAGACERA		X		
118	RECTIFICADO Y TORNEADO DE MAZA BAGACERA SEGÚN MEDIDA DE SETTING		X		
119	RECONSTRUCCIÓN DE DIENTES QUEBRADOS A MAZA BAGACERA		X		
120	APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO (CHAPISCO) A MAZA BAGACERA	X	X	X	
121	AJUSTE LATERAL DE CUARTA MAZA		X		
122	RECTIFICADO Y TORNEADO DE CUARTA MAZA SEGÚN MEDIDA DE SETTING		X		
123	RECONSTRUCCIÓN DE DIENTES QUEBRADOS A CUARTA MAZA		X		
124	APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO (CHAPISCO) A CUARTA MAZA	X	X	X	
125	MONTAJE DE MAZA CAÑERA		X		
126	MONTAJE DE MAZA BAGACERA		X		
127	MONTAJE DE CUARTA MAZA		X		
128	MONTAJE DE MAZA SUPERIOR		X		
129	DAR SETTING		X		
130	REVISIÓN DE SETTING Y AJUSTE		X	X	
131	INSPECCIÓN VISUAL	X	X	X	
132	LIMPIEZA GENERAL		X	X	
133	PINTURA		X		
134	FABRICACIÓN DE GUARDA JUGOS		X		
135	FABRICACIÓN DE PROTECTORES DE GUARDA JUGOS		X		
136	BARRENADO DE ORIFICIOS		X		

Fuente: elaboración propia.

## 2.2.4.8.4. Hoja de verificación

Figura 68. Hoja de verificación de molinos

 <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOLINOS</b> PLAN POR PAROS PROGRAMADOS					
ENCARGADO:		FECHA:		TÁNDEM:	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		Departamento de Maquinaria.		Area Industrial.	
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO		REALIZADO	OBSERVACIONES
		B	M		
<b>UNIDAD COMPLETA</b>					
24	INSPECCIÓN VISUAL				
26	LIMPIEZA GENERAL				
27	INSPECCIÓN DE CORONAS DE TRANSMISIÓN				
33	APRETAR TENSORES DE PEINE SUPERIOR				
42	REVISAR TENSORES DE CUCHILLA CENTRAL				
43	APRETAR TENSORES DE CUCHILLA CENTRAL				
44	REVISAR TORNILLOS DE CUCHILLA CENTRAL				
47	REVISIÓN DE CABALITOS DE SOPORTE				
86	INSPECCIÓN DE PLATO FIJO				
<b>VÍRGENES</b>					
91	LIMPIEZA				
<b>MAZAS</b>					
100	LIMPIEZA DE MUÑONES				
101	REVISIÓN DE FONDO CON PUNTAS DE DIENTES				
102	REVISIÓN DE FONDO CON PUNTAS DE PEINES				
103	REVISIÓN DE FONDO CON PUNTAS DE CUCHILLAS				
116	APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO A CAÑERA				
120	APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO A BAGACERA				
124	APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO A 4TA MAZA				
130	REVISIÓN DE SETTING Y AJUSTE				
131	INSPECCIÓN VISUAL				
132	LIMPIEZA GENERAL				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>					
<b>REVISADO POR:</b>					

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.4.9. Inclínados**

Para los inclinados o conductores intermedios se describe el recurso humano, las actividades de mantenimiento por equipo individual, la hoja de programación y la hoja de verificación de mantenimiento programado.

#### **2.2.4.9.1. Recurso humano**

El personal encargado de desarrollar la operación y el mantenimiento en los conductores intermedios o inclinados en los tándems de molinos es el mismo que lo hace en el área de molinos, descrito en la sección 2.2.4.8.1.

#### **2.2.4.9.2. Actividades de mantenimiento**

- Estructura

Armazón metálica en la que se desarrolla el transporte de bagazo. Tiene la forma de un cajón para evitar las salidas o caídas de bagazo por las laterales. Se les ha diseñado una compuerta para liberar los atoros de bagazo.

- Inspección visual

Es una actividad que se desarrolla diariamente por cada turno de operación y está bajo el cargo de los mecánicos de turno. Se observa el estado de las láminas y de la armazón como tal.

- Limpieza general

Se realiza en diariamente por cada turno de operación y consiste en lavar las estructuras con agua caliente. También se realiza en los días de mantenimiento programado con mayor profundidad.

- Inspección de angulares

Se desarrolla principalmente en los días de mantenimiento por paros programados y se realiza el cambio de los mismos solamente si lo ameritan. Estos angulares son perfiles metálicos en forma de L que trabajan como sellos en el conductor intermedio.

- Cadena de arrastre

Son las cadenas de acero al carbón que llevan acopladas las tablillas de arrastre y están en el movimiento del transporte de bagazo a lo largo del conductor intermedio o inclinado. El mismo sistema de maceración compuesta es el encargado de su lubricación.

- Inspección visual

Se realiza por cada turno de operación a cargo del mecánico de turno y consiste en observar el estado y la funcionalidad de las cadenas. Si se observan holguras mayores a las nominales, se procede a tensar la cadena.

- Limpieza general

Se realiza con agua caliente por cada turno de operación a cargo del personal operativo del tándem de molinos.

- Inspección y cambio de eslabones

Se realiza una observación diaria por cada turno de operación y si algún eslabón está averiado, se identifica, se programa un paro y se procede a sustituir.

- Tablillas de arrastre

Son piezas metálicas que están acopladas a las cadenas de arrastre y son las encargadas de transportar el bagazo a lo largo del conductor. Son del largo del ancho del conductor y tienen ambos lados dentados. Están formadas por un tubo de cédula 80 y lámina de hierro negro.

- Inspección visual

Se realiza en cada turno de operación en la rutina del mecánico de turno. Se observa el estado de las tablillas, notando si están dobladas o mal ajustadas.

- Cambio de tablillas

Se realiza cuando se hace necesario por el deterioro grave o fractura de las tablillas. Se programan paros en la molienda para sustituir las tablillas averiadas. Normalmente cuando se fracturan, lo hacen por las orejas, al estar mal soldadas o con tornillería mal ajustada.

- Cadena de transmisión

Cadenas acopladas a *sprockets* y al motor eléctrico, encargadas de transmitir movimiento al mecanismo.

- Inspección visual

Se realiza cada turno de operación y consiste en la observación del estado de la cadena y su funcionamiento. La cadena puede llegar a ser sustituida según las necesidades que se presentan. Se observa también el estado de los eslabones.

- Limpieza general

Se realiza de forma programada con los distintos lavados con agua caliente por turno o en paros definidos.

- Lubricación

El lubricante utilizado es el aceite Castrol Molub-Alloy Chain Oil. La lubricación se revisa periódicamente.

- Cambio de eslabones

Si al realizar la inspección visual se detectaron eslabones averiados que ameriten ser sustituidos, entonces se programa un paro en la molienda para realizar el arreglo de la cadena.

- Eje motriz y eje colero

El eje motriz es el encargado de transmitir movimiento al conductor y está ubicado en la parte superior del mismo. Es un eje acoplado a *sprockets* de 16 dientes que transmiten movimiento a las cadenas de arrastre. Está accionado por un motor eléctrico acoplado a un reductor.

El eje colero es el que está ubicado en la parte inferior del inclinado y tiene *sprockets* de 14 dientes donde pasan las cadenas de arrastre. Complementa el movimiento transmitido en el otro extremo por el eje motriz.

- Inspección visual

Se observa el estado del eje y sus *sprockets* de forma diaria. Se visualiza que no existan fisuras, que el eje no esté doblado o que no se presente alguna avería. Se observa el estado de la tornillería y de las chumaceras.

- Limpieza general

Se realiza en los lavados programados previniendo que se formen tacos de bagazo que impidan el buen funcionamiento del eje. El medio utilizado es agua caliente.

#### **2.2.4.9.3. Hoja de programación de mantenimiento**

Para estos equipos se debe tener claro su criticidad dentro de la línea ya que, si paran, hacen que toda la línea se detenga al igual que la producción. Las inspecciones y limpiezas se realizan por lo general de forma diaria y en los días

de paros programados se procede a evaluar a profundidad a todo el conductor intermedio dado que este equipo no puede ser puenteado.

Figura 69. Hoja de programación de mantenimiento de inclinados

INGENIO MAGDALENA S.A. Departamento de Maquinaria. Área Industrial.					
HOJA DE RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INCLINADOS					
ACT. NÚM.	ACTIVIDAD	FRECUENCIA			OBSERVACIONES
		DIARIO	ANUAL	PROGRAMADO	
<b>ESTRUCTURA</b>					
1	DESMONTAJE		X		
2	DESARME		X		
3	ARMAR		X		
4	MONTAJE		X		
5	PINTURA		X		
6	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
7	LIMPIEZA GENERAL	X	X	X	
8	INSPECCIÓN DE FISURAS EN LÁMINAS LATERALES		X		
9	CAMBIO DE LÁMINAS LATERALES		X		
10	INSPECCIÓN DE ANGULARES		X	X	
11	CAMBIO DE ANGULARES		X		
12	INSPECCIÓN DE LÁMINAS DE FONDO		X		
13	CAMBIO DE LÁMINAS DE FONDO		X		
14	CAMBIO DE ARGUTO		X		
15	REPARACIÓN DE ESTRUCTURA		X		
<b>CADENA DE TRANSMISIÓN</b>					
16	LIMPIEZA GENERAL		X		
17	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES	X	X	X	
18	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
19	DESMONTAJE		X		
20	LUBRICACIÓN		X	X	
21	CAMBIO DE ESLABONES		X		
22	DESMONTAJE DE COBERTORES		X		
<b>EJE COLERO</b>					
23	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS		X	X	
24	DESMONTAJE DE CHUMACERAS		X		
25	MONTAJE DE CHUMACERAS		X		
26	DESMONTAJE		X		
27	INSPECCIÓN VISUAL DE SPROCKETS		X	X	
28	FABRICACIÓN DE EJE COLERO		X		
29	FABRICACIÓN DE SPROCKETS		X		
30	MONTAJE DE EJE		X		

Continuación de la figura 69.

<b>EJE MOTRIZ</b>					
31	INSPECCIÓN DE SPROCKETS	X	X	X	
32	DESMONTAJE DE EJE		X		
33	INSPECCIÓN VISUAL DE EJE	X	X	X	
34	LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS TAKE-UPS		X	X	
35	DESMONTAJE DE RODAMIENTOS TAKE-UPS		X		
36	DESMONTAJE DE SPROCKETS		X		
37	FABRICACIÓN DE SPROCKETS		X		
38	INSPECCIÓN VISUAL DE RODAMIENTOS TAKE-UPS		X	X	
39	MONTAJE DE EJE MOTRIZ		X		
40	MONTAJE DE RODAMIENTOS TAKE-UPS		X		
41	LIMPIEZA DE RODAMIENTOS TAKE-UPS		X		
42	MONTAJE DE SPROCKETS		X		
<b>TABLILLAS DE ARRASTRE</b>					
43	DESMONTAJE		X		
44	INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN		X		
45	MONTAJE		X		
46	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
47	CAMBIO DE TABLILLAS			X	
48	FABRICACIÓN DE NUEVAS TABLILLAS		X		
<b>CADENA DE ARRASTRE</b>					
49	LIMPIEZA GENERAL	X	X	X	
50	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES	X	X	X	
51	CAMBIO DE ESLABONES		X	X	
52	INSPECCIÓN VISUAL	X		X	
53	LUBRICACIÓN				
54	VERIFICAR TENSIÓN			X	

Fuente: elaboración propia.

## 2.2.4.9.4. Hoja de verificación

Figura 70. Hoja de verificación de mantenimiento de inclinados

 <b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INCLINADOS</b> PLAN POR PAROS PROGRAMADOS				FECHA:	TÁNDEM:
ENCARGADO:		Departamento de Maquinaria.		Área Industrial.	
ESTADO: B = BUENO, M = MALO		ESTADO REALIZADO		OBSERVACIONES	
Núm.	ACTIVIDAD	ESTADO			
		B	M		
<b>ESTRUCTURA</b>					
6	INSPECCIÓN VISUAL				
7	LIMPIEZA GENERAL				
10	INSPECCIÓN DE ANGULARES				
<b>CADENA DE TRANSMISIÓN</b>					
17	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES				
18	INSPECCIÓN VISUAL				
20	LUBRICACIÓN				
<b>EJE COLERO</b>					
23	INSPECCIÓN VISUAL DE CHUMACERAS				
27	INSPECCIÓN VISUAL DE SPROCKETS				
<b>EJE MOTRIZ</b>					
31	INSPECCIÓN DE SPROCKETS				
33	INSPECCIÓN VISUAL DE EJE				
34	LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS TAKE-UPS				
38	INSPECCIÓN VISUAL DE RODAMIENTOS TAKE-UPS				
<b>TABLILLAS DE ARRASTRE</b>					
46	INSPECCIÓN VISUAL				
47	CAMBIO DE TABLILLAS				
<b>CADENA DE ARRASTRE</b>					
49	LIMPIEZA GENERAL				
50	REVISIÓN DE ESTADO DE ESLABONES				
51	CAMBIO DE ESLABONES				
52	INSPECCIÓN VISUAL				
54	VERIFICAR TENSIÓN				
<b>OBSERVACIONES:</b>					
REALIZADO POR:				REVISADO POR:	

Fuente: elaboración propia

## **2.2.5. Insumos, materiales y herramientas**

Los elementos principales que se necesitan en los trabajos de mantenimiento se agrupan en tres grandes ramas: la soldadura, los lubricantes y las herramientas utilizadas.

### **2.2.5.1. Soldadura**

Este medio es el más utilizado para realizar las distintas reparaciones y adecuaciones del equipo para su funcionamiento. Hay varios tipos de soldadura que se emplean en el área.

Se tiene la soldadura autógena que consta de la unión de oxígeno y acetileno a altas presiones para producir tres tipos de llamas: carburante, neutra y oxidante. Este tipo de soldadura se emplea principalmente para realizar corte de láminas de distintos grosores y para la unión de tubería.

Se tiene la soldadura MIG o MAG dependiendo del tipo de gas que se aplique, *Metal Inert Gas* o *Metal Active Gas*. Este tipo de soldadura no es tan empleado al igual que la soldadura por plasma que sirve principalmente para el corte de elementos.

La soldadura más empleada es la que se realiza por arco eléctrico. Hay varios tipos de electrodos empleados para distintos fines, entre los cuales se mencionan los siguientes.

- **Electrodo 4 004 N**

Este tipo de electrodo se emplea en situaciones en las que se necesita combatir la abrasión general cuando se esperan impactos. Es por ello que se utiliza en elementos como las cuchillas de las troceadoras y las picadoras, los martillos de las desfibradoras y los bracitos de los pateadores. Además, se utiliza en platos fijos de los molinos y en cuchillas de cuartas mazas.

Este electrodo posee máxima resistencia al desgaste para aplicaciones que involucran abrasión más impactos y se hace resistente debido a la alta concentración de carburos de cromo. Es un electrodo con excelente soldabilidad en todas las posiciones en muchos aceros al carbón y aceros aleados, manganeso y hierros fundidos.

Cuando ya fue aplicado tiene una dureza que oscila entre los 55 y 60 grados *Rockwell C*. Este electrodo es de los de mayor aplicación en el área de preparación y extracción de caña.

- **Electrodo Azúcar 80**

Este electrodo es utilizado principalmente para el blindaje de mazas en los flancos de los dientes, así como en los dientes de las cuchillas centrales, peines y raspadores de mazas.

El electrodo Azúcar 80 deposita un eutéctico duro de austenita y carburo de metal que puede resistir el impacto en medios sometidos a condiciones abrasivas. El metal soldado tiene una dureza aproximada de 52 grados *Rockwell C* que se puede retener hasta los 400°C.

Es una soldadura que debe ser revisada constantemente y que se ve limitada a dos capas para obtener un mejor desenvolvimiento.

- **Electrodo E 308L-16**

Este electrodo se utiliza para aceros de alta resistencia a la oxidación y la corrosión al funcionar como un recubrimiento inoxidable. Posee un núcleo sólido tipo austenítico de la familia de inoxidables Cromo – Níquel. Es un electrodo bastante manejable ya que permite su fácil aplicación con fácil encendido y reencendido.

Es utilizable para enchapar o recubrir y dar protección contra la corrosión a los aceros dulces. Se utiliza también en partes de máquinas o partes forjadas. En el área de maquinaria se utiliza en los fondos de las mazas y en parte del encajuelado de los molinos que se forma por platos fijos, cuchillas, tensores, guardajugos, puentes, cuchillas y raspadores.

Su contenido de carbono controlado a más bajos niveles de lo que marca como máximo la especificación de la *American Welding Society*, le da buena resistencia a la corrosión intergranular a temperaturas de hasta 300°C.

- **Electrodo 7 018**

Este electrodo es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición. Su arco es suave y la pérdida por salpicadura es baja.

Se utiliza en una variedad de aplicaciones para unir piezas como los bracetos al pateador, las coronas del lado libre en los molinos, las paletas al nivelador y, en fin, cualquier aplicación de unir materiales.

- **Electrodo ferronilox**

Este electrodo se utiliza para la reparación de piezas de hierro colado gris y maleable como bases de maquinaria, motores, impulsores de bombas, cajas de engranes, coronas, formación de dientes gastados en mazas cañeras, entre otros. Este electrodo es de gran importancia y utilización para la recuperación de mazas y peines o raspadores.

Es una aleación de níquel y hierro de alta resistencia y gran facilidad para depositarse aún en piezas muy impregnadas de aceite o grasa, con muy bajo amperaje. Los depósitos del electrodo son maquinables, no dejan puntos duros y se puede usar en combinación con otros electrodos de la misma familia. El ferronilox da buenos resultados como recubrimiento ante el desgaste por fricción por su alto grado de pulido.

#### **2.2.5.2. Lubricantes**

Para la parte de lubricación también existe una variedad de insumos que se aplican en el equipo y la maquinaria del área. Se tiene que seguir un plan de lubricación que se aplica al equipo de forma manual o por medio de bombas.

- **Grasa Shell Alvania EP2**

Se utiliza en rodamientos de servicio pesado y lubricación industrial en general. Se puede emplear en cojinetes planos y rodamientos operando bajo condiciones severas incluyendo cargas de impacto en ambientes húmedos.

Operan en un rango de -20 a 100 °C para rodamientos que operan al 75 % de su máxima velocidad permisible. Inclusive pueden soportar 120 °C. Entre sus principales características está la capacidad de asimilación de cargas, resistencia al lavado por agua, estabilidad mecánica superior, estabilidad a la oxidación y protección contra la corrosión.

- **Grasa Shell Alvania R2**

Este tipo de grasa presenta una consistencia media y está diseñada para lubricación industrial general. Es ideal para sistemas de lubricación centralizados operando a temperaturas normales. Se desempeña de gran forma en temperaturas que no sobrepasan los 135 °C y que operan al 75 % de su máxima velocidad.

Mantiene su consistencia por largos períodos de tiempo y posee la propiedad de la reversibilidad. Tiene buena estabilidad mecánica y gran protección contra la corrosión.

- **Aceite Mobil DTE 26 ISO 68**

Es un aceite hidráulico empleado en los cilindros de levante y laterales de los viradores y en las unidades hidráulicas que asisten a las mazas cañeras en los molinos. Tiene alto nivel de propiedades anti desgaste y su película es muy

resistente. Está formulado con un sistema de aditivos que neutralizan la formación de materiales corrosivos.

Está diseñado para trabajar con sistemas que operan bajo condiciones severas donde se necesitan altos niveles anti desgaste. Es un aceite muy bueno en lo que respecta a la resistencia a la oxidación, lo que permite mayores intervalos de cambio de aceite y filtros.

- **Grasa Castrol Molub-Alloy 6 040**

Es una familia de grasas de sulfonato de calcio de trabajo pesado en aplicaciones industriales. Pueden ser utilizadas en cojinetes antifricción en aplicaciones con condiciones ambientales extremas. Estas grasas son ideales para procesos agresivos donde el agua está presente y en el área de maquinaria hay exposición a humedad y a condiciones abrasivas.

Tienen propiedades de extrema presión que extienden la vida útil del cojinete que está en condiciones de carga por golpes. Hay alto punto de goteo para resistir avería en altas temperaturas. Resiste la oxidación y previene la corrosión en los cojinetes en ambientes con procesos que involucran agua.

- **Aceite Castrol Molub-Alloy *Chain Oil* 22 Spray**

Se utiliza en cadenas de transmisión operando a temperaturas de hasta 90 °C. De igual forma, se puede utilizar intermitentemente en temperaturas más altas de hasta 150 °C, pero se debe lubricar con mayor frecuencia el equipo que está bajo estas condiciones.

Este aceite resiste la acumulación de contaminación y materia abrasiva. Tiene propiedades que hacen que la película sea muy fina y esto asegura la captación mínima de polvos abrasivos, arena y otras partículas. Es un aceite que tiene protección para condiciones extremas como la extrema presión o el desgaste. También es un aceite que reduce la fricción entre elementos.

- **Aceite Mobil Spartan EP 150**

Es un aceite con aditivos de extrema presión para engranajes. Está formulado con aceites minerales que ayudan a reducir la formación de lodos y de esa manera a prolongar la vida útil del aceite. Se puede utilizar tanto en sistemas de salpicadura como de circulación y es adecuado para lubricar engranajes industriales.

Estos aceites protegen los engranajes y los cojinetes contra el desgaste por presiones extremas. Presentan resistencia a la oxidación para proporcionar una larga vida útil de la carga de aceite. También tienen muy buena demulsibilidad para facilitar la eliminación de agua.

Se utilizan en una amplia gama de engranajes industriales rectos, helicoidales, cónicos y tipo sinfín de acero sobre acero. Además, se utilizan en cojinetes industriales, tanto tipo liso como tipo rodamiento, sobre todo de funcionamiento a bajas velocidades y altas cargas.

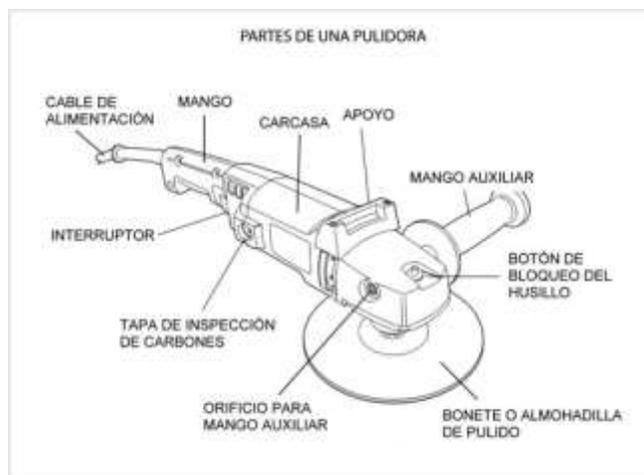
### 2.2.5.3. Herramientas

- **Pulidoras rotatorias**

Son herramientas que sirven para el pulido de las mazas y otros elementos. Realizan dicha función mediante la rotación de un disco de material abrasivo a altas velocidades. Requieren de gran destreza y experiencia por parte del personal que las opera.

Al describir un movimiento únicamente circular, este tipo de pulidora permite una distribución más uniforme de los abrasivos de corte y, por lo tanto, convierte a la máquina en un instrumento sumamente flexible para la corrección de la superficie. Debe tenerse en cuenta que el giro circular genera mucho calor y la aplicación debe ser la adecuada para no estropear la superficie ni el disco.

Figura 71. **Partes de una pulidora rotatoria**



Fuente: ¿Qué son y cómo funcionan las pulidoras?

<http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/pulidoras-tipos-y-usos/>. Consulta: 29 de septiembre de 2015.

- **Polipasto**

Son arreglos mecánicos que constan de dos o más poleas en las que circula una cadena y permite elevar pesos de manera sencilla, gracias a la ventaja mecánica que supone cada una de las poleas. Se ejerce entonces una fuerza menor al peso del elemento que se desea elevar.

En el área son utilizados para el montaje y desmontaje de gran variedad de equipo para sostener equipo o asegurarlo a los ganchos de las grúas.

Figura 72. **Polipasto manual de cadena**



Fuente: *Polipastos de cadena*. <http://hemasol.com/alquiler/polipastos-y-tractel/polipastos-de-cadena/>. Consulta: 29 de septiembre de 2015.

- **Taladro**

Es una herramienta que sirve para la realización de agujeros cilíndricos y el mecanizado de los mismos. Es accionado por energía eléctrica y realiza dos movimientos: el rotativo que realiza la broca y el de avance que se puede realizar manualmente, según sea el caso.

- **Pistola de impacto**

Son herramientas que sirven para el ajuste y desajuste de tornillos y tuercas. Pueden ser accionadas de forma eléctrica o neumática. En el área de trabajo se utilizan para ajustar tornillería de forma óptima y segura para evitar concentraciones de esfuerzos. Todo el equipo debe estar ajustado de forma segura ya que su operación es pesada y crítica dentro del proceso de producción del azúcar.

### **2.2.6. Permisos**

En lo referente a permisos se contemplan tres tipos que son: seguridad, operativos y legales. Por ser una propuesta de tareas de mantenimiento, el permiso a desarrollar es el de seguridad.

El personal debe utilizar siempre el equipo de protección personal (EPP) para el desarrollo de sus actividades. Este equipo consta de casco de seguridad, lentes de protección, tapones auditivos, mascarilla o respiradero y calzado industrial. Este conjunto es el básico para el desenvolvimiento del personal dentro del área industrial, sin embargo, deben utilizar equipo adicional para tareas especializadas.

Por ejemplo, para los distintos tipos de soldadura empleados se hace necesario el uso de lentes de protección especializados o caretas de soldador, además de guantes y mangas de protección; para trabajos de pulido se utiliza un overol y una protección facial adecuada, así como una mejor mascarilla o respiradero.

Para esas actividades no se hace necesario el desarrollo de permisos como sí se hace para actividades como trabajos en las alturas. Esta actividad pone en riesgo de forma mayor la integridad del personal operativo, es por ello que para su realización debe existir un aval o consentimiento por parte del departamento de seguridad industrial para tomar las precauciones debidas.

Figura 73. **Formato de permiso para trabajos en alturas**

 <b>PERMISO PARA TRABAJOS EN ALTURAS</b>					
Departamento:		Proceso:		Fecha:	
Nombres y apellidos de los trabajadores autorizados		Puesto		Código	
Descripción de la tarea a realizar:					
Altura aproximada del trabajo: m		Hora de inicio:		Hora final:	
Sistemas de acceso a utilizar:		Andamio <input type="checkbox"/>	Escalera <input type="checkbox"/>	Elevador o grúa canasta <input type="checkbox"/>	Otros: <input type="checkbox"/>
				Espacios confinados <input type="checkbox"/>	Trabajo en caliente <input type="checkbox"/>
				Energías peligrosas <input type="checkbox"/>	
Descripción del procedimiento para desarrollar la tarea:					
Elementos de protección personal					
Línea de vida vertical <input type="checkbox"/>		Eslinga de posición <input type="checkbox"/>		Sistemas de anclaje <input type="checkbox"/>	
Línea de vida horizontal <input type="checkbox"/>		Eslinga <input type="checkbox"/>		Casco con barboquejo <input type="checkbox"/>	
				Arnés de cuerpo entero <input type="checkbox"/>	
				Señalización del área <input type="checkbox"/>	
				Guantes <input type="checkbox"/>	
				Gafas <input type="checkbox"/>	
Otros elementos de protección personal:					
Herramientas a utilizar:					
Nombre de quien autoriza:					
Firma de quien autoriza:					

Fuente: elaboración propia.

En esta propuesta se detallan datos generales como nombres, puestos y códigos de los operarios que desarrollarán el trabajo en la altura, así como el departamento y proceso al que pertenecen. Se detallan además los elementos a utilizar, así como el equipo de protección personal. La validez del permiso está otorgada por el nombre y firma de algún encargado del departamento de seguridad industrial.

### **2.2.7. Análisis de costos de operación y mantenimiento de picadora de tándem C**

Dado que la maquinaria y equipo del área es tan compleja y se manejan cantidades millonarias en dólares estadounidenses, la información se hace de difícil acceso, además que es información muy interna de la empresa que no puede ser divulgada con facilidad.

Se realiza, entonces, un resumen de los ingresos y egresos principales por operación y mantenimiento que se presentaron para el primer período antes del cambio de cuchillas de la picadora para el tándem C, comprendido del 4 al 23 de noviembre de 2014. Este caso presenta un ejemplo claro de una muestra de lo que sería el análisis de costos para toda el área.

#### **2.2.7.1. Detalle de ingresos**

Para el ingreso se considera la producción y comercialización del azúcar, tomando en cuenta la fluctuación del precio según datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) para el azúcar 11 en el contrato de marzo 15.

Tabla IV. **Ingreso por azúcar procesada hasta el primer cambio de cuchillas de la picadora del tándem C**

Ingreso por azúcar procesada hasta el primer cambio de cuchillas de la picadora del tándem C							
Día	Fecha	Ton. Caña	Rend. Azúcar (lb/ton)	Libras Azúcar	Quintales Azúcar	Precio por quintal (\$/qq)	Ingreso diario (\$)
1	04/11/2014	15 639,01	205	3 205 997,05	32 059,97	15,68	502 700,34
2	05/11/2014	12 996,57	205	2 664 296,85	26 642,97	15,51	413 232,44
3	06/11/2014	14 399,02	205	2 951 799,10	29 517,99	15,48	456 938,50
4	07/11/2014	13 938,14	205	2 857 318,70	28 573,19	15,66	447 456,11
5	08/11/2014	15 090,77	205	3 093 607,85	30 936,08	15,66	484 458,99
6	09/11/2014	14 215,18	205	2 914 111,90	29 141,12	15,66	456 349,92
7	10/11/2014	15 488,91	205	3 175 226,55	31 752,27	15,66	497 240,48
8	11/11/2014	15 356,08	205	3 147 996,40	31 479,96	16,23	510 919,82
9	12/11/2014	15 178,06	205	3 111 502,30	31 115,02	17,27	537 356,45
10	13/11/2014	15 799,76	205	3 238 950,80	32 389,51	16,01	518 556,02
11	14/11/2014	15 548,07	205	3 187 354,35	31 873,54	15,90	506 789,34
12	15/11/2014	16 012,16	205	3 282 492,80	32 824,93	15,90	521 916,36
13	16/11/2014	15 642,17	205	3 206 644,85	32 066,45	15,90	509 856,53
14	17/11/2014	16 230,24	205	3 327 199,20	33 271,99	15,77	524 699,31
15	18/11/2014	16 073,90	205	3 295 149,50	32 951,50	15,71	517 667,99
16	19/11/2014	15 627,72	205	3 203 682,60	32 036,83	15,87	508 424,43
17	20/11/2014	15 624,95	205	3 203 114,75	32 031,15	16,10	515 701,47
18	21/11/2014	15 814,34	205	3 241 939,70	32 419,40	16,09	521 628,10
19	22/11/2014	15 588,79	205	3 195 701,95	31 957,02	16,00	511 312,31
20	23/11/2014	15 894,92	205	3 258 458,60	32 584,59	16,00	521 353,38
<b>TOTAL</b>		<b>306 158,76</b>		<b>62 762 545,80</b>	<b>627 625,46</b>		<b>9 984 558,28</b>

Fuente: elaboración propia.

Se tiene un ingreso aproximado de \$ 9 984 558,28 por la comercialización de 306 158,76 quintales de azúcar producidos. Para la picadora se tiene un porcentaje de participación en la línea del 10,96 % por consumo energético, que se obtiene a partir de la relación entre la energía consumida por la picadora respecto a la consumida por todo el tándem. Esto se detalla en la más adelante.

Por lo tanto, el ingreso total se repartiría y se tendrían \$ 1 094 307,59 como ingreso por la participación de este equipo.

#### **2.2.7.2. Detalle de costos por operación y mantenimiento de la picadora**

Para los costos se analiza la energía eléctrica empleada por el motor de 1 750 hp de la picadora durante veinte días operando las veinticuatro horas. El administrador del mercado mayorista establece un precio de oportunidad y en Magdalena se tienen distintos bloques de producción de energía eléctrica. Se analiza también la mano de obra empleada en el proceso de fabricación y del cambio de cuchillas, tomando en cuenta a soldadores, torneros y mecánicos.

Por último, se analiza el costo de la fabricación de las cuchillas considerando el material y el electrodo empleado para conformar una cuchilla como tal. Todos los costos son sumados y se manejan en una misma unidad monetaria.

- Energía eléctrica

Para el cálculo del costo por energía eléctrica, se consideraron 20 días del motor General Electric de 1 750 hp operando las 24 horas. El valor monetario es obtenido del precio de oportunidad de energía (POE) que está publicado en el sitio web del Administrador del Mercado Mayorista (AMM).

Tabla V. **Costo de la energía eléctrica hasta el primer cambio de cuchillas de la picadora del Tándem C**

<b>Costo de la energía eléctrica consumida por el motor de la picadora del Tándem C</b>						
<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Energía (MWh)</b>	<b>Costo Unitario (\$/MWh)</b>	<b>Costo Diario (\$)</b>
1	04/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	62,85	1 968,43
2	05/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	63,20	1 979,39
3	06/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	63,45	1 987,22
4	07/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	36,16	1 132,51
5	08/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	50,07	1 568,17
6	09/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	44,28	1 386,83
7	10/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	19,95	624,82
8	11/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	22,22	695,92
9	12/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	41,43	1 297,57
10	13/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	41,43	1 297,57
11	14/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	66,92	2 095,90
12	15/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	66,92	2 095,90
13	16/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	55,62	1 741,99
14	17/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	66,89	2 094,96
15	18/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	66,96	2 097,16
16	19/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	22,63	708,76
17	20/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	22,48	704,06
18	21/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	22,48	704,06
19	22/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	66,97	2 097,47
20	23/11/2014	1 304,98	1,30	31,32	66,97	2 097,47
<b>TOTAL</b>				<b>626,39</b>		<b>30 376,18</b>

Fuente: elaboración propia.

Se tiene entonces un costo total de energía eléctrica de aproximadamente \$ 30 376,18 por el consumo de la picadora del tándem C.

- Mano de obra

Para el cálculo de la mano de obra se consideran tres aspectos en lo que se refiere a la fabricación de las cuchillas y un aspecto que se refiere al desmontaje y montaje de las mismas. Además, se asume el período de 8 horas para jornada diurna de trabajo.

- Corte

El corte se realiza a cargo de un soldador III, considerando un tiempo de 40 minutos por el corte de las 96 cuchillas. El promedio de ingreso diario es de Q 85, Q 10,63 por hora y aproximadamente Q 7,08 por el corte del total de cuchillas.

$$\text{Costo por corte} = \left( \frac{Q 85}{1 \text{ jornada}} \right) \left( \frac{1 \text{ jornada}}{8 \text{ h}} \right) \left( \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) (40 \text{ min}) = Q 7,08$$

- Tornos

Para rectificar el corte del agujero, un tornero del taller de máquinas – herramientas se tarda alrededor de 20 minutos. El promedio de ingreso diario de un tornero es Q 120. Por hora sería de Q 15 y por 20 minutos sería de Q 5. Se tiene lo siguiente:

$$\text{Costo por unidad} = \left( \frac{Q 120}{1 \text{ jornada}} \right) \left( \frac{1 \text{ jornada}}{8 \text{ h}} \right) \left( \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) (20 \text{ min}) = Q 5,00$$

$$MO_{\text{tornos}} = \text{Costo por unidad} * \text{No. de unidades}$$

$$MO_{\text{tornos}} = Q 5,00 * 96 = Q 480,00$$

- Soldadura

Se aplica un cordón de soldadura en forma de L en los filetes del área de golpeo. El promedio de ingreso por soldador es de Q 110 diarios y emplean alrededor de 10 minutos.

$$\text{Costo por unidad} = \left(\frac{Q 110}{1 \text{ jornada}}\right) \left(\frac{1 \text{ jornada}}{8 \text{ h}}\right) \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}\right) (10 \text{ min}) = Q 2,29$$

$$MO_{\text{soldadura}} = \text{Costo por unidad} * \text{No. de unidades}$$

$$MO_{\text{soldadura}} = Q 2,29 * 96 = Q 220$$

- Desmontaje y montaje de cuchillas

En los días de mantenimiento programado se realiza el cambio de cuchillas y se emplea alrededor de una hora y media para realizar la actividad. Son necesarios 6 mecánicos y ayudantes, cuyo salario promedio es de Q 110 por día.

$$\text{Costo por operario} = \left(\frac{Q 110}{1 \text{ jornada}}\right) \left(\frac{1 \text{ jornada}}{8 \text{ h}}\right) \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}\right) (90 \text{ min}) = Q 20,63$$

$$MO_{\text{cambio de cuchillas}} = \text{Costo por operario} * \text{No. de operarios}$$

$$MO_{\text{cambio de cuchillas}} = Q 123,75$$

El total del costo de mano de obra queda evidenciado en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Costo de mano de obra por fabricación y cambio de cuchillas de la picadora del tándem C**

<b>Mano de obra</b>	<b>Costo</b>
Corte	Q 7,08
Tornos	Q 480,00
Soldadura	Q 220,00
Desmontaje y montaje	Q 123,75
<b>TOTAL</b>	<b>Q 830,83</b>

Fuente: elaboración propia.

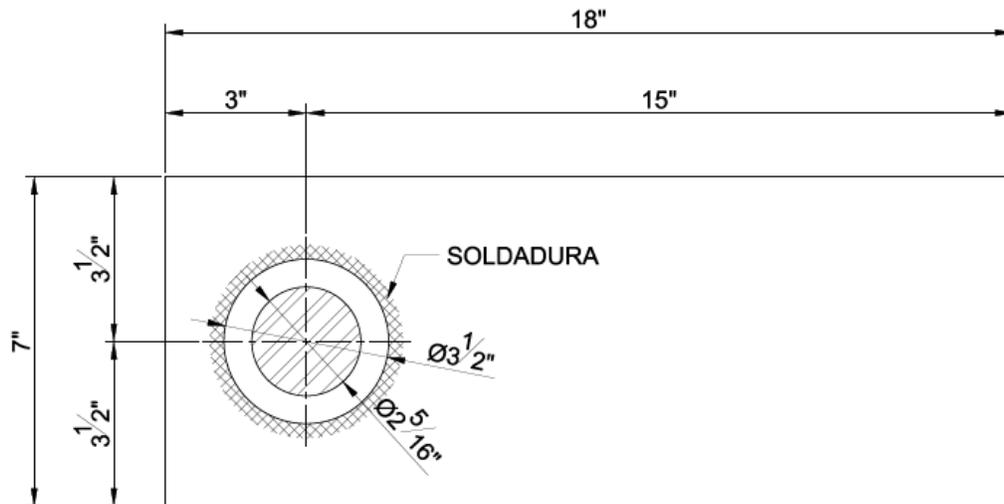
Considerando un factor de conversión promedio de 7,60286 quetzales por un dólar estadounidense según dato del Banco de Guatemala para noviembre de 2014, se tiene un costo por concepto de mano de obra de \$ 109,28.

- Fabricación de cuchillas

Las cuchillas son piezas de hierro negro de un grosor de 5/8" y tienen las siguientes dimensiones para el tándem C. Es necesario aclarar que el corte entre cuchillas lleva una tolerancia de 1/4", por lo que para el cálculo del área se agrega esa cantidad al largo y al ancho.

Las cuchillas se obtienen de una lámina de hierro negro de 5/8" de grosor y 20 pies de largo por 8 pies de ancho.

Figura 74. **Detalle de cuchilla para picadora**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

Se realizan los siguientes cálculos para conocer cuántas láminas se necesitan.

$$\text{Área lámina} = (240 \text{ in})(96 \text{ in}) = 23\,040 \text{ in}^2$$

$$\text{Área cuchilla} = (18,25 \text{ in})(7,25 \text{ in}) = 132,31 \text{ in}^2$$

$$\text{No. de cuchillas por lámina} = \frac{\text{Área lámina}}{\text{Área cuchilla}} = \frac{23\,040 \text{ in}^2}{132,31 \text{ in}^2} = 174,13$$

Se tiene entonces que de una lámina pueden sacarse alrededor de 170 cuchillas si se consideran los espacios o tolerancias que se dejan entre una cuchilla y otra, así como que el corte no puede ser lo suficientemente preciso.

Se necesita entonces una lámina de hierro negro de 5/8" de grosor para obtener las 96 cuchillas. El costo de lámina es de Q 85,62 por pie cuadrado.

$$\text{Costo de lámina} = (23\,040 \text{ in}^2) \left( \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} \right) \left( \frac{Q\,85,62}{1 \text{ ft}^2} \right) = Q\,13\,699,20$$

Además, las cuchillas necesitan recubrimiento de soldadura con electrodo 4 004 como recubrimiento especial para el impacto y la abrasión, así como electrodo 7 018 para la reconstrucción de las cuchillas y para que el 4 004 se adhiera de mejor manera. Los precios se muestran a continuación.

Tabla VII. **Costo por soldadura para cuchillas**

<b>Electrodo</b>	<b>Cantidad (lb)</b>	<b>Precio unitario (Q/lb)</b>	<b>Precio total (Q)</b>
4 004	100	63,90	6 390,00
7 018	22	11,40	250,80
<b>TOTAL</b>			<b>6 640,80</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo de fabricación saldría de sumar el costo de la lámina y el costo de la soldadura.

$$\text{Costo de fabricación} = \text{Costo de lámina} + \text{Costo de soldadura}$$

$$\text{Costo de fabricación} = Q\,13\,699,20 + Q\,6\,640,80 = Q\,20\,340,00$$

Asumiendo un factor de conversión de 7,60286 quetzales por dólar estadounidense, se tiene entonces un costo de fabricación de \$ 2 675,31.

- Resumen de costos

Se tiene entonces una tabla que resume el costo total aproximado que implicó el primer cambio de cuchillas para la picadora del tándem C en la pasada zafra.

Tabla VIII. **Resumen de costos para el primer cambio de cuchillas de la picadora del tándem C**

Concepto	Costo
Energía eléctrica	\$ 30 376,18
Mano de obra	\$ 109,28
Fabricación de cuchillas	\$ 2 675,31
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 33 160,77</b>

Fuente: elaboración propia

- Relación beneficio – costo

Para finalizar el análisis de costos, se realiza una relación entre el beneficio total y el costo total del caso en cuestión. Si la relación es mayor a la unidad, entonces se puede afirmar que la inversión es rentable. Si la relación es menor a la unidad, se dice que la inversión está causando pérdidas.

Todo esto está cimentado en el principio de que el valor calculado de la relación es el resultado por cada unidad monetaria invertida. Si la relación es mayor o igual a uno, quiere decir que la inversión se logró recuperar.

$$\text{Relación beneficio – costo} = \frac{\text{Beneficio total}}{\text{Costo total}}$$

El ingreso total se ponderó respecto al consumo energético que permite la participación de la picadora en el tándem C.

$$\% \text{ participación} = \frac{\text{Energía picadora}}{\text{Energía Tándem C}} = \frac{1\,304,98 \text{ kWh}}{11\,905,12 \text{ kWh}} = 0,1096$$

$$\text{Ingreso picadora} = \text{Ingreso total} * \% \text{ participación} = \$ 9\,984\,558,28 * 0,1096$$

$$\text{Ingreso total} = \$ 1\,094\,307,59$$

Entonces, se puede proceder a realizar la relación beneficio – costo, la cual quedaría de la siguiente forma:

$$\frac{B}{C} = \frac{\$ 1\,094\,307,59}{\$ 33\,160,77} = 33,00$$

Se obtiene una relación B/C de 33, lo que significa que, por cada unidad monetaria invertida por mantenimiento, se obtiene un beneficio de 33 unidades monetarias. Por lo tanto, se puede afirmar que la rentabilidad de la picadora queda evidenciada por cada cambio de cuchillas realizado durante cada mantenimiento programado.

La alta rentabilidad se debe a que en el ingenio los ingresos son bastante altos porque la producción de azúcar tiene una gran demanda (sobre todo de azúcar refino), no solo a nivel nacional, sino también internacional y así como la inversión total efectuada es grande, el beneficio obtenido también lo es.

### **3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN TÁNDEMOS DE MOLINOS (FASE DE INVESTIGACIÓN)**

Se desarrolla el siguiente análisis para poder visualizar la incidencia de los principales equipos causantes de fallas y tiempos perdidos en los tres tandems de molinos. Esta metodología tiene el fin último de poder tomar acciones correctivas y minimizar el impacto ocasionado en la operación.

#### **3.1. Descripción de los tandems de molinos**

Son en total dieciséis molinos agrupados en tres tandems de molienda. El tandem A cuenta con seis molinos mientras que los otros dos cuentan con cinco cada uno. Se tiene una capacidad de molienda de hasta 44 000 toneladas cortas diarias de caña de azúcar.

Figura 75. **Vista del tandem C**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

### **3.1.1. Tándem A**

Este tándem es el más antiguo de los tres y data de 1983. Es el único de los tres que cuenta con seis molinos. Tiene una capacidad de molienda diaria de hasta 12 000 toneladas cortas de caña de azúcar y un ratio, o molienda por hora, de 500 toneladas. Cada molino cuenta con las cuatro mazas mencionadas: superior, cañera, bagacera y cuarta maza.

Tiene mazas de menores dimensiones que los otros dos tándems en lo que respecta a largo y diámetro del eje y de la camisa. Las camisas son de menor tamaño que las de los otros dos tándems al tener un largo de 78 pulgadas. Es el único tándem que cuenta con vírgenes inclinadas.

Es alimentado por una banda de hule de 84 pulgadas que transporta la fibra de caña al primer chute o tolva *Donelly*. Luego la fibra pasa por las mazas y llega al segundo molino por medio de un conductor intermedio. Así se sigue el proceso hasta el sexto molino y luego por medio de un conductor de tablillas el bagazo es transportado al área de calderas.

### **3.1.2. Tándem B**

Este tándem fue instalado en el año de 1996. Tiene una capacidad de molienda diaria de hasta 16 000 toneladas cortas. Tiene cinco unidades de molinos con mazas que tienen un largo de camisa de 84 pulgadas.

Este tándem cuenta con vírgenes rectas y solamente un molino es auxiliado por una unidad hidráulica mientras que otros dos son asistidos por arreglos de reductores planetarios. El tándem es alimentado por una banda de hule de 84 pulgadas de ancho que transporta la fibra a los molinos.

### **3.1.3. Tándem C**

Instalado en el año de 2005, este tándem es el de mayor capacidad de molienda de los tres. Tiene una capacidad nominal de hasta 16 000 toneladas cortas al igual que el tándem B, pero por ser más reciente y tener equipos más eficientes, el tándem C tiene mayor facilidad de moler altas cantidades de forma más constante.

Tiene las mazas de mayores dimensiones y las cuartas mazas son más grandes que en los otros dos tándems en lo que respecta a diámetro de camisas. Las vírgenes son rectas y permiten el posicionamiento de alzas para lograr ajustar el *setting* del molino.

Es el único tándem en el cual todos los molinos tienen sistema de potencia por unidades hidráulicas. Este sistema es adaptado a las mazas cañeras por lo cual estas mazas deben tener una espiga diseñada especialmente para poderles acoplar los motores hidráulicos.

### **3.2. Toma de datos de paros en molienda de anterior zafra**

La toma de datos se hace por medio de la lectura de los libros diarios de los jefes y supervisores de los turnos durante los ciento ochenta y ocho días que duró la zafra anterior. Se realizan tres turnos diarios de ocho horas. El primero se realiza de seis de la mañana a dos de la tarde; el segundo, de dos de la tarde a diez de la noche; y el tercero, de diez de la noche a seis de la mañana.

Generalmente el moedor es el encargado de alertar sobre los paros o puentes en los tándems de molinos. Hay un moedor por cada tándem y están ubicados en cabinas que están cerca del primer molino y que tienen vista de la entrada de fibra de caña y de todo el conjunto de molinos. Tienen un monitor como parte del sistema automatizado donde verifican datos y pueden accionar sobre distintos equipos según las indicaciones de los jefes y supervisores de turno.

Figura 76. **Monitor del moedor**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

### 3.2.1. Resumen estadístico de los paros en tándems de molinos

El objeto del estudio estadístico está delimitado por el área de molinos que comprende las unidades de molinos como tales, los conductores intermedios o inclinados, el sistema de cabezotes hidráulicos, el sistema de potencia de unidades hidráulicas *Hägglunds* y los coladores rotativos. Cada equipo está dividido en componentes menores que requieren mantenimiento y que pueden ocasionar paros o irregularidades en la molienda de caña de azúcar.

La primera tabla ejemplifica el número total de fallas en la zafra, clasificándolas por tándem, tiempo y porcentaje. Se puede notar como el tándem C fue el que mayor número de inconvenientes presentó, pero a su vez se puede notar como el tándem B fue el que más tiempo presentó problemas. Este es un dato interesante ya que demuestra que no porque un tándem haya fallado en mayor número de ocasiones, hará que se pierda más tiempo. De hecho, en este caso se da una relación inversa.

Tabla IX. Resumen general por número y tiempo de inconvenientes

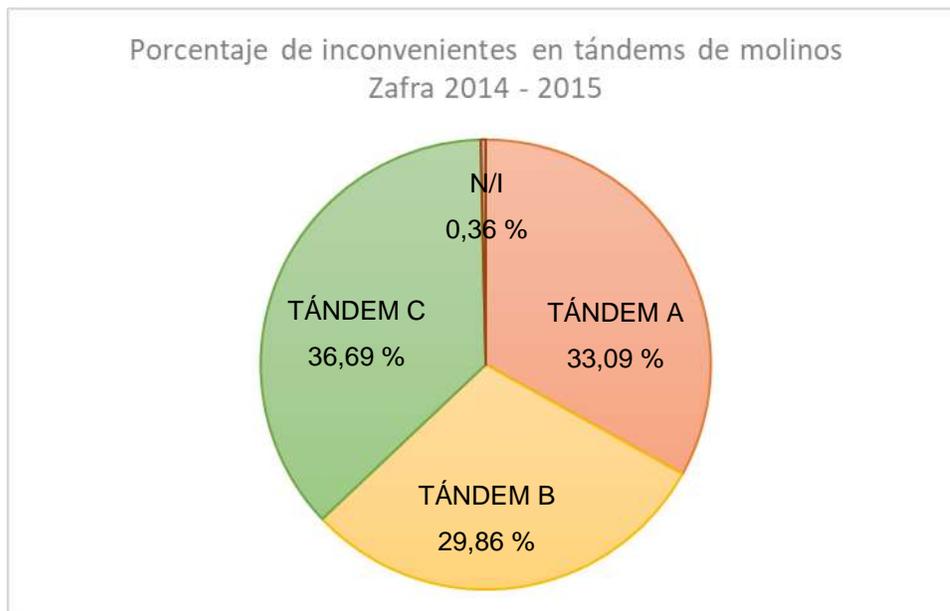
	TÁNDEM A	TÁNDEM B	TÁNDEM C	N/I	TOTAL
<b>Núm. Fallas</b>	184	166	204	2	<b>556</b>
<b>% Fallas</b>	<b>33,09</b>	<b>29,86</b>	<b>36,69</b>	0,36	<b>100</b>
<b>Tiempo (min)</b>	7 782	8 170	7 270	46	<b>23 268</b>
<b>Tiempo (h)</b>	129,70	136,17	121,17	0,77	<b>387,8</b>
<b>% Tiempo</b>	<b>33,45</b>	<b>35,11</b>	<b>31,24</b>	0,20	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.

Al final se pudo observar que se presentaron 556 inconvenientes en la zafra, haciendo que no se moliera de forma adecuada por 23 268 minutos o 387,8 horas. La columna N/I corresponde a inconvenientes no identificados.

Se muestra a continuación un diagrama que ejemplifica los porcentajes de número de inconvenientes por tándem de molinos.

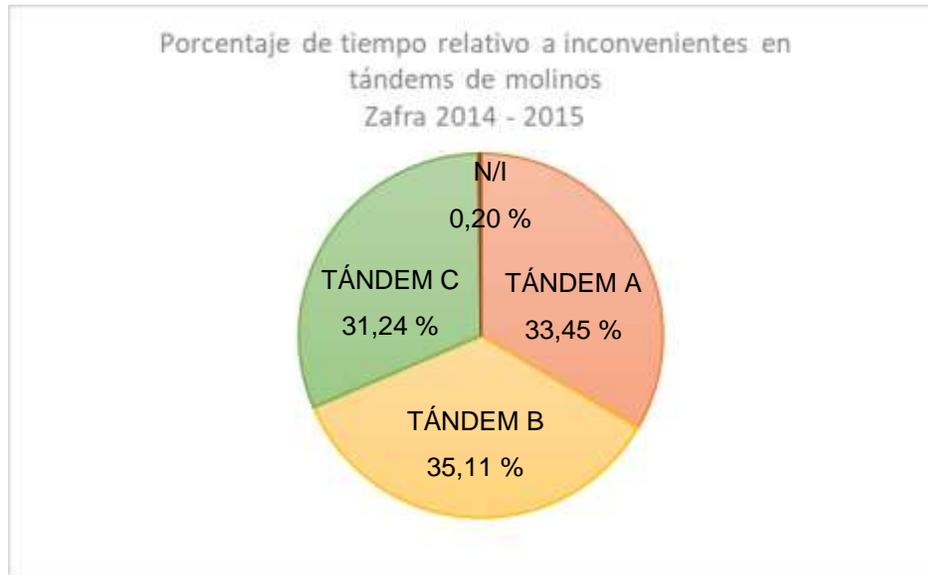
Figura 77. **Porcentaje de número de inconvenientes por tándem**



Fuente: elaboración propia.

Se observa como el tándem C presentó mayor número de problemas respecto de los otros dos. En la figura 78 este dato se ve contrastado al notar que el tándem B fue el que mayor tiempo empleó en problemas.

Figura 78. **Porcentaje de tiempo relativo a problemas**



Fuente: elaboración propia.

En el Ingenio Magdalena se tienen documentados y estipulados ciertos tiempos y porcentajes máximos de pérdidas. En lo que corresponde al tiempo perdido en el área de preparación y extracción de caña de azúcar se tiene un 3,12 % como meta. En la tabla X se muestran detalles de porcentajes de tiempos perdidos y factores de contribución.

Tabla X. **Porcentajes de pérdidas de tiempo**

	TÁNDEM A	TÁNDEM B	TÁNDEM C
<b>% pérdida zafra</b>	2,87 %	3,02 %	2,69 %
<b>Factor de peso</b>	0,28	0,36	0,36
<b>% pérdida op.</b>	0,80 %	1,09 %	0,97 %
<b>% pérdida en el ingenio</b>			<b>2,86 %</b>

Fuente: elaboración propia.

En la primera fila se tiene el porcentaje obtenido de la división entre las horas que presentaron problemas por tándem y las horas totales de zafra que fueron 4 512, correspondientes a 188 días de molienda.

$$\text{Horas de zafra} = 188 \text{ días} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 4\,512 \text{ h}$$

$$\% \text{ Pérdida zafra TA} = \frac{\text{Horas perdidas TA}}{\text{Horas de zafra}} * 100 = \frac{129,7 \text{ h}}{4\,512 \text{ h}} * 100 = 2,87 \%$$

$$\% \text{ Pérdida zafra TB} = \frac{\text{Horas perdidas TB}}{\text{Horas de zafra}} * 100 = \frac{136,17 \text{ h}}{4\,512 \text{ h}} * 100 = 3,02 \%$$

$$\% \text{ Pérdida zafra TA} = \frac{\text{Horas perdidas TA}}{\text{Horas de zafra}} * 100 = \frac{121,17 \text{ h}}{4\,512 \text{ h}} * 100 = 2,69 \%$$

La segunda fila es el factor de peso de cada tándem. Esto se debe a que no tienen la misma capacidad de molienda.

$$\text{Capacidad de molienda total} = 44\,000 \text{ ton}$$

$$\text{Factor de peso TA} = \frac{12\,000 \text{ ton}}{44\,000 \text{ ton}} = 0,28$$

$$\text{Factor de peso TB} = \frac{16\,000 \text{ ton}}{44\,000 \text{ ton}} = 0,36$$

$$\text{Factor de peso TC} = \frac{16\,000 \text{ ton}}{44\,000 \text{ ton}} = 0,36$$

La tercera fila es la multiplicación del primer por el segundo valor y la suma da un total de 2,86%.

$$\begin{aligned} \% \text{ Pérdida operación TA} &= \text{Pérdida de zafra} * \text{Factor de peso} = 2,87 \% * 0,28 \\ \% \text{ Pérdida operación TA} &= 0,80 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Pérdida operación TB} &= \text{Pérdida de zafra} * \text{Factor de peso} = 3,02 \% * 0,36 \\ \% \text{ Pérdida operación TB} &= 1,09 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Pérdida operación TC} &= \text{Pérdida de zafra} * \text{Factor de peso} = 2,69 \% * 0,36 \\ \% \text{ Pérdida operación TC} &= 0,97 \% \end{aligned}$$

$$\% \text{ Pérdida operación} = 0,80 + 1,09 + 0,97 = 2,86 \%$$

Este valor de 2,86 % es únicamente de la pérdida en el área de extracción que fue el objeto de estudio. Debe tomarse en cuenta el valor de pérdida en el área de recepción y preparación y luego compararlo con el valor meta de toda la operación.

En la tabla XI se muestra el número de inconvenientes o problemas por mes y el promedio diario.

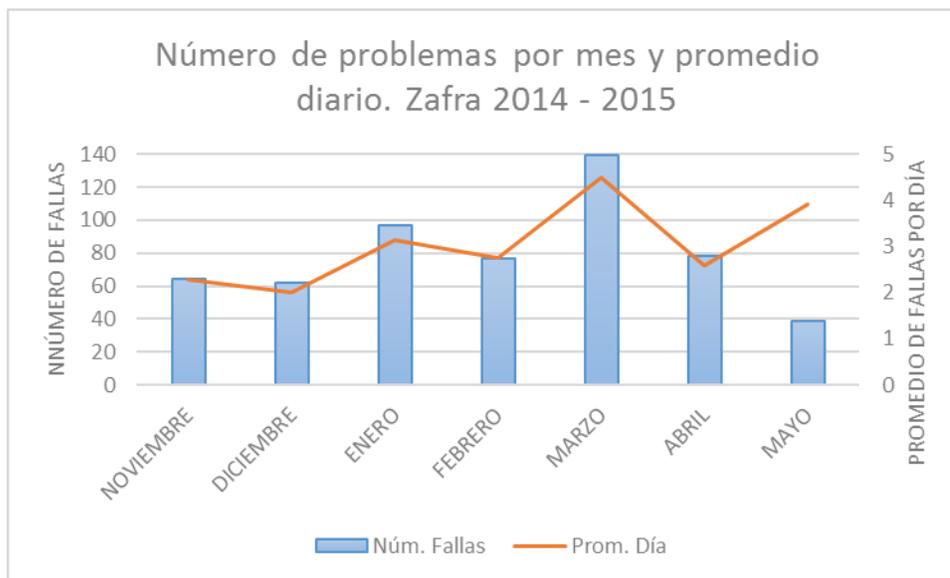
Tabla XI. **Inconvenientes por mes y por día**

MES	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
<b>Núm. Fallas</b>	64	62	97	77	139	78	39
<b>Días/mes</b>	28	31	31	28	31	30	10
<b>Prom. Día</b>	2,3	2,0	3,1	2,8	4,5	2,6	3,9

Fuente: elaboración propia.

La tabla XI da origen a un gráfico que ejemplifica la tendencia entre el número total de problemas en conjunto con el promedio de inconvenientes por día.

Figura 79. **Número de inconvenientes por mes y promedio diario**



Fuente: elaboración propia.

Las columnas de la figura 79 representan el número total de problemas por cada mes, mientras que la línea representa el promedio diario de problemas. Se tiene bastante relación entre ambas variables excepto en el mes de mayo donde con un número menor de fallas totales se observa un promedio diario elevado. Esto se debe a que a finales de zafra la mayoría del equipo sufre desgaste por fatiga y su resistencia se hace menor, por lo tanto, la probabilidad de fallar se hace mayor.

### **3.2.2. Análisis de las principales estadísticas obtenidas**

Se observó que el mayor número de inconvenientes se presentó en el tándem C lo cual puede verse justificado en que es el tándem que mayor número de toneladas muele por lo cual realiza más trabajo que los otros dos. Sin embargo, en lo que respecta a tiempo, fue el tándem B el que más tiempo perdió y por lo tanto, su productividad fue menor. A pesar de que el tándem C tuvo mayor número de problemas, fue el que menor tiempo ocupó en inconvenientes.

Para el porcentaje total de tiempo perdido se le asigna un factor de peso a cada tándem según la cantidad que muele cada uno. El 28 % es para el tándem A y 36 % para cada uno de los otros tándems ya que tienen la misma capacidad de molienda. Estos valores son obtenidos como se mostró en el punto anterior con los llamados factores de peso.

En lo que respecta al promedio diario de inconvenientes (ver figura 79), el dato más relevante se da en el mes de mayo donde el promedio asciende drásticamente lo cual se debe a que se está al final de la zafra, que es cuando los equipos ya están más desgastados y el mantenimiento no es tan sustentable dada la proximidad del fin de la época.

Otro dato relevante de ese promedio es que se dan aproximadamente tres inconvenientes por día, lo cual representa una oportunidad de mejora para reducir costos y tiempos perdidos.

### **3.3. Análisis de primer nivel**

Para profundizar en la información recopilada, se procede a dividir el análisis en dos partes. De lo más general a lo más específico. El diagrama de Pareto o Ley 80-20 es la herramienta utilizada para el desarrollo del análisis de primer nivel y es la que ayuda a encontrar los principales equipos causantes de fallos en cada tándem de molinos.

A grandes rasgos, se recopila la información, se organiza, se diagrama y se analiza para determinar los principales inconvenientes por tándem.

#### **3.3.1. Descripción del método de análisis de Pareto**

Este método sirve para determinar los equipos que más inconvenientes presentan dentro de una línea de producción. Se basa en el principio del 80-20 que indica que el ochenta por ciento de los problemas o inconvenientes se presentan en el veinte por ciento de los equipos. El principio de Pareto o Ley 80-20 reconoce que unos pocos elementos generan la mayor parte del efecto y que el resto genera muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una organización, solo unos cuantos son realmente importantes.

Es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, el objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes.

El procedimiento a seguir para la realización de un buen diagrama es el siguiente:

- Decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, además de tener claro qué objetivo se persigue. A partir de lo anterior visualizar o imaginar qué tipo de diagrama de Pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor el problema. En este caso se utilizará un diagrama de Pareto por equipos.
- Basado en lo anterior, se discute y decide el tipo de datos que se van a necesitar y los posibles factores que sería importante estratificar. Para el análisis realizado se utiliza el número de inconvenientes presentado por equipo.
- Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a recabar, definir el período del que se tomarán los datos y determinar quién será el responsable de ello. El período constó del mes de agosto de 2015 para la recopilación de información.
- Al terminar de obtener los datos, se construye una tabla en la que se cuantifique la frecuencia de cada defecto o equipo, su porcentaje y demás información. Si se van a tomar en cuenta costos, entonces se debe multiplicar a la frecuencia por el costo asociado. En este caso no se asociaron costos.
- Se construye un gráfico de barras para representar los datos, ordenando las categorías por su impacto de mayor a menor.
- Con la información del porcentaje acumulado, se grafica una línea acumulada sobre las barras.

- Se documenta referencia del diagrama de Pareto, como títulos, período, área de trabajo, entre otros.
- Interpretar el diagrama de Pareto y, si existe una categoría que predomina, hacer un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que influyen más en la misma.

### **3.3.2. Aplicación del método**

El método se desarrolla para los tres tandems de molinos, presentando cada uno diferentes equipos a analizar. Primero se obtienen resultados de realizar una tabulación sencilla de frecuencias, luego se realiza el diagrama para poder analizar los resultados y determinar las causas principales que ocasionan inconvenientes.

#### **3.3.2.1. Resultados obtenidos**

Con la ayuda de un documento en Excel se tabularon todos los inconvenientes presentados durante la zafra anterior. Este formato está descrito en la sección 2.2.3.2. Esta herramienta presenta la facilidad de aplicar filtros para poder utilizar solamente la información que se haga necesaria. Así, se encontraron los números de problemas presentados por equipo.

Los datos obtenidos en el tandem A se presentan en la siguiente tabla. Se puede notar claramente como el molino 6 fue el que mayor número de inconvenientes presentó. Está seguido por el inclinado 1 y luego por otros equipos presentaron números menores de fallas.

Tabla XII. **Resultados de fallas en el tándem A**

<b>TANDEM A</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>NÚM. FALLAS</b>	<b>%</b>	<b>% ACUM</b>
UNIDAD 6A	51	27,72	27,72
INCLINADO 1A	38	20,65	48,37
UNIDAD 2A	21	11,41	59,78
UNIDAD 5A	21	11,41	71,20
UNIDAD 1A	14	7,61	78,80
INCLINADO 3A	10	5,43	84,24
INCLINADO 5A	8	4,35	88,59
OTROS (7)	21	11,41	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>184</b>	100	

Fuente: elaboración propia.

Para el tándem B se sigue una tendencia parecida a la del tándem A en la que el último molino es el que mayor número de inconvenientes presentó seguido del primer inclinado y el penúltimo molino.

Tabla XIII. **Resultados de fallas en el tándem B**

<b>TANDEM B</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>NÚM. FALLAS</b>	<b>%</b>	<b>% ACUM</b>
UNIDAD 5B	69	41,57	41,57
INCLINADO 1B	22	13,25	54,82
UNIDAD 4B	17	10,24	65,06
UNIDAD 2B	11	6,63	71,69
UNIDAD 3B	10	6,02	77,71
UNIDAD 1B	9	5,42	83,13
OTROS (7)	28	16,87	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>	100	

Fuente: elaboración propia.

En el tándem C, de igual forma, el último molino fue el que mayor número de inconvenientes presentó. Es seguido del primer y el tercer molino.

Tabla XIV. **Resultados de fallas en el tándem C**

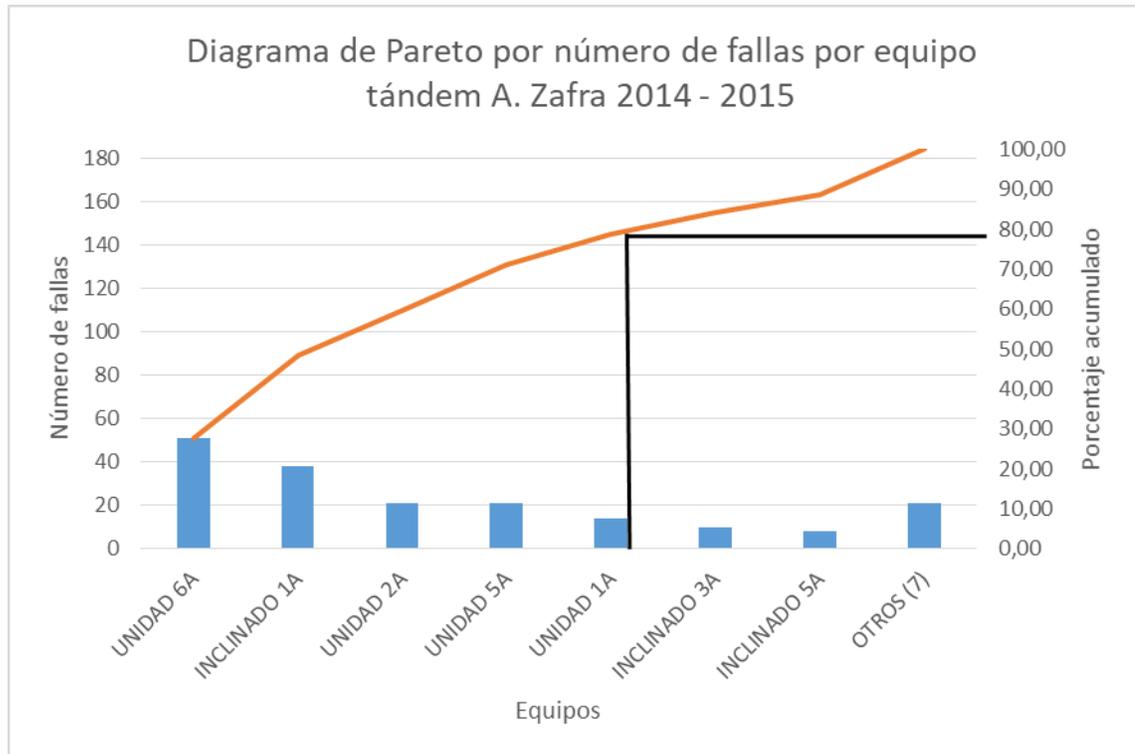
<b>TANDEM C</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>NÚM. FALLAS</b>	<b>%</b>	<b>% ACUM</b>
UNIDAD 5C	58	28,43	28,43
UNIDAD 1C	31	15,20	43,63
UNIDAD 3C	26	12,75	56,37
INCLINADO 4C	18	8,82	65,20
UNIDAD 4C	12	5,88	71,08
INCLINADO 1C	10	4,90	75,98
UNIDAD 2C	10	4,90	80,88
INCLINADO 3C	9	4,41	85,29
INCLINADO 2C	8	3,92	89,22
OTROS (9)	22	10,78	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>204</b>	100	

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2.2. Diagrama de Pareto

Después de obtener las respectivas tablas de frecuencias y haberlas ordenado para poder realizar de manera acorde cada uno de los diagramas, se obtienen tres diagramas en los cuales resalta que el último molino en cada tándem es el que mayor número de inconvenientes presenta. Esto se debe principalmente a que en el último molino el *setting* es más ajustado y las mazas están más cerca por lo que las fuerzas que ejerce el colchón de bagazo son de mayor magnitud.

Figura 80. Diagrama de Pareto del tándem A



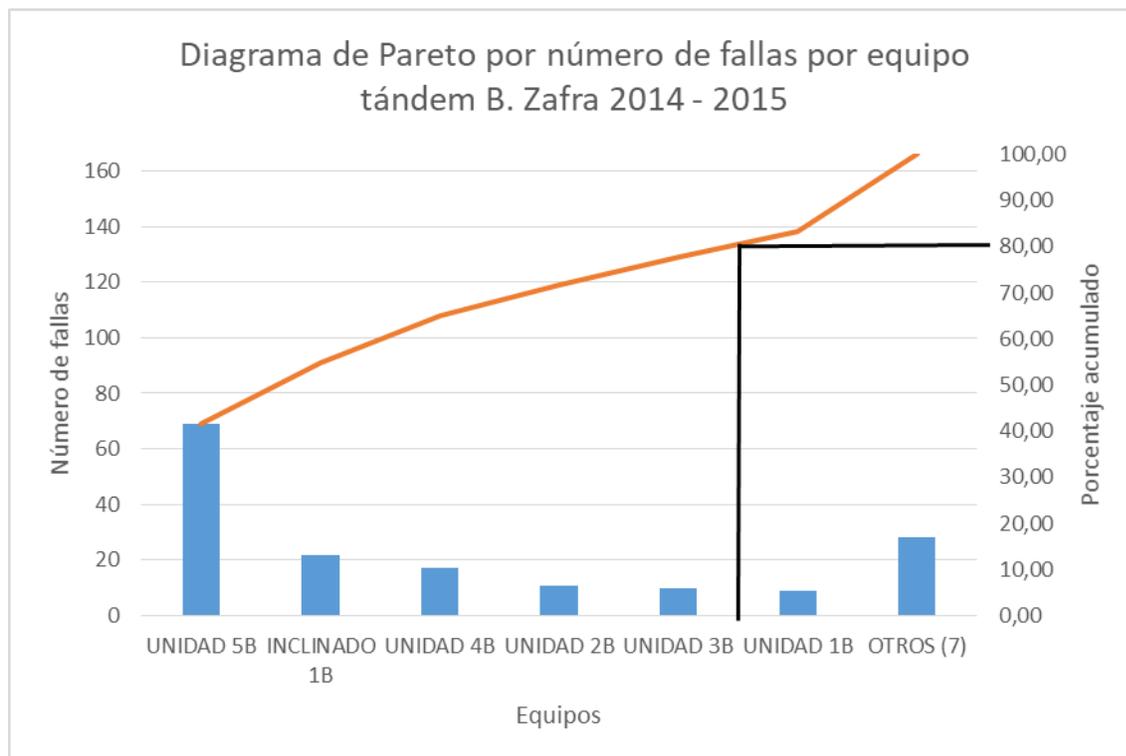
Fuente: elaboración propia.

En el tándem A se observa cómo quedan ejemplificados los equipos que mayor número de inconvenientes presentaron. El último molino es el que más inconvenientes presentó y es seguido del primer conductor intermedio.

Como se mencionaba anteriormente, el último molino es el que está sometido a mayores fuerzas, dada la cercanía de los equipos que deben comprimir una masa más compacta de bagazo. Es por ello que el molino 6A fue el que más problemas propició.

En el tándem B, de igual forma, el último molino fue el que más problemas presentó seguido por el primer conductor intermedio. Se mantiene una tendencia parecida a la del anterior tándem.

Figura 81. **Diagrama de Pareto del tándem B**

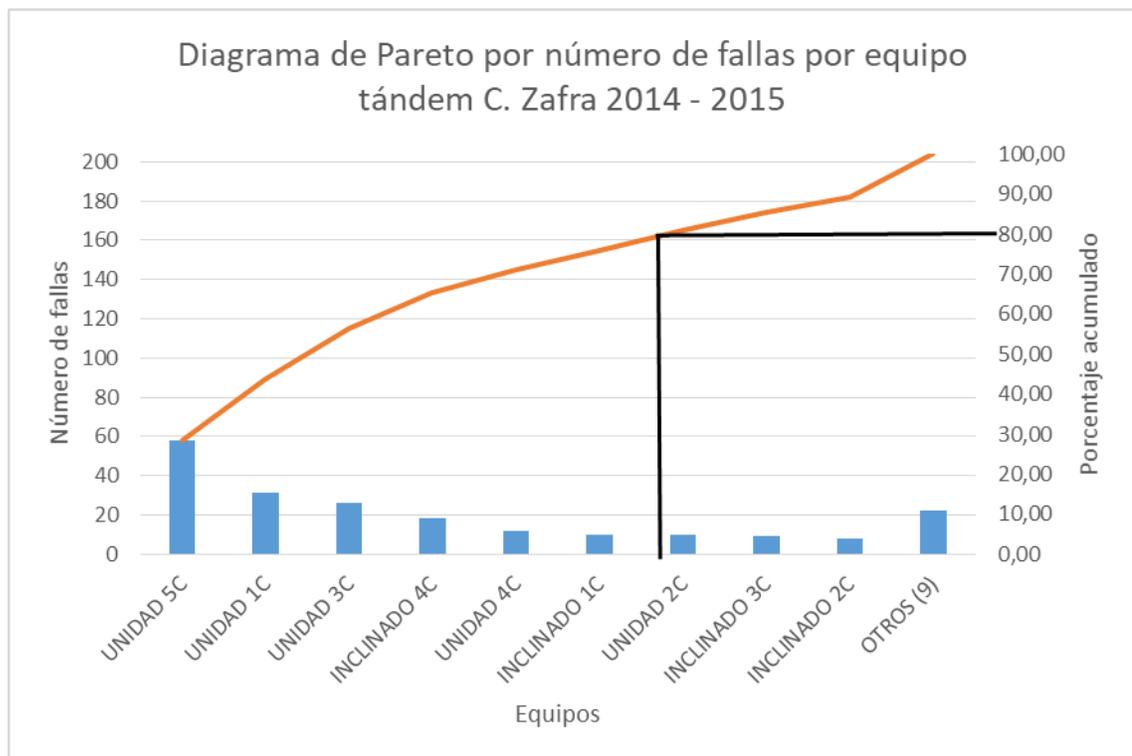


Fuente: elaboración propia.

En este tándem la diferencia entre número de fallos es mayor que en el anterior. Es necesario mencionar que fue el último molino del tándem B el equipo que más problemas causó en todo el proceso.

Para el tándem C se tiene el último molino como el equipo que mayor número de inconvenientes presentó. No es seguido por conductores intermedios y sí lo es por el primer y el tercer molino.

Figura 82. **Diagrama de Pareto del tándem C**



Fuente: elaboración propia.

Observando los tres diagramas de Pareto se puede concluir que los últimos molinos de cada tándem son los equipos más propensos a sufrir desgaste y presentar fallos o inconvenientes en el proceso de extracción.

### **3.3.2.3. Análisis del método**

La metodología del diagrama de Pareto o Ley 80-20 es de gran utilidad en el análisis de esta situación. Se empleó para cada uno de los tres tandems de molienda y cada uno presentó resultados similares.

El último molino de cada tandem fue el que mayor número de inconvenientes presentó. Esto se debe a que el ajuste entre mazas o *setting* es menor y las fuerzas a las que está expuesto todo el molino son mayores. La masa de bagazo está más comprimida a medida que avanza por los molinos y por lo tanto se hace más complicado realizar la compresión en el último molino.

El método constó de agrupar en columnas el número individual de inconvenientes por equipo y en una línea de tendencia agrupar el porcentaje acumulado. Al momento de realizar el trazo del 80 % no se obtuvieron pocos elementos como sugiere el método. Esto se debe a que las cantidades de inconvenientes están bastante repartidas en un buen número de equipos.

Este análisis de primer nivel fue realizado con el fin de determinar los principales equipos que causaron inconvenientes en la molienda durante la pasada zafra.

### **3.3.2.4. Determinación de principales causas**

En el tandem A, el equipo que más inconvenientes causó fue el sexto molino con el 27,72 % de los problemas, seguido del primer conductor intermedio con el 20,65 % y por el primer molino con el 11,41 %. Dado que sí se observa una diferencia entre la primera y segunda causa, el objeto de estudio para el análisis de segundo nivel es la unidad 6A.

En el tándem B fue el quinto molino con el 41,57 % el equipo que mayor número de problemas presentó, seguido del primer conductor intermedio con el 13,25 % y el cuarto molino con el 10,24 %. En este tándem se observa una gran diferencia por lo cual definitivamente el objeto de estudio del análisis de segundo nivel es la unidad 5B.

En el tándem C el principal equipo causante de inconvenientes en la molienda fue el quinto molino con el 28,43 %, seguido del primer molino con el 15,20 % y del tercer molino con el 12,75 %. Al observar la diferencia entre la primera y la segunda causa, se hace fácil determinar como objeto de estudio del análisis de segundo nivel la unidad 5C.

Al observar que los conductores intermedios ocupan una posición importante dentro del trazo del 80-20, se procederán a evaluar las principales causas de paros de esos equipos.

### **3.4. Análisis de segundo nivel**

Este análisis es la segunda parte del total e involucra la realización de diagramas de Pareto de segundo nivel, enfocándose en los tipos de inconvenientes surgidos en los equipos que más problemas presentaron. Determinado el inconveniente principal, se le procede a analizar con herramientas de calidad del tipo causa – efecto.

#### **3.4.1. Descripción de las herramientas de calidad**

Las herramientas utilizadas son dos diagramas del tipo causa – efecto. Estos diagramas son el de Ishikawa o espina de pescado en la metodología de las 6M y el árbol de problemas.

### 3.4.1.1. Diagrama de Ishikawa

Esta herramienta se utilizó para conocer las causas desde varios puntos de vista. El procedimiento para realizar un buen diagrama de Ishikawa es el siguiente:

- Definir y delimitar claramente el problema o tema a analizar. Es deseable tener claridad en la importancia del problema.
- Decidir qué tipo de diagrama de Ishikawa se utilizará. Debe decidirse basándose en las ventajas y desventajas de cada método.
- Buscar todas las causas probables, lo más concretas posible, con apoyo del diagrama elegido y por medio de una lluvia de ideas.
- Representar en el diagrama las ideas obtenidas y, al analizar el diagrama, preguntarse si faltan algunas causas no consideradas y agregarlas de ser así.
- Decidir cuáles son las causas más importantes en conjunto con otras personas involucradas en la problemática.
- Decidir sobre qué causas actuar. Se considera lo factible que resulta corregir cada una de las causas más importantes. Sobre las causas que no se decida actuar por las circunstancias, se hace necesario reportarlas.

### **3.4.1.2.      Árbol de problemas**

El árbol de causas – efectos es una metodología que consta de identificar un problema principal, analizarlo y definir todas las causas primarias, secundarias y hasta terciarias que lo ocasionan. Estas causas son relacionadas entre sí por medio de flechas. De igual manera se trabajan los efectos para así definir los inmediatos y los que están más retirados o son indirectos.

El primer paso para la realización de este diagrama consta de ya identificado el problema principal colocarlo en el centro del árbol ya que funge como el tronco y se quieren identificar sus raíces o causas y las ramas o efectos.

Como segundo paso se realiza la identificación de las causas del problema principal. Estas causas se pueden obtener mediante una lluvia de ideas y su posterior análisis.

Después se procede a relacionar las causas entre sí y darles un nivel de importancia e incidencia en el problema principal. Se agrupan por medio de flechas en forma ascendente. Las causas directas están en el nivel más próximo al problema central y las causas indirectas están en niveles inferiores.

Se procede a identificar los efectos que tiene el problema mediante una lluvia de ideas. Se definen los efectos principales y de mayor relación con el problema y se sustentan para así relacionarlos. Hay efectos directos que se ubican en el árbol en el nivel más próximo al problema central y luego hay efectos indirectos para definir un efecto final.

En este caso el efecto final puede ser un paro, un espacio o un puenteo en el área de molinos. Este sería el efecto final en lo que interesa al Departamento

de Maquinaria, pero a la larga para los intereses del ingenio, el efecto final es otro y es el costo de oportunidad al parar la molienda y la producción.

### 3.4.2. Aplicación de las herramientas de calidad

Para empezar, es necesario delimitar el campo de acción de las herramientas de calidad y es por ello que se ha realizado un diagrama de Pareto de segundo nivel para los equipos con mayor número de problemas, que en este caso fueron los últimos molinos de cada tándem. Además, se hizo un diagrama de Pareto de segundo nivel para los conductores intermedios.

En el tándem A, el equipo que mayor número de problemas presentó fue el molino 6. La tabla de frecuencias se presenta a continuación.

Tabla XV. **Tabla de frecuencias de los problemas de la unidad 6A**

<b>UNIDAD 6A</b>			
<b>PROBLEMA</b>	<b>FREC</b>	<b>%</b>	<b>% ACUM</b>
DESPERFECTO EN MOTOR ELÉCTRICO	7	13,73	13,73
DESPERFECTO EN ESTRUCTURA	6	11,76	25,49
SOBRECARGA DE BAGAZO	6	11,76	37,25
VERIFICACIÓN DE SETTING	5	9,80	47,06
DESGASTE DE PEINE SUPERIOR	4	7,84	54,90
LIMPIEZA / HIDROLAVADO	4	7,84	62,75
RUPTURA DE MANGUERAS HIDRÁULICAS	4	7,84	70,59
AJUSTE DE CUCHILLA CENTRAL	3	5,88	76,47
DESPEFECTO EN UNIDAD HIDRÁULICA	3	5,88	82,35
OTROS (7)	9	17,65	100,00

Fuente: elaboración propia.

Los problemas se observan que están bastante repartidos y no hay algún inconveniente que predomine en las estadísticas obtenidas. Los principales inconvenientes fueron: desperfecto en motor eléctrico, desperfecto en estructura y sobrecarga de bagazo. En el diagrama de Pareto queda evidenciado cómo las causas están repartidas equitativamente.

Figura 83. **Diagrama de Pareto de segundo nivel de la unidad 6A**



Fuente: elaboración propia.

En este equipo no se puede observar claramente una causa principal que ocasione problemas lo cual indica que es un equipo en el que se deben atacar varios factores como la transmisión, el adecuado armado, regular el flujo de bagazo y el ajuste de *setting*.

En el Tándem B, el equipo que mayor número de problemas presentó fue el molino 5. Se muestra la tabla de frecuencias con los inconvenientes que esa unidad presentó.

Tabla XVI. **Tabla de frecuencias de los problemas de la unidad 5B**

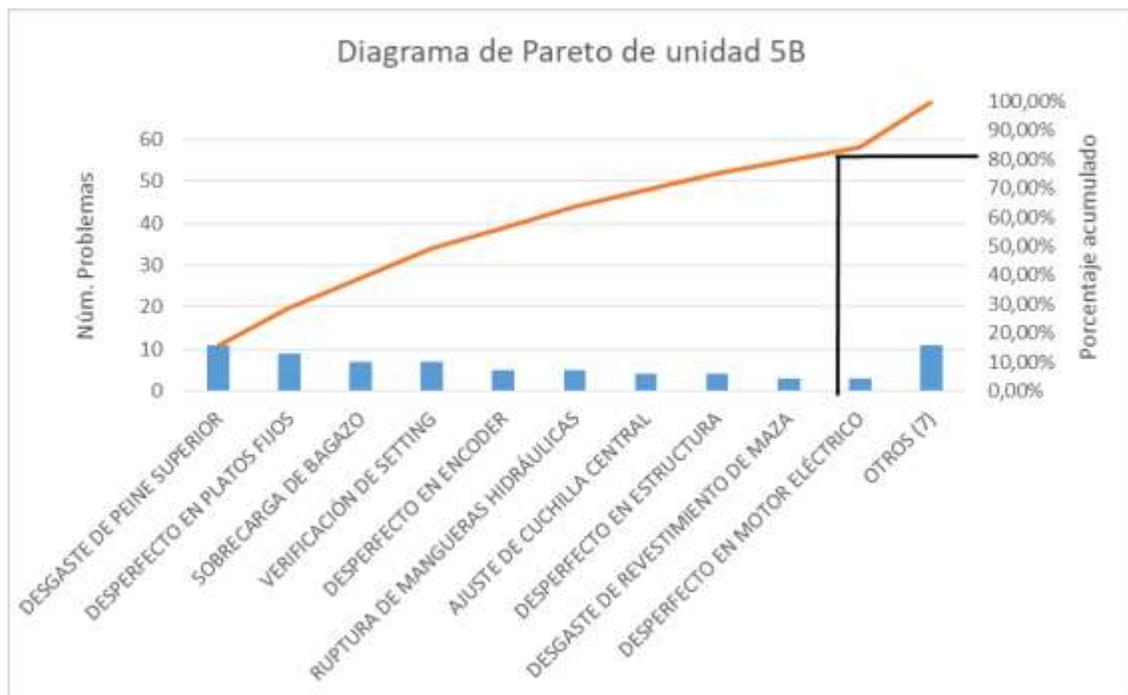
<b>UNIDAD 5B</b>			
<b>PROBLEMA</b>	<b>FREC</b>	<b>%</b>	<b>% ACUM</b>
DESGASTE DE PEINE SUPERIOR	11	15,94	15,94
DESPERFECTO EN PLATOS FIJOS	9	13,04	28,99
SOBRECARGA DE BAGAZO	7	10,14	39,13
VERIFICACIÓN DE SETTING	7	10,14	49,28
DESPERFECTO EN ENCODER	5	7,25	56,52
RUPTURA DE MANGUERAS HIDRÁULICAS	5	7,25	63,77
AJUSTE DE CUCHILLA CENTRAL	4	5,80	69,57
DESPERFECTO EN ESTRUCTURA	4	5,80	75,36
DESGASTE DE REVESTIMIENTO DE MAZA	3	4,35	79,71
DESPERFECTO EN MOTOR ELÉCTRICO	3	4,35	84,06
OTROS (7)	11	15,94	100,00

Fuente: elaboración propia.

Los dos principales problemas en el molino 5 del tándem B fueron el desgaste de peine superior y el desperfecto de los platos fijos. Esos dos problemas representaron el 28,99 % del total de la unidad.

En el siguiente diagrama de Pareto queda evidenciado lo descrito en la tabla anterior, en la que hay nueve causas que agrupan el ochenta por ciento de los problemas.

Figura 84. **Diagrama de Pareto de segundo nivel de la unidad 5B**



Fuente: elaboración propia.

El desgaste de peine superior se debe al roce entre la maza superior y el peine. Esto origina que el peine deba ser ajustado con el fin que pueda seguir realizando la función de limpieza de la maza. Cuando ya no puede ser ajustado debe ser sustituido por uno nuevo.

En el tándem C, el equipo que mayor número de problemas presentó fue el molino 5. Con esto queda evidenciado que en los tres tándems el último molino presentó más inconvenientes. Esto se debe a que el ajuste o *setting* de las mazas es más pequeño y por lo tanto están expuestas a fuerzas de mayor magnitud.

Tabla XVII. **Tabla de frecuencias de los problemas de la unidad 5C**

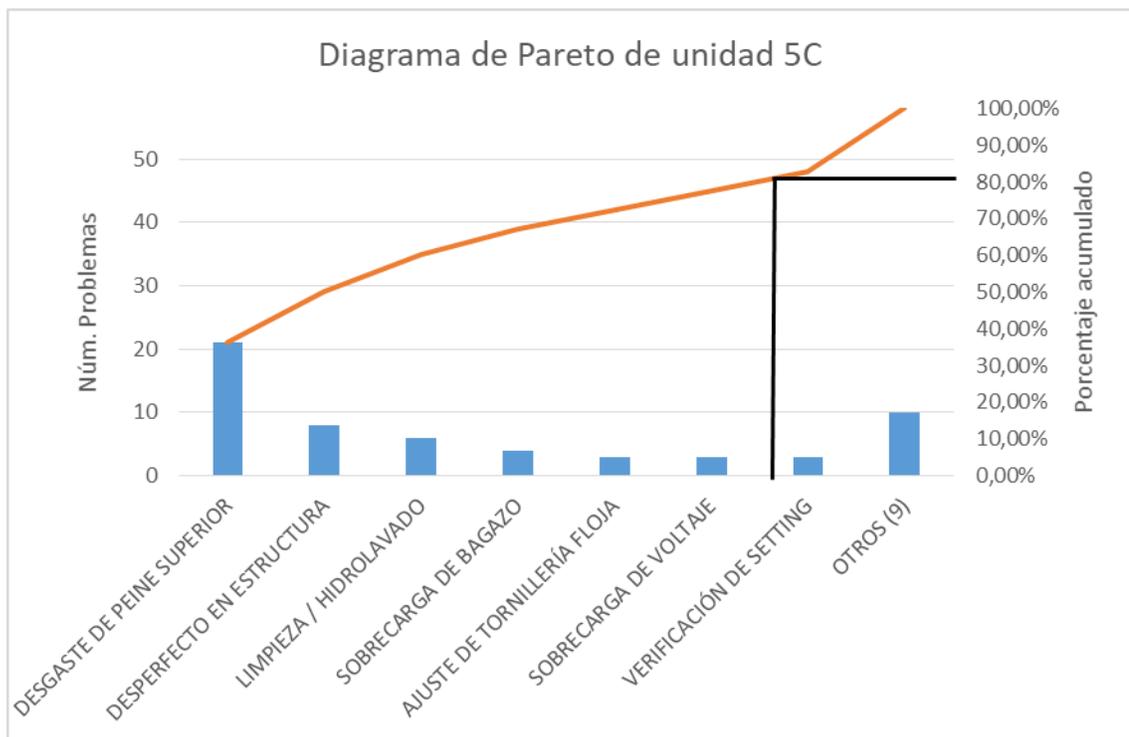
<b>UNIDAD 5C</b>			
<b>PROBLEMA</b>	<b>FREC</b>	<b>%</b>	<b>% ACUM</b>
DESGASTE DE PEINE SUPERIOR	21	36,21	36,21
DESPERFECTO EN ESTRUCTURA	8	13,79	50,00
LIMPIEZA / HIDROLAVADO	6	10,34	60,34
SOBRECARGA DE BAGAZO	4	6,90	67,24
AJUSTE DE TORNILLERÍA FLOJA	3	5,17	72,41
SOBRECARGA DE VOLTAJE	3	5,17	77,59
VERIFICACIÓN DE SETTING	3	5,17	82,76
OTROS (9)	10	17,24	100,00

Fuente: elaboración propia.

En este molino sí se evidencia una falla principal que es la de desgaste del peine superior. Este problema representa el 36.21 % del total en este equipo y es más del doble que cualquier otro inconveniente. Este definitivamente es un aspecto a tomar en cuenta para la próxima zafra.

En el siguiente diagrama de Pareto queda evidenciado lo descrito en la tabla anterior, en la que hay seis causas que agrupan el ochenta por ciento de los problemas. No están tan repartidas como en el tándem B.

Figura 85. **Diagrama de Pareto de segundo nivel de la unidad 5C**



Fuente: elaboración propia.

De forma similar con el tándem B ocurre que el peine se desgasta por el roce entre la maza y este elemento. Puede ser ajustado mediante un arreglo de tornillos tensores y cuando alcanza su desgaste máximo, debe ser sustituido por otro peine.

Para los conductores intermedios se identificaron 141 problemas que representaron el 25,36 % de los 556 inconvenientes. Las dos principales causas fueron la sobrecarga de bagazo y el desgaste de las tablillas de arrastre.

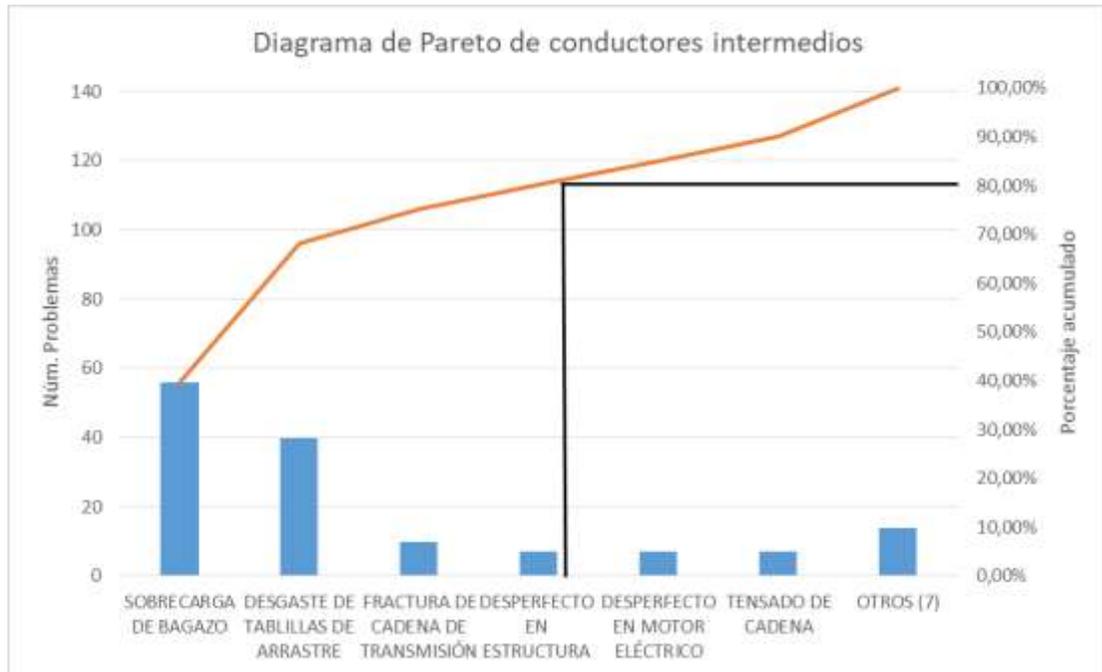
Tabla XVIII. **Tabla de frecuencias de los problemas de los inclinados**

<b>INCLINADOS</b>			
<b>PROBLEMA</b>	<b>FREC</b>	<b>%</b>	<b>% ACUM</b>
SOBRECARGA DE BAGAZO	56	39,72	39,72
DESGASTE DE TABLILLAS DE ARRASTRE	40	28,37	68,09
FRACTURA DE CADENA DE TRANSMISIÓN	10	7,09	75,18
DESPERFECTO EN ESTRUCTURA	7	4,96	80,14
DESPERFECTO EN MOTOR ELÉCTRICO	7	4,96	85,11
TENSADO DE CADENA	7	4,96	90,07
OTROS (7)	14	9,93	100,00

Fuente: elaboración propia.

Se realizó un gráfico respectivo del análisis de Pareto para todos los conductores intermedios según la tabla anterior. Se observa claramente como dos causas predominan con el 68,09 % del total.

Figura 86. Diagrama de Pareto de segundo nivel de los inclinados



Fuente: elaboración propia.

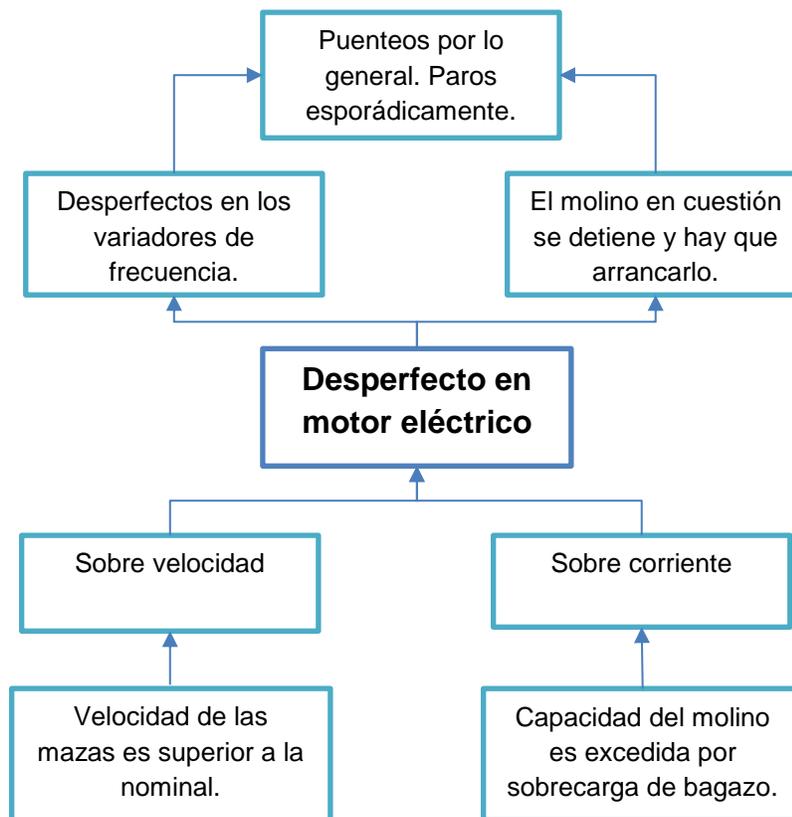
Tanto la sobrecarga de bagazo como el desgaste de tablillas de arrastre ocasionaron gran cantidad de fallos en los conductores intermedios. Esto se debe a la mala operación del moedor y a que el molino no está realizando trabajo de extracción por lo cual retarda el flujo y ocasiona atoros. Por su parte, el desperfecto de las tablillas se debe a la estructura que presenta sobrecarga de esfuerzos en las orejas de las tablillas y tienden a fallar por ese lado.

Identificadas las principales causas que ocasionaron inconvenientes en los equipos que mayor número de veces provocaron paros, espacios o puentes, se puede proceder a utilizar herramientas más específicas como lo son el diagrama de Ishikawa y el diagrama de árbol de problemas.

- Diagramas de Ishikawa y árbol de problemas

En el diagrama de Pareto de la unidad 6A se observan varias causas que causaron inconvenientes. Se hace un análisis de la causa de desperfecto de motor eléctrico. Este problema ocasionó 152 minutos aproximadamente de molienda anormal.

Figura 87. **Árbol de problemas de desperfecto de motor eléctrico**

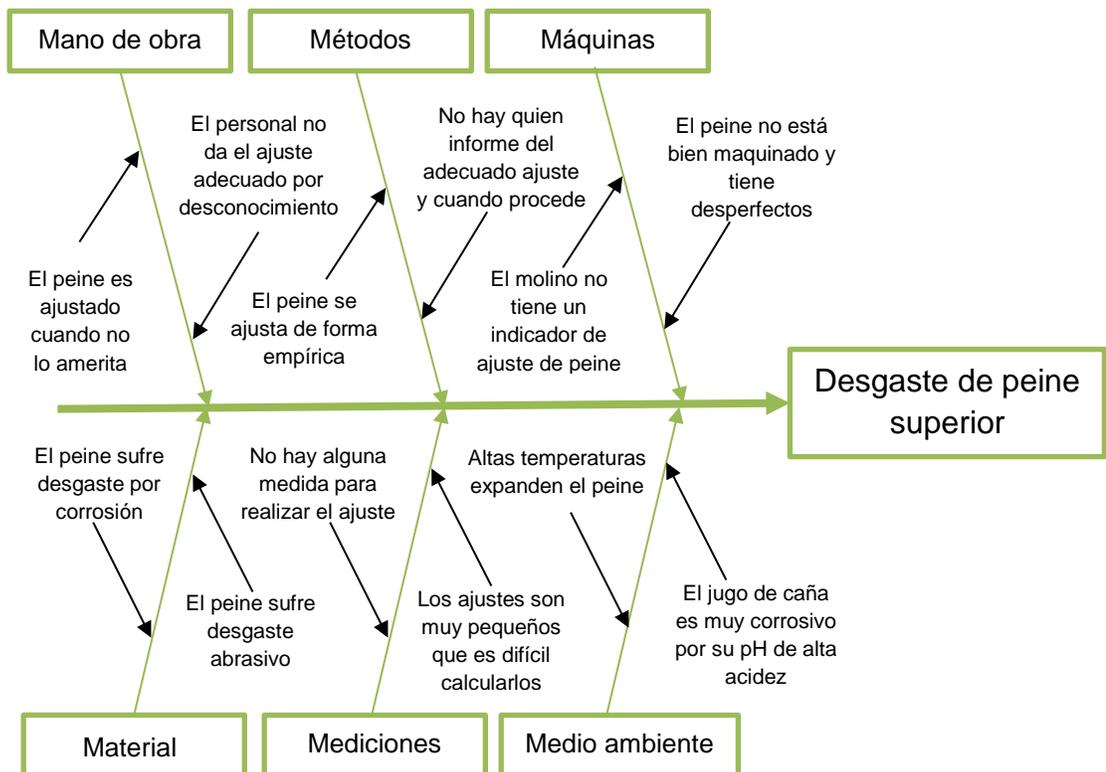


Fuente: elaboración propia.

Para la unidad 5B y la unidad 5C, la aplicación de herramientas de calidad se enfoca en la causa desgaste de peine superior que marca tendencias claras en cuanto al número de ocasiones que causó inconvenientes.

En la unidad 5B representó el 15,94 % de los problemas y 508 minutos de molienda anormal. En la unidad 5C representó el 36,21 % de los problemas y 1 245 minutos aproximadamente de molienda no realizada en condiciones óptimas.

Figura 88. Diagrama de Ishikawa de desgaste de peine superior

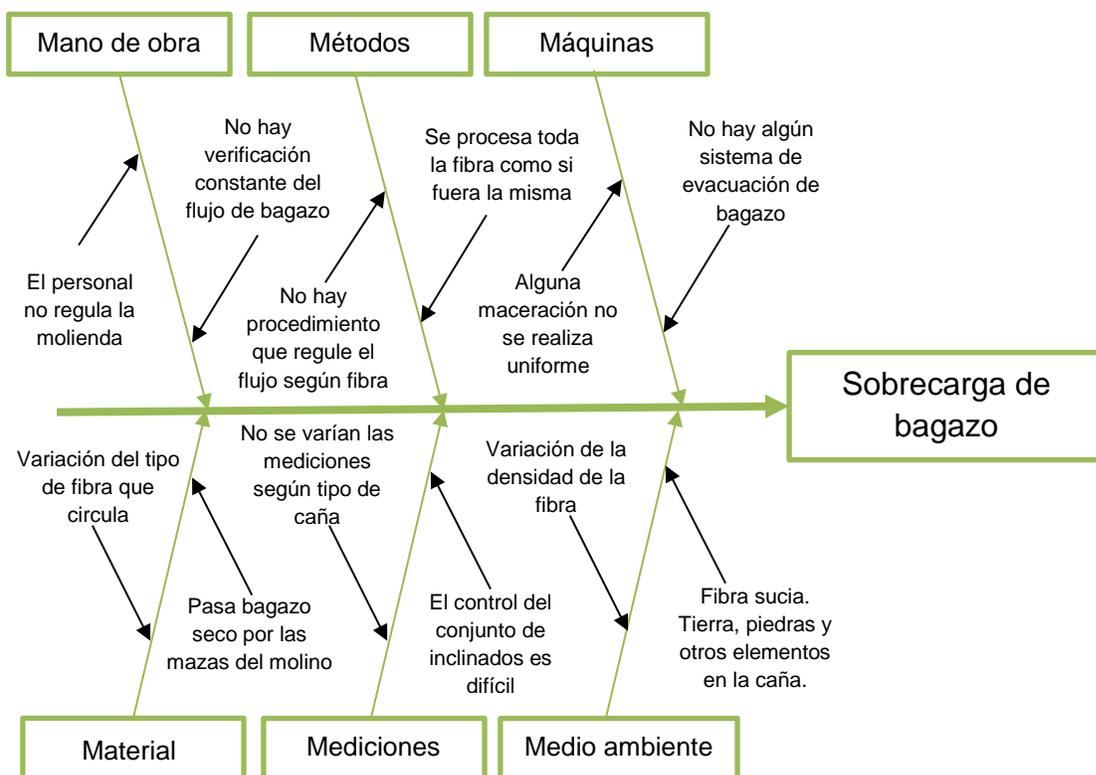


Fuente: elaboración propia.

Para los inclinados o conductores intermedios se encontraron dos causas principales que causaron inconvenientes durante la pasada zafra. En primer lugar, se tiene la sobrecarga de bagazo con el 39,72 % de los inconvenientes, seguido del desgaste de tablillas de arrastre con el 28,73 %. Estas dos causas originaron casi el 70 % de los inconvenientes en los trece inclinados de los tres tándems.

Para el primer problema se realiza un diagrama causa – efecto del tipo Ishikawa y el método de las 6M. Se definen las causas secundarias y los efectos que ocasiona la sobrecarga de bagazo. En total fueron 556 minutos de paros y espacios en la molienda de los tres tándems.

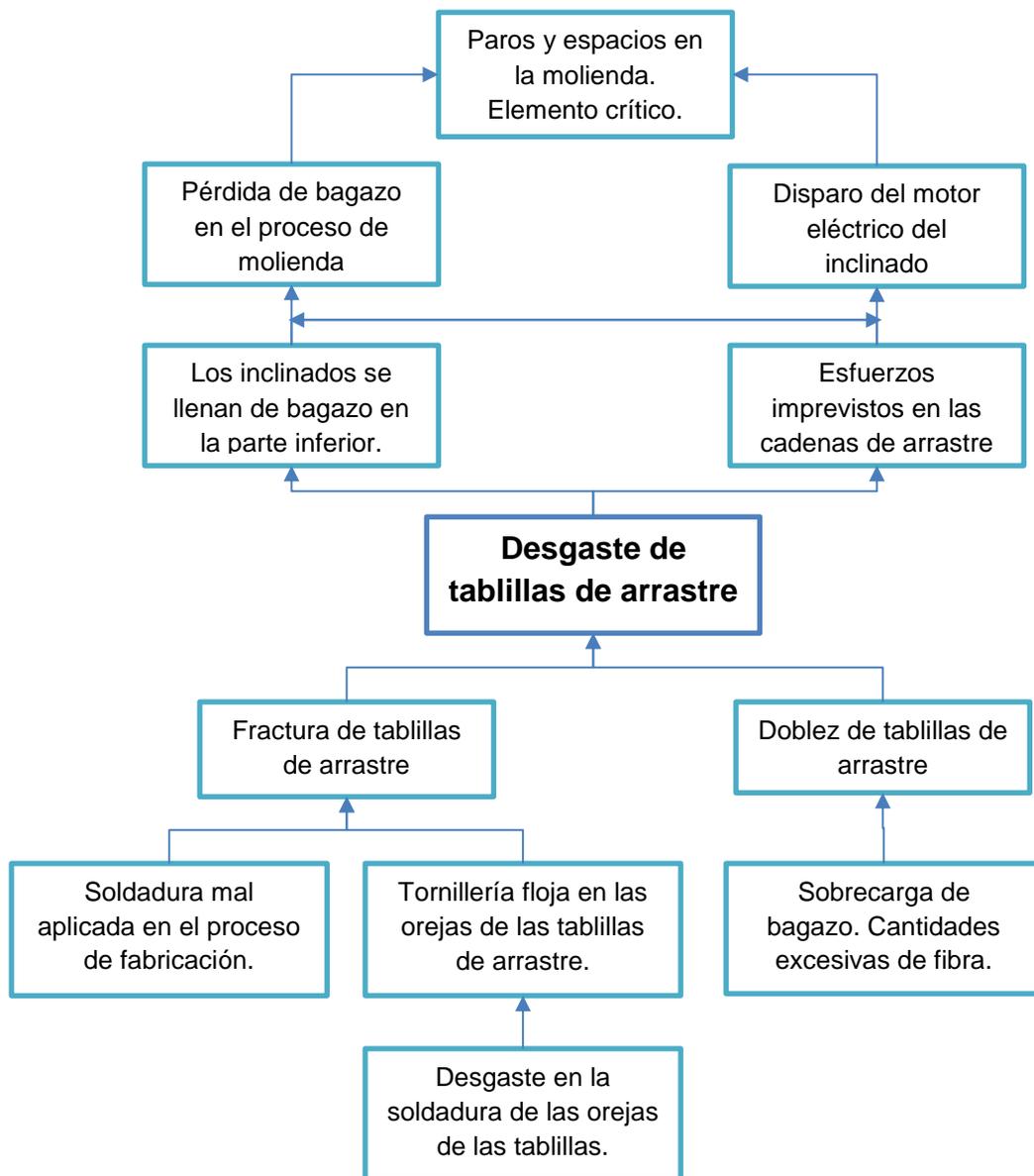
Figura 89. Diagrama de Ishikawa de sobrecarga de bagazo



Fuente: elaboración propia.

El desgaste de las tablillas de arrastre representó el 28,37 % del total de inconvenientes producidos en los trece conductores intermedios. Este problema representó un total de 737 minutos de inconvenientes en la molienda.

Figura 90. **Árbol de problemas del desgaste de tablillas de arrastre**



Fuente: elaboración propia.

El desgaste de las tablillas es un problema crítico en el proceso productivo ya que ocasiona paros y espacios en la molienda.

Estos conductores no pueden ser puenteados. El desgaste incluye la fractura de las tablillas y el dobléz de las mismas. Por lo general la solución es el cambio inmediato de las tablillas.

### **3.4.3. Análisis de las causas principales**

En el tándem A hubo varias causas que ocasionaron problemas en la molienda normal. Levemente la causa de desperfecto en motor eléctrico sobresalió respecto de las demás. Esta causa es común de la mayoría del equipo del área y del ingenio, ya que una gran proporción es accionada por motores eléctricos. Las dos causas principales para que se origine este problema son la sobre corriente y la sobre velocidad.

La sobre corriente ocurre al exceder la capacidad del molino con cantidades muy grandes de bagazo. Esto hace que el motor eléctrico demande más corriente y proceda a dispararse. Por su parte, la sobre velocidad ocurre en menor cantidad de ocasiones y se debe a que la velocidad de las mazas sea superior a la nominal y, por lo tanto, exceda la capacidad del motor.

En el tándem B y en el tándem C el problema de mayor repercusión fue el desgaste del peine superior. Este problema representó costos imprevistos por fabricar peines para la sustitución de los que estaban desgastados o averiados. Además, representó buena cantidad de tiempo con molinos puenteados y molienda realizada en condiciones que no fueron las óptimas.

El peine superior es un elemento cuya función principal es la de mantener la maza superior limpia y libre de bagazo. El peine conforme el tiempo debe ser ajustado para que tenga un espacio adecuado respecto a la maza y puede realizar su función. Sin embargo, estos ajustes deben realizarse cuando lo amerite y no cada vez que un mecánico lo decida. Al realizar ajustes muy frecuentemente, los peines entran en contacto con la maza y ambos elementos se desgastan.

Dejando de lado que a las condiciones a las que están expuestos los peines son extremas y que el material sufre desgaste corrosivo y abrasivo, la causa principal es el ajuste innecesario de la pieza. No está normado cuándo debe realizarse un ajuste o cuál es la medida al proceder con esa acción. Para la próxima zafra se pretende que este problema disminuya considerablemente, ya que la tasa de cambios de peines respecto a otros ingenios es muy desfavorable.

Para los conductores intermedios las principales causas de problemas en los tándems de molinos fueron la sobrecarga de bagazo y el desgaste de las tablillas de arrastre.

Se tiene primero que al no regular la molienda o que un molino no esté trabajando en condiciones óptimas, el flujo de bagazo entre molinos es irregular y tiende a reducirse en unos casos, pero en otros a aumentar. Cuando aumenta el flujo de bagazo puede deberse a que la fibra es más densa y le cuesta más a un molino procesarla. También puede deberse a que alguna parte de la maceración compuesta no se está realizando bien y permite el paso de bagazo seco, lo cual satura los molinos y sobrecarga los inclinados.

Para la siguiente zafra se ha hecho conciencia en los moledores que deben estar atentos al flujo de fibra y a cómo debe ser tratada según su procedencia.

Se ha hecho un arreglo en los conductores en forma de compuerta para liberar el bagazo de forma más rápida si se presentan sobrecargas.

Por su parte, el desgaste en las tablillas ocurre porque estas se doblan o se fracturan. Los dobleces se presentan por sobrecargas de bagazo y porque el material termina cediendo en su punto de fluencia. La fractura de tablillas ocurre normalmente en las orejas de las tablillas y se debe a mala soldadura o a que la tornillería se afloja y permite mayores vibraciones.

Este es un problema que pretende reducirse ya que se incurre en costos de fabricación y de mano de obra imprevistos. Además de que se hace necesario mencionar que los conductores intermedios son elementos críticos en las líneas que, al fallar, originan un paro en la molienda y en la producción.

### **3.5. Catálogo de fallas**

Se presentan a continuación los principales inconvenientes suscitados durante la pasada zafra. Se describen causas, síntomas y soluciones de los distintos problemas.

- **Sobrecarga de bagazo**

Este problema se presenta tanto en los molinos como en los conductores intermedios y como su nombre lo indica, es básicamente el atoro del equipo por cantidades excesivas de bagazo. Representó el 18,53 % del total de inconvenientes.

- Causas
  - No se regula la molienda de forma adecuada.
  - Variación del tipo de fibra que circula. La fibra más densa se hace más difícil de procesar.
  - Alguna maceración no se realiza adecuadamente y traslada bagazo seco, lo cual atora los molinos e inclinados.
  - Fibra sucia. Presencia de tierra, piedras y otros elementos que un molino no puede procesar fácilmente.
  
- Síntomas
  - Se observa en los visores de los chutes de los molinos que la alimentación es muy lenta y que se acumula el bagazo.
  - Al llenarse los chutes se observa que las tabillas de los inclinados arrojan hacia afuera el bagazo que conducen.
  - Las mazas y las tabillas se observan con cantidades de bagazo excesivas.
  
- Soluciones
  - En un molino se hace puenteo o *by-pass* para proceder a parar el movimiento de las mazas y que el personal operativo abra las compuertas de escape de los chutes o tolvas alimentadoras y retire el exceso de bagazo.
  - En un conductor intermedio se tiene que parar el tándem y se abre la compuerta de escape para retirar manualmente el exceso de bagazo del fondo de la estructura del conductor.

- **Desgaste de peine superior**

Este inconveniente se presenta en los molinos en los peines o raspadores de las mazas superiores. Representó el 10,61 % de los problemas y es un costo que presenta oportunidad de ser reducido.

- Causas

- Ajuste o apriete innecesario del peine por parte de mecánicos.
- Desgaste corrosivo y abrasivo del peine como tal.
- Estructura dentada que no se maquinó bien y entra en contacto con la maza.
- Mal ajuste inicial del peine con la maza.

- Síntomas

- Ruido y vibración por el contacto entre el peine y la maza.
- Maza superior se llena de bagazo.
- Ruptura de la estructura que soporta al peine.

- Soluciones

- Corte del llamado medio diente para que el peine pueda seguir siendo ajustado contra la maza.
- Cambio de peine superior.

- **Desperfecto en estructura**

Representó el 7,91 % de los problemas y es un inconveniente que se presenta en la mayor parte del equipo ya que se refiere a todas las componentes que están fijas y no en movimiento.

- Causas

- El jugo de caña es muy ácido lo cual lo vuelve un elemento corrosivo que desgaste el material.
- Las vibraciones hacen que las piezas cedan al alcanzar esfuerzos superiores.

- Síntomas

- Oxidación de piezas.
- Ruptura de elementos.
- Formación de tacos de bagazo en ciertas partes.

- Soluciones

- Corte de piezas.
- Soldadura de piezas dañadas.
- Cambio de piezas averiadas.
- Ajustes de estructura.

- **Desperfecto en motor eléctrico**

Se presenta en la mayoría de equipos al ser estos accionados por energía eléctrica. Representó el 7,73 % del total de inconvenientes suscitados.

- Causas

- Sobre velocidad. Referida a las revoluciones por minuto (rpm) del motor.
- Sobrecarga de corriente. Referida a la corriente eléctrica o amperaje medida en amperios.
- Sobrecarga de voltaje. Referida al exceso del voltaje medido en voltios.

- Síntomas

- Disparos del motor.
- Ruido y vibraciones.
- Elementos quemados.

- Soluciones

- Cambio de elementos quemados.
- Reinicio del motor.

- **Desgaste de tablillas de arrastre**

Representó el 7,37 % de los problemas ocurridos y se da únicamente en los conductores intermedios entre un molino y otro.

- Causas

- Sobrecarga de bagazo.
- Mala soldadura de las orejas de las tablillas.
- Tornillería floja que produce vibración y posterior fractura.
- El material sufre desgaste por la acidez de la caña.

- Síntomas

- Ruido y vibración de las tablillas en sus extremos.
- Se observa pandeo en el tubo de las tablillas.
- Fractura de tablillas.

- Soluciones

- Ajuste de tornillería floja.
- Refuerzo de soldadura en las orejas de las tablillas.
- Cambio de tablillas.

- **Limpieza / hidrolavado**

Este inconveniente no es una falla como tal y se refiere al lavado con agua a presión de distintas partes de los equipos. Representó el 6,29 % de los casos por lo cual su incidencia se hace notar en el estudio.

- Causas

- Peines desgastados que no realizan la limpieza de mazas.
- Sobrecarga de bagazo en el molino que satura guardajugos, cuchillas, raspadores y mazas.

- Síntomas

- Mazas llenas de bagazo en sus dientes.
- Mazas perforadas llenas de bagazo en drenajes y/o boquillas.
- Formación de tacos de bagazo en diferentes partes del molino.

- Soluciones

- Limpieza manual.
- Limpieza con aire comprimido.
- Lavado con agua a presión (hidrolavado).

### **3.6. Instructivos propuestos**

Como propuesta adicional se tiene la elaboración de instructivos para tareas complementarias de mantenimiento. Estos instructivos están orientados a tareas que pueden representar actos o condiciones inseguras. Son instructivos temáticos para el área de seguridad industrial.

Primero, se tiene un instructivo para el hidrolavado de mazas. Esta actividad se desarrolla con los molinos fuera de operación y consiste en introducir una manguera con agua a presión en los drenajes de las mazas perforadas para liberar bloqueos de bagazo. Es una actividad que debe ser normada ya que, de no manejar bien el equipo, representa un riesgo para los operadores que desarrollan el hidrolavado.

Se realiza la propuesta de un instructivo para la secuencia de arranque y parada de cargadores frontales. Estos vehículos forman parte del desarrollo de actividades de mantenimiento y deben ser operados con precaución porque pueden representar condiciones inseguras.

También se desarrolla un instructivo para el adecuado arranque de los equipos después de una parada por mantenimiento o falta de caña. Es una secuencia que los jefes y supervisores de turno deben conocer y difundir al personal bajo sus cargos. Es una secuencia de arranques que deben ser hechos con mucha cautela para evitar accidentes y daños materiales.

Figura 91. **Instructivo para hidrolavado de mazas**

	<p align="center"><b>Instructivo para hidrolavado de mazas de molinos</b></p>	<p><b>Código:</b></p>
<p><b>Depto. Maquinaria</b></p>		<p><b>Versión:</b></p>
<p>1. Propósito</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los lineamientos generales para la adecuada ejecución del lavado de mazas de molinos.</li> </ul> <p>2. Distribución</p> <p>Este documento se distribuye así:</p> <p>2.1 Original: archivo central de documentos en gestión de la calidad.</p> <p>2.2 Copias: consejo directivo, gerencias, jefaturas, coordinaciones, supervisiones, coordinador gestión de la calidad, administrador de documentos.</p> <p>3. Responsabilidades</p> <p>3.1 Gerentes, jefes, coordinaciones, supervisores, administradores, asistentes y empleados con personal bajo su cargo del área industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velar por que todas las obligaciones, prohibiciones y medidas de seguridad e higiene en el trabajo sean fielmente cumplidas por todos los trabajadores.</li> </ul> <p>4. Definiciones</p> <p>Hidrolavado: limpieza de mazas con agua a presión a través de una manguera con boquilla especializada que se introduce en los drenajes de las mazas perforadas y retira el bagazo acumulado en los mismos.</p> <p>Maza: rodillo dentado de hierro fundido que sirve para comprimir el bagazo y extraer el jugo de la caña de azúcar.</p>		
<p><b>Elaborado por:</b></p>	<p><b>Revisado por:</b></p>	<p><b>Autorizado por:</b></p>
<p><b>Cargo:</b></p>	<p><b>Cargo:</b></p>	<p><b>Cargo:</b></p>
<p><b>Fecha:</b></p>	<p><b>Fecha:</b></p>	<p><b>Fecha:</b></p>

Continuación de la figura 91.

## 5. Desarrollo

El desarrollo de este instructivo consta del proceso a seguir para la limpieza de las mazas perforadas con agua a presión.

Pasos a seguir:

1. Ubicar el equipo en las proximidades del tándem en donde no obstruya la circulación de personal ni de equipos.
2. Conectar y asegurar las distintas mangueras.
3. Ajustar y asegurar todo el equipo de protección personal (EPP).
4. Verificar que no haya personal cerca de donde se procederá a colocar la boquilla.
5. Colocar la boquilla de la manguera en uno de los drenajes de la maza.
6. Encender la máquina.
7. Graduar poco a poco la presión del agua hasta alcanzar los 10 000 psi.
8. Con la presión requerida, introducir la manguera en el drenaje y dejar que proceda a lo largo de toda la maza.
9. Cuando la boquilla y el agua a presión alcanzan el otro lado de la maza, pausar la máquina.
10. Retirar poco a poco la manguera del drenaje y colocarla en el siguiente.
11. Activar la máquina y repetir el proceso hasta completar el lavado de la totalidad de drenajes.
12. Cuando se haya terminado de lavar la maza, apagar la máquina.
13. Desconectar con cuidado las mangueras y colocarlas en su respectivo lugar.
14. Ubicar el equipo en un lugar retirado en que ha sido asignado.

Es necesario revisar la boquilla periódicamente porque puede llegarse a obstruir o bloquear y esto cause problemas en la aspersion de agua.

Fuente: elaboración propia.

Figura 92. **Instructivo para arranque y parada de cargadores frontales**

	<b>Instructivo para arranque y parada de cargadores frontales</b>	Código:
		Versión:
<b>Depto. Maquinaria</b>		
<p>1. Propósito</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los lineamientos generales para la adecuada secuencia de arranque y parada de los cargadores frontales.</li> </ul> <p>2. Distribución</p> <p>Este documento se distribuye así:</p> <p style="margin-left: 40px;">2.1 Original: archivo central de documentos en gestión de la calidad.</p> <p style="margin-left: 40px;">2.2 Copias: consejo directivo, gerencias, jefaturas, coordinaciones, supervisiones, coordinador gestión de la calidad, administrador de documentos.</p> <p>3. Responsabilidades</p> <p style="margin-left: 40px;">3.1 Gerentes, jefes, coordinaciones, supervisores, administradores, asistentes y empleados con personal bajo su cargo del área industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velar por que todas las obligaciones, prohibiciones y medidas de seguridad e higiene en el trabajo sean fielmente cumplidas por todos los trabajadores.</li> </ul> <p>4. Definiciones</p> <p>Cargador frontal: equipos tractores que sirven para carga y acarreo de diferentes elementos.</p> <p><i>Brake</i>: freno de mano y de seguridad de los cargadores frontales.</p>		
Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

Continuación de la figura 92.

## 5. Desarrollo

El desarrollo de este instructivo consta del proceso a seguir para el arranque y detención de los cargadores frontales.

### Secuencia de arranque

1. Utilizar el equipo de protección personal indicado (casco, calzado industrial, lentes de seguridad y tapones auditivos).
2. Inspección de los niveles de aceite del motor, transmisión y sistema hidráulico.
3. Inspección del nivel de agua.
4. Inspección de los neumáticos (presión de aire, estado, etc.)
5. Inspección general del vehículo.
6. Abordar la unidad de manera ordenada y segura.
7. Revisar las luces de la unidad en caso de ser necesarias. Si no funcionan se debe reportar con el supervisor encargado.
8. Verificar que no haya personal en las proximidades del vehículo.
9. Arrancar la unidad girando la llave.
10. Al estar el vehículo arrancado, verificar que no existan fallos en los distintos sistemas. De existir deben ser reportados con el supervisor encargado.
11. Levantar la jaiba hasta una altura prudencial.
12. Desactivar el *brake*, activar la palanca de cambios y proceder a mover el vehículo.

### Secuencia de parada

1. Parquear el vehículo en lugares despejados donde no interfiera con el transporte de caña y que no haya personal cerca.
2. Proceder a bajar la jaiba.
3. Bloquear el movimiento de la unidad activando el *brake*.
4. Apagar la máquina quitando el *switch*.
5. Retirar la llave.
6. Descender de la unidad con el equipo de protección personal indicado (casco, calzado industrial, lentes de seguridad y tapones auditivos).

Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Instructivo para arranque de motores eléctricos**

	<b>Instructivo para arranque de motores eléctricos</b>	Código:
		Versión:
<b>Depto. Maquinaria</b>		
<p>1. Propósito</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los lineamientos generales para la adecuada secuencia de arranque de motores de un tándem después de un paro.</li> </ul> <p>2. Distribución</p> <p>Este documento se distribuye así:</p> <p style="margin-left: 40px;">2.1 Original: archivo central de documentos en gestión de la calidad.</p> <p style="margin-left: 40px;">2.2 Copias: consejo directivo, gerencias, jefaturas, coordinaciones, supervisiones, coordinador gestión de la calidad, administrador de documentos.</p> <p>3. Responsabilidades</p> <p style="margin-left: 40px;">3.1 Gerentes, jefes, coordinaciones, supervisores, administradores, asistentes y empleados con personal bajo su cargo del área industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velar por que todas las obligaciones, prohibiciones y medidas de seguridad e higiene en el trabajo sean fielmente cumplidas por todos los trabajadores.</li> </ul> <p>4. Definiciones</p> <p>Preparación: etapa del proceso en que la caña pasa de tallos a fibra pasando a través de picadoras y desfibradoras en el conductor de tablillas.</p> <p>Extracción: etapa del proceso en que se extrae el jugo de la fibra por medio de molinos.</p>		
Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

Continuación de la figura 93.

## 5. Desarrollo

El desarrollo de este instructivo consta del proceso a seguir para el arranque de los motores eléctricos después de una parada de toda la maquinaria y equipo de un tándem.

Pasos a seguir:

1. Antes de arrancar cualquier equipo, verificar que no haya personal dentro de áreas críticas o cerca de condiciones peligrosas.
2. Verificar que no hayan herramientas o elementos ajenos a la maquinaria que puedan causar problemas o accidentes.
3. Proceder a habilitar los sistemas de lubricación de los motores de la preparación.
4. Pedir autorización a cogeneración para habilitar los motores de la preparación.
5. Arrancar el motor de la desfibradora (en el tándem C, arrancar el motor 2 y luego el 1).
6. Arrancar el motor de la picadora (en el tándem A, arrancar el motor 2 y luego el 1).
7. Arrancar el motor de la precuchilla (solamente en el tándem A).
8. Habilitar los sistemas de lubricación de los molinos.
9. Pedir autorización a cogeneración para habilitar los motores de extracción.
10. Arrancar el motor del molino #5 en tándem B y C, #6 en tándem A.
11. Arrancar el motor del inclinado #4 en tándem B y C, #5 en tándem A.
12. Arrancar el motor del molino #4 en tándem B y C, #5 en tándem A.
13. Arrancar el motor del inclinado #3 en tándem B y C, #4 en tándem A.
14. Seguir esta secuencia hasta llegar al molino #1.
15. Proceder a arrancar la banda de alimentación a molinos.
16. Proceder a arrancar el conductor de tablillas.
17. Arrancar motores eléctricos de equipos auxiliares (nivelador de banda, nivelador de conductor de tablillas, niveladores de mesas, pateador).
18. Dar autorización a operadores de mesas a que procedan con la alimentación de caña a la línea.
19. Dar autorización a operadores de viradores para que descarguen jaulas.
20. Proceder a la operación normal de la línea.

Fuente: elaboración propia.



## **4. INSTRUCCIÓN AL PERSONAL OPERATIVO DE LAS HOJAS DE MANTENIMIENTO Y DEL PROCESO DE MOLIENDA (FASE DE DOCENCIA)**

### **4.1. Planificación**

La planificación de esta fase se centra en definir y delimitar lo que se quiere alcanzar con las dinámicas propuestas.

- **Objetivo general**

Instruir al personal mecánico encargado de las rutinas de mantenimiento acerca de la adecuada utilización de los formatos propuestos para hojas de programación y de verificación de mantenimiento y acerca del proceso de molienda del área.

- **Objetivos específicos**

- Introducir el concepto de mantenimiento programado entre el personal mecánico.
- Dar a conocer a mecánicos los períodos de tiempo en que se realizan las actividades específicas de mantenimiento de los equipos bajo sus cargos.
- Infundir cultura de orden y organización para el desarrollo de las rutinas de mantenimiento.

- Conceptualizar al personal acerca de las actividades que están involucradas en el proceso del área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar.
  
- **Estrategias**
  - Capacitación por medio de diálogo con los mecánicos encargados de las rutinas apoyándose en formatos propuestos de hojas de programación de mantenimiento.
  - Presentación del equipo y las actividades involucradas en el proceso de molienda que se realizan al personal operativo dividido en grupos en las salas de capacitaciones.
  
- **Actividades**
  - Diálogo con supervisores para delimitar las actividades de mantenimiento que se realizan por períodos de tiempo.
  - Conocimiento de los mecánicos encargados de rutinas que posean mayor experiencia y relación con los equipos.
  - Diálogo con los mecánicos especializados por área para la realización de las hojas de programación de mantenimiento.
  - Corrección de las hojas de mantenimiento y formulación de las hojas de verificación.
  - Presentación del proceso de molienda al personal operativo en capacitaciones programadas.
  - Control y seguimiento de la fase de docencia.

## 4.2. Programación

Las actividades de la fase de docencia se tienen programadas de la siguiente forma:

- La instrucción en el campo se realiza en el tiempo de reparación en horas donde no es mucha la carga laboral de los mecánicos. En tiempo de zafra no se puede realizar dado que el movimiento en el área es muy intenso, las actividades son más cargadas y el tiempo disponible es menor.

Se busca tomar veinte o treinta minutos para dialogar con los mecánicos y obtener la mayor cantidad de información de manera precisa.

- Para las charlas y exposiciones en las salas de capacitaciones del área industrial se tiene que se realizan en la semana del 5 al 9 y del 12 al 16 de octubre de la siguiente forma:

Tabla XIX. **Programación de las capacitaciones del proceso de molienda**

<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Lugar</b>
Lunes 5 de octubre.	2:00 pm	Salas de capacitaciones 1 y 2.
Miércoles 7 de octubre.	2:00 pm	Salas de capacitaciones 1 y 2.
Viernes 9 de octubre.	2:00 pm	Salas de capacitaciones 1 y 2.
Lunes 12 de octubre.	2:00 pm	Salas de capacitaciones 1 y 2.
Miércoles 14 de octubre.	2:00 pm	Salas de capacitaciones 1 y 2.
Viernes 16 de octubre.	2:00 pm	Salas de capacitaciones 1 y 2.

Fuente: elaboración propia.

### **4.3. Dinámicas**

Las dinámicas a emplear básicamente son dos: la de la instrucción al personal en el campo de acción, es decir, en donde ellos desarrollan sus labores; y la de la instrucción por medio de charlas en las salas de capacitaciones con colaboración de ingenieros y supervisores del Departamento de Maquinaria.

- Instrucción en el campo de acción

Las hojas de programación y de verificación de mantenimiento serán empleadas por los mecánicos especiales de cada equipo padre. Es por ello que se realizan en conjunto con ellos para conocer sus puntos de vista y adecuar esos formatos a sus pareceres y a la experiencia que ellos tienen acerca del funcionamiento del equipo.

Al ubicar al mecánico encargado, se procede a dialogar con base en un formato preliminar que se actualiza en el momento y al cual se le realizan las modificaciones necesarias y pertinentes. Se toma cada componente del equipo padre y se detallan las actividades a como están programadas por período de tiempo. Se consulta con el mecánico si dichas actividades están bien ubicadas y si es necesario reubicarlas.

El formato preliminar está basado en hojas de inspección con las que se cuenta. Es necesario aclarar que se debe introducir el concepto de mantenimiento programado, el cual no encaja en ningún rango de tiempo (diario, semanal, mensual, anual, etc.), ya que es el que se realiza cuando se alcanzan las 300 000 toneladas cortas de caña procesadas o los veintiún días de trabajo.

Se consulta con el mecánico si se hace necesario eliminar o agregar actividades por cada componente del equipo padre, o bien, volverlas a formular. Ellos realizan sus aportes para tener una buena hoja de programación de mantenimiento con información sustentable.

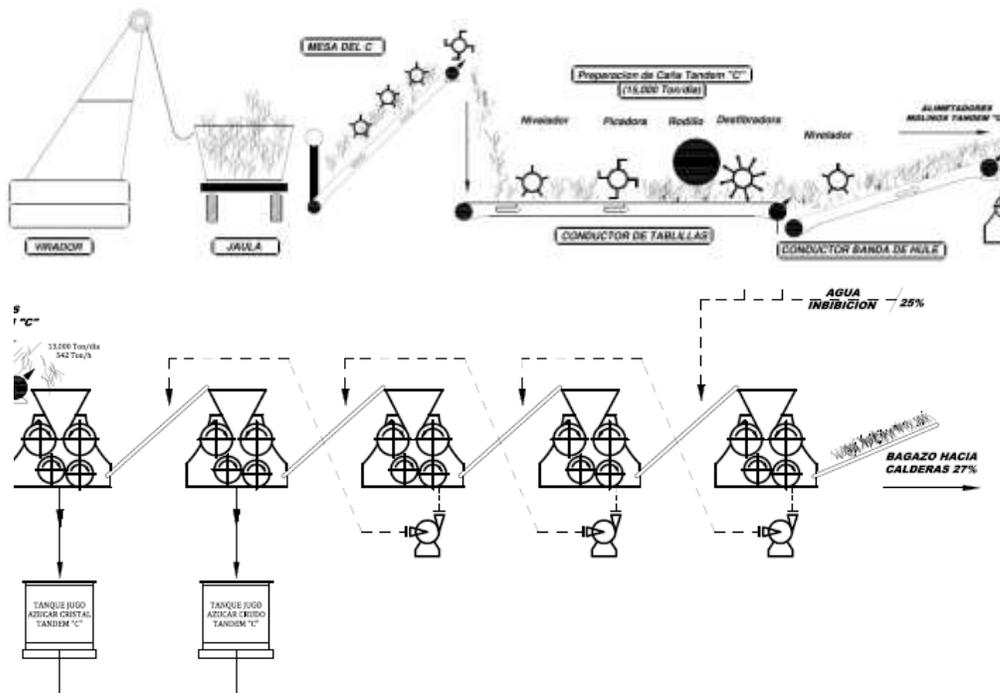
- Charlas en salas de capacitaciones

Para profundizar y explicar de forma más detallada, se realizan charlas expositivas acerca de la utilización adecuada de los formatos de hojas de programación y de verificación de mantenimiento. Estas charlas se realizan en las salas de capacitaciones del área industrial con ayuda de personal del Departamento de Maquinaria.

Se realizan exposiciones de la importancia de llevar el mantenimiento de forma ordenada y programada y de cómo se emplean los formatos, sabiendo quiénes son los responsables de llenarlos y quiénes de supervisarlos.

Además, se aprovechará a realizar una inducción sobre qué se realiza en el área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar que está bajo el cargo del departamento maquinaria del área industrial. Se forman grupos de exposición, balanceando la experiencia con el conocimiento técnico y que haya tanto jefes como supervisores.

Figura 94. Proceso de producción de azúcar



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

#### 4.4. Evaluación

La evaluación para la instrucción en el campo de trabajo no se realiza de forma estructurada y documentada dado que el conocimiento que tienen los mecánicos especializados es muy elevado en cuanto a los equipos de los que se encargan. Se puede evaluar la forma en la que se utilizan las hojas de verificación de mantenimiento al llenarlas y hacer uso adecuado de las mismas.

En lo que respecta a la evaluación de las charlas al personal operativo acerca de las actividades y procedimientos que conlleva el proceso de molienda, hay una evaluación de aprendizaje que se realiza al final de las charlas y que consiste de ocho preguntas acerca de algunos aspectos técnicos como índices,

capacidades de molienda, razones de molienda, rendimientos esperados, entre otros. Esa evaluación sirve para determinar el nivel de competencia del personal operativo que participó en la capacitación.

Figura 95. Hoja de evaluación de aprendizaje

**Evaluación de aprendizaje**

Ingenio Magdalena agradece tu participación en este curso. Para establecer tu nivel de competencia (conocimientos, habilidades y actitudes) después de haber participado en este curso, taller, seminario u otro, te agradeceremos que respondas según el siguiente cuestionario. Lee las instrucciones por cada sección y responde acorde a tus conocimientos.

1. ¿La capacidad de molienda por día de Ingenio Magdalena es?
  - a. 53,000 TCD
  - b. 42,000 TCD
  - c. 32,000 TCD
2. ¿La razón de molienda por hora del Ingenio es?
  - a. 1800 Ton/hora
  - b. 1500 Ton/hora
  - c. 2000 Ton/hora
3. ¿Cuál es el rango esperado en el índice de preparación (IP) de caña?
  - a. 90% a 95%
  - b. 85% a 90%
  - c. 90% a 100%
4. ¿De cuántos molinos está compuesto el Tándem A?
  - a. 5
  - b. 4
  - c. 6
5. ¿Cuál es el rendimiento de báscula esperado?
  - a. 255.17 lb/Ton
  - b. 355.17 lb/Ton
  - c. 245.17 lb/Ton
6. ¿Cuál es el rendimiento de envasado esperado?
  - a. 255.17 lb/Ton
  - b. 210.17 lb/Ton
  - c. 245.15 lb/Ton
7. ¿Cuál es la meta de Pol para la zafra 2015-2016?
  - a. 1.80%
  - b. 2.00%
  - c. 1.90%
8. ¿Cuál es la meta de Humedad para la zafra 2015-2016?
  - a. 45%
  - b. 49%
  - c. 50%

Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Área Industrial, Departamento de Recursos Humanos.

#### 4.5. Resultados

Se realizaron las charlas expositivas a 177 personas que laboran en el área de recepción, preparación y extracción de caña de azúcar. El personal fue dividido por grupos y días para tener dos charlas por días con la asistencia de quince a veinte personas promedio.

Los resultados obtenidos reflejan que el personal estuvo atento a la información, lo cual se les facilitó por la toma de notas. El 71,75 % del personal obtuvo la nota máxima y solamente una persona estuvo debajo de la meta de la evaluación que eran 85 puntos en adelante.

Figura 96. **Resultados de evaluaciones**



Fuente: elaboración propia.

Además de los resultados, la sección de preguntas fue bastante interesante al presentarse cuestionamientos de alto nivel técnico que pudieron ser solventados por el personal del departamento.

Como se observa a continuación, se logró presentar la información al personal del área a través de charlas expositivas sobre el proceso de molienda. Dichas charlas fueron presentadas por ingenieros y supervisores del Departamento de Maquinaria y se llevaron a cabo en las salas de capacitaciones del área industrial.

Figura 97. **Capacitaciones a cargo del personal de maquinaria**



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Salas de Capacitaciones.



## CONCLUSIONES

1. Se logró realizar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo en el área, utilizando herramientas y conocimientos de ingeniería mecánica industrial como montaje y mantenimiento de equipo, diseño de máquinas, controles industriales, procesos de manufactura, administración de empresas, principalmente. Estas herramientas fueron complementadas con conocimientos en la industria azucarera y en el proceso de fabricación de azúcar.
2. Se determinó que la problemática general era la falta de planificación adecuada para la realización de las tareas de mantenimiento, y se hizo con apoyo del diagrama de Ishikawa o causa – efecto en su metodología de las 6M y en el desarrollo de la matriz Foda, relacionando cada uno de los factores para definir estrategias de trabajo.
3. La planificación y la programación son aspectos distintos. La programación está incluida dentro de la planificación, es la que define plazos e implicó el diseño de un programa de mantenimiento por cantidad de toneladas procesadas por tándem. La planificación abarcó toda la propuesta como tal, desde el definir actividades de mantenimiento y proponer procedimientos y registros de trabajos, hasta el diseño de hojas de programación y verificación de tareas de mantenimiento.
4. Se diseñaron cuatro procedimientos administrativos para actividades involucradas en las tareas de mantenimiento, instructivos de tareas complementarias de mantenimiento y un registro de inconvenientes

tratados durante los turnos de operación. Los procedimientos son para el uso de la mayor parte del personal administrativo del departamento y el registro sería empleado únicamente por los jefes de turno en época de zafra.

5. Hay ocho distintos equipos padre que son: viradores de jaulas, mesas de caña, conductores de tablillas, conductores de banda, picadoras, desfibradoras, molinos e inclinados. Estos equipos están en línea y conforman el proceso de recepción, preparación y extracción de caña. Cada uno cuenta con diferentes sistemas y subequipos a los que se les definieron sus características y actividades de mantenimiento preventivo.
6. Las hojas de programación definen actividades por sistema o componente y por período de tiempo (diario, semanal, mensual, anual o por paro programado), mientras que las hojas de verificación definen la realización de esas actividades y el estado de los sistemas y componentes por unidad de tiempo (bueno o malo). Son herramientas complementarias y sencillas de emplear.
7. Tanto aceites, grasas, electrodos y distintas herramientas son complementos para el desarrollo de las actividades de mantenimiento preventivo en el área. Los aceites y las grasas se utilizan en tareas preventivas de lubricación y son aplicados de forma manual, por goteo, por inmersión y por bombeo. Se usan electrodos para distintos fines, desde unir piezas hasta darles resistencia a la corrosión y el desgaste.
8. Se realizó un análisis beneficio – costo de la picadora del tándem C para un período comprendido entre el 4 y 23 de noviembre de 2014, en el cual se instaló un juego de cuchillas nuevo. Se definieron costos de mano de

obra, de material, de energía eléctrica y otros elementos y se compararon contra un ingreso ponderado por quintales de azúcar. Se obtuvo una relación beneficio – costo de 33 unidades, lo cual refleja la rentabilidad de la picadora en cuestión del mantenimiento programado.

9. Se determinó por cada tándem el equipo que mayor número de inconvenientes presentó durante la zafra anterior y se encontró lo siguiente: en el tándem A, el molino 6A presentó la mayor cantidad de problemas con el 27,72 %; en el tándem B, el molino 5B presentó el 41,57 % de los inconvenientes; y en el tándem C, el molino 5C con el 28,43 % fue el principal equipo con mayor número de fallas. La causa principal de inconvenientes fue el desgaste de peine superior, con el 15,94 % y 36,21 % en los tándems B y C, respectivamente. La razón principal que los últimos molinos hayan sido los que más problemas presentaron es que están expuestos a mayores fuerzas dada la estrechez entre piezas por tener que realizar la última compresión del bagazo.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar un adecuado levantamiento de datos acerca del equipo presente en el área y de las actividades de mantenimiento ante la posibilidad de la implementación de un sistema de gestión empresarial.
2. Realizar un estudio acerca de la vida útil y a las cargas máximas que pueden someterse los cables laterales y de levante. Esto con el fin de evitar roturas que ocasionen tiempos perdidos en operación.
3. Buscar un nuevo diseño para el sistema de limpieza de caña. El actual sistema ocasiona ciertos problemas de eficiencia ante los altos ritmos de molienda de caña. Hay países en los cuales ya está implementado un sistema basado en ventiladores para separar la caña de la materia extraña.
4. Desarrollar una rutina adecuada para el seguimiento de las vibraciones de los equipos de preparación de caña y así poder monitorear el comportamiento de los mismos, anticipándose a posibles fallas.
5. Considerar mejorar la transmisión de los molinos del tándem C. Actualmente se tienen 300 hp de diferencia respecto al tándem B, siendo ambas líneas de capacidades de molienda similares, exigiendo mayormente los árboles y piñones de los reductores del tándem C.

6. Rediseñar las tablillas de arrastre de los conductores intermedios de molinos. Actualmente las tablillas fallan principalmente en los extremos de las mismas, que es en donde se acumulan mayores esfuerzos.
7. Realizar inventarios adecuados de los repuestos, materiales y equipos con los que se cuenta por taller y área específica.
8. Previo a los mantenimientos programados en operación, definir un listado de actividades a realizar por área para poder tener un seguimiento de su realización.
9. Diseñar, definir y aprobar procedimientos de actividades relacionadas al mantenimiento desarrollado en el área. Esto servirá para estandarizar los procesos y normalizar la ejecución de los mismos.
10. Realizar un análisis de consumos de potencia de los equipos de preparación de los tres tándems para tener un criterio numérico y científico a la hora de definir si cambiar los juegos de cuchillas y martillos de picadoras y desfibradoras, respectivamente.
11. Crear un catálogo de síntomas, causas, partes y actividades por cada equipo del área para tener conocimiento del comportamiento de los mismos y las acciones a tomar en caso de fallar.
12. Concientizar al personal puramente involucrado en la operación (operadores de viradores, mesas y molinos) para que tengan una buena comunicación y así evitar los problemas de sobrecarga de bagazo, que fue una de las principales causas de tiempos perdidos en la anterior zafra.

## BIBLIOGRAFÍA

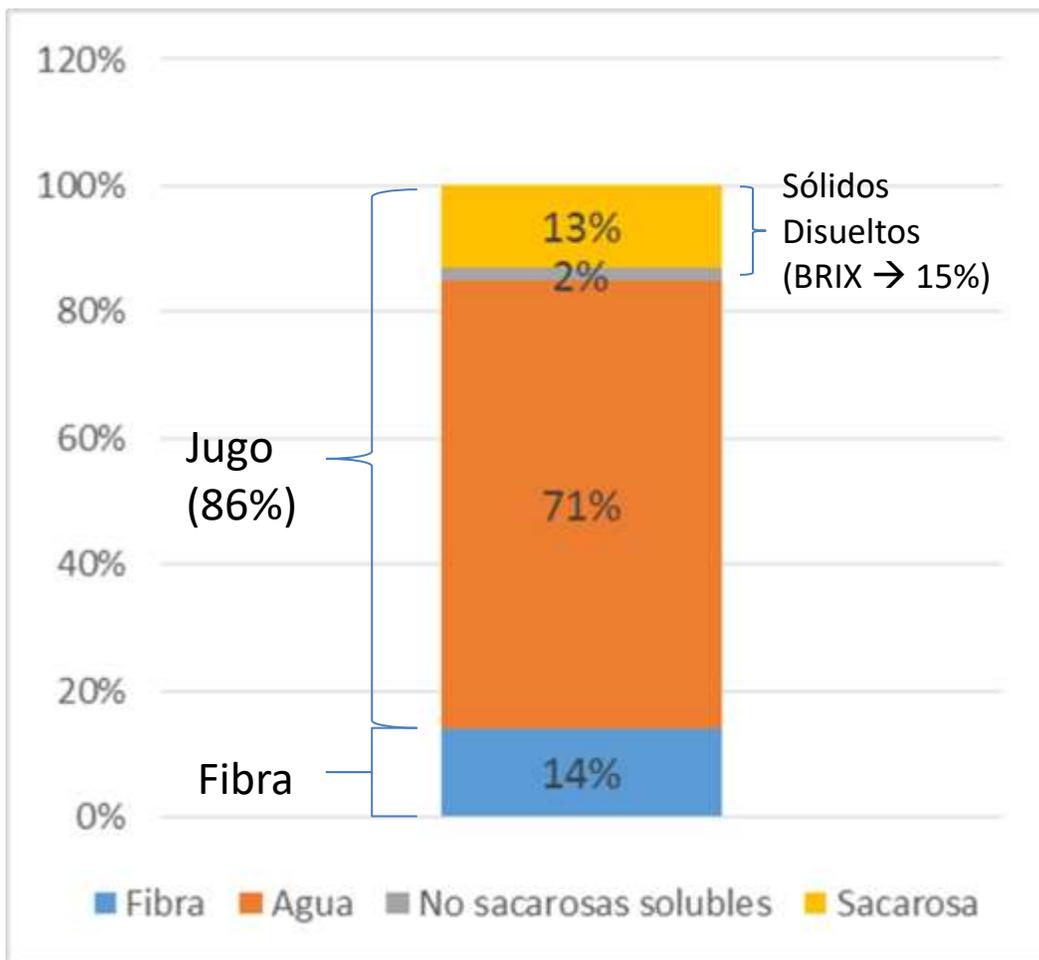
1. REIN, Peter. *Ingeniería de la caña de azúcar*. Berlín, Alemania: Bartens, 2012. 880 p. ISBN 978-3-87040-142-9.
2. HUGOT, Emile. *Manual para ingenieros azucareros*. Nueva York, EE.UU: Continental, 1986. 803 p.
3. GARCÍA RAMÍREZ, Jecer Jehu. *Guía del montaje y mantenimiento de los molinos tándem C, Ingenio Magdalena, S.A.* Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 64p.
4. OSEIDA VICENTE, David Alejandro. *Estudio y levantamiento de datos maestros, para la implementación del sistema SAP en proceso de extracción de jugo de caña en el Ingenio Pantaleón*. Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 180p.
5. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3ra. ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2010. 363 p. ISBN 978-607-15-0315-2.
6. NIEBEL, Ben; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. 11a ed. México: Editorial Alfaomega, 1990. 745p. ISBN 970-15-0993-5.



## ANEXOS

### Anexo 1. Composición general de la caña de azúcar

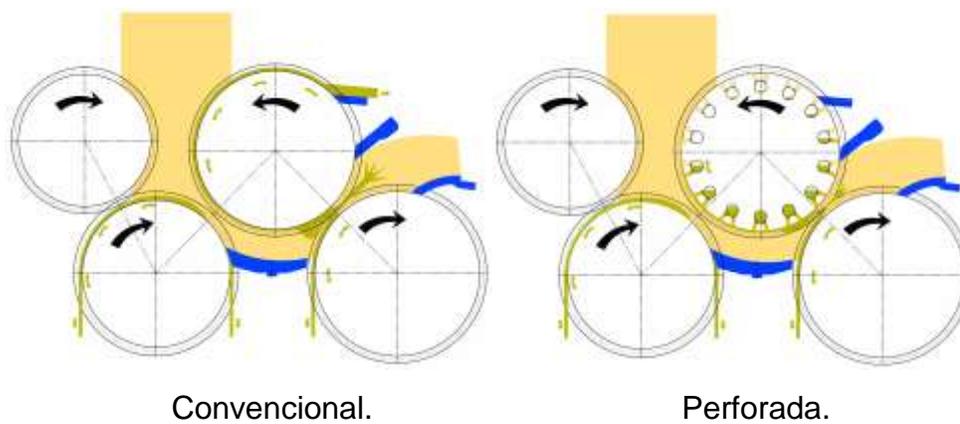
Se presenta la composición general de la caña de azúcar. Este gráfico fue presentado en la fase de docencia en las charlas al personal operativo.



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.

Anexo 2. **Diferencia de la extracción entre mazas convencionales y perforadas.**

Se muestra la diferencia en la extracción entre mazas convencionales y mazas perforadas. Se nota mayor extracción de jugo de caña al utilizar una maza perforada en la ubicación de la superior.



Fuente: Ingenio Magdalena S.A. Departamento de Maquinaria.