



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

**PROPUESTA DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE FORMADO DE
VASOS DE POLICARTÓN, Y UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA
LA MAQUINARIA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**

Julio Eliú Hernández Calderón

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE FORMADO DE
VASOS DE POLICARTÓN, Y UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA
LA MAQUINARIA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO ELIÚ HERNÁNDEZ CALDERÓN

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
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 MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN, Y UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA MAQUINARIA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 2 de octubre de 2017.

Julio Eliú Hernández Calderón

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 10 de abril de 2019.
REF.EPS.DOC.357.04.19.

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

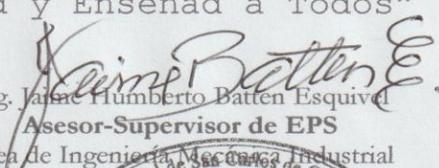
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Julio Eliú Hernández Calderón, Registro Académico No. 201314187** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PROPUESTA DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN, Y UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA MAQUINARIA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EMPAQUES, 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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 10 de abril de 2019.
REF.EPS.D.140.03.19

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **PROPUESTA DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN, Y UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA MAQUINARIA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Julio Eliú Hernández Calderón** 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 Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH /ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.031.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN, Y UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA MAQUINARIA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Julio Eliú Hernández Calderón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2019.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.121.019

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 **PROPUESTA DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN, Y UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA MAQUINARIA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Julio Eliú Hernández Calderón**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

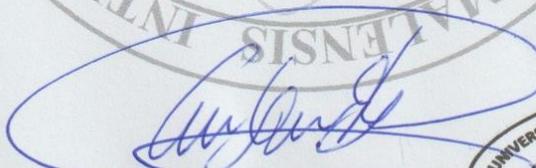


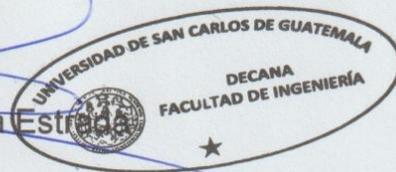
Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.374.2019

La Decana 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 MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN, Y UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA MAQUINARIA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Julio Eliú Hernández Calderón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Septiembre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por permitirme cumplir esta meta, proveerme de salud, entendimiento y la sabiduría requerida, por bendecir a mis padres en todo momento, toda honra y gloria sea para Él.

Mis padres

Julio Hernández y Cándida Calderón, por el apoyo, dedicación, esfuerzo y cariño hacia mi persona. Este triunfo es posible gracias a ustedes, gracias por enseñarme el buen camino, los seguiré honrando como siempre lo he hecho.

Mis hermanos

Jorge De León y Lizbeth Hernández por sus consejos, afectos y sabias palabras, y a Daniel Hernández por todo el apoyo brindado y ser mi gran amigo de toda la vida.

Mis abuelos

Julián Hernández (q. e. p. d.), Isabel Barrios (q. e. p. d.) y Brígida Monterroso (q. e. p. d.) que desde el cielo me bendicen y a mi abuelo Gabino Calderón por su cariño durante toda mi vida,

Familia en general

Tíos, primos, cuñados y sobrinos por toda la confianza, apoyo y el cariño demostrado, y así ser un ejemplo a seguir para los demás.

Mis amigos

Por acompañarme en mi vida universitaria por compartir experiencias, éxitos y fracasos, por sus amistades únicas y sinceras, y el apoyo en los momentos difíciles. Bendiciones.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme forjarme como profesional con conciencia social y moral dentro de sus aulas y por obtener las mejores amistades.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los estudios, conocimientos y las herramientas necesarias, para mi formación académica y personal.
Mi asesor Ing. Jaime Batten	Por su asesoría, apoyo y dedicación a lo largo del desarrollo del proyecto de EPS.
Central de Empaques, S.A.	Por abrirme las puertas con el ambiente laboral idóneo para desarrollar el proyecto de EPS.
A los Ingenieros	Ing. Willy Cifuentes, Ing. Armando Regil y al Ing. José Miguel Hernández, por compartir sus conocimientos, proporcionarme el apoyo técnico y humano durante el desarrollo del EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Datos generales	1
1.1.1. Nombre de la empresa	1
1.1.2. Ubicación	1
1.1.3. Reseña histórica de la empresa	2
1.1.4. Misión	2
1.1.5. Visión.....	3
1.1.6. Política de gestión de mejora.....	3
1.1.7. Recursos de la empresa	3
1.1.7.1. Físicos	3
1.1.7.2. Humanos	4
1.1.7.3. Económicos	4
1.1.8. Estructura organizacional	4
1.1.8.1. Organigrama.....	4
2. IMPLEMENTAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN CONFIABILIDAD EN EL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN	7

2.1.	Situación actual.....	7
2.1.1.	Diagnóstico FODA.....	8
2.1.2.	Descripción de maquinaria de formado de vasos....	14
2.1.2.1.	Máquina formadora de vasos de mesa	15
2.1.2.2.	Máquina formadora de vasos de puerta.....	15
2.2.	Propuesta de implementación del nuevo mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad.....	16
2.2.1.	Objetivos del mantenimiento	16
2.2.2.	Metas del mantenimiento	17
2.2.3.	Alcance del mantenimiento	17
2.2.4.	Estrategias del mantenimiento	17
2.2.5.	Listado de equipos	18
2.2.6.	Recurso humano (responsables)	19
2.2.7.	Asignación y funciones de recurso humano	19
2.2.8.	Mantenimiento centrado en confiabilidad	21
2.2.8.1.	Paso 1. Análisis funcional de la máquina.....	24
2.2.8.2.	Paso 2. Listados de sistemas.....	25
2.2.8.2.1.	Codificación de sistemas.....	25
2.2.8.3.	Paso 3. Análisis de modo y efectos de falla (AMEF)	30
2.2.8.3.1.	AMEF de equipos complementarios.....	31
2.2.8.3.2.	AMEF de funciones de formadora de vasos de puerta.....	39

	2.2.8.3.3.	AMEF de funciones de formadora de vasos de mesa.....	50
2.2.8.4.		Paso 4. Categorización de modos de fallo	58
	2.2.8.4.1.	Consecuencias para la seguridad.....	59
	2.2.8.4.2.	Consecuencias operativas del servicio ..	59
	2.2.8.4.3.	Consecuencias del mantenimiento	60
	2.2.8.4.4.	Probabilidad de ocurrencia.....	61
	2.2.8.4.5.	Matriz de evaluación.....	61
2.2.8.5.		Paso 5. Diagrama de decisión.....	66
2.2.9.		Determinación de tareas preventivas según mantenimiento centrado en confiabilidad	68
2.2.10.		Programación de rutinas de mantenimiento	69
	2.2.10.1.	Rutinas de formadoras de vasos de puerta	73
	2.2.10.1.1.	Rutina diaria	73
	2.2.10.1.2.	120 horas de servicio ...	74
	2.2.10.1.3.	400 horas de servicio ...	76
	2.2.10.1.4.	1 200 horas de servicio	77
	2.2.10.1.5.	2 400 horas de servicio	79
2.2.10.2.		Rutinas de formadoras de vasos de mesa.....	80
	2.2.10.2.1.	Rutina diaria	80
	2.2.10.2.2.	200 horas de servicio ...	81

	2.2.10.2.3.	1 400 horas de servicio .83
	2.2.10.2.4.	2 800 horas de servicio .85
	2.2.10.2.5.	5 600 horas de servicio .86
2.2.11.	Lubricación	87
	2.2.11.1.	Asignación de lubricantes.....88
	2.2.11.2.	Otros insumos a utilizar.....88
2.2.12.	Documentación del mantenimiento centrado en confiabilidad	89
	2.2.12.1.	Procedimiento de entrega y control de órdenes de trabajo (OT)89
	2.2.12.2.	Preparación de la mano de obra92
	2.2.12.3.	Preparación de materiales.....93
	2.2.12.4.	Tiempos de ejecución93
2.2.13.	Costos	94
	2.2.13.1.	Costo de mano de obra.....95
	2.2.13.2.	Costos de repuestos95
	2.2.13.3.	Costos de insumos y herramientas96
3.	MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DEL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN	99
3.1.	Análisis de la situación actual del flujo de proceso en el área de formado de vasos.....	99
	3.1.1	Diagnóstico.....101
	3.1.2.	Aspectos de la planta107
	3.1.3.	Medición de trabajo108
	3.1.4.	Diagramas de proceso actuales111
	3.1.4.1.	De Operación actual.....112
	3.1.4.2.	De flujo actual.....113
	3.1.4.3.	De recorrido actual115

	3.1.4.4.	Diagrama hombre-máquina actual.....	117
	3.1.4.5.	Diagrama bimanual actual	118
3.1.5.		Diagnóstico de economía de movimiento actual...	119
3.1.6.		Análisis de operación en la producción	122
	3.1.6.1.	Finalidad de la operación.....	122
	3.1.6.2.	Diseño de la pieza	122
	3.1.6.3.	Tolerancias y especificaciones	123
	3.1.6.4.	Material	123
	3.1.6.5.	Herramental actual	124
	3.1.6.6.	Condiciones de trabajo actuales.....	125
	3.1.6.7.	Manejo de material actual.....	128
	3.1.6.8.	Distribución de la maquinaria en la planta actual.....	129
3.1.7		Balanceo de líneas de producción.....	130
3.1.8		Productividad en la planta	131
3.2.		Propuesta de mejora en el proceso de las líneas de formado de vasos	133
	3.2.1.	Análisis del proceso propuesto	133
	3.2.2.	Estudios de tiempos	135
	3.2.3.	Determinación del tiempo estándar	136
	3.2.4.	Diagramas de proceso.....	139
		3.2.4.1. De operación	140
		3.2.4.2. De flujo	141
		3.2.4.3. De recorrido.....	142
		3.2.4.4. Diagrama hombre-máquina	144
		3.2.4.5. Diagrama bimanual.....	145
3.2.5		Propuesta de economía de movimientos.....	147
3.2.6		Propuestas en el análisis de operación de producción	149

3.2.6.1	Herramental propuesto.....	150
3.2.6.2	Propuesta de condiciones de trabajo .	150
3.2.6.3	Propuesta de manejo de material.....	152
3.2.6.4	Propuesta de distribución de maquinaria.....	152
3.2.7.	Mejora en el balanceo de líneas.....	154
3.2.8.	Productividad del proceso con metodo propuesto.	155
3.2.9.	Evaluación de la mejora	156
4.	DISEÑAR UN PLAN DE CAPACITACIÓN CONTINUA A LOS OPERARIOS Y TÉCNICOS QUE INTERVENGAN EN EL PROCESO DE FORMADO DE VASOS SOBRE EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	159
4.1	DNC (diagnóstico de necesidades de capacitación)	159
4.2	Planificación	160
4.3	Programación.....	163
4.4	Metodología	164
4.5	Evaluación.....	165
4.6	Resultados	168
	CONCLUSIONES.....	169
	RECOMENDACIONES	171
	BIBLIOGRAFÍA.....	173
	ANEXOS.....	175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Bosquejo de ubicación	1
2.	Organigrama de CEMSA.....	5
3.	Proceso del mantenimiento centrado en confiabilidad	23
4.	Análisis de equipos	24
5.	Codificación de los sistemas	25
6.	Niveles de criticidad de formadoras de vasos	66
7.	Diagrama de decisión.....	67
8.	Registro de programación de rutinas	70
9.	Hoja de rutina diaria de formadora tipo puerta	73
10.	Hoja de rutina de 120 horas de servicio de formadora tipo puerta.....	74
11.	Hoja de rutina de 400 horas de servicio de formadora tipo puerta.....	76
12.	Hoja de rutina de 1 200 horas de servicio de formadora tipo puerta....	78
13.	Hoja de rutina de 2 400 horas de servicio de formadora tipo puerta....	79
14.	Hoja de rutina diaria de formadora tipo mesa	80
15.	Hoja de rutina de 200 horas de servicio de formadora tipo mesa	81
16.	Hoja de rutina de 1 400 horas de servicio de formadora tipo mesa	84
17.	Hoja de rutina de 2 800 horas de servicio de formadora tipo mesa	85
18.	Hoja de rutina de 5 600 horas de servicio de formadora tipo mesa	86
19.	Inyector de lubricantes	87
20.	Estructura de orden de trabajo.....	91
21.	Etapas del proceso de formado de vasos	99
22.	Gravedad de factores de improductividad.....	103
23.	Diagnóstico por diagrama Ishikawa	106

24.	Diagrama de operación de proceso actual	112
25.	Diagrama de flujo de operación de proceso actual	113
26.	Diagrama de recorrido de proceso de formadora de vasos de puerta	115
27.	Diagrama de recorrido de proceso en formado de vasos de mesa ...	116
28.	Diagrama hombre-máquina del proceso de formado de vasos	117
29.	Diagrama bimanual del proceso de formado de vasos	118
30.	Ergonomía en el proceso de formado de vasos con maquinaria tipo puerta	120
31.	Ergonomía en el proceso de formado de vasos con maquinaria tipo mesa	121
32.	Diseño de pieza	122
33.	Iluminación dentro de la planta de formado de vasos	126
34.	Condiciones en la planta de formado de vasos	128
35.	Distribución actual de la maquinaria	129
36.	Diagrama de operación de proceso propuesto	140
37.	Diagrama de flujo de operación de proceso propuesto.....	141
38.	Diagrama de recorrido propuesto en formado de puerta	142
39.	Diagrama de recorrido propuesto de formadoras de mesa.....	143
40.	Diagrama hombre-máquina con proceso propuesto	144
41.	Diagrama bimanual del proceso propuesto	145
42.	Ergonomía en el proceso de formado de vasos con maquinaria tipo puerta	148
43.	Ergonomía en el proceso de formado de vasos con maquinaria tipo mesa	149
44.	Propuesta de distribución en la planta de formado de vasos.....	153
45.	Autoevaluación 1	166
46.	Autoevaluación 2 y 3.....	167

TABLAS

I.	Matriz de interacción fortalezas-oportunidades	9
II.	Matriz de interacción debilidades-oportunidades	10
III.	Matriz de interacción fortalezas-amenazas	11
IV.	Matriz de interacción debilidades-amenazas	12
V.	Matriz FODA del mantenimiento del proceso de formado de vasos. ...	13
VI.	Listado de equipos en la planta de formado de vasos	18
VII.	Asignación de turnos en la planta de formado de vasos.	19
VIII.	Codificación de equipos	26
IX.	Listado de sistemas y subsistemas de equipos complementarios	26
X.	Listado de sistemas y subsistema de formadora de vasos de puerta ..	27
XI.	Listado de sistemas y subsistema de formadoras de vasos de mesa..	29
XII.	AMEF del sistema eléctrico	31
XIII.	AMEF del motor eléctrico principal.....	32
XIV.	AMEF de mecanismo clutch/ freno	32
XV.	AMEF de cadenas y engranajes	33
XVI.	AMEF de aire comprimido.....	34
XVII.	AMEF del motor de vacío.....	35
XVIII.	AMEF de las válvulas y mangueras	36
XIX.	AMEF del motor eléctrico del bombeo de aceite	36
XX.	AMEF de mangueras y rociadores	37
XXI.	AMEF del motor del chiller	38
XXII.	AMEF del radiador del sistema de refrigerante	38
XXIII.	AMEF de evaporador	39
XXIV.	AMEF de pila de segmentos	40
XXV.	AMEF de transporte de segmentos.....	40

XXVI.	AMEF de elaboración de tubos.....	41
XXVII.	AMEF de calefacciones de uniones laterales	41
XXVIII.	AMEF de estación de alineación.....	42
XXIX.	AMEF de caja de escobillas.....	42
XXX.	AMEF de estación de plegado	43
XXXI.	AMEF de descarga de tubos	43
XXXII.	AMEF de marcha de papel de fondo	44
XXXIII.	AMEF de troquelado de fondo	44
XXXIV.	AMEF de empuje de tubos	45
XXXV.	AMEF calefacción de fondos	45
XXXVI.	AMEF rebordear fondo	46
XXXVII.	AMEF sellado de fondo.....	46
XXXVIII.	AMEF de descarga de vasos	47
XXXIX.	AMEF humedecer borde superior	47
XL.	AMEF de rebordeado.....	48
XLI.	AMEF subsistema de calibrar	48
XLII.	AMEF de expulsión de vasos	49
XLIII.	AMEF transporte salida de vasos	49
XLIV.	AMEF rieles y transmisión del avanzador de blancos.....	50
XLV.	AMEF alimentador de blancos	51
XLVI.	AMEF colocador giratorio de blancos	51
XLVII.	AMEF torreta de transferencia	52
XLVIII.	AMEF de alimentador de fondos.....	52
XLIX.	AMEF perforador y formador de fondos.....	53
L.	AMEF de aletas plegadoras.....	53
LI.	AMEF de estación del calentador de fondos	54
LII.	AMEF de estación de doblado de fondos	54
LIII.	AMEF de tratamiento de fondos	55
LIV.	AMEF de torreta de mandril.....	55

LV.	AMEF de torreta del rebordeador.....	56
LVI.	AMEF estación de apisonadora lubricación	56
LVII.	AMEF estación de preenrollamiento del remate	57
LVIII.	AMEF de expulsión de vasos acabado	57
LIX.	AMEF estación de acabado del remate	58
LX.	Categorización de consecuencias para la seguridad	59
LXI.	Categorización de consecuencia de operativas	60
LXII.	Categorización de consecuencias del mantenimiento.....	60
LXIII.	Categorización de probabilidad de ocurrencia	61
LXIV.	Matriz de evaluación	62
LXV.	Evaluación de consecuencias en los sistemas de la maquinaria de formado de vasos.....	63
LXVI.	Compilación de nivel de gravedad en sistemas analizados	65
LXVII.	Métodos de detección de fallas	68
LXVIII.	Programación de frecuencia de rutinas de MCC en el proceso de formado de vasos.....	70
LXIX.	Lista de lubricantes	88
LXX.	Descripción del procedimiento de OT	89
LXXI.	Diagrama de flujo del procedimiento de OT.	90
LXXII.	Herramental según MCC.....	92
LXXIII.	Tiempos de ejecución propuestos en la maquinaria de formado de vasos	94
LXXIV.	Costos de mano de obra	95
LXXV.	Costo de repuestos	96
LXXVI.	Costo de insumos.....	97
LXXVII.	Costo de herramienta.....	97
LXXVIII.	Costos totales	98
LXXIX.	Factores de improductividad	102
LXXX.	Aspectos de la planta del proceso de formado de vasos	108

LXXXI.	Medición de tiempos en el proceso de formado de vasos	110
LXXXII.	Resultados del diagrama bimanual.....	119
LXXXIII.	Especificaciones del producto	123
LXXXIV.	Herramental actual de operarios.....	124
LXXXV.	Exposición de ruido permitida	127
LXXXVI.	Balace de línea de formado de vasos.....	131
LXXXVII.	Estudios de tiempos aplicando mejora	138
LXXXVIII.	Comparación de tiempos	139
LXXXIX.	Tabla resumen del diagrama bimanual propuesto.....	146
XC.	Comparación en diagramas de proceso	146
XCI.	Herramental propuesto	150
XCII.	Tabla de cálculo de luminaria	151
XCIII.	Mejora en el balanceo de líneas	154
XCIV.	Cuadro comparativo.....	156
XCV.	Costos por implementación de método.....	157
XCVI.	Planificación del plan de capacitación	161
XCVII.	Programación de plan de capacitación	164
XCVIII.	Resultados de la evaluación	168

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Acción combinada, operación observación
	Almacenamiento en el proceso
	Demora en el proceso
∅	Diámetro
Mts.	Metros
mm.	Milímetros
	Operación en el proceso
%	Porcentaje
Inch.	Pulgadas
	Transporte en el proceso
Q.	Unidad monetaria Quetzal

GLOSARIO

AMEF	Análisis de modo y efecto de fallos.
Botadoras	Herramienta semejante al cincel sin afilar.
CEMSA	Central de Empaques, S.A.
Colaboradores	Operarios y técnicos de mantenimiento de la empresa Central de Empaques, S.A.
Confiabilidad	La probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado periodo de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.
Contexto operacional	Factores que influyen el entorno donde funciona un equipo.
DNC	Son las herramientas que orientan de mejor manera el desarrollo y estructura del plan de capacitación.
Efecto de falla	Descripción de lo que pasa en cada modo de falla.
Falla funcional	Incapacidad total o parcial que tiene un equipo en llevar a cabo sus funciones por las cuales ha sido adquirido.

Horómetro	Dispositivo que registra el número en horas que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la última vez que se ha inicializado el dispositivo.
Lubricante de grasa	Es un material semifluido formado por un agente espesante para impedir degradación en la máquina.
Lubricante en aceite	Es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, impide su contacto, permitiendo su movimiento sin desgaste.
MCC	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
Modo de falla	La causa de cada falla funcional o la razón que provoca la pérdida de la función total o parcial de un equipo.
OT	Orden de trabajo en concepto de mantenimiento preventivo.
Rebordeado	Técnica donde se repliegan los bordes superiores del cuerpo del vaso en forma vertical.
Sistema de vacío	Conjunto de equipos que generan succión para mantener aferrado el elemento deseado durante el proceso.

Sistema de aire comprimido

Se define como un grupo de equipos y accesorios con el fin de proporcionar un caudal de aire determinado, a unas condiciones de presión.

Troquelado

Acción de mecanismos con bordes cortantes para recortar o estampar, por presión.

Visegrip

Es una herramienta que tiene pinzas inmovilizadas en una cierta posición para así torcer o arrancar diversos objetos o materiales.

RESUMEN

El trabajo de graduación fue desarrollado por medio del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en la planta de formado de vasos de la empresa Central de Empaques, S.A.

El desarrollo del trabajo se secciona en tres fases, aplicando los conocimientos y herramientas concernientes al campo de la ingeniería mecánica e industrial.

En la fase de servicio técnico profesional se busca implementar un sistema de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad a la maquinaria designada.

La fase de investigación consiste en una propuesta en la distribución del flujo de proceso en la planta, para aumentar su productividad, se realiza por medio de análisis apoyados en el estudio de ingeniería de métodos.

En la fase de docencia se describe la elaboración y seguimiento de un plan de capacitación para el personal, se realiza por medio de charlas de inducción, informativas y adiestramiento, sobre la metodología del mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad.

OBJETIVOS

General

Mejorar la distribución del proceso del formado de vasos de policartón y realizar un mantenimiento centrado en confiabilidad para la maquinaria de la empresa Central de Empaques, S.A.

Específicos

1. Realizar los pasos de un mantenimiento centrado en confiabilidad en la maquinaria de la planta.
2. Diseñar rutinas y actividades preventivas según el MCC hacia la maquinaria y equipos de la planta.
3. Analizar la situación actual, para la mejora de los métodos y estandarizar cada operación dentro del proceso.
4. Presentar propuestas de mejora en la distribución y producción del proceso con su debido análisis.
5. Realizar un plan de capacitación al personal en la ejecución, documentación y seguimiento del mantenimiento centrado en confiabilidad.

INTRODUCCIÓN

Central de Empaques, S.A. es la proveedora de empaques más confiables desde 1974, pero, para garantizar esta confiabilidad, la empresa debe garantizar el máximo nivel de calidad de los productos.

Uno de sus productos más representativos en el mercado son los vasos de polícartón, los cuales se producen en la planta de formado de vasos, pero, actualmente, la planta sufre diferentes problemas en la calidad y producción.

Para obtener el nivel óptimo de calidad se requiere, primordialmente, un buen desempeño de la maquinaria, una evaluación actual del proceso y una mejora en el flujo de proceso.

Para el buen desempeño de la maquinaria, la empresa ha visto la necesidad de mejorar la planificación y ejecución de las labores del mantenimiento preventivo, la solución planteada es desarrollada por medio de la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad, este tipo de mantenimiento permitirá a la empresa asegurar el funcionamiento de los equipos en un buen rendimiento, ahorro en costos de mantenimiento, mantener un entorno laboral amigable y mayor calidad en los productos.

Para obtener un proceso eficaz, se debe analizar el flujo y su distribución actual, para encontrar las deficiencias dentro del proceso y por medio de un diagnóstico adecuado buscar propuestas para obtener el aumento de la productividad en la planta de formado de vasos.

El recurso humano es el factor más importante dentro de la empresa, la realización de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad debe completarse con la capacitación de los empleados que intervienen en dicha acción, se realiza un plan de capacitación para que los empleados reconozcan, efectúan y registren correctamente el avance del plan de mantenimiento.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Datos generales

Se presentan las generalidades de la empresa Central de Empaques, S.A.

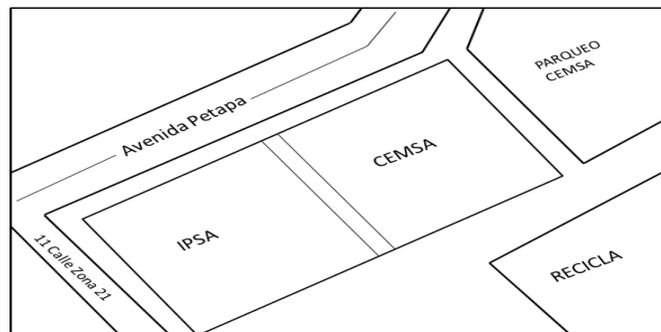
1.1.1. Nombre de la empresa

Central de Empaques, S.A. (CEMSA).

1.1.2. Ubicación

Central de Empaques S.A. se encuentra ubicada en la diagonal 19, avenida Petapa 7-35 zona 21, ciudad de Guatemala.

Figura 1. **Bosquejo de ubicación**



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Reseña histórica de la empresa

Central de Empaques S.A. es una empresa sólida con más de 40 años de estar suministrando empaques de alto desempeño para el mercado Centroamericano, Mexicano y del Caribe.

En 1974 un grupo de visionarios de empresarios Guatemaltecos detectó la necesidad de proveer soluciones de empaque a diversos sectores de la industria, instalando una de las primeras plantas de inyección de plásticos en la región centroamericana, con el paso de los años, se ha convertido en el grupo de empaques más importantes de Centroamérica, con ventas en más de 10 países.

Actualmente produce empaques flexibles para la industria alimenticia, agrícola, farmacéutica, entre otras. Sus productos incluyen empaques impresos en papel y polícartón como etiquetas, afiches, presentaciones, vasos, cajas de diversos tamaños.

La empresa Central de Empaques, S.A. Es una empresa amigable al ambiente, ya que minimiza y controla los riesgos del impacto ambiental y fomenta las 4R's (Reducir, Reutilizar, Reciclar y Reforestar).

1.1.4. Misión

La empresa Central de Empaques, S.A. tiene la siguiente misión:

Proveemos soluciones de empaque a nivel regional, mediante tecnología de punta y un equipo humano competente y comprometido, generando beneficios para nuestros clientes, inversionistas y colaboradores.

1.1.5. Visión

La visión de Central de Empaques, S.A. es:

Ser el proveedor más confiable e innovador de empaques.

1.1.6. Política de gestión de mejora

La política de gestión de mejora de Central de Empaques, S.A. es:

Buscar continuamente la excelencia en el negocio de empaques utilizando sistemas de gestión eficaces de calidad, inocuidad, salud y seguridad ocupacional, medio ambiente y responsabilidad social, con recurso humano altamente competente y comunicación efectiva, para obtener la confianza y la satisfacción de nuestros clientes y de las partes interesadas, respetando el marco legal y cumpliendo los compromisos acordados.

1.1.7. Recursos de la empresa

Son todos aquellos factores que proveen a CEMSA los medios necesarios para realizar sus actividades de forma adecuada.

1.1.7.1. Físicos

La empresa Central de Empaques, S.A. posee tres plantas de producción, bodegas de materia prima, bodegas de producto terminado, oficinas de operaciones administrativas, laboratorio de calidad, parqueos, área de carga y descarga, taller de mantenimiento, estación de energía eléctrica auxiliar.

1.1.7.2. Humanos

Central de Empaques, S.A. cuenta con 300 trabajadores los cuales son categorizados por sus respectivas funciones dentro de la empresa.

1.1.7.3. Económicos

Los recursos económicos permiten satisfacer las necesidades dentro del proceso productivo, en Central de Empaques, S.A. los recursos económicos son comprendidos de espacios físicos de la empresa, maquinaria, equipo de computo y todos los elementos que intervienen en la producción de productos.

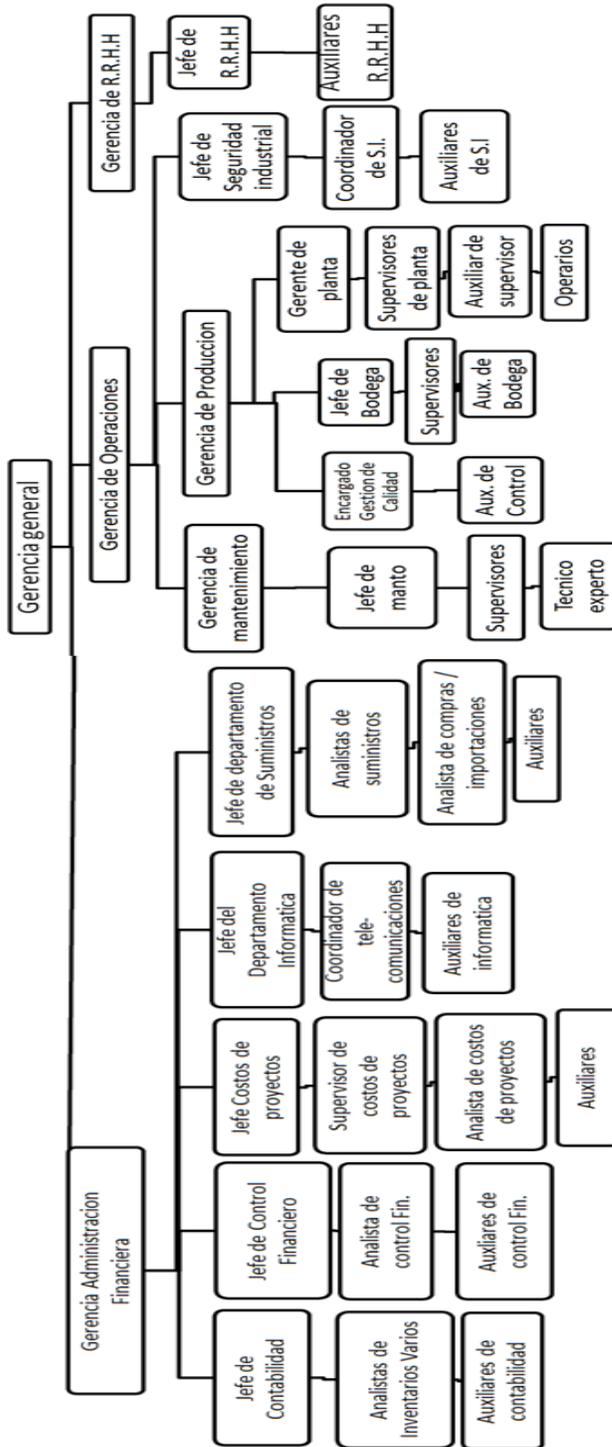
1.1.8. Estructura organizacional

La estructura organizacional de la empresa Central de Empaques, S.A. es del tipo jerárquico funcional, es decir, siempre hay un supervisor con autoridad que dirige a un subordinado y este a su vez dirige a otro de menor mando y la estructura es basada en dividir las funciones del trabajo de la empresa según la especialización de cada trabajador y formar departamentos para cubrir una necesidad dentro de la empresa, la especialización de funciones que contribuye a una mayor eficiencia en el personal y en los grupos de trabajo y establece responsabilidades más puntuales.

1.1.8.1. Organigrama

El organigrama es la representación gráfica de la estructura de una empresa o departamento de esta misma.

Figura 2. Organigrama de CEMSA



Fuente: elaboración propia.

2. IMPLEMENTAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN CONFIABILIDAD EN EL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN

2.1. Situación actual

La maquinaria designada para el proceso de formado de vasos, genera constantes dilemas en el ámbito del mantenimiento, se detecta varios problemas presentados a lo largo de la ejecución de sus funciones.

- Problemas detectados
 - La actividad del mantenimiento preventivo solo se enfoca en la lubricación de equipos.
 - Las máquinas reportan frecuentemente paros de producción debido a las consecuencias de fallas que no se contrarrestan en el mantenimiento.
 - No se tiene documentación sobre el estado de los insumos utilizados.
 - No existe asignación permanente de la mano de obra de mantenimiento en la planta de formado de vasos.

Ante los problemas detectados, la gerencia del departamento de Mantenimiento plantea una solución que se basa en una mejora o un nuevo proceso de mantenimiento preventivo que determine de mejor manera contrarrestar las consecuencias de las fallas presentadas.

Se propone la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para dicha maquinaria.

2.1.1. Diagnóstico FODA

El diagnóstico FODA detalla los factores internos (fortalezas, debilidades) y los factores externos (oportunidades, amenazas) de la situación actual de la empresa. Se realiza la metodología del análisis de FODA.

- **Fortalezas**
 - F1. Personal capaz de realizar sus funciones estipuladas.
 - F2. Alianzas con proveedores de calidad.
 - F3. Herramental básico para la realización de mantenimiento.
 - F4. Personal dispuesto a aprender nuevos conocimiento de mantenimiento.
 - F5 Maquinaria compacta y de proceso rápido.

- **Debilidades**
 - D1. Personal desconoce el proceso del MCC.
 - D2. El mantenimiento actual no cubre en totalidad todas las fallas.
 - D3. Asignación deficiente en las tareas de mantenimiento.
 - D4. Falta de iniciativa de formular nuevas rutinas.
 - D5. Poca comunicación de empleados a jefes por diversos motivos.

- **Oportunidades**
 - O1. Mantenimiento de la competencia es deficiente.
 - O2. Disminución de precio en los repuestos.

- O3. Apoyo técnico de otras empresas especializadas en mantenimiento.
- O4. Innovaciones tecnológicas en la maquinaria.
- Amenazas
 - A1. Disminución de precio de vasos de policartón en el mercado.
 - A2. Presencia de maquinas más tecnológicas en la competencia.
 - A3. Competencia con conocimiento MCC.
 - A4. Aumento de precio en insumos y repuestos.
 - A5. Mejores procesos de producción existentes en la competencia.

Matriz de interacciones FODA

La matriz de FODA permite realizar un estudio de mayor concentración en donde se obtiene el resultado de la interacción entre cada factor interno y externo, de esas combinaciones, un + indica una relación buena para desarrollar estrategias concretas, mientras que un 0 indica una relación muy débil o, una estrategia inexistente.

Tabla I. **Matriz de interacción fortalezas-oportunidades**

		Fortalezas				
		F1	F2	F3	F4	F5
Oportunidades	O1	0	0	0	0	0
	O2	0	+	0	0	0
	O3	0	0	0	+	0
	O4	0	0	0	0	0
	O5	0	+	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Se establecen las estrategias según las interacciones de fortalezas y oportunidades.

(F2, O2) Realizar cotizaciones para localizar proveedores de repuestos se toma en cuenta, el lugar y casa productora.

(F4, O3) Diseñar un plan de capacitación para los técnicos ubicados en la planta de formado de vasos sobre el MCC.

(F2, O5) Realizar cotizaciones para localizar proveedores de insumos.

Tabla II. **Matriz de interacción debilidades-oportunidades**

		Debilidades				
		D1	D2	D3	D4	D5
Oportunidades	O1	0	0	0	0	0
	O2	0	0	0	0	0
	O3	+	0	+	0	0
	O4	0	0	0	+	0
	O5	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Se establecen las estrategias según las interacciones de debilidades y oportunidades.

(D1, O3) Presentar e informar los beneficios de la implementación del MCC al personal correspondiente.

(D3, O3) Realizar una correcta asignación de funciones en el MCC a cada técnico en la planta de formado de vasos.

(D4, O4) Establecer charlas informativas y de solución problemas entre los supervisores y técnicos, fomentando el trabajo en equipo.

Tabla III. **Matriz de interacción fortalezas-amenazas**

		Fortalezas				
		F1	F2	F3	F4	F5
Amenazas	A1	0	0	0	0	0
	A2	0	0	0	0	0
	A3	+	0	0	+	0
	A4	0	+	0	0	0
	A5	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Se establecen las estrategias según las interacciones de fortalezas y amenazas.

(F4, A3) Diseñar la secuencia de tareas de forma ordenada y entendible.

(F2, A4) Realizar un inventario de los repuestos en existencia, documentar la información de forma detallada.

(F1, A3) Analizar la metodología del mantenimiento actual, para determinar sus fallos.

Tabla IV. **Matriz de interacción debilidades-amenazas**

		Debilidades				
		D1	D2	D3	D4	D5
Amenazas	A1	0	0	0	0	0
	A2	0	+	0	0	0
	A3	0	0	0	0	+
	A4	0	0	+	0	0
	A5	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Se establecen las estrategias según las interacciones de debilidades y amenazas.

(D2, A2) Realización de un análisis de modo y efectos de falla en cada equipo de la maquinaria del proceso de formado de vasos.

(D3, A4) Establecer las cantidades a utilizar en los insumos correspondientes a cada tarea de mantenimiento y documentarla.

(D5, A3) Analizar el proceso de producción actual verificando si existe inconveniente por el tipo de la maquinaria.

Las estrategias creadas a partir de las interacciones de factores internos y externos se deben ubicar en su casilla correspondiente para crear la matriz FODA, las casillas se denominan por las siglas de los factores participantes (FA, FO, DA, DO), el propósito de la matriz es observar de manera más detallada las estrategias planteadas a lo largo del diagnóstico.

Tabla V. **Matriz FODA del mantenimiento del proceso de formado de vasos**

	F	D
O	<p>ESTRATEGIAS FO</p> <p>Realizar cotizaciones para localizar proveedores de repuestos se toma en cuenta, el lugar y casa productora (F2,O2)</p> <p>Diseñar un plan de capacitación para los técnicos ubicados en la planta de formado de vasos sobre el MCC.(F4, O3)</p> <p>Realizar cotizaciones para localizar proveedores de insumos. (F2, O5)</p>	<p>ESTRATEGIAS DO</p> <p>Presentar e informar los beneficios de la implementación del MCC al personal correspondiente (D1, O3)</p> <p>Realizar una correcta asignación de funciones en el MCC para cada técnico en la planta de formado de vasos. (D3, O3).</p> <p>Establecer charlas informativas y de solución problemas entre los supervisores y técnicos, fomentando el trabajo en equipo. (D4, O4)</p>
A	<p>ESTRATEGIAS FA</p> <p>Diseñar la secuencia de tareas de forma ordenada y entendible. (F4, A3)</p> <p>(F2, A4) Realizar un inventario de los repuestos en existencia, documentar la información de forma detallada.</p> <p>Analizar la metodología del mantenimiento actual, para determinar sus fallos. (F1, A3)</p>	<p>ESTRATEGIAS DA</p> <p>Realizar el análisis de modo y efectos de falla en cada equipo de la maquinaria del proceso de formado de vasos. (D2, A2)</p> <p>Establecer las cantidades a utilizar en los insumos correspondientes a cada tarea de mantenimiento y documentarla. (D3, A4)</p> <p>Analizar el proceso de producción actual, verificando si existe inconveniente por el tipo de la maquinaria (D5, A3)</p>

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Descripción de maquinaria de formado de vasos

Las máquinas que realizan el proceso de formado de vasos en la empresa CEMSA, son de dos tipos: formadoras de vasos de mesa, siendo tres líneas de producción, y formadoras de vasos de puerta, las cuales son cinco líneas de producción.

La maquinaria tiene diferentes sistemas indispensables para el proceso, estos son:

- Sistema de vacío: es el encargado de generar un vacío parcial, es decir extrae moléculas de gas en un volumen, esto reduce la presión interior del sistema, a valores inferiores a la presión atmosférica, las ventosas de vacío es la interfaz del sistema de vacío y la pieza.
- Armario de distribución de energía eléctrica: es el equipo donde se colocan todos los componentes de calefacción, control y regulación. La máquina y la instalación de distribución están conectadas entre sí mediante conexiones de enchufe de cable.
- Sistema de aire comprimido: son los equipos y accesorios que proporcionan un caudal de aire determinado, a unas condiciones de presión y calidad de acuerdo con los requerimientos de la aplicación.
- Sistema de refrigeración: es el conjunto de equipos que cumplen con el propósito de enfriar un líquido dentro del proceso, son muy utilizados para enfriar el fluido que entra en contacto con las piezas que sufren desgaste prematuro por sus velocidades y temperatura en el proceso.
- Bomba de aceite: se encarga generar la circulación del agente de lubricación en las zonas necesarias.

2.1.2.1. Máquina formadora de vasos de mesa

La máquina de vasos denominada formadora de mesa produce vasos de materiales de polícartón, a partir de segmentos de vasos, por medio de torretas de transferencia y otros sistemas de rebordeado. Se realizan los ajustes por medio de calibraciones en mordazas y piezas de formato, según lo pedido por el cliente. Sus dimensiones son de: longitud: 3,86 mts, ancho: 1,50 mts, altura total: 1,60 mts.

La formadora de vasos de mesa está compuesta por tres secciones de proceso, los cuales son: alimentación, tratamientos de fondos y conformación de vasos.

2.1.2.2. Máquina formadora de vasos de puerta

La máquina de vasos denominada formadora de puerta ha sido concebida para fabricar vasos de materiales de polícartón. Fábrica vasos a partir de un recorte de superficie lateral y un recorte de base.

Para ajustar la forma y el tamaño de vasos deseados, hay piezas de formato en función de los pedidos del cliente. Sus dimensiones son de: longitud: 2,36 mts, ancho: 2,25 mts, altura total: 2,06 mts.

Debido al tamaño compacto de la maquina, las secciones de procesos son diferentes, las cuales son: elaboración de tubos, fabricación de fondos, conformación de la base y conformación del borde superior.

2.2. Propuesta de implementación del nuevo mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad

A continuación se presenta el proceso a utilizar para el desarrollo del mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad en la maquinaria de formado de vasos en la empresa Central de Empaques, S.A.

El mantenimiento preventivo es conformado por acciones como revisiones, observaciones, modificaciones, documentación, gestiones, y mejoras dirigidas a evitar fallas o mejorar el funcionamiento de la maquinaria.

El propósito del mantenimiento centrado en confiabilidad, es determinar todas las acciones a tomar para asegurar que los equipos físicos funcionen continuamente conforme a lo que el usuario espera, basados en sus especificaciones y técnicas de operación. Este tipo de mantenimiento, se destaca por ser eficaz y económico.

2.2.1. Objetivos del mantenimiento

- Evaluar el funcionamiento de los equipos, para conocer sus condiciones actuales.
- Desarrollar los procesos de forma sistemática y ordenada del mantenimiento centrado en confiabilidad.
- Conservar el funcionamiento de la maquinaria y equipo para el flujo ininterrumpido de sus procesos productivos.
- Incrementar las horas funcionales, 50 %, mediante la disminución de paros producidos por fallos en la máquina.

2.2.2. Metas del mantenimiento

- Reducir los tiempos de paros de producción por desperfectos de la máquina.
- Conocer todas las causas de fallo que puedan presentarse en las máquinas.
- Revisar sistemáticamente las consecuencias de cada fallo antes de considerar la cuestión operacional.
- Jerarquizar los fallos por su impacto de criticidad dentro de la máquina.
- Solventar de mejor manera la acción correctiva contra cada fallo.
- Mejorar el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- Aumentar la vida útil de los repuestos.

2.2.3. Alcance del mantenimiento

El sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad será aplicado a toda la maquinaria correspondiente al área de formado de vasos de la empresa Central de Empaques, S.A. El área tiene ocho líneas de producción cada línea.

2.2.4 Estrategias del mantenimiento

- Establecer correctamente las tareas de las rutinas del MCC.
- Asignar de mejor manera las acciones a realizar dentro de las rutinas.
- Mejorar y documentar el uso de materiales y repuestos dentro de las rutinas.
- Diseñar un plan de capacitación para el personal.

2.2.5. Listado de equipos

Para iniciar con el mantenimiento centrado en confiabilidad es importante definir el alcance, es decir, identificar a qué equipos, sistemas y subsistemas se aplicará los procesos del MCC, se debe realizar un listado de los equipos actualizado que serán los evaluados.

Esta acción permite conocer de forma clara y sencilla los datos principales de cada uno de los equipos ubicados en la planta de formado de vasos.

Los datos descritos de los equipos son los siguientes:

- Nombre: se refiere al nombre de la máquina o equipo dentro de la planta.
- Cantidad: cantidad de equipos existentes dentro de la planta.
- Marca: es la identificación de la casa constructora o de fabricación.

Tabla VI. **Listado de equipos en la planta de formado de vasos**

Nombre	Cantidad	Marca
Formadora de vasos de puerta	5	Michael Hörauf
Formadora de vasos de mesa	3	Paper Machinery
Unidad de vacío	8	Elmo Rietschle
Unidad de refrigerante	8	Auto Thern

Fuente: CEMSA.

2.2.6. Recurso humano (responsables)

Para efectuar el mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad, se cuenta con un equipo de trabajo competente y apto. El recurso humano es de vital interés en la realización, revisión y documentación del mantenimiento e inocuidad de la maquinaria designada.

El equipo de trabajo se conforma por los técnicos designados a la planta de formado de vasos, los operarios de cada máquina y el supervisor de mantenimiento a cargo.

2.2.7. Asignación y funciones de recurso humano

Se forma el grupo de trabajo con cuatro técnicos, estos cumplen con los turnos establecidos por la empresa, se debe rotar los turnos para evitar un desgaste físico y mental. La asignación es dividida semanalmente.

Tabla VII. **Asignación de turnos en la planta de formado de vasos**

Semana	Turnos		
	Diurno 7 am – 4 pm	Continuo 7 am – 7 pm	Nocturno 7 pm – 6 am
Semana 1	Técnico 1 y 2	Técnico 3	Técnico 4
Semana 2	Técnico 1 y 4	Técnico 2	Técnico 3
Semana 3	Técnico 4 y 3	Técnico 1	Técnico 2
Semana 4	Técnico 2 y 3	Técnico 4	Técnico 1

Fuente: CEMSA.

Se asignan las funciones del equipo de trabajo para realizar el mantenimiento centrado en confiabilidad.

- Técnico de mantenimiento
 - Limpiar y mantener ordenada su área de trabajo.
 - Reparar los fallos y defectos asignados según las rutinas.
 - Realizar inspecciones según las rutinas.
 - Localizar fallos y organiza la solución de los mismos.
 - Documentar sobre los fallos sucedidos.

- Operador de máquina
 - Preparar la instalación para el producto que hay que procesar.
 - Localizar fallos y organiza la solución de los mismos.
 - Velar por el correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad.
 - Apoyar al técnico con tareas de mayor tiempo.

- Supervisor de mantenimiento
 - Documentar todas las órdenes de trabajo e ingresa los datos a una base de datos.
 - Llevar un control sobre el estado de lo insumos y repuestos.
 - Observar las acciones del técnico si realiza correctamente las rutinas de MCC.
 - Lleva a cabo las metas planteadas en el mantenimiento.

Las tareas de mantenimiento de servicio menor son realizadas por los operarios designados en el tiempo destinado a la preparación de cada máquina, estas tareas son muy importantes a la vida útil de la máquina, son conformadas por las rutinas de 24 horas. El turno laboral de los operarios es de 12 horas.

Se establece que las rutinas de mantenimiento de servicio mayor son realizadas por el técnico de mantenimiento en el horario correspondiente.

2.2.8. Mantenimiento centrado en confiabilidad

El mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo continúe haciendo lo que sus usuarios desean que haga en su contexto operacional actual.

En el mantenimiento centrado en confiabilidad se aplica un proceso sistemático y analítico basado en el entendimiento de las funciones de los sistemas y las fallas funcionales, con el objetivo de generar una serie de tareas de mantenimiento y recomendaciones que deben ser planeadas para crear u optimizar los planes y programas de mantenimiento.

La idea central del MCC plantea que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos.

Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica, que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función.

El proceso del mantenimiento centrado en confiabilidad atraviesa una serie de fases las cuales son:

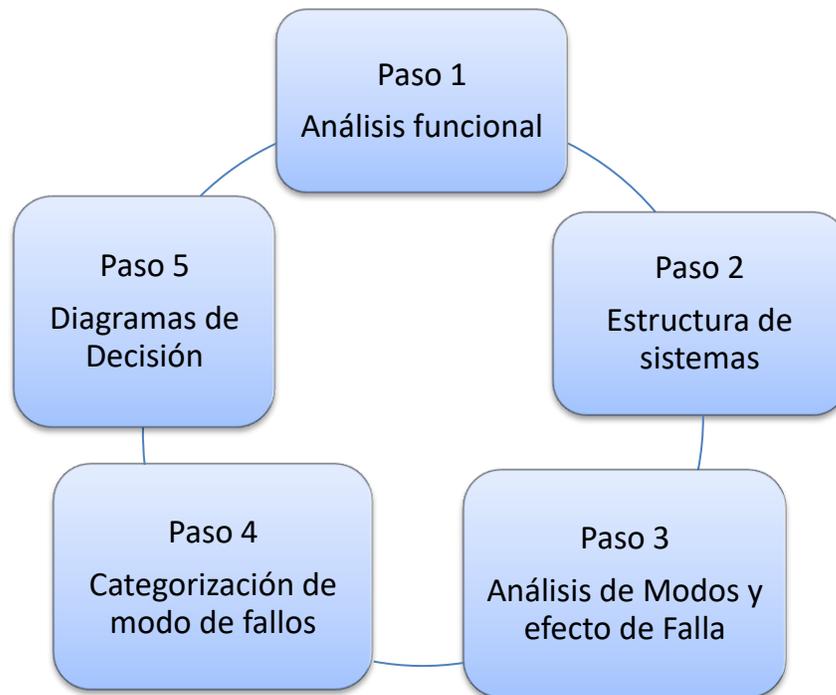
- Fase 1: definición clara de lo que se pretende implementar.
- Fase 2: codificación y listado de todos los sistemas, subsistemas y equipos que componen la planta.
- Fase 3: estudio detallado del funcionamiento del sistema, determinación de las especificaciones del sistema, listado de funciones primarias y secundarias del sistema en su conjunto, listado de funciones principales y secundarias de cada subsistema.
- Fase 4: determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.
- Fase 5: determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.
- Fase 6: estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. clasificación de los fallos en críticos, significativos, tolerables o insignificantes en función de esas consecuencias.
- Fase 7: determinación de tareas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.
- Fase 8: agrupación de las tareas preventivas en sus diferentes categorías: Listas de mejoras, planes de formación, procedimientos de operación y de mantenimiento.
- Fase 9: puesta en marcha de las tareas preventivas.
- Fase 10: evaluación de las tareas adoptadas, mediante la documentación del plan.

Para realizar todas las fases indicadas correctamente, el proceso del mantenimiento centrado en confiabilidad se desarrolla en disposiciones específicas, por medio de cinco pasos secuenciales que se deben seguir.

Los pasos consisten en analizar las funciones de los activos, detectar los modos de fallas o causas de ellas, estudiar sus efectos y analizar sus

consecuencias a partir de la evaluación de las consecuencias se determinar las estrategias más adecuadas.

Figura 3. **Proceso del mantenimiento centrado en confiabilidad**

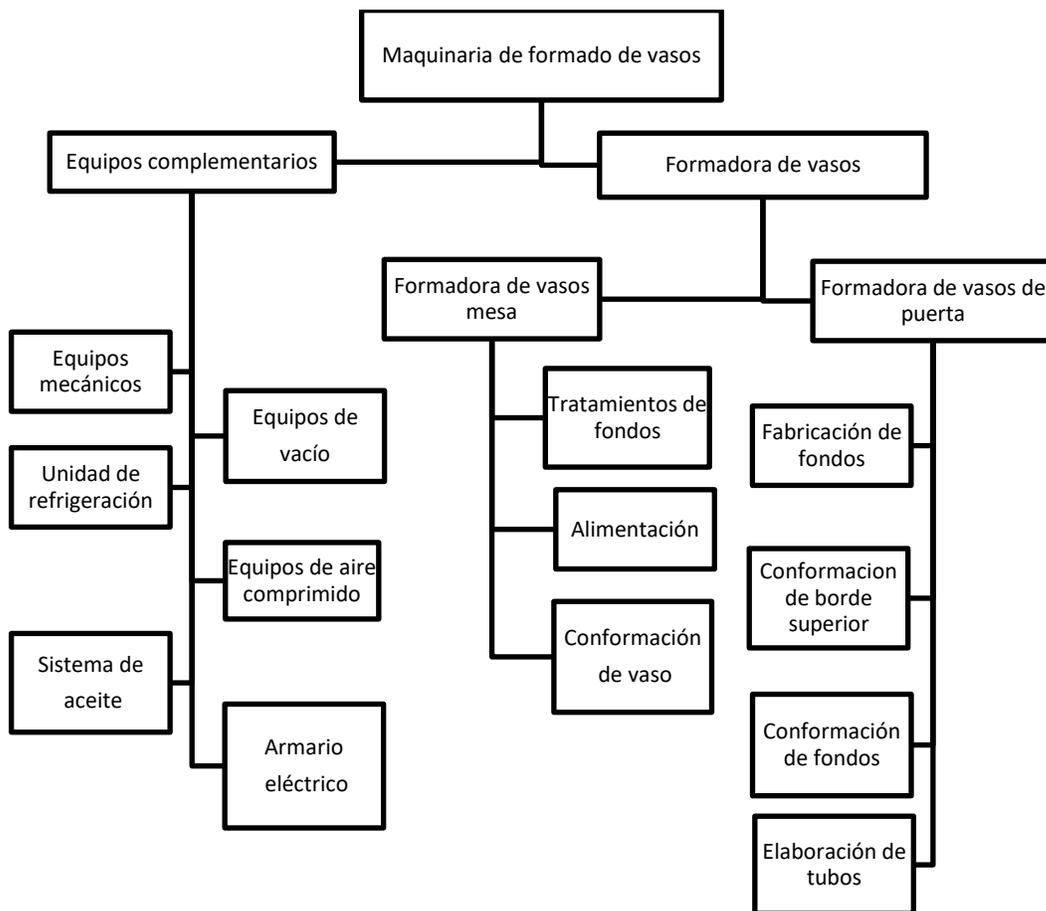


Fuente: PEMEX, *Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Aprendizaje Virtual*. <https://es.scribd.com/document/399502139/Guia-SCO-Mantenimiento-Centrado-Confiabilidad> Consulta: octubre 2017.

2.2.8.1. Paso 1. Análisis funcional de la máquina

Las maquinaria designada al proceso de formado de vasos es analizada como un sistema, el cual presenta diferentes, elementos, mecanismos que funcionan juntos para cumplir con las funciones planteadas.

Figura 4. Análisis de equipos



Fuente: CEMSA.

2.2.8.2 Paso 2. Listados de sistemas

Tener definidos los equipos es la primera fase, posteriormente se definen los sistemas y clasificando sus magnitudes se derivan a varios subsistemas.

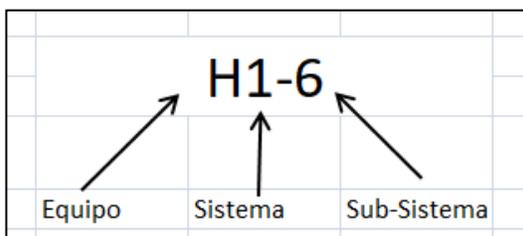
Para que el sistema cumpla su función, cada uno de los subsistemas debe cumplir la suya. Para ello, es importante listar también las funciones de cada uno de los subsistemas.

Se divide los sistemas por máquinas formadoras de vasos (puerta y mesa) y por equipos complementarios, después de listar todos los sistemas se procede a codificarlos.

2.2.8.2.1 Codificación de sistemas

La codificación es importante en el MCC, ya que permite llevar un mejor control, orden y correcta identificación de toda la maquinaria.

Figura 5. **Codificación de los sistemas**



Fuente: elaboración propia.

Los códigos de cada equipo y máquina para el desarrollo del proyecto.

Tabla VIII. **Codificación de equipos**

Código	Maquina/equipo
H--	Formadora de puerta
M--	Formadora de mesa
F--	Equipos complementarios

Fuente: elaboración propia.

Se lista cada sistema y subsistema de la maquinaria de la planta de formado de vasos con su respectiva codificación.

Tabla IX. **Listado de sistemas y subsistemas de equipos complementarios**

Cód.	Sistema	Subsistemas	Función
F1-1	Sistema Eléctrico	Único	Proporcionar energía y potencia eléctrica a la máquina.
F2-1	Elementos Mecánicos	motor principal	Convertir la energía eléctrica suministrada en energía mecánica en toda la máquina.
F2-2		mecanismo de clutch/freno	Frenar en cualquier momento el mecanismo de la máquina.
F2-3		engranajes/ cadenas	Transmitir y regular la transmisión de energía por medio de transferencia de movimiento.
F3-1	Sistema de Aire comprimido	Único	Proporcionar la presión de aire para accionar los mecanismos neumáticos en la máquina.
F4-1	Sistema de Vacío	motor de vacío	Convertir la energía eléctrica a presión de efecto de vacío para toda la máquina.
F4-2		Válvulas	Restringir o regular el flujo de vacío.

Continuación de la tabla IX

F4-3	Sistema de Vacío	Manguera	Transportar el flujo de vacío en el sistema.
F5-1	Sistema de bombeo de aceite	Motor	Convertir la energía eléctrica en accionamiento de bombeo de aceite en toda la máquina.
F5-2		Mangueras/ rociadores	Regular o filtrar transportar el flujo de aceite donde se requiera.
F6-1	Sistema de refrigerante	Motor de Chiller	Generar la energía eléctrica a los demás equipos dentro de la unidad de refrigerante.
F6-2		Radiador	Disipar el calor que se produce el medio ambiente para enfriar el equipo.
F6-3		Evaporador	Enfrían el fluido que circula en la unidad de refrigerante.

Fuente: CEMSA.

Tabla X. **Listado de sistemas y subsistema de formadora de vasos de puerta**

Cód.	Sistema	Subsistemas	Función
H1-1	Elaboración de tubos	Pila de segmentos	Empujar los segmentos hacia al transporte de segmentos.
H1-2		Transporte de segmentos	Conducir los segmentos entre correas transportadoras en intervalos hacia la estrella de plegado.
H1-3		Plegado previo	Hacer que el segmento de papel se pliegue en el lado que va ser enrollado hacia adentro.
H1-4		Calefacciones de uniones laterales	Calentar el segmento de papel en la unión soldada.
H1-5	Elaboración de tubos	Estación de alineación	Posicionar el segmento sobre las placas de aspiración para determinar la posición fija.

Continuación de la tabla X

H1-6	Elaboración de tubos	Caja de escobillas	Colocar el segmento de papel en forma de U alrededor del mandril.
H1-7		Estación de plegado	Las placas de plegado se colocan los extremos del segmento uno encima del otro sellando la unión lateral.
H1-8		Descarga de tubos	Expulsar el tubo de la estrella de plegado.
H2-1	Fabricación de fondos	Marcha de papel de fondo	Extrae una bobina de papel y la transporta por rodillos hasta la troqueladora de bases por medio de un servomotor.
H3-1	Conformación de la base	Troquelado de fondo	Troquela la hoja de papel generando una forma de fondo de vaso.
H3-2		Empuje de tubos	Empuja los tubos sobre la base del vaso hacia los mandriles centrales.
H3-3		Calefacción de fondo	Calentar el fondo y el tubo del vaso para que el material sea sellable.
H3-4		Rebordear fondo	Rebordear el tubo hacia adentro alrededor de la base del fondo.
H3-5		Sellados	Se unen el tubo de la base mediante mordazas de sellado.
H3-6		Descarga de vasos	Soltar el vaso del mandril central a la mesa dos.
H4-1	Conformación del borde superior	Humedecer borde superior	Rociar la parte interna del vaso es rociado con un agente lubricante.
H4-2		Rebordeados	Rebordear el borde superior del vaso.
H4-3		Calibrar	Calibrar la altura exacta del vaso.
H4-4		Expulsión	Expulsar los vasos mediante presión.
H4-5		Transporte salida de vasos	El vaso terminado es elevado por el aparato de contrapresión desde la toma de vasos a la estación de embolsado.

Fuente: CEMSA.

Tabla XI. **Listado de sistemas y subsistema de formadoras de vasos de mesa**

Cód.	Sistema	Subsistemas	Función
M1-1	Alimentación	Rieles y transmisión del avanzador de blancos	Llevar los segmentos de papel al alimentador de blancos.
M1-2		Alimentador de blancos	Enviar los segmentos de papel hasta torreta de transferencia donde unos sujetadores los mantiene en su lugar.
M1-3		Colocador giratorio de blancos	Levantar el <i>flank</i> y colocarlo a la torreta por medio de ventosas de vacío.
M1-4		Torreta de transferencia	Transportar los blancos al sellador de paredes y al precalentado de fondos y a aletas plegadoras.
M2-1	Tratamiento de fondos	Alimentador de fondos	Alimentar el material para fondos que vienen del desenrollado del material.
M2-2		Perforador y formador de fondos	Alimentar, perforar y formar el material para fondos.
M2-3		Aletas plegadoras	Fijar el papel inferior retiene el blanco en el lado inferior del mandril, sujetándolos.
M2-4		Calentador de fondos	Precalentar las áreas de costura lateral y de fondo de los blancos.
M2-5		Doblado de fondos	Doblar el papel hacia adentro del material de la pared que sobresale de los bordes del fondo.
M2-6		Acabado de fondos	Un rodillo maquinado termina y encuadra el borde del fondo del casco.
M3-1	Conformación de vaso	Torreta de mandril	Sostener el casco a través del proceso de formación del fondo.
M3-2		Torreta del rebordeador	Recibir el casco terminado de la canaleta de transferencia.

Continuación de la tabla XI

M3-3	Conformación de vaso	Apisonadora lubricación	Asentar con firmeza los cascos en los receptáculos de la torre del rebordeador.
M3-4		Enrollamiento del remate	Enrollar parcialmente el remate del casco para iniciar la formación del reborde.
M3-5		Acabado de remate	Completar el reborde y la aplicación del calor que proporciona al papel la forma adecuada para enrollar.
M3-6		Expulsión de vasos acabado	Expulsar los vasos mediante presión.

Fuente: CEMSA.

2.2.8.3. Paso 3. Análisis de modo y efectos de falla (AMEF)

El próximo paso es identificar la función del sistema, los modos de fallos, estos son las diversas causas que generan los fallos. El análisis abarca, de igual manera, los efectos de las fallas en el desempeño de los sistemas.

Este paso es realizado por el análisis del AMEF, la cual es una técnica aplicada al estudio metódico de las consecuencias que provocan las fallas de cada componente de un equipo.

El objetivo principal en este paso es reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y operación y mantenimiento de un equipo, a partir de los estudios de los sistemas y subsistemas analizados.

Se realiza el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para cada uno de los equipos, sistemas, subsistemas de la planta de formado de vasos.

2.2.8.3.1. AMEF de equipos complementarios

Se realiza el AMEF de los equipos complementarios.

Tabla XII. AMEF del sistema eléctrico

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: eléctrico			código F1-1
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Proporcionar energía eléctrica a todos los sistemas de la máquina.	No administrar la energía eléctrica requerida en la maquinaria.	Conexiones eléctricas dañadas, sueltas o sin protección.	Equipo sin energía eléctrica.
		Fallas distribuidas en red eléctrica (bajo voltaje, sobre voltaje, pérdida de fases, sobre corriente).	No poder utilizar la energía eléctrica que se necesita en cada estación, dañar el equipo.
		Componentes del armario de distribución sin buenas conexiones.	No poder calentar, controlar ni regular las conexiones eléctricas.
		Componentes eléctricos defectuosos, un uso inapropiado de estos.	Fallas en el equipo constantes, generación de gastos innecesarios.
		Termo resistencias dañadas.	Fallas generadas por caídas de energía.
		Panel eléctrico con polvo.	Deterioro de cables.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **AMEF del motor eléctrico principal**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: elementos mecánicos			código F2-1
Subsistema: motor eléctrico principal			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Convertir la energía eléctrica suministrada en energía mecánica en toda la máquina.	Incapaz de generar energía cinética en la máquina.	Falta/demasiada grasa en los rodamientos.	Rodamiento demasiado caliente, ruidos en el rodamiento.
		Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	Motor sin funcionamiento.
		Fajas de transmisión en mal estado.	Poca o nula transferencia de movimiento a los demás engranajes.
		Fallas distribuidas en red eléctrica (bajo voltaje, sobre voltaje, pérdida de fases, sobre corriente).	Motor demasiado caliente. Fuerte caída del número de revoluciones.
		Ventilación Insuficiente.	Motor demasiado caliente.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **AMEF de mecanismo clutch/ freno**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: elementos mecánicos			código F2-2
Subsistema: mecanismo clutch/ freno			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Frenar en cualquier momento el mecanismo	No poder frenar en cualquier momento el mecanismo de la	Bajo nivel de líquido de freno.	Daño perjudiciales en la máquina.
		Aceite de freno con residuos perjudiciales.	Daños en el accionamiento de inyección de freno.

Continuación de la tabla XIV.

de la máquina por diversas circunstancias.	máquina por diversas circunstancias.	Suciedad en el accionamiento de clutch.	Dificultad de movilización del sistema de clutch.
		Conexiones eléctricas y mecánicas dañadas.	Sistema de frenado sin funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **AMEF de cadenas y engranajes**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: elementos mecánicos			código F2-3
Subsistema: cadenas / engranajes			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Transmitir y regular la transmisión de energía por medio de transferencia de movimiento.	No transferir movimiento, energía transmitida.	Cadenas sin continuidad (eslabones rotos).	No existe transmisión de movimiento.
		Mal lubricado de cadenas y engranajes.	Engranajes y cadenas calientes, desgaste abrasivo.
		No hay conicidad entre engranajes.	No hay la transmisión de movimiento.
		Por desgaste, no hay contacto entre engranajes.	No existe transmisión de movimiento.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **AMEF de aire comprimido**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: aire comprimido			código F3-1
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Proporciona el flujo de aire comprimido dentro de la máquina.	No proporciona el flujo de aire comprimido dentro de la máquina.	Las tuberías, mangueras, conexiones y válvulas tienen fuga.	No se abastece el aire comprimido para la máquina.
		Daños dentro del sistema del interruptor de presión y de calefacciones.	No se puede accionar/inhabilitar el sistema de aire comprimido.
		Fuga en el depósito de compensación de calefacciones.	Sin suministro de aire comprimido a los interruptores de calefacción.
		Obstrucción por suciedad o algún otro obstáculo en el flujo dentro de las válvulas.	El flujo de aire comprimido se retiene y no consigue la presión indicada.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **AMEF del motor de vacío**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: sistema de vacío			código F4-1
Subsistema: motor de vacío			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Convertir energía eléctrica en mecánica para generar movimiento en la bomba de vacío.	Incapaz de generar movimiento adecuado de vacío.	Falta/demasiada grasa en los rodamientos.	Rodamiento demasiado caliente. Ruidos en el rodamiento.
		Ventilación insuficiente.	Motor demasiado caliente.
		Filtros con aberturas.	Mala filtración de aspiración.
		Las paletas de carbón se quiebran o se gastan.	No hay sistema de vacío.
		Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	Motor sin funcionamiento.
		Obstrucción en tuberías.	Estanqueidad de tuberías.
		Fallas distribuidas en red eléctrica (bajo voltaje, sobre voltaje, pérdida de fases, sobre corriente).	Motor demasiado caliente. Fuerte caída del número de revoluciones.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **AMEF de las válvulas y mangueras**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: sistema de vacío			código F4-2 F4-3
Subsistema: válvulas / mangueras			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Restringir o regular el paso del flujo de vacío dentro del sistema de máquina.	No realizar correctamente la regulación del paso de flujo de vacío.	Obstrucción por suciedad o algún otro obstáculo en el flujo dentro de las válvulas.	El flujo de vacío se retiene y no consigue la succión indicada.
		Fisura dentro de la electroválvula,	La electroválvula no funciona por corriente de vacío.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **AMEF del motor eléctrico del bombeo de aceite**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: bombeo de aceite			código F5-1
Subsistema: motor eléctrico			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Convertir la energía eléctrica en accionamiento de bombeo de aceite en todas las partes de la máquina que lo necesiten.	Incapaz de generar bombeo del aceite para toda la máquina.	Falta/demasiada grasa en los rodamientos.	Rodamiento demasiado caliente. Ruidos en el rodamiento.
		Ventilación insuficiente.	Motor demasiado caliente.
		Fallas distribuidas en red eléctrica	Motor demasiado caliente. Fuerte caída del número de revoluciones.
		Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	Motor sin funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **AMEF de mangueras y rociadores**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema: bombeo de aceite			código F5-2
Subsistema: mangueras/rociadores			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Transportar, regular o filtrar el flujo del lubricante en aceite en los sistemas que lo requiere la máquina.	No transportar, regular o filtrar el aceite adecuadamente en los sistemas de la máquina que lo requiera.	Obstrucción por suciedad o algún otro obstáculo en el flujo dentro los filtros.	Transportar aceite con residuos es dañino a los sistemas.
		Grietas superficiales en los componentes en el sistema de aceite.	El flujo del aceite no consigue llegar a todos los sistemas indicados.
		Orificios en las mangueras del bombeo del aceite.	Desperdicio de aceite, contacto del aceite con las demás piezas innecesario.
		Obstrucción en el flujo del refrigerante a utilizar.	Aceite muy caliente, daña las piezas en contacto.
		Rociadores obstruidos por suciedad o algún impedimento en este flujo.	Desgaste prematuro en piezas seleccionadas a lubricar.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **AMEF del motor del chiller**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema de refrigerante			código F6-1
Subsistema: motor eléctrico del chiller			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Suministrar la energía eléctrica a los demás equipos dentro de la unidad de refrigerante.	Incapaz de generar el refrigerante adecuado en la unidad de refrigerante.	Falta/demasiada grasa en los rodamientos.	Rodamiento demasiado caliente. Ruidos en el rodamiento.
		Ventilación Insuficiente.	Motor demasiado caliente.
		Fallas distribuidas en red eléctrica (bajo voltaje, sobre voltaje, pérdida de fases, sobre corriente).	Motor demasiado caliente. Fuerte caída del número de revoluciones.
		Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	Motor sin funcionamiento con peligro latente.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **AMEF del radiador del sistema de refrigerante**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema de refrigerante			código F6-2
Subsistema: radiador			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Disipar el calor que se produce el medio	No disipar el calor dentro del proceso, volviendo a una temperatura	Obstrucción por suciedad o algún otro obstáculo en las mangueras.	Las conexiones térmicas no consiguen su temperatura ideal.

Continuación de la tabla XXII.

ambiente para enfriar el equipo.	de sobrecalentamiento al equipo.	Las conexiones eléctricas están dañadas o mal colocadas en el sistema.	Radiador sin funcionamiento, peligro latente.
		El radiador tiene malas conexiones mecánicas.	No disipa correctamente el calor dentro del equipo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **AMEF de evaporador**

Máquina: formadoras de vasos			
Sistema de refrigerante			código F6-3
Subsistema: evaporador			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Restringir o regular el paso del flujo de vacío dentro del equipo de chiller.	No realizar correctamente el refrigerante del fluido dentro del equipo de chiller.	Obstrucción por suciedad o algún otro obstáculo en el flujo dentro del evaporador.	El flujo de vacío se retiene y no consigue la succión indicada.
		Fisura dentro del evaporador, obteniendo una salida del refrigerante.	Los vapores perjudican al componente.
		Orificios en las mangueras y otros medios de transporte del refrigerante.	No se obtiene el enfriamiento indicado en el transcurso del paso de las mangueras.

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.3.2. **AMEF de funciones de formadora de vasos de puerta**

Se realiza el AMEF de la formadora de puerta.

Tabla XXIV. **AMEF de pila de segmentos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: elaboración de tubos			Código: H1-1
Subsistema: pila de segmentos			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Empujar los segmentos hacia al transporte de segmentos.	No empujar los segmentos hacia el transporte de segmentos.	Tener el segmento de vaso muy deformado.	Fallo en la elaboración de tubos.
		Mal cableado en los sensores del panel de mando.	La máquina no percibirá si hacen falta segmentos de papel a procesar.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **AMEF de transporte de segmentos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: elaboración de tubos			Código: H1-2
Subsistema: transporte de segmentos			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Conducir los segmentos entre correas transportadoras en intervalos hacia el plegado.	No tener la capacidad de conducir los segmentos a través de la estación.	Mala transmisión de correa en rodillo guía.	No poder trasladar los segmentos correctamente.
		No calentar lo adecuado el aire a utilizar.	Desprendimiento del vaso en el proceso.
		Malas conexiones en el área de calefacción.	Un pegamento frio que no juntara adecuadamente.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **AMEF de elaboración de tubos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: elaboración de tubos			Código: H1-3
Subsistema: plegado previo			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Hacer que el segmento de papel se pliegue en el lado que va ser enrollado hacia adentro.	No realizar el pliegue en el vaso.	El mecanismo de pliegue no está alineado correctamente.	El pliegue no es uniforme en el borde exterior.
		Los tornillos cilíndricos estén flojos.	El mecanismo no será seguro en el seguimiento de vasos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **AMEF de calefacciones de uniones laterales**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: elaboración de tubos			Código: H1-4
Subsistema: calefacciones de uniones laterales			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Calentar el segmento de papel en la unión soldada	No calentar el segmento de papel en la unión soldada	Mala alineación entre el segmento y la tobera de aire caliente.	Desperfectos en el vaso, no tendría forma.
		Malas conexiones en el área de calefacción.	Una zona fría no juntara adecuadamente el vaso.
		Guías refrigeradas de baja calidad.	No se limita el flujo de calor en la zona de unión

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **AMEF de estación de alineación**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: elaboración de tubos			Código: H1-5
Subsistema: estación de alineación			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	efectos de Falla
Posicionar el segmento sobre las placas de aspiración para determinar la posición fija por medio de vacío.	No posicionar correctamente el segmento sobre las placas de aspiración.	Las correas de transporte estén mal posicionadas.	La baja alineación del tubo de vasos sea perjudicial para el proceso.
		Obstrucción de las placas de aspiración.	No hay conducción de vacío, impidiendo el fijar el segmento.
		Los tacos de tope están mal alineados.	Deformación del tubo del vaso.
		Mandril plegado no se ejecuta correctamente.	La baja alineación del tubo de vasos sea perjudicial para el proceso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **AMEF de caja de escobillas**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: elaboración de tubos			Código: H1-6
Subsistema: caja de escobillas			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Colocar el segmento de papel en forma de U alrededor del mandril.	No colocar adecuadamente el segmento de papel en forma de U alrededor del mandril.	Desperfectos mecánicos y físicos en el mandril.	La forma del vaso no estará bien debido al contorno del mandril.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **AMEF de estación de plegado**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: elaboración de tubos			Código: H1-7
Subsistema: estación de plegado			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Las placas de plegado se colocan los extremos del segmento uno encima del otro sellando la unión lateral.	No sellar adecuadamente la unión lateral de los extremos.	Mala alineación en los elementos de presión de tubos de vasos.	Deformación en los vasos.
		Conexiones eléctricas sueltas o mal conectadas.	Mecanismo de traslado sin funcionamiento.
		Placas de plegado sin alineación.	El vaso es descompensado por las placas y surge deformado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **AMEF de descarga de tubos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: elaboración de tubos			Código: H1-8
Subsistema: descarga de tubos			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Expulsar el tubo de la estrella de plegado.	No realizar la expulsión del vaso.	Conexiones mecánicas, hidráulicas y eléctricas deficientes.	No tener funcionamiento y arruinar la continuidad en el proceso.
		Obstrucción por el paso del flujo del sistema de vacío en la máquina.	Los vasos no alcanzaran llegar a la siguiente estación.
		Mala lubricación en la estrella de plegado.	La estrella de plegado no realiza su función.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **AMEF de marcha de papel de fondo**

Máquina: formadoras de vasos de puerta			
Sistema: fabricación de fondo			código H2-1
Subsistema: marcha de papel de fondo			
Función	Falla funcional	modo de falla	Efecto de falla
Extrae una bobina de papel y la transporta por rodillos hasta la troqueladora de bases por medio de un servomotor.	Incapaz de extraer la bobina de papel hasta el troquelado de vasos.	Mala distribución de rodillos de transporte.	Velocidad no acorde al manual estropear el seguimiento del fondo.
		Servomotor incapaz de generar empuje a hoja de papel.	No existe continuidad en el proceso de fondo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **AMEF de troquelado de fondo**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación del fondo			Código: H3-1
Subsistema: troquelado de fondo			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Troquela la hoja de papel dándole una forma de base de vaso, la base es aspirada mediante vacío al mandril.	No troquelar la hoja de papel.	Troqueladora sin filo.	No hay perforación.
		Abastecimiento de papel no acorde a troqueladora.	La cinta de papel del troquelado puede romperse.
		Conexiones eléctricas y mecánicas dañadas.	No hay accionamiento de troquelado.
		Obstrucción del paso del flujo de vacío.	El fondo no podrá acoplarse correctamente al tubo de vaso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **AMEF de empuje de tubos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación del fondo			Código: H3-2
Subsistema: empuje de tubos			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Empuja los tubos sobre la base del vaso hacia los mandriles centrales.	No empujar los tubos correctamente.	Conexiones eléctricas y mecánicas dañadas.	Sin accionamiento del elevador de tubos.
		Obstrucción del paso del flujo de vacío.	El vacío no accionara el sistema correctamente.
		Desalineación de los mandriles.	El vaso sufrirá percusiones en su forma.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **AMEF calefacción de fondos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación de fondo			Código: H3-3
Subsistema: calefacción de fondos			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Calentar las bases y el tubo del vaso para que el material sea sellado.	No calentar los tubos y la base adecuadamente.	Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	No calienta lo adecuado los elementos de calefacción.
		Obstrucción del paso del flujo del aire comprimido.	El aire comprimido no alcanzaría el sistema donde es calentado por elementos.
		Fuga o dificultad en el paso de la tobera.	No es posible la conducción del aire caliente a la zona de sellado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **AMEF rebordear fondo**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación de fondo			Código: H3-4
Subsistema: rebordear fondo			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Rebordear el tubo hacia adentro alrededor de la base	No ejecutar el rebordeado del tubo hacia alrededor de la base.	Conexiones mecánicas dañadas.	No podrá realizar el rebordeado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **AMEF sellado de fondo**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación de fondo			Código: H3-5
Subsistema: sellado de fondo			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Se unen el tubo de la base mediante mordazas de sellado.	No sellar correctamente la unión del tubo con la base.	Mala alineación entre las mordazas del sellado.	El vaso sale con desperfectos varios.
		Mal accionamiento de la palanca de rodilla.	El vaso sale con desperfectos varios.
		Conexiones eléctricas dañadas.	No calienta lo adecuado contra el aro de sellado externo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **AMEF de descarga de vasos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación de fondo			Código: H3-6
Subsistema: descarga de vasos			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Soltar el vaso del mandril central a la mesa dos.	Soltar de manera brusca el vaso.	Conexiones de contrapresión neumáticas dañadas.	Mal funcionamiento en la entrega de vasos.
		Obstrucción del paso del flujo del aire comprimido y de vacío.	El paso de los flujos de los sistemas no alcanzaran la estación indicada.
		Mala alineación en el contador de leva.	Los tiempos del aire soplado y vacío no coincidirán.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **AMEF humedecer borde superior**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación del borde superior			Código: H4-1
Subsistema: humedecer borde superior			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Rociar la parte interna del vaso por un agente lubricante.	Rociar de forma incorrecta la parte interna del vaso.	Rociadores en mal estado.	No humedece la parte interna del vaso.
		Fuga en la arandela de fieltro.	El agente lubricante se desperdicia y no es bien filtrado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **AMEF de rebordeado**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación del borde superior			Código: H4-2
Subsistema: rebordeado			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Rebordear el borde superior del vaso.	Rebordear de forma incorrecta el borde superior del vaso.	Instalaciones mecánicas dañadas.	No podrá realizar el rebordeado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **AMEF subsistema de calibrar**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación del borde superior			Código: H4-3
Subsistema: calibrar			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Calibrar la altura exacta del vaso.	Obtener diferentes alturas del vaso deseado.	Mala colocación del sello de calibración.	Un tamaño no deseado y dobleces en el vaso.
		Mala instalación de los diferentes sellos de calibración.	El vaso queda inconsistente en el proceso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **AMEF de expulsión de vasos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación del borde superior			Código: H4-4
Subsistema: expulsión			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
Expulsar los vasos mediante presión.	Soltar de manera brusca el vaso, parámetros desalineados.	Conexiones neumáticas dañadas.	Mal funcionamiento de expulsión.
		Obstrucción del paso del flujo del aire comprimido.	El sistema del aire comprimido no se abastecerá para dicha área.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **AMEF transporte salida de vasos**

Máquina: formadora de vasos de puerta			
Sistema: conformación del borde superior			Código: H4-5
Subsistema: transporte salida de vasos			
Función	Falla funcional	Modos de fallas	Efectos de falla
El vaso terminado es elevado por el aparato de contrapresión desde la toma de vasos al depósito de pilas.	El vaso terminado no puede ser elevado por el aparato.	Obstrucción del paso del flujo del aire comprimido.	El sistema del aire comprimido no se abastecerá para dicha área.
		Conexiones mecánicas dañadas en el aparato de contrapresión.	Mal funcionamiento del aparato de contrapresión en el sistema.
		Mala lubricación en el sistema.	Desgaste prematuro en el aparato de contrapresión.

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.3.3. AMEF de funciones de formadora de vasos de mesa

Por último, se realiza el AMEF de los sistemas de la formadora de vasos tipo mesa.

Tabla XLIV. **AMEF rieles y transmisión del avanzador de blancos**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: alimentación			Código: M1-1
Subsistema: rieles y transmisión del avanzador de blancos			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Llevar los segmentos de papel al alimentador de blancos.	No llevar los segmentos adecuadamente.	Tener el segmento de vaso muy deformado.	Fallo en la elaboración de tubos.
		Mal cableado en los sensores del panel de mando.	La máquina no percibirá si hacen falta segmentos de papel a procesar.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **AMEF alimentador de blancos**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: alimentación			Código: M1-2
Subsistema: alimentador de blancos			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Enviar los segmentos de papel hasta torreta de transferencia donde unos sujetadores los mantiene.	Los segmentos de papel son incapaces de trasladarse a la torreta de transferencia.	Mala transmisión de correas.	No poder trasladar los segmentos correctamente.
		No calentar lo adecuado el pegamento a utilizar.	Desprendimiento del vaso en el proceso.
		Malas conexiones en el área de calefacción.	Un pegamento frío que no juntara el vaso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **AMEF colocador giratorio de blancos**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: alimentación			Código: M1-3
Subsistema: colocador giratorio de blancos			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Levantar el segmento y colocarlo a la torreta por medio de ventosas de vacío.	No realizar las acciones seleccionadas en la torreta.	Conexiones eléctricas dañadas.	Mal funcionamiento del colocador giratorio de blancos.
		Mala lubricación en el colocador giratorio de blancos.	Desgaste rápido en el mecanismo giratorio.
		Obstrucción del paso del flujo de vacío en el sistema.	El sistema de vacío no abastecería la función de la estación.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **AMEF torreta de transferencia**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: alimentación			Código: M1-4
Subsistema: torreta de transferencia			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Transportar los segmentos al sellador de paredes y al precalentado de fondos y a aletas plegadoras.	No transportar los segmentos adecuadamente en todo el proceso.	Mal accionamiento de los sujetadores por la palanca de pared.	El segmento de papel puede desprenderse del proceso.
		Fallas físicas y mecánicas en el mecanismo de levas.	El movimiento de la torreta no tiene coincidencia con el paso de los vasos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **AMEF de alimentador de fondos**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: tratamiento de fondos			Código: M2-1
Subsistema: alimentador de fondos			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Alimentar el material para fondos que vienen del desenrollado del material.	Incapaz de extraer la bobina de papel hasta el perforador de vasos.	Mala distribución de rodillos de transporte.	Velocidad no acorde al manual estropear el seguimiento del fondo.
		Servomotor incapaz de generar empuje a hoja de papel.	No existe continuidad en el proceso de fondo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **AMEF perforador y formador de fondos**

Máquina: Formadoras de vasos de mesa			
Sistema: tratamiento de fondos			Código: M2-2
Subsistema: perforador y formador de fondos			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Alimentar, perforar y formar el material para fondos.	No alimentar, perforar y formar el material para el fondo.	Perforador sin filo.	No hay perforación.
		El faldón de brida esta desalineado.	Hay una deformación del vaso.
		Conexiones eléctricas y mecánicas dañadas.	No hay accionamiento de perforación.
		Obstrucción del paso del flujo de vacío.	El fondo no podrá acoplarse correctamente al tubo de vaso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **AMEF de aletas plegadoras**

Máquina: Formadoras de vasos de mesa			
Sistema: tratamiento de fondos			Código: M2-3
Subsistema: aletas plegadoras			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Se sujeta por el lado blanco del segmento y se levanta para fijarlo al mandril, formando una pared.	No fijar el blanco del segmento y no levantar para el mandril.	Conexiones eléctricas, mecánicas dañadas.	Precalentamiento bajo de calidad.
		Desalineación en el mandril y en las aletas plegadoras.	Los bordes del fondo del vaso no se traslapan ocasionando un mal.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **AMEF de estación del calentador de fondos**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: tratamiento de fondos			Código: M2-4
Subsistema: estación del calentador de fondos			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Calentar las áreas de sellado lateral y de fondo de los segmentos de vaso.	No calentar las áreas de sella do lateral y de fondo de los segmentos de vasos.	Conexiones eléctricas y mecánicas dañadas.	Mal funcionamiento en el área del sellado.
		Pistola de calor con malas conexiones.	Sin la inyección de calor adecuada para pegar.
		Casco de profundidad no adecuado para la calefacción.	Calentador en otra zona no deseada por cuestión de profundidad.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **AMEF de estación de doblado de fondos**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: tratamiento de fondos			Código: M2-5
Subsistema: estación de doblado de fondos			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Doblar el papel hacia adentro del material de la pared que sobresale de los bordes del fondo.	Doblez deficiente en el papel, no existe calidad.	Mala alineación del sistema de levas.	Baja conicidad en la estación.
		Mala lubricación en el sistema.	Desgaste prematuro en el sistema.
		Cuchilla de hiladora sin filo.	Sin corte adecuado.
		Mal seguimiento de serie de rodillos.	Deformación en el vaso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **AMEF de tratamiento de fondos**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: tratamiento de fondos			Código: M2-6
Subsistema: estación de acabado de fondos			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Un rodillo maquinado termina y encuadra el borde del fondo del casco.	Las acciones del rodillo maquinado estén cometidas incorrectamente en la estación.	Desperfectos en el rodillo y el bloque giratorio.	Disconformidades en el vaso.
		Malas conexiones eléctricas y mecánicas.	Sin funcionamiento en el motor y el sistema.
		Mal montaje del rodillo en el bloque deslizante.	Traslape inexacto en el seguimiento del rodillo.
		Mal enfriamiento del anillo fijador.	Sobrecalentamiento en las herramientas produciendo desgaste prematuro.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **AMEF de torreta de mandril**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: conformación de vaso			Código: M3-1
Subsistema: torreta de mandril			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Sostener el casco a través del proceso de formación del fondo.	No poder sostener el casco correctamente.	Obstrucción del paso del sistema del aire comprimido y de vacío.	El sistema de vacío, y del aire comprimido, no abastecería la función de la estación.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **AMEF de torreta del rebordeador**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: conformación de vaso			Código: M3-2
Subsistema: torreta del rebordeador			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Recibir el casco terminado de la canaleta de transferencia.	No recibir correctamente el caso en la canaleta.	Mala alineación en los receptáculo de la línea de acero	Discontinuidad en el proceso de conformación de vaso, afecta al proceso.
		Mal manejo del casco en la canaleta de transferencia.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. **AMEF estación de apisonadora lubricación**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: conformación de vaso			Código: M3-3
Subsistema: estación de apisonadora lubricación			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Asentar con firmeza los cascos en los receptáculos de la torre del rebordeador.	No asentar los cascos en lo receptáculos de la torre del rebordeador.	Desperfectos mecánicos en la placa apisonadora.	No existe contacto entre la placa apisonadora y el caso.
		Mala lubricación en el sistema.	Desgaste prematuro en las piezas.
		Mala alineación en los receptáculos.	Mal rebordeado del vaso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **AMEF estación de pre enrollamiento del remate**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: conformación de vaso			Código: M3-4
Subsistema: estación de pre enrollamiento del remate			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Enrollar parcialmente el remate del casco para iniciar la formación del reborde.	No realizar el pre-enrollamiento del remate del casco.	Mal funcionamiento de rodamiento.	Mala transmisión de potencia.
		Mal mecanismo de enrollamiento.	EL casco no cumple con las normas de calidad del producto.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **AMEF de expulsión de vasos acabado**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: conformación de vaso			Código: M3-6
Subsistema: expulsión de vasos acabado			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Enviar los vasos al depósito de pilas.	No enviar los vasos al depósito de pilas.	Conexiones mecánicas dañadas en el sistema de levas.	Mal funcionamiento en el sistema de levas de expulsión del receptáculo.
		Mala lubricación en el sistema.	Desgaste prematuro en el sistema de levas.
		Conexiones eléctricas dañadas.	Mal funcionamiento de la expulsión de vasos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. **AMEF estación de acabado del remate**

Máquina: formadoras de vasos de mesa			
Sistema: conformación de vaso			Código: M3-5
Subsistema: estación de acabado del remate			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Completar el reborde y la aplicación del calor proporciona al papel la forma adecuada para retener el enrollamiento final.	No alistar el papel para el enrollamiento final.	Malas conexiones eléctricas.	No proporciona el calor indicado al sistema.
		Mala alineación de anillo de troquel.	Mal reborde del casco.
		Mal mecanismo de enrollamiento.	EL casco no cumple con las normas de calidad del producto.

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.4. Paso 4. Categorización de modos de fallo

La criticidad del equipo es la medida que se impone a la necesidad de desarrollar este método y definir los niveles del equipo que se desea estudiar.

Para el análisis se determinan las variables de la criticidad que son la frecuencia y la consecuencia, y se desglosan según sus efectos. Una vez analizado la falla funcional de cada sistema y subsistema se categorizan según su impacto y consecuencia en el proceso de formado de vasos.

2.2.8.4.1. Consecuencias para la seguridad

Son las consecuencias que perjudican al personal cuando ocurre la falla funcional.

Tabla LX. **Categorización de consecuencias para la seguridad**

Calificación	Consecuencia	Ponderación
Nula	Sin probabilidad de daños personales.	0
Leve	Daños personales leves (raspones, cortadas superficiales, toques eléctricos leves).	1
Grave	Daños personales (cortadas profundas con infección, toques eléctricos).	2
Muy grave	Daños personales de consideración (Dedos amputados, cortadas profundas, descargas eléctricas).	3

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.4.2. Consecuencias operativas del servicio

Son las consecuencias que irrumpen al flujo de la producción de la planta.

Las consecuencias operativas son de mucho énfasis, ya que identifica el sistema donde ocurren las fallas que interrumpen la producción por más tiempo, convirtiéndola en un sistema crítico en la máquina.

Tabla LXI. **Categorización de consecuencia de operativas**

Calificación	Consecuencia	Ponderación
Nula	No interrumpe la producción.	0
Leve	Interrupción de la producción de corta duración (1 – 40 min).	1
Grave	Interrupción de la producción de media duración (41 – 120 min).	2
Muy grave	Interrupción de la producción de larga duración. (+ 120 min).	3

Fuente: CEMSA.

2.2.8.4.3. Consecuencias del mantenimiento

Son las consecuencias ligadas a los costos de activos del área de mantenimiento.

Tabla LXII. **Categorización de consecuencias del mantenimiento**

Calificación	Consecuencia	Ponderación
Nula	Avería de bajo costo.	0
Leve	Avería de costo medio.	1
Grave	Avería de costo elevado.	2
Muy grave	Avería de muy alto costo.	3

Fuente: CEMSA.

2.2.8.4.4. Probabilidad de ocurrencia

La frecuencia es un parámetro que representa la cantidad de veces que falla un equipo, de cualquier tipo, en un periodo determinado, la estimación de la frecuencia se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos.

Tabla LXIII. **Categorización de probabilidad de ocurrencia**

Calificación	Consecuencia	Ponderación
Altamente improbable	Casi no ocurren fallas (1 vez cada 3800 hrs).	0
Poco probable	Falla con baja frecuencia (1 vez cada 1500 hrs).	1
Muy probable	Falla repetitiva (1 vez cada 300 hrs).	2
Altamente probable	Falla muy repetitiva (1 vez cada 130 hrs).	3

Fuente: CEMSA.

2.2.8.4.5. Matriz de evaluación

La matriz se utiliza para relacionar la gravedad de los modos de fallas con su respectiva probabilidad de ocurrencia, en cada uno de los sistemas asignados a la ejecución del mantenimiento centrado en confiabilidad.

La valoración combinada de los dos aspectos, nivel de severidad y probabilidad de ocurrencia, permite clasificar los fallos en cuatro categorías:

- Fallos insignificantes
- Fallos tolerables
- Fallos significativo
- Fallos críticos

Tabla LXIV. **Matriz de evaluación**

Probabilidad	Leve	Grave	Muy grave
Altamente improbable	Insignificante	Tolerable	Significativo
Poco probable	Tolerable	Significativo	Critico
Muy probable	Significativo	Critico	Critico

Fuente: GARCÍA, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM.
<http://rcm3.org/120>. Consulta: noviembre de 2017.

En la tabla LXV se suman cada criterio para determinar la gravedad final del sistema respecto a la máquina.

Tabla LXV. **Evaluación de consecuencias en los sistemas de la maquinaria de formado de vasos**

Máquina: Formadora de vasos						
Cód.	Sistema Subsistema	Gravedad de modos de fallas				
		Seguridad	Operación	Mantenimiento	Prob. de ocurrencia	Gravedad Final
F1	Sistema eléctrico	3	2	2	1	8
F2-1	Motor principal de máquina	2	2	2	1	7
F2-2	Mecanismo de clutch/freno	1	2	2	1	6
F2-3	Engranajes/ cadenas	1	3	2	1	7
F3	Sistema de aire comprimido	1	2	2	2	7
F4-1	Motor de vacío	2	2	2	1	7
F4-2	Válvulas de vacío	1	2	3	1	7
F4-3	Manguera de vacío	0	2	0	1	3
F5-1	Motor de sistema de aceite	1	2	2	1	6
F5-2	Mangueras / rociadores aceite	0	3	1	3	7
F6-1	Motor eléctrico de Chiller	1	2	2	1	6
F6-2	Radiador	1	2	1	1	5
F6-3	Evaporador	2	1	2	2	7
Máquina: Formadora de vasos de puerta						
Sistema: Elaboración de tubos						
H1-1	Pila de segmentos	1	2	1	1	5
H1-2	Transporte de segmentos	2	2	1	1	6
H1-3	Plegado previo	1	1	1	1	4
H1-4	Calefacciones de uniones laterales	2	1	2	1	6
H1-5	Estación de alineación	1	2	1	1	5
H1-6	Caja de escobillas	1	1	1	1	4
H1-7	Estación de plegado	1	1	2	1	6
H1-8	Descarga de tubos	1	1	1	1	4

Continuación de la tabla LXV.

Sistema de Fabricación de fondo						
H2-1	Marcha de papel de fondo	1	2	1	1	5
Sistema de conformación de fondo						
H3-1	Troquelado de fondo	1	2	2	1	6
H3-2	Empuje de tubos	1	2	1	1	5
H3-3	Calefacción de fondo	2	2	1	1	5
H3-4	Rebordear fondo	1	2	1	1	5
H3-5	Sellado de fondo	1	2	1	1	5
H3-6	Descarga de vasos	1	1	1	1	4
Sistema de conformación del borde superior						
H4-1	Humedecer borde superior	1	1	2	1	5
H4-2	Rebordeados	1	2	1	1	4
H4-3	Calibrar	1	2	1	1	5
H4-4	Expulsión	1	1	1	1	4
H4-5	Transporte salida de vasos	1	1	2	1	5
Máquina: Formadora de vasos de mesa						
Sistema Alimentación						
M1-1	Rieles y transmisión del avanzador de blancos	1	1	1	1	4
M1-2	Alimentador de blancos	1	2	1	1	5
M1-3	Colocador giratorio de blancos	1	3	2	1	7
M1-4	Torreta de transferencia	1	2	2	1	6
Sistema: Tratamiento de fondos						
M2-1	Alimentador de fondos	1	2	1	1	5
M2-2	Perforador y formador de fondos	1	2	2	1	6
M2-3	Aletas plegadoras	1	2	1	1	5
M2-4	Calentador de fondos	2	1	2	1	6
M2-5	Doblado de fondos	1	1	1	1	4

Continuación de la tabla LXV.

M2-6	Acabado de fondos	1	2	1	1	5
Sistema: Conformación de vaso						
M3-1	Torreta de mandril	1	2	1	1	5
M3-2	Torreta del rebordeador	1	1	2	1	5
M3-3	Apisonadora lubricación	1	2	2	1	6
M3-4	Enrollamiento del remate	1	1	2	1	5
M3-5	Acabado del remate	1	2	1	1	5
M3-6	Expulsión de vasos acabado	1	1	1	1	4

Fuente: elaboración propia.

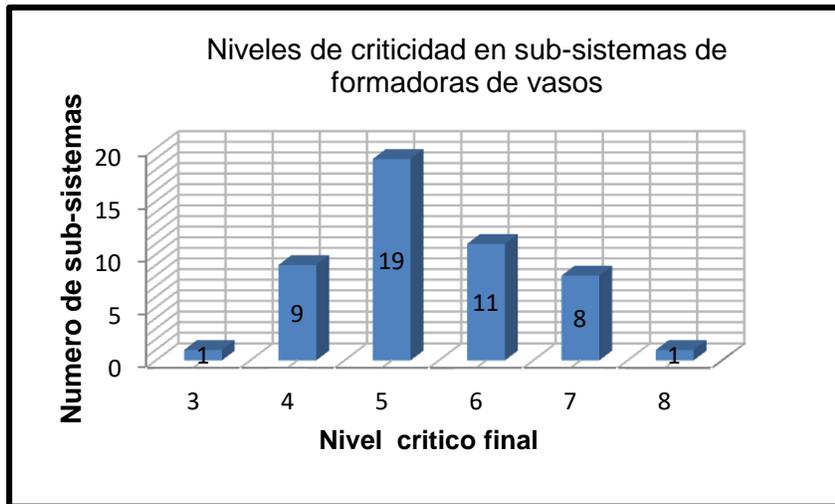
Se compilaron todos los resultados de la criticidad en los sistemas para visualizar los sistemas críticos en la maquinaria.

Tabla LXVI. **Compilación de nivel de gravedad en sistemas analizados**

Nivel de Gravedad Final	Total de subsistemas analizados
3	1
4	9
5	19
6	11
7	8
8	1

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Niveles de criticidad de formadoras de vasos**



Fuente: elaboración propia.

Según la figura 6, existe un subsistema con un nivel de criticidad de ocho, el más crítico en todos, siendo el sistema eléctrico.

Se observa de igual manera de ocho subsistemas con un nivel de criticidad de siete, once subsistemas con nivel criticidad de seis,

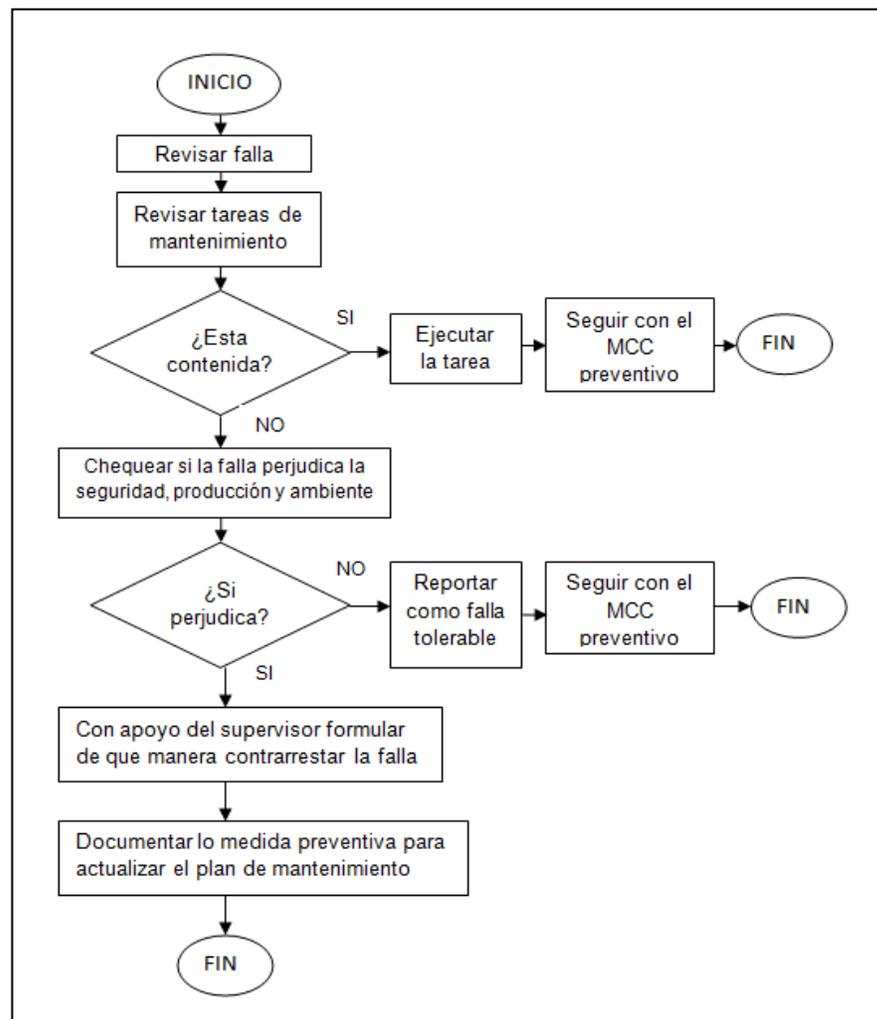
En el nivel de criticidad de cinco, se encuentra el mayor número de subsistemas de diecinueve.

2.2.8.5. Paso 5. Diagrama de decisión

La última fase consiste en realizar diagramas de decisión, que son herramientas donde la respuesta para ciertos inconvenientes relacionará al usuario con el próximo nivel más bajo del análisis o evaluación.

En los diagramas lógicos de decisión, se selecciona la rama por la cual se hará la evaluación del efecto asociado al tipo de consecuencia que se asocia a esta pérdida de desempeño para, finalmente, establecer la factibilidad técnica de una tarea.

Figura 7. Diagrama de decisión



Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Determinación de tareas preventivas según mantenimiento centrado en confiabilidad

Según la fase 7 del MCC, se determinan las tareas preventivas para evitar los diversos fallos o bien minimizar sus efectos. Las tareas consideran los análisis anteriores (AMEF y estudio de criticidad).

La selección de las tareas se establece conforme a los métodos de detección de fallas, estos, asignaran las acciones del recurso humano para contrarrestar las posibles fallas en la realización del mantenimiento preventivo.

Tabla LXVII. **Métodos de detección de fallas**

Método de detección	Sigla	Tareas según MCC
Observación	O	Revisión periódica del aspecto del equipo (ruidos, olores, humos, apariencia).
Reemplazo	R	Reemplazo ó reparación mayor de un equipo.
Limpieza	Li	Eliminación de suciedad, polvo o restos de materiales existentes en la parte indicada.
Lubricación	L	Lubricación de los puntos específicos en la maquinaria mediante los insumos indicados.
Drenaje	D	Vaciar el líquido, hacia un depósito, posteriormente llenar el recipiente con otro líquido nuevo.
Calibración	C	Realizar ajustes dentro de los parámetros establecidos en cada equipo.

Fuente: TROFFÉ, Mario, *Análisis ISO 14224/OREDA*. Consulta febrero de 2018.

Para consultar las tareas de mantenimiento ver figuras 9 – 18.

2.2.10. Programación de rutinas de mantenimiento

La programación de las rutinas es determinada con base en los diferentes factores: recopilación de sugerencias de fabricantes, opinión de expertos o supervisores de planta, datos históricos.

Para la programación de rutinas se determina la frecuencia de la realización de las tareas por cada máquina. En la formadora de vasos tipo puerta las frecuencias son:

- Mantenimiento diario (24 hrs)
- Mantenimiento tipo A (120 hrs)
- Mantenimiento tipo B (400 hrs)
- Mantenimiento tipo C (1 200 hrs)
- Mantenimiento tipo D (2 400 hrs)

En la formadora de vasos tipo mesa las frecuencias son:

- Mantenimiento diario (24 hrs)
- Mantenimiento tipo A (200 hrs)
- Mantenimiento tipo B (1 400 hrs)
- Mantenimiento tipo C (2 800 hrs)
- Mantenimiento tipo D (5 600 hrs)

Se realiza el registro de programación para analizar el seguimiento del MCC, dentro del departamento de mantenimiento, la hoja de registro identifica el recurso humano que efectuara las tareas, la fecha y tipo de mantenimiento a realizar, horómetro de la máquina y observaciones.

Figura 8. Registro de programación de rutinas

REGISTRO DE MANTENIMIENTO PUERTA 1																	
FECHA	A	B	C	D	HORAS DE SERVICIO	NOMBRE	OBSERVACIONES	HOROMETRO	FECHA	A	B	C	D	HORAS DE SERVICIO	NOMBRE	OBSERVACIONES	HOROMETRO
	■				200					■				2600			
	■	■			400					■	■	■	■	2800			
	■				600					■				3000			
	■	■			800					■	■			3200			
	■				1000					■				3400			
	■	■	■		1200					■	■			3600			
	■				1400					■				3800			
	■	■			1600					■	■	■		4000			
	■				1800					■				4200			
	■	■			2000					■	■			4400			
	■				2200					■				4600			
	■	■	■	■	2400					■	■			5200			

Fuente: elaboración propia.

Por último, se realiza la programación de cada tarea correctiva con base en el análisis del proceso del MCC. Los aspectos a tomar en cuenta para la programación de rutinas son: la cantidad de equipos con sus sistemas, el método de detección (MD) de fallas a realizar y el intervalo de realización de cada tarea (frecuencia).

Tabla LXVIII. Programación de frecuencia de rutinas de MCC en el proceso de formado de vasos

Cód.	Subsistema	MD	Frecuencia (Horas)
F4-1	Motor de vacío	O, D	24
M2-1	Alimentador de fondos	O, Li	24
M3-3	Apisonadora lubricación	D	24

Continuación de la tabla LXVIII.

M2-5	Doblador de fondos	Li	24
F1	Eléctrico	Li	24
M1-4	Torreta de transferencia	L	24
F3	Aire comprimido	Li, L	120
H3-6	Descarga	L	120
H1-8	Descarga de tubos	L	120
F1	Eléctrico	O	120
F6-3	Evaporador	O, Li	120
H4-4	Expulsar	L	120
H4-1	Humedecer borde superior	L	120
F6-1	Motor eléctrico de Chiller	O, Li	120
H1-3	Plegado previo	L	120
F5-2	Rociadores	Li	120
H3-5	Sellado	L	120
H1-2	Transporte de segmentos	L	120
H3-1	Troquelado de base	L	120
M2-6	Acabado de fondos	O, Li	200
M2-1	Alimentador de fondos	O, L	200
M1-3	Colocador giratorio de blancos	L	200
M2-5	Doblado de fondos	O	200
M3-4	Enrollamiento del remate	O	200
F2-1	Motor principal	O, Li	200
M2-2	Perfomador de fondos	Li	200
M1-4	Torreta de transferencia	O	200
F3	Aire comprimido	O, R, Li	400
H1-3	Calefacciones de uniones laterales	Li	400
F1	Eléctrico	O, R, Li	400
H2-1	Marcha de papel de fondo	C, O	400
H4-2	Rebordear borde	L, Li	400
H3-4	Rebordear fondo	L, Li	400
H1-6	Caja de escobillas	C, L	1 200

Continuación de la tabla LXVIII.

F2-2	Clutch	O, Li	1 200
F4-1	Motor de vacío	D, L	1 200
F5-2	Rociado-res	O, L	1 200
M2-6	Acabado de fondos	O	1 400
M3-5	Acabado de remate	L	1 400
M2-4	Calentador de fondos	R	1 400
M2-5	Doblador de fondos	L	1 400
F1	Eléctrico	Li, R	1 400
M3-4	Enrollamiento del remate	L	1 400
F5	Bombeo de aceite	R	2 400
F1	Eléctrico	R, O, Li	2 400
F4-1	Motor de vacío	R	2 400
M1	Alimentación	D, Li	2 800
F1	Eléctrico	L, O	2 800
M3-2	Torreta del rebordeador	L	2 800
F1	Eléctrico	Li	5 600
M2-3	Aleta plegadora	O, C	24,200
M2-6	Acabado de fondos	L	240,400
F5-1	Motor de Aceite	C, Li, O	120, 200
F6-2	Radiador	Li	120, 200
F5-2	Mangueras	O, Li	120, 200 400
F4-3	Válvulas	O, R, Li	200, 1200
F2-3	engranaje, cadena	O, L	200, 1200
F4-1	Motor de vacío	O, Li	200, 400
M2-4	Calentador de fondos	L, R	24, 200
F6	Refrigeración	O, D, Li	24, 400
M3-1	Torreta de mandril	O, L, Li	24. 2 800
F2	Elementos mecánicos	L, Li	400, 2 800,1 400

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.1. Rutinas de formadoras de vasos de puerta

Se presenta las diversas rutinas de mantenimiento de la formadora de puerta.

2.2.10.1.1. Rutina diaria

Rutina de tareas asignadas diariamente.

Figura 9. Hoja de rutina diaria de formadora tipo puerta

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos HORAUF-1 24 Horas de Servicio	Hora/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Hora/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque NO, y justifique.

	Si/No	Codigo Empleado
CRITICO		
1. Bomba de vacío: Verifique que el nivel del aceite Rarus 827 sea el optimo para el buen funcionamiento de la maquina. Si es necesario reponer aceite hasta el borde superior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Mantenimiento a A/C del panel electrico		
2.1 Limpieza de intercambiador de calor con aire comprimido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2 Limpieza e inspección de compresor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3 Limpieza e inspección de ventiladores, carcasa del A/C y tubería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4 Revisión del cableado eléctrico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5 Comprobar de correcto funcionamiento del equipo de A/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Lubricacion general en puntos de lubricacion utilizando Grasa FM 222	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1 Caja de escobillas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2 Estacion de plegado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3 Troquelado de base	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SIGNIFICATIVO		
4. Vaciar el recipiente de recogida para el lubricante utilizando durante los trabajos de rociado del rebordeado superior, rebordeado de la base y troquelado de la base	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Compruebe los niveles de llenado de los recipientes de agente lubricante rellene si es necesario Nivel bajo <input type="checkbox"/> Nivel optimo <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TOLERABLE		
6. Limpieza de maquina		
6.1 Limpiar restos de aceite y grasa con un el equipo correspondiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2 Retirar restos de embalaje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3 Limpiar piezas de la maquina posibles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4 Mantener las ventanas y puertas de protección limpias con limpia vidrios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Continuación de la figura 9.

RESUMEN DE TAREAS

Total de Tareas		
Tareas Realizadas	<input type="text"/>	% de Tareas Realizadas
Tareas NO realizadas	<input type="text"/>	% de Tareas NO Realizadas

INOCUIDAD

	SI	NO
MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE	<input type="text"/>	<input type="text"/>
REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUELTAS	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.	<input type="text"/>	<input type="text"/>

OBSERVACIONES : _____

NOMBRE Y FIRMA OPERADOR NOMBRE Y FIRMA TECNICO DE MANTO. NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCION NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.1.2. 120 horas de servicio

Rutina de tareas asignadas a 120 horas de servicio.

Figura 10. Hoja de rutina de 120 horas de servicio de formadora tipo puerta

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos PUERTA-1	Horas/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Horas/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque NO.

	Si/No	Codigo Empleado
CRITICO		
1. Controles de seguridad		
1.1 Verificar el funcionamiento de todos los interruptores de parada de emergencia	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.2 Verificar el funcionamiento de todas las puertas de seguridad y cubiertas protectoras	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2. Mantenimiento a A/C del panel electrico		
2.1 Limpieza de intercambiador de calor con aire comprimido	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.2 Limpieza e inspección de compresor	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.3 Limpieza e inspección de ventiladores, carcasa del A/C y tubería	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.4 Revisión de cableado eléctrico	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.5 Comprobar el correcto funcionamiento del equipo de A/C	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3. Limpieza de atomizadores de aceite en la lubricación interna de la máquina	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4. Sistema de refrigeración		
4.1 Limpieza por exceso de suciedad y polvo en la guarda protectora	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4.2 Chequeo de indicadores de temperatura	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4.3 Revisión y limpieza de electro ventiladores	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4.4 Limpieza de radiador	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4.5 Revisión del estado de las mangueras	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Continuación de la figura 10.

SIGNIFICATIVO

5 Control de funcionamiento

- 5.1 Verificar el estado de las mangueras y las tuberías
- 5.2 Verificar el estado de las juntas y fuelles
- 5.3 Verificar que la presión del aceite de lubricación central sea por lo mínimo 10 bar

6 Lubricación

Lubricar siguientes puntos con la prensa de embolo con boquilla puntiaguada para lubricación con grasa FM 222

- 6.1 Estación de plegado previo: Manguitos guía (2X)
- 6.2 Accionamiento estación de plegado previo: Cojinete con brida.
- 6.3 Guía superior: Carro guía
- 6.4 Accionamiento estación de plegado previo: Cojinete con brida.
- 6.5 Dedo de plegado: alojamiento.
- 6.6 Elementos de presión: Alojamiento elementos de presión (8x).
- 6.7 Rodillos guía elementos de presión (8X).
- 6.8 Accionamientos elementos de presión: Cojinetes con brida.
- 6.9 Accionamiento expulsor: Rodillo guía.
- 6.10 Descarga de tubos: Rodillo guía (8X), Manguitos guía (8X).
- 6.11 Distribuidor de tubos: carro guía, rodillo guía.
- 6.12 Mesa 2: apoyo
- 6.13 Accionamientos bordes superiores: Alojamiento palanca de cambio (2X)
- 6.14 Soporte bordes superiores arriba: Manguitos guía (2X).

Lubricar los siguientes puntos: Utilizar la prensa de alta presión con boquilla flexible para lubricación con grasa FM 222

- 6.15 Accionamiento elementos de presión: Cabeza Articulada (2X)
- 6.16 Troqueladora de bases: Articulación
- 6.17 Accionamiento soporte calefacción: Cabezas articuladas.
- 6.18 Accionamiento de soporte de herramientas: Cabeza articulada (3X)
- 6.19 Estación de sellado: Alojamiento palanca de sellado (8X).
- 6.20 Mesa 1: apoyo.

Lubricar los siguientes puntos con grasa FM 222, con la mano

- 6.21 Elementos de presión: curva
- 6.22 Descarga de tubos: curva de ranura
- 6.23 Distribuidora de tubos: curva

RESUMEN DE TAREAS

Total de Tareas			
Tareas Realizadas		% de Tareas Realizadas	
Tareas NO realizadas		% de Tareas NO Realizadas	

INOCUIDAD

- MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE
- REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO
- MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUeltas
- MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS
- ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.

SI	NO

OBSERVACIONES: _____

NOMBRE Y FIRMA OPERADOR	NOMBRE Y FIRMA TECNICO DE MANTO.	NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCION	NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.1.3. 400 horas de servicio

Rutina de tareas asignadas a 400 horas de servicio.

Figura 11. Hoja de rutina de 400 horas de servicio de formadora tipo puerta

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos PUERTA-1 400 Horas de Servicio	Horas/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Horas/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque **NO**

CRITICO

	Si/No	Codigo Empleado
1. Control de funcionamiento general		
1.1 Verifique el funcionamiento del filtro de aire de entrada y salida Bueno/Regular/Malo <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.2 Verifique el funcionamiento del refrigerador de armario de distribución Bueno/Regular/Malo <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.3 Verifique el funcionamiento de los dispositivos neumaticos ¿Existe un dispositivo en mal estado? Indique cual _____	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.4 Verifique el estado del agua refrigerante Bueno/Regular/Malo <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.5 Verifique el funcionamiento de la bomba de vacío Bueno/Regular/Malo <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2. Bomba de vacío		
2.1 Limpie las ranuras de ventilación de la maquiná y las aletas de refrigeración del motor	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.2 Compruebe la estanqueidad de las cajas de bornes y las entradas de cables y en su caso sellarlas de nuevo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.3 Compruebe la estanqueidad de las tuberías y el firme asiento de las uniones roscadas y en su caso sellar o apretarlas de nuevo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3. Lubricación central: Realice una inspección visual a los siguientes puntos con aceite Mobil 600XP 220		
3.1 Entrega de tubos: Control de vacío ¿película de aceite visible? <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.2 Expulsor: Cojinetes ¿película de aceite visible? <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.3 Distribuidor de cojinetes ¿película de aceite visible? <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.4 Mesa 1 : Control de vacío, cojinete y distribuidor ¿película de aceite visible? <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.5 Mesa 2: Cojinete ¿película de aceite visible? <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.6 Soporte borde superior: Guía ¿película de aceite visible? <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.7 Soporte de herramienta ¿película de aceite visible? <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Continuación de la figura 11.

3.8 Rebordear base: columna guía
 ¿película de aceite visible?

4. Sistema de aire comprimido A/C
 4.1 Revise y limpie el depósito de compensación del circuito de aire comprimido

5. Armario de distribución
 5.1 Limpe el polvo y suciedad en los dispositivos de control y regulación del armario de distribución

SIGNIFICATIVO

6. Control de funcionamiento del procesamiento de vasos

6.1 Transporte de segmento: Verifique que la tensión en la correa sea la adecuada Revisión y limpieza de los engranes correspondientes al transporte de segmentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2 Estaciones calefacción de segmentos: Limpie las toberas de calefacción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3 Limpie el sujetador de segmentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4 Estación de plegado: Compruebe distancia en elementos de presión revisión del estado de los quemadores, fajas y la alineación al sistema de plegado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.5 Descarga de tubos: Compruebe el estado de la goma de aspiración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.6 Estaciones de calefacción 1,2,3: Limpie las toberas de calefacción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.7 Entrega mesa 1 y mesa 2: Compruebe el estado de la goma de aspiración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.8 Estrella de plegado: Revise el estado de ventosas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.9 Sellado de base: Limpie el exceso de polietileno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TOLERABLE

7 Bobina de base de vaso
 7.1 Revise si existe holgura en los rodillos de la bobina de base de vaso

RESUMEN DE TAREAS

Total de Tareas		
Tareas Realizadas	<input type="checkbox"/>	% de Tareas Realizadas
Tareas NO realizadas	<input type="checkbox"/>	% de Tareas NO Realizadas

INOCUIDAD

	SI	NO
MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUELTAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES: _____

 NOMBRE Y FIRMA OPERADOR NOMBRE Y FIRMA TECNICO DE MANTO. NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCION NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.1.4. 1 200 horas de servicio

Rutina de tareas asignadas a 1 200 horas de servicio.

Figura 12. Hoja de rutina de 1 200 horas de servicio de formadora tipo puerta

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos PUERTA-1 1200 Horas de Servicio	Hora/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Hora/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque **NO**.

CRITICO

1. Bomba de vacío

- 1.1 Revisar el nivel de aceite, si es necesario, cambiar aceite
- 1.2 Revisar el filtro de aire de aspiración

Si/No	Codigo Empleado
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

2. Control de funcionamiento de lubricación central

- 2.1 Verifique el funcionamiento de la tobera rociadora alimentadora
- 2.2 Verifique el funcionamiento de la tobera rociadora de maquina K

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. Lubricación central de control, con aceite Mobil 600XP 220, si es necesario rellene

- 3.1 Verifique el nivel de control de aceite extraído
Nivel Bajo Nivel optimo
- 3.2 Verifique el nivel de la lubricación por la niebla de aceite
Nivel Bajo Nivel optimo

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

SIGNIFICATIVO

4. Fajas (Thoded Belt)

- 4.1 Revision del estado de la faja principal
- 4.2 Revision del estado de las demas fajas en general

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

5. Revision del estado del disco de freno

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

TOLERABLE

5. Caja de escobillas

- 5.1 Revision de la fijacion del mandril en el sistema de caja de escobillas

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

RESUMEN DE TAREAS

Total de Tareas			
Tareas Realizadas	<input type="text"/>	% de Tareas Realizadas	<input type="text"/>
Tareas NO realizadas	<input type="text"/>	% de Tareas NO Realizadas	<input type="text"/>

INOCUIDAD

- MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE
- REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO
- MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUELTAS
- MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS
- ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.

SI	NO
<input type="text"/>	<input type="text"/>

OBSERVACIONES: _____

NOMBRE Y FIRMA
OPERADOR

NOMBRE Y FIRMA
TECNICO DE MANTO.

NOMBRE Y FIRMA DEL
SUP. DE PRODUCCION

NOMBRE Y FIRMA DEL
SUP. DE MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.1.5. 2 400 horas de servicio

Rutina de tareas asignadas a 2 400 horas de servicio.

Figura 13. Hoja de rutina de 2 400 horas de servicio de formadora tipo puerta

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos PUERTA-1 2400 Horas de Servicio	Hora/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Hora/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque NO,

		Codigo	Empleado												
CRITICO															
1. Lubricación central															
Realice el cambio de aceite tomando en cuenta que deberá realizarse solo cuando el aceite este caliente															
1.1 Desenrosque la tapa debajo del manómetro.															
1.2 Conducir la manguera hacia el bidón de aceite.															
1.3 Abrir el grifo de salida.															
1.4 Presione la tecla "Bomba de aceite" hasta que la cámara de aceite este vacía.															
1.5 Limpie la cámara de aceite.															
1.6 Limpiar tamiz de aspiración e imanes															
1.7 Cambie el filtro de aceite. Poner un poco de aceite en las superficies de la junta.															
1.8 Llenar con unos 60 litros de aceite de máquina.															
1.9 Verifique la presión de aceite en el manómetro. Medida _____ La presión como mínimo deberá de ser de 10 bar.															
1.10 Enrosque la tapa tomando en cuenta la junta.															
1.11 Limpie restos de aceite.															
1.12 Elimine ecológicamente el aceite usado															
2. Bomba de vacío															
2.2 Cambie los separadores de aceite sintético															
3. Sistema eléctrico															
3.1 Revisión de cables de conexión de resistencias															
3.2 Revisión y medición de termo coplas															
4. Panel eléctrico															
4.1 Limpieza de contactores electromagnéticos															
4.2 Revisión de guarda motores															
RESUMEN DE TAREAS															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Total de Tareas</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;">% de Tareas Realizadas</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>Tareas Realizadas</td> <td style="background-color: #d4edda;"></td> <td></td> <td style="background-color: #d4edda;"></td> </tr> <tr> <td>Tareas NO realizadas</td> <td style="background-color: #f8d7da;"></td> <td>% de Tareas NO Realizadas</td> <td style="background-color: #f8d7da;"></td> </tr> </table>				Total de Tareas		% de Tareas Realizadas		Tareas Realizadas				Tareas NO realizadas		% de Tareas NO Realizadas	
Total de Tareas		% de Tareas Realizadas													
Tareas Realizadas															
Tareas NO realizadas		% de Tareas NO Realizadas													
INOCUIDAD															
MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE		SI	NO												
REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO															
MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUELTAS															
MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS															
ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.															
OBSERVACIONES: _____															

NOMBRE Y FIRMA OPERADOR	NOMBRE Y FIRMA TECNICO DE MANTO.	NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCION	NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO												

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.2. Rutinas de formadoras de vasos de mesa

Se presenta las diversas rutinas de mantenimiento de la formadora de mesa.

2.2.10.2.1. Rutina diaria

Rutina de tareas asignadas diariamente.

Figura 14. Hoja de rutina diaria de formadora tipo mesa

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos MESA-1 24 Horas de Servicio	Hora/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Hora/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque NO.

CRITICO

1. Generales

- 1.1 Limpieza de panel eléctrico
- 1.2 Apriete de borners
- 1.3 Revisión de bomba de vacío
- 1.4 Revisión de sistema de seguridad de la máquina (guardas, paros de emergencia, otros...)

Si/No Codigo Empleado

SIGNIFICATIVO

2. Torreta de transferencia

- 2.1 Aceitar a mano con Chevron 220 en 12 aceiteras y rodillos

--	--

3. Aletas plegadoras

- 3.1 Verifique la presión de agarre del fijador inferior
- 3.2 Verifique que todos los pasadores conectores estén seguros con los retenedores en su lugar

4. Alimentador de fondos

- 4.1 Verifique la conexión para pistola de presión de la polea de tensión
- 4.2 Limpie todas las superficies de los rodillos
- 4.3 Limpie toda la estación de polvo y aceite

5. Torreta del mandril

- 5.1 Verifique la presión de los fijadores de costura y también si el pivote se afloja
- 5.2 Lubrique las 8 conexiones para pistola de presión de los rodillos de los fijadores de costura

6. Calentador de fondos

- 6.1 Lubrique 1 conexión para pistola de presión con Grasa FM 222

--	--

7. Doblado de fondos

- 7.1 Limpie los ejes con resortes y verifique si hay movimiento de eje

--	--

8. Acabado de fondos

- 8.1 Lubrique 1 conexión para pistolas de presión de la caja con grasa FM 222

--	--

9. Apisonadora/Lubricador

- 9.1 Drene el tanque de derrame, si es necesario, a través de la llave de drenado

--	--

10. Compartimiento del motor

- 10.1 Limpie las levas de expulsión neumática y engrase a mano 3 lóbulos de leva
- 10.2 Lubrique 2 conexiones para pistola de presión con grasa FM 222

RESUMEN DE TAREAS

Total de Tareas			
Tareas Realizadas	<input type="checkbox"/>	% de Tareas Realizadas	<input type="checkbox"/>
Tareas NO realizadas	<input type="checkbox"/>	% de Tareas NO Realizadas	<input type="checkbox"/>

Continuación de la figura 14.

INOCUIDAD
 MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE
 REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO
 MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUeltas
 MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS
 ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR
 EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.

SI	NO

OBSERVACIONES : _____

 NOMBRE Y FIRMA OPERADOR NOMBRE Y FIRMA TECNICO DE MANTO. NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCION NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.2.2. 200 horas de servicio

Rutina de tareas asignadas a 200 horas de servicio.

Figura 15. **Hoja de rutina de 200 horas de servicio de formadora tipo mesa**

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos MESA-1 200 Horas de	Hora/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Hora/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque **NO**.

CRITICO

1. Compartimiento del motor

- 1.1 Limpie completamente
- 1.2 Verifique a la presión de aire del embrague/freno
- 1.3 Rocíe lubricante Chevron 220 para engrane abierto a todos los engranes, cadenas y ruedas dentadas
- 1.4 Verifique el estado del filtro de aire
- 1.5 Verifique el nivel de aceite en la mirilla de la transmisión. Posidyne
- 1.6 Verifique el desgaste de los pivotes y rodillos de las válvulas neumáticas.

Si/No	Codigo Empleado

2. Verificación del circuito neumático

- 2.1 Revisión de la existencia de fugas
- 2.2 Revisión de presión del circuito neumático
- 2.3 Revisión de mangueras del circuito neumático
- 2.4 Revisión de filtros de entrada de aire a las maquinas

3. Bomba de vacío

- 3.1 Compruebe la estanqueidad de las tuberías y el firme asiento de las uniones roscadas y en su caso sellar o apretarlas
- 3.2 Compruebe la estanqueidad de la caja de bornes y las entradas de cables y en su caso sellarlas de nuevo
- 3.3 Limpie las ranuras de ventilación de la maquina y las aletas de refrigeración del motor

Continuación de la figura 15

4. Alimentador de fondos

- 4.1 Rocíe lubricante Chevron 220 para engrane abierto a todos los engranes y cadenas
- 4.2 Verifique la distancia existente entre los rodillos segmentados y de medición, y también su tensión (25.4mm) desde la parte superior de la arandela
- 4.3 Verifique la tensión de todas las cadenas
- 4.4 Verifique el contacto del lubricador de fondo/ freno con el material continuo (el fieltro debe estar a 31.2 mm de altura)

5. Sistema de Refrigeración

- 5.1 Limpieza de la carcasa del chiller
- 5.2 Chequeo de indicadores de temperatura
- 5.3 Revisión y limpieza de electro ventiladores
- 5.4 Limpieza de radiador

6. Electro válvulas

- 6.1 Revisión y limpieza en el funcionamiento de las electroválvulas
- 6.2 Revisión del cableado eléctrico cercano a las electroválvulas
- 6.3 Limpieza del panel de mando

7. Sistema de seguridad

- 7.1 Revisiones de sistema de seguridad de la maquina (paros de emergencia, guardas, entre otros)
- 7.2 Revisión del tablero de control de la consola de calentado

SIGNIFICATIVO

8. Transmisión principal de la base

- 8.1 Retire y limpie el filtro de aceite
- 8.2 Revisión de faja de motor principal (fisuras, tensión, desgaste) sustituir de ser necesarios

9. Lubricación

- Lubricar los siguiente puntos con pistola de presión con Grasa FM 222
- 9.1 Tolva del alimentador de blancos: 4 conexiones
- 9.2 Colocador giratorio de blancos, avanzador: 6 conexiones
- 9.3 Colocador giratorio de blancos, transmisión: 1 conexión
- 9.4 Acabado de fondos: Pivote de palanca del rodillo 1 conexión

10. Torreta de transferencia

- 10.1 Verifique la presión de agarre de todos los sujetadores
- 10.2 Verifique si hay resortes rotos en los bloques de sujetador

11. Sellador de paredes y pre calentador de fondos

- 11.1 Aceite a mano q punto de pivote con Chevron 220
- 11.2 Verifique si, en los orificios de las boquillas, hay acumulación de polietileno o trozos de cerámica
- 11.3 Verifique si los cilindros de aire tienen el flujo de aceite y la carrera adecuada
- 11.4 Verifique la tensión de los fijadores y los pernos de montaje

12. Aletas plegadoras

- 12.1 Cuando las aletas estén cerradas, verifique la presión del resorte de

--	--

13. Perforación y formación de fondos

- 13.1 Retire el empujador del perforador y limpie la cámara interior del troquel
- 13.2 Limpie el orificio de ventilación dentro del perno de retención del empujador del perforador

14. Calentador de fondos

- 14.1 Verifique el desgaste de la corredera del yugo
- 14.2 Verifique la tensión de los pernos de montaje de la boquilla

15. Doblado de fondos

- 15.1 Verifique el desgaste y la tensión de las cuñas
- 15.2 Verifique si hay vibración del huso a causa de rodamientos desgastados
- 15.3 Verifique la tensión de las correas

Continuación de la figura 15.

16. Acabado de fondos

- 16.1 Verifique que el rodillo esté centrado
- 16.2 Limpie y verifique el desgaste y la tensión de las cuñas
- 16.3 Verifique si hay vibración a causa de rodamientos desgastados
- 16.4 Verifique a la tensión de las correas

TOLERABLE

17. Herramienta de acabado

- 17.1 Verifique la condición de la herramienta de acabado del preenrollamiento del remate
- 17.2 Verifique la condición de la herramienta de acabado del acabado del remate

Total de Tareas			
Tareas Realizadas	<input type="text"/>	% de Tareas Realizadas	<input type="text"/>
Tareas NO realizadas	<input type="text"/>	% de Tareas NO Realizadas	<input type="text"/>

INOCUIDAD

- MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIFE
- REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO
- MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUELTAS
- MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS
- ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.

SI	NO

OBSERVACIONES: _____

 NOMBRE Y FIRMA OPERADOR NOMBRE Y FIRMA TÉCNICO DE MANTO. NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCION NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.2.3. 1 400 horas de servicio

Rutina de tareas asignadas a 1 400 horas de servicio.

Figura 16. Hoja de rutina de 1 400 horas de servicio de formadora tipo mesa

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos MESA-1 1400 Horas de Servicio	Horaf/fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Horaf/fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque NO.

CRITICO

	Si/No	Codigo Empleado
1. Sellador de paredes y precalentador de fondos		
1.1 Reemplace los elementos del filtro de aire y aceite	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2. Bomba de vacío		
2.1 Cambio de separadores de aceite	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.2 Cambio de aceite en general	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.3 Limpiar el filtro del lado de aspiración	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.4 Limpiar el filtro de la válvula para gas estabilizador	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3. Motores eléctricos		
3.1 Lubrique todas las conexiones para pistola de presión	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4. Armario de distribución		
4.1 Limpiar de polvo y suciedad los dispositivos de control y regulación del armario de distribución	<input type="text"/>	<input type="text"/>

SIGNIFICANTE

5. Perforación y formación de fondos		
5.1 Verifique la distancia entre si el empujador del perforador y el extremo del mandril. Debe ser igual al espesor del material más de 0.25mm	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6. Doblado de fondos		
6.1 Lubrique 1 conexión para pistola de presión	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7. Preenrollamiento del remate		
7.1 Lubrique 1 conexión para pistola de presión	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8. Acabado del remate		
8.1 Lubrique 1 conexión para pistola de presión	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9. Compartimiento del motor		
9.1 Drene y rellene el embrague/freno con aceite Mobil fluid 424	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10. Transmisión principal de la base		
10.1 Verifique la tensión de todas las cadenas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10.2 Verifique que todas las líneas de aceite estén ubicadas adecuadamente para lubricar rodamientos levas y superficies de engrane	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10.3 Inspeccione todas las levas para ver si tienen secciones desgastadas y los seguidores, verificar si su superficie de recorrido externo esté lisa.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10.4 Mida todos los seguidores de leva y reemplácelos si es necesario	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11. Fajas		
10.1 Revisión del estado de la faja principal (si es necesario sustituir)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10.2 Revisión del estado de la faja en general (si es necesario, sustituir)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

TOLERABLE

12. Torreta del rebordeador		
11.1 Limpie los receptáculos de rebordeo	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Total de Tareas		% de Tareas Realizadas	
Tareas Realizadas	<input type="text"/>		<input type="text"/>
Tareas NO realizadas	<input type="text"/>	% de Tareas NO Realizadas	<input type="text"/>

INOCUIDAD

	SI	NO
MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE	<input type="text"/>	<input type="text"/>
REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUELTAS	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.	<input type="text"/>	<input type="text"/>

OBSERVACIONES: _____

 NOMBRE Y FIRMA OPERADOR NOMBRE Y FIRMA TECNICO DE MANTO. NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCION NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.2.4. 2 800 horas de servicio

Rutina de tareas asignadas a 2 800 horas de servicio.

Figura 17. Hoja de rutina de 2 800 horas de servicio de formadora tipo mesa

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos MESA -1 2800 Horas de Servicio	Hora/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Hora/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque **NO**

	Si/No	Codigo Empleado												
CRITICO														
1. Panel eléctrico														
1.1 Limpieza de contactores de electromagnéticos	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
1.2 Revisión de guarda motores	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
1.3 Aprete de bornes de conexión.	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
2. Sistema eléctrico														
2.1 Revisión de cables de conexión de resistencias	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
2.2 Revisión y medición de termo coplas	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
2.3 Calibración de controladores de temperatura	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
2.4 Apreté de bornes de conexión de paneles auxiliares	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
2.5 Revisión de paros de emergencia y dispositivos de seguridad	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
SIGNIFICATIVO														
3. Colocador giratorio de blancos, avanzador y transmisión														
3. 1 Aceite a mano con mobil fluid 424 la puerta del distribuidor de vacío	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
4. Torreta del mandril														
4.1 Retire, limpie y lubrique a mano con aceite mineral el buje central del distribuidor de vacío	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
4.2 Sumerja el laminado Ruleon en aceite mineral de grado alimenticio (elimine el exceso de aceite para evitar contaminación de vaso)	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
5. Torreta del rebordeador														
5.1 Aceite a mano con aceite mineral el distribuidor de vacío	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
6. Transmisión principal de la base														
6.1 Llene el depósito a la medida indicada del aceite	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
6.2 Verifique que todos los sujetadores estén ajustados de manera adecuada	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
RESUMEN DE TAREAS														
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Total de Tareas</td> <td style="width: 40%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: center;">% de Tareas Realizadas</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Tareas Realizadas</td> <td style="background-color: #c8e6c9; width: 40%;"></td> <td></td> <td style="background-color: #c8e6c9; width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Tareas NO realizadas</td> <td style="background-color: #ffcdd2; width: 40%;"></td> <td></td> <td style="background-color: #ffcdd2; width: 20%;"></td> </tr> </table>			Total de Tareas		% de Tareas Realizadas		Tareas Realizadas				Tareas NO realizadas			
Total de Tareas		% de Tareas Realizadas												
Tareas Realizadas														
Tareas NO realizadas														
INOCUIDAD														
MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUeltas	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.	<input type="text"/>	<input type="text"/>												
OBSERVACIONES: _____														

NOMBRE Y FIRMA OPERADOR	NOMBRE Y FIRMA TÉCNICO DE MANTO.	NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCION	NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO
-------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	--

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.2.5. 5 600 horas de servicio

Rutina de tareas asignadas a 5 600 horas de servicio.

Figura 18. Hoja de rutina de 5 600 horas de servicio de formadora tipo mesa

Central de Empaques, S.A.	Central de Empaques, S.A.	Formadora de vasos de MESA-1 5600 Horas de Servicio	Horas/Fecha inicio _____
	Departamento de mantenimiento		Horas/Fecha fin _____
	Rutina de mantenimiento MCC		Horometro: _____

Instrucciones: Realice correctamente cada tarea y escriba su código o nombre. En caso de que no se realicen marque NO.

	Si/No	Codigo Empleado
CRITICO		
1. Mantenimiento de motores eléctricos		
1.1 Revise y limpie los contactos del motor principal	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.2 Revise y limpie las conexiones en el armario de distribución	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2. Colocador giratorio de blancos, avanzador y transmisión		
2.1 Drene y rellene la caja de engranajes del ángulo recto de la transmisión	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SIGNIFICANTE		
3. Desenrollado del material para fondos		
3.1 Lubrique 1 conexión para pistola de presión con grasa FM 222	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.2 Verifique el desgaste de la pastilla del freno neumático	<input type="text"/>	<input type="text"/>
TOLERABLE		
4. Revise el estado de los tornillos en el ajustador de fase	<input type="text"/>	<input type="text"/>

RESUMEN DE TAREAS

Total de Tareas	<input type="text"/>	% de Tareas Realizadas	<input type="text"/>
Tareas Realizadas	<input type="text"/>	% de Tareas NO Realizadas	<input type="text"/>
Tareas NO realizadas	<input type="text"/>		

INOCUIDAD	SI	NO
MÁQUINA LIBRE DE RESIDUOS DE WIPE	<input type="text"/>	<input type="text"/>
REVISIÓN DE HERRAMIENTA CONTRA LISTADO	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MÁQUINA LIBRE DE PIEZAS METÁLICAS SUeltas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MÁQUINA LIBRE DE REPUESTOS UTILIZADOS	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ÁREA LIBRE DE MATERIAL, ACCESORIOS Y PARTÍCULAS QUE PUEDAN CONTAMINAR EL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN.	<input type="text"/>	<input type="text"/>

OBSERVACIONES : _____

 NOMBRE Y FIRMA OPERADOR NOMBRE Y FIRMA TECNICO DE MANTO. NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE PRODUCCIÓN NOMBRE Y FIRMA DEL SUP. DE MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Lubricación

La lubricación es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo, la vida útil del equipo depende en gran parte a una correcta lubricación.

Se entiende por lubricantes todos aquellos aceites, grasas y aditivos diseñados para la lubricación de la maquinaria evitando el desgaste prematuro. Se utilizan lubricantes del tipo grasa y de aceite.

Para realizar dicha tarea se debe contar con inyectores para lubricantes uno con boquilla puntiaguda para la grasa y otro con boquilla gruesa para el aceite.

Figura 19. **Inyector de lubricantes**



Fuente: Grupo URREA. <http://tienda.urrea.com/Catalogo/es>.

Consultado: abril 2018.

2.2.11.1. Asignación de lubricantes

Por las diferencias de funciones de trabajo en cada punto de lubricación se utilizan de diferentes lubricantes, teniendo en cuenta su viscosidad y otras de peculiaridades.

Tabla LXIX. **Lista de lubricantes**

Máquina/sistema	Tipo	Lubricantes
Formadora de puerta	Grasa	FM-222
	Aceite	Mobil 600XP 200:
Formadora de mesa	Grasa	FM-220.
	Aceite	Chevron 220
Mecanismo de freno	Aceite	Mobil Fluid 424
Bomba de vacío	Aceite	Rarus 827

Fuente: CEMSA.

2.2.11.2. Otros insumos a utilizar

Para realizar la totalidad de las diversas tareas del mantenimiento se requieren otros insumos:

- Agua mineral
- Thinner
- Papel higiénico industrial
- Wype virgen.
- Limpia vidrios

2.2.12. Documentación del mantenimiento centrado en confiabilidad

Para obtener la información adecuada de cómo son realizadas las rutinas del MCC, se documenta el proceso por medio de órdenes de trabajo, fomentando un ambiente laboral ordenado.

2.2.12.1. Procedimiento de entrega y control de órdenes de trabajo (OT)

Se describe el procedimiento de las órdenes de trabajo.

Tabla LXX. Descripción del procedimiento de OT

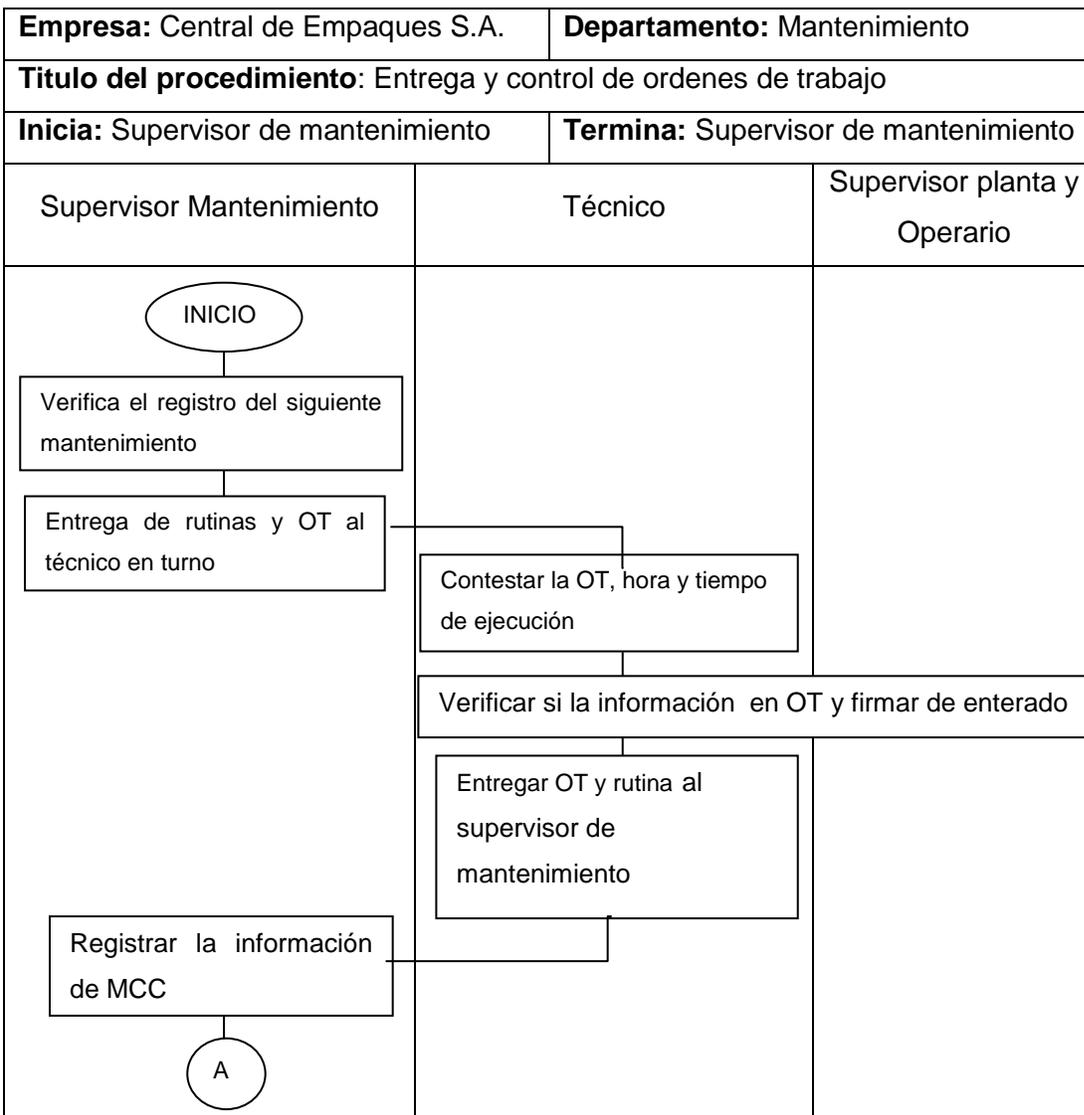
Empresa: Central de Empaques S.A.		Departamento: Mantenimiento
Título del procedimiento: Entrega y control de ordenes de trabajo		
Inicia: Supervisor de mantenimiento		Termina: Supervisor de mantenimiento
Puesto Responsable	Paso #	Actividades
Supervisor de mantenimiento	1	Verifica el registro del siguiente mantenimiento.
	2	Entrega de rutinas y OT al técnico en turno.
Técnico	3	Mientras realiza las tareas de mantenimiento debe contestar adecuadamente la OT, observar hora y tiempo de ejecución.
Supervisor de planta operario y técnico	4	Verificar si la información ingresada es la correcta y se debe firmar de enterado.
Técnico	5	Entregar la orden de trabajo junto con la hoja de la rutina debidamente contestada al supervisor de mantenimiento.
Supervisor de mantenimiento	6	Registrar la información proporcionada del técnico acerca de la documentación del mantenimiento.

Continuación de la tabla LXX.

Supervisor de mantenimiento	7	Llevar el control de los insumos utilizados, realización de tareas y de los tiempos del mantenimiento para diagnosticar una anomalía.
-----------------------------	---	---

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. **Diagrama de flujo del procedimiento de OT**



Continuación de la tabla LXXI.



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Estructura de orden de trabajo

Central de Empaques, S.A.	No.								
ORDEN DE TRABAJO MANTENIMIENTO PREVENTIVO MCC									
FECHA: _____	TURNO _____ MAQUINA _____								
HORA _____ a _____	TECNICO(S) _____								
MANTENIMIENTO CORRESPONDIENTE A: _____									
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____									
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Correcto</th> <th style="padding: 2px;">NO Correcto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30px; height: 15px;"></td> <td style="width: 30px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 15px;"></td> <td style="width: 30px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 30px; height: 15px;"></td> <td style="width: 30px; height: 15px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Correcto	NO Correcto						
Correcto	NO Correcto								
Puntualidad en arribo a planta									
Uso de equipo de seguridad e inocuidad									
Estado de herramienta y material									
_____ Nombre y firma Supervisor de mantenimiento	_____ Nombre y firma Supervisor Planta Formado de vasos	_____ Nombre y firma Operario designado							

Fuente: elaboración propia.

2.2.12.2. Preparación de la mano de obra

El recurso humano es parte indispensable al momento de realizar las tareas de mantenimiento, para su preparación se toman en cuenta su seguridad y la inocuidad que contempla el lugar de desempeño. El kit propuesto del técnico de mantenimiento es el siguiente:

- Bata manga corta, redecilla
- Guantes de protección
- Protectores de oídos y lentes de seguridad

Como parte de la preparación del recurso humano se propone herramental para realizar correctamente las diversas tareas.

Tabla LXXII. **Herramental según MCC**

Cinta Métrica	Visegrip
Juego de llaves Allen USAG mm	Juego de llaves Allen Proton inch.
Guantes de seguridad	Cinta de aislar
Pinzas para interiores	Martillo de Acero con bola
Llave ajustable de 8 a 12 Inch.	Inyectora de presión
cincel Trooper	lima triangular
Punzón	destornillador de castigadera
juego de limas de diamante	destornillador Phillips
Llave cola-corona mm. núm. 6 al 21	Llave cola-corona inch. 5/16 a 7/8

Fuente: elaboración propia.

2.2.12.3. Preparación de materiales

El diseño de la preparación del material a utilizar tiene las ventajas de: evitar perjuicios en la realización de las rutinas, la documentación del estado del material y el control de su existencia.

- Paso 1: los insumos están con ubicados en el taller de mantenimiento, el recurso humano debe de utilizar recipientes adecuados para el transporte dentro de la planta, rellenar los inyectores de lubricación y verificar el abastecimiento de wype y papel industrial.
- Paso 2: se utilizan conforme lo indicado a cada rutina, se reporta el estado del material en la hoja de la orden de trabajo, el supervisor al registrar dicha hoja se percata del estado y existencia del material utilizado y proseguirá el proceso de adquisición cuando sea necesario.

2.2.12.4. Tiempos de ejecución

Se propone un intervalo de tiempo en la ejecución de las rutinas del MCC, para evaluar el comportamiento y grado de aceptación de parte del recurso humano.

La evaluación se visualizará por medio de la comparación de los tiempos de ejecución reales con los propuestos, dicho análisis sirve para recopilar el tiempo de paro en la máquina y delimitar el tiempo ideal para las rutinas del mantenimiento.

Tabla LXXIII. **Tiempos de ejecución propuestos en la maquinaria de formado de vasos**

Máquina	Mantenimiento	Tiempo de ejecución
Tipo Puerta	Diario	20 min
	A	80 min
	B	50 min
	C	20 min
	D	30 min
Tipo Mesa	Diario	20 min
	A	90 min
	B	1 hrs
	C	40 min
	D	20 min

Fuente: elaboración propia.

2.2.13. Costos

El costo del mantenimiento es el gasto que representa para la empresa la realización de las actividades preventivas (inspección, lubricación, limpieza, calibración entre otras) en la maquinaria designada.

Dichas actividades sirven para conservar la maquinaria en buen estado, para que no sufran daños que provoquen mayores gastos a causa de acciones correctivas o subcontrataciones de empresas externas.

Los costos son determinantes para la correcta toma de decisiones, representado las limitaciones a plantear, para un mantenimiento preventivo los

costos son de relación directa, ya que son realizados periódicamente conforme la vida útil de la maquinaria sea vigente.

Los costos que intervienen en el mantenimiento son los costos de mano de obra, los de repuesto y por la utilización de insumos.

2.2.13.1. Costo de mano de obra

Los costos de mano de obra son los destinados al sueldo de los técnicos encargados a realizar el mantenimiento y del supervisor que controla, documenta y evalúa el avance del MCC del proceso de formado de vasos.

Tabla LXXIV. **Costos de mano de obra**

Puesto	Cantidad	Sueldo (Q)	Total(Q)
Supervisor	1	6 600,00	6 600,00
Técnico	4	4 200,00	16 800,00
TOTAL			23 400,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.13.2. Costos de repuestos

En algunas tareas del mantenimiento se requerirá cambiar algún elemento desgastado o golpeado, para mantener la confiabilidad de las rutinas se debe poseer repuestos adecuados para cada elemento, se documenta cada vez que se realiza un cambio de repuesto en la maquinaria. Se describe los repuestos a necesitar en la realización de tareas preventivas.

Tabla LXXV. **Costo de repuestos**

Repuesto	Valor (Q)	Repuesto	Valor (Q)
Contactador A	457,00	Contactador C	600,00
Contactador B	600,00	Contactador D	860,00
Pastilla de freno	800,00	Faja	50,00
Guarda motor	275,00	Guarda motor	238,00
Acoples ¼	70,00	Cable eléctrico	15,00
Cojinete	60,00	Electroválvula 1	640,00
Fuelles	60,00	Cadenas	35,00
Cojinete	75,00	Cojinete	55,00
Manguera para aceite (¼)	130,00	Manguera para A/C (1/8)	80,00
Válvula reductora	120,00	Electroventilador	630,00
Electroválvula 2	760,00	Ventosas	75,00
Manguera de succión	300,00	Bornes de conexión	35,00
Costo total de repuesto (Q)	3 707,00		
		3 313,00	7 020,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.13.3. Costos de insumos y herramientas

Los costos de los insumos y de herramientas están comprendidos por todos aquellos materiales y equipos que son necesarios para llevar a cabo las operaciones del MCC, como todo lo anteriormente mencionado se debe documentar su estado y cantidad después de cada rutina, para llevar un control exacto.

Tabla LXXVI. **Costo de insumos**

Insumo	Presentación	Valor (Q)
Grasa FM 222	Tolva	140,00
Aceite Mobil 600XP 220	5 galones	850,00
Aceite Chevron 220	35 libras	950,00
Aceite Mobil fluid 424	5 galones	800,00
Aceite Rarus 827	10 libras	470,00
Aceite mineral	Litro	80,00
Thinner	Galón	25,00
Papel higiénico	Rollo	30,00
Wype	Bolsas	15,00
Hojas de trabajo	Resmas de hojas	240,00
TOTAL		3 600,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVII. **Costo de herramienta**

Herramienta	Valor (Q)	Herramienta	Valor (Q)
Cinta métrica	40,00	Visegrip	75,00
Juego de llaves Allen mm	135,00	Martillo de acero con bola	48,00
Guantes de seguridad	25,00	Inyector de presión	150,00
destornillador Phillips	23,00	Destornillador plano	20,00
Llave ajustable	125,00	Pinzas	47,00
cincel Trooper	35,00	lima triangular	18,00
Punzón	30,00	Cinta de aislar	35,00
Juego de llave cola-corona mm.	280,00	Juego de llave cola-corona inch.	310,00

Continuación de la LXXVII.

Total de costo por herramental idóneo por cada técnico	Q.1 396.00
--	------------

Fuente: elaboración propia.

Se procede a realizar el cálculo total de los costos relacionados a la ejecución del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Tabla LXXVIII. **Costos totales**

Descripción	Valor (Q)
Costo de mano de obra	23 400,00
Costo de repuestos	7 020,00
Costo de insumos	3 600,00
Costo de herramientas	5 584,00
TOTAL	39 604,00

Fuente: elaboración propia.

Con el análisis anterior se obtuvo la cifra del costo total de la implementación del mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad, es Q.39 604,00.

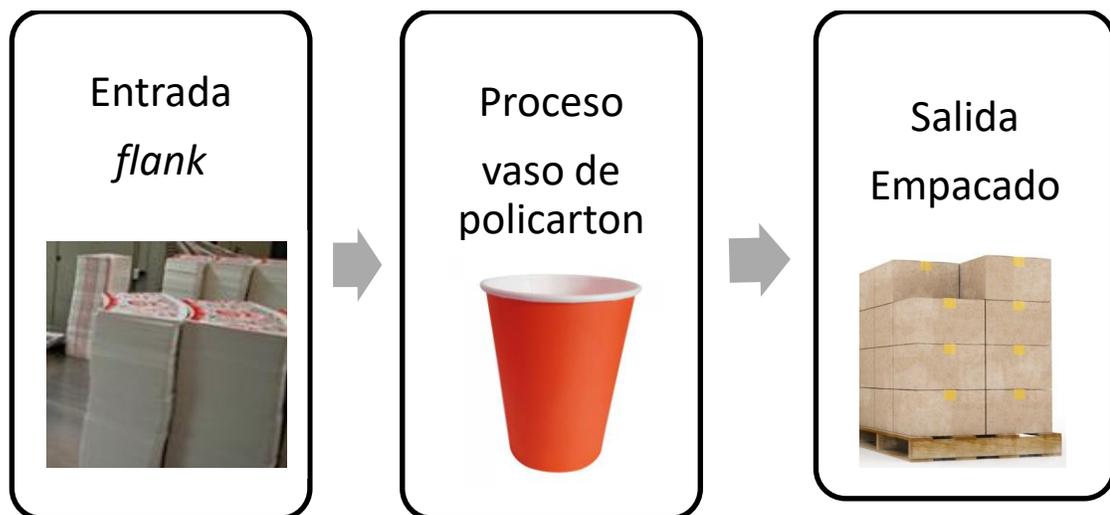
El costo del mantenimiento podría modificarse por el cambio de precios en el mercado.

3. MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DEL PROCESO DE FORMADO DE VASOS DE POLICARTÓN

3.1. Análisis de la situación actual del flujo de proceso en el área de formado de vasos

El proceso de formado de vasos consiste en transformar los segmentos de papel recortados llamados *flank* a vasos de polícartón de diferentes presentaciones, dentro del mismo proceso los vasos son empacados y se retiran de la planta en tarimas.

Figura 21. Etapas del proceso de formado de vasos



Fuente: elaboración propia.

La tarima con el producto empaquetado en cajas, se llevado a la bodega del área de formado de vasos la cual se encuentra adyacente a la planta, es llevado por medio de montacargas, los cuales cubren la necesidad de transporte entre plantas y bodegas, debido a la acumulación de tarimas (materia, prima y producto terminado) y a la actual distribución de maquinarias y equipos, es afectado el flujo del proceso ya que se le dificulta realizar las tareas de forma cómoda y ordenada.

El proceso de formado de vasos, contiene 8 líneas de producción con proceso semiautomático, cada línea contiene una sola máquina la cual realiza la transformación completa, es tarea del recurso humano abastecer la máquina y de colocar las pilas de vasos en su respectivo empaque y embalaje.

Existen dos tipos de máquinas en las líneas del proceso de formado de vasos, las cuales son del tipo puerta (contiene cinco líneas de trabajo) y de tipo de mesa (contiene tres líneas de trabajo).

El proceso de formado de vasos no posee estandarizados los tiempos de las operaciones en la producción, no especifica los tiempos efectivos ni tienen documentación de diagramas de procesos, su forma de evaluación es por medida por metas específicas en lapsos de tiempo determinados.

Los operarios de la planta no realizan sistemáticamente sus operaciones, si no por la acumulación del producto, esto extiende el tiempo de presencia de tarimas en el lugar de trabajo, la frecuencia de los paros funcionales por fallas en las máquinas restringe la productividad en dicha planta.

3.1.1 Diagnóstico

Al analizar el proceso de formado de vasos se detectan las causas que originan los problemas que afectan a la productividad en la planta.

- obstrucción del paso por presencia de tarimas
- fallas frecuentes en la maquinaria
- malos hábitos del recurso humano
- condiciones de trabajo no ideales
- flujo del proceso interrumpido por mala distribución
- operaciones no realizadas secuencialmente
- mala utilización de la ergonomía
- estaciones de trabajo equilibradas incorrectamente
- estaciones de trabajo no apropiadas.

Se procede a efectuar herramientas de diagnostico para establecer la causa de los problemas.

- Diagrama de Pareto

Constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales), dentro de las características de esta herramienta se pueden mencionar:

- Priorización: identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.

- Unificación de criterios: enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
- Carácter objetivo: su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

Se realiza una valoración de cincuenta puntos de los problemas de acuerdo a su repercusión crítica hacia los problemas presentados, según lo planteado del diagrama el 20 % de los problemas originan el 80 % de los efectos.

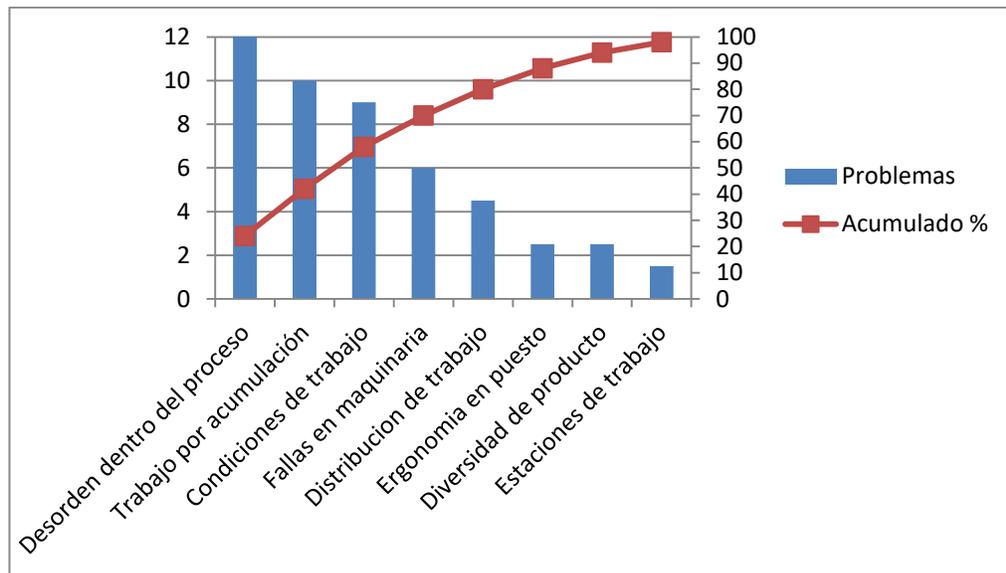
Los datos de la columna acumulado de la tabla LXXIX sirven para la realización del diseño diagrama de Pareto para visualizar la ponderación de los factores en forma esquematizada y ordenada.

Tabla LXXIX. **Factores de improductividad**

Problemas de productividad	Problemas	Frecuencia	Acumulado %
Desorden en la distribución del proceso	14	28	24
Trabajo por acumulación	10	20	42
Condiciones de trabajo	9	18	58
Fallas en maquinaria	6	12	70
Distribución de trabajo	4.5	9	80
Ergonomía en puesto	2.5	5	88
Diversidad de producto	2.5	5	94
Estaciones de trabajo	1.5	3	98
TOTAL	50	100	

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Gravedad de factores de improductividad**



Fuente: elaboración propia.

Según el análisis de Pareto, el problema crítico corresponde al desorden de la distribución del proceso, para establecer este problema se deben estudiar sus causas adecuadamente, con este planteamiento, se analiza el problema con la herramienta Ishikawa para detectar sus efectos, causa-raíz y buscar una solución apropiada.

- Diagrama Ishikawa

El diagrama de diagnóstico Ishikawa también llamado diagrama causa-efecto es un método gráfico que ayuda a determinar cuáles son las causas de un problema principal, es graficado por medio de unas espinas de pescado que tienen como finalidad observar cada consecuencia del problema dentro de diversos factores.

- Paso 1. identificar el problema: El problema principal es el desorden y la deficiente distribución dentro del proceso de formado de vasos.
- Paso 2. establecer categorías: Son establecidas según las 6M de calidad (medición, mano de obra, materia prima, medio ambiente, método y maquinaria).
- Paso 3. definir las causas secundarias

- Mano de obra
 - Operador trabaja por acumulación de materia a procesar, no trabaja de forma sistemática.
 - El técnico no realiza correctamente las tareas de mantenimiento debido que contempla todas las fallas.
 - Falta de motivación personal, que afecta la actitud del trabajador.

- Maquinaria
 - La maquinaria cuenta con: equipo de vacío, sistema de aire comprimido, equipo de refrigeración, armario eléctrico.
 - La maquinaria realiza paros de producción imprevistos por falta de un mantenimiento preventivo ideal.

- Materia prima
 - Acumulación en bobinas de fondo.
 - Debido a la acumulación de segmentos de papel se encuentra demasiado desperdicio ubicado a lo largo del proceso.

- Medio ambiente
 - Dentro de la planta se observa polvo por la falta de tareas de inocuidad.

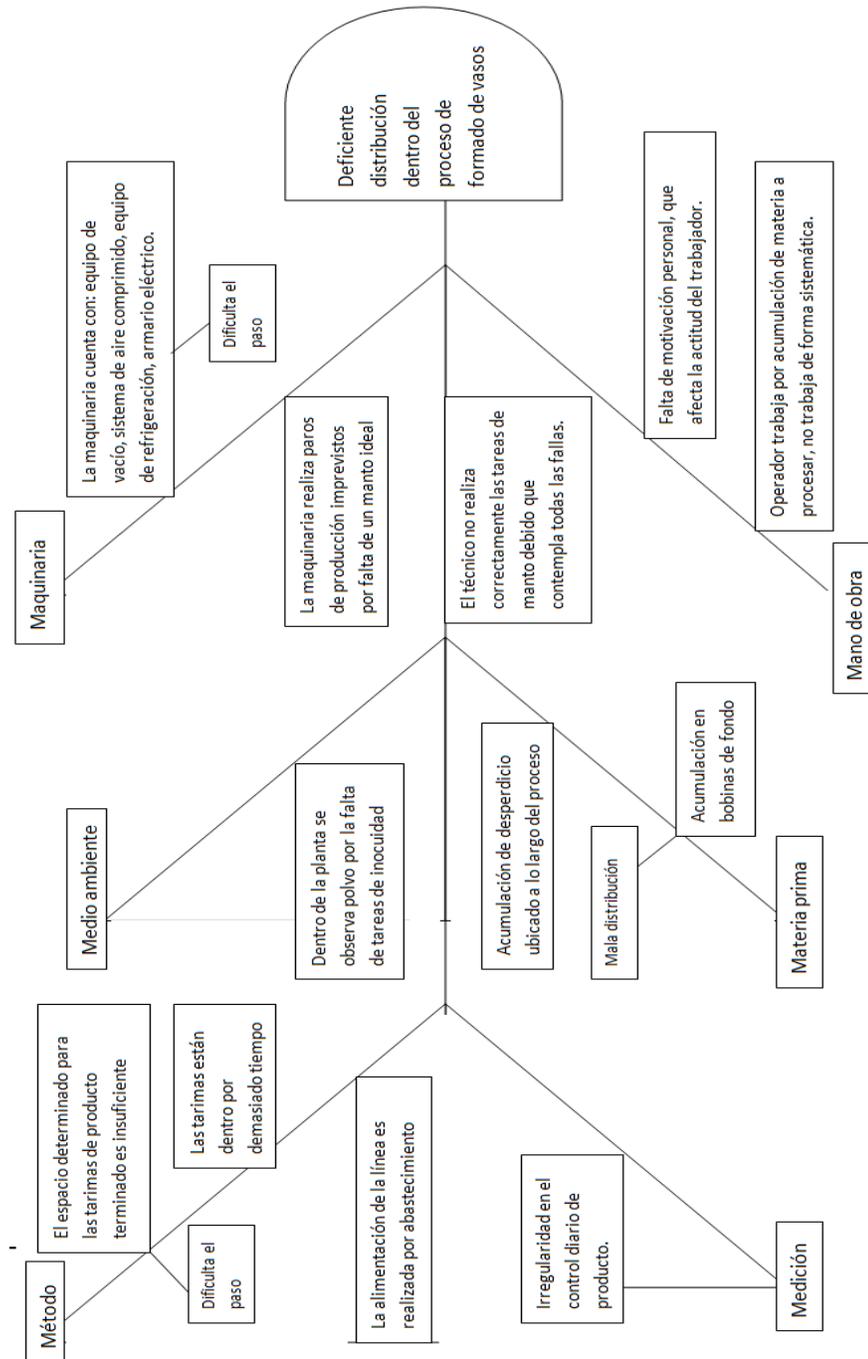
- Medición
 - Irregularidad en el control diario de producto.

- Método
 - La alimentación de la línea es realizada por abastecimiento de materia prima, no se realiza secuencialmente.
 - El espacio determinado para las tarimas de producto terminado es insuficiente.
 - Las tarimas de producto terminado se mantiene dentro de la planta por demasiado tiempo.

- Paso 4 analizar demás causas y analizar el resultado obtenido

En el siguiente paso se debe diagramar correctamente el diagnóstico Ishikawa, con el problema raíz, en la parte media, con sus categorías conectadas al problema por medio de espigas de 45° y con sus causas primarias y secundarias agrupándolas en cada categoría de forma ordenada.

Figura 23. Diagnóstico por diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Según el diagnóstico de la herramienta Ishikawa los efectos del problema planteado son debido a la mala distribución de recursos físicos dentro de la planta y a su vez genera otras causas, se debe realizar los análisis correspondientes para realizar una mejora en la distribución del proceso de formado de vasos.

El diagnóstico indica una mejor forma de abastecer la máquina dentro del proceso de formado de vasos, actualmente se realiza por medio de acumulación de producto y de tarimas, se toma en cuenta que el manejo de material implica tiempo, cantidad y espacio, debido a estas situaciones la manera para realizar el abastecimiento y retiro de producto será de forma inmediata.

Es de suma importancia realizar un análisis de ingeniería de métodos para contrarrestar de forma técnica las partes improductivas del proceso.

3.1.2. Aspectos de la planta

Se detalla los aspectos generales de la planta del proceso de formado de vasos de la empresa Central de Empaques, S.A.

El análisis define la situación actual de la planta, y establece las limitaciones al proponer mejoras dentro del proceso.

Tabla LXXX. **Aspectos de la planta del proceso de formado de vasos**

Planta de formado de vasos en Central de Empaques, S.A.	
Área Optima	782,43 <i>mts</i> ² .
Clase	Una planta
Líneas	8 líneas de producción
Edificación	Segundo categoría Los marcos y vigas son de acero estructural. La cubierta superior del edificio es de lámina de zinc.
Techo	Dos aguas
Distribución	Por proceso
Estructura	Estructura Metálica
Ventilación	Natural y Artificial
Piso	Concreto Armado
Muros	(0-5) <i>mts</i> block (más de 5) <i>mts</i> lamina reforzada
Pintura	Especial recubrimiento

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Medición de trabajo

Las líneas de producción son semiautomáticas, con una máquina formadora de vasos por cada línea, las acciones de carga/descarga son realizadas por un operador principal y un auxiliar presente en cada dos máquinas.

Para la realización de la medición de trabajo se identifican las operaciones que se realizan en el proceso actual.

- Abrir la envoltura de la tarima de *flank* (segmentos de papel recortado con adhesivo en la orilla).
- Sacudir y flexionar la pila de *flank* para evitar mal procesamiento.
- Se apilan correctamente los *flank* para el ingreso del maquinado.
- Se coloca la bobina de fondos en el rodillo central.
- Se surca la cinta de la bobina por medio de rodillos hasta el ingreso de la maquina, donde se asegura con la línea de seguimiento.
- La máquina transporta el *flank* por medio de una banda hacia el plegado.
- La máquina realiza un plegado previo en el *flank*.
- La máquina calienta el adhesivo de *flank*.
- La máquina desplaza el *flank* hacia la mesa de sellado.
- La máquina troquea la parte del fondo del vaso.
- La máquina calienta el fondo del vaso para facilidad de pegado.
- La máquina desplaza el fondo hacia la mesa de sellado.
- La máquina rebordea el fondo para acoplar con el *flank*.
- La máquina sella las dos partes para crear el vaso.
- La máquina rebordea el borde superior del vaso.
- La máquina expulsa la pila de vasos por medio de compresión hacia la bandeja de embolsado.
- Tomar la bolsa de higiene y colocar dentro la pila de vasos.
- Engrapando la bolsa con grapa ubicada en el área de trabajo.
- Colocar la pila de vasos embolsada en una caja.
- Empacar la caja cuando se complete su capacidad.
- Colocar en tarimas ubicadas dentro de la planta para su transporte hacia la bodega de producto terminado.

Tabla LXXXI. **Medición de tiempos en el proceso de formado de vasos**

MEDICIÓN DE TIEMPOS PROCESO DE FORMADO DE VASOS								
Fabrica: Central de Empaques		Planta: Formado de vasos		Línea: Formadora de puerta 4		Elaborado por: Julio Eliu Hernández		
Método Actual		Tipo: Lectura con retorno a cero		Fecha: Noviembre 2017		Operador: #4		
Núm.	LECTURAS (seg)							Tiempo Promedio (seg)
	1	2	3	4	5	6	7	
1	3,9	4,34	4,85	3,82	3,75	4,02	3,78	4
2	10,2	10,4	9,8	9,7	10	10	10,5	10
3	5,2	5,46	4,88	4,75	5,12	5,42	4,59	5
4	37,47	42,5	36,2	38,7	36,8	33,45	42	38
5	24,5	23,5	25,5	24,8	22,4	23,9	24,2	25
6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8
9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
10	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
11	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
12	2,1	2,2	1,9	1,9	2,1	2,0	1,9	2
13	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
14	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
15	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
16	2,9	2,7	2,6	2,7	2,8	2,6	2,6	2,7
17	7,9	6,5	8,2	7,5	6,2	7,4	6	7
18	4	4,2	4,5	3,7	3,9	4,1	4,1	4
19	3,9	3,5	3,6	4,7	4,2	3,7	4,7	4
20	15,7	14,8	16,2	15,7	13,6	12,8	13,6	14
21	5,7	6,8	5,1	6,4	7,1	5,5	6,2	6

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Diagramas de proceso actuales

Es la representación gráfica del método que se pretende seguir en toda una secuencia de acciones, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tales como distancias recorridas y tiempo requerido.

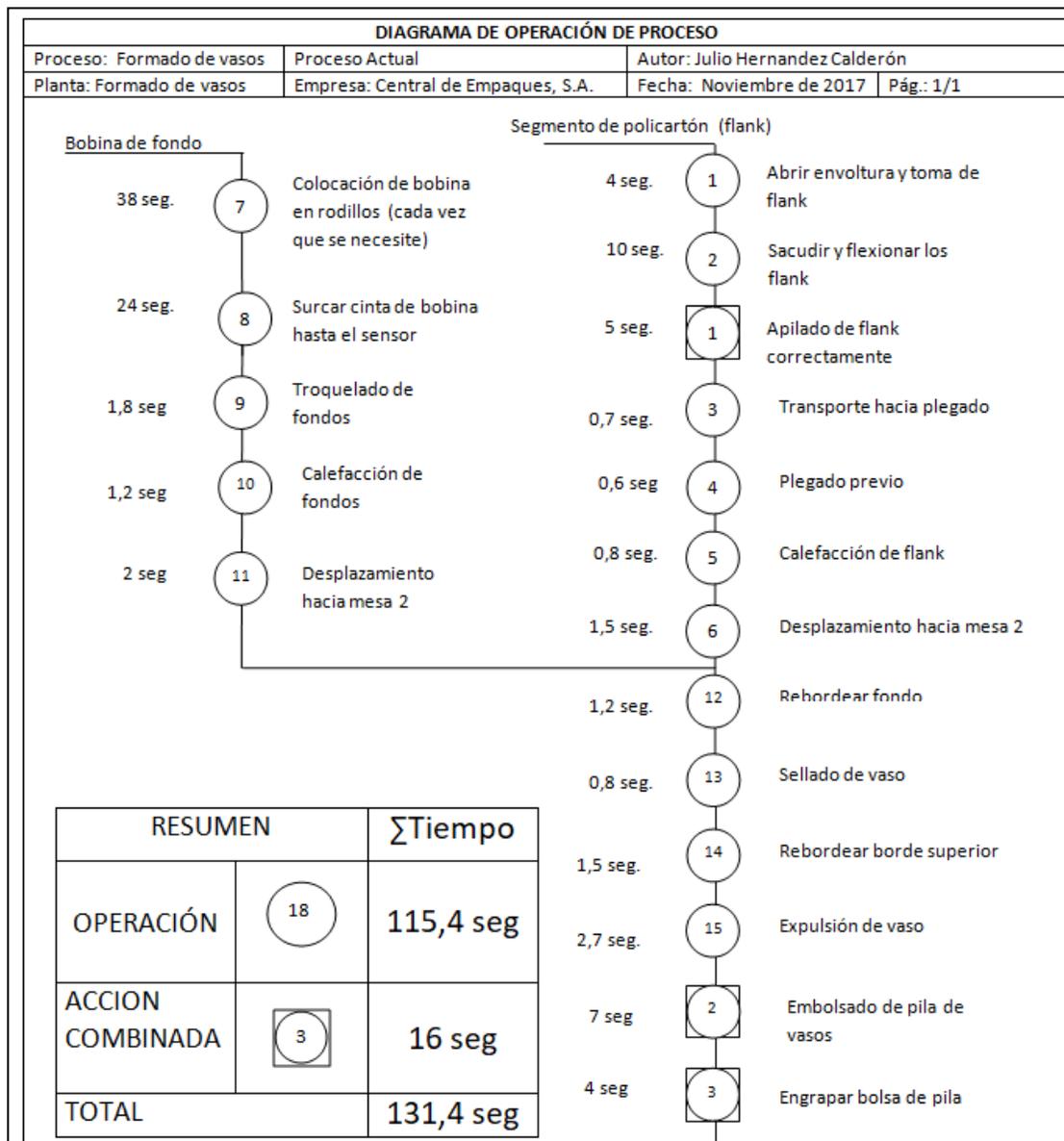
El análisis de los procesos trata de eliminar las principales deficiencias existentes y lograr la mejor distribución posible de la maquinaria, equipo y área de trabajo dentro de la planta.

- Diagramas de procesos
 - De operación: representa los pasos del proceso dentro del área de formado de vasos.
 - De flujo de operación: representa el flujo del proceso de entrega y recepción del producto, se toma en cuenta el almacenamiento, las demoras implicadas y el desplazamiento que realiza la materia prima.
 - De recorrido: representa el recorrido que realiza la materia prima durante todo el proceso, el análisis sirve para verificar la distribución del área de trabajo.
 - Hombre máquina: es la representación grafica de la secuencia de los elementos que componen las interacciones ocurridas entre el recurso humano y la maquinaria a lo largo del proceso.
 - Bimanual: el diagrama muestra el movimiento realizado de ambas manos y su relación durante el proceso, el análisis del diagrama sirve principalmente para estudiar los movimientos minúsculos.

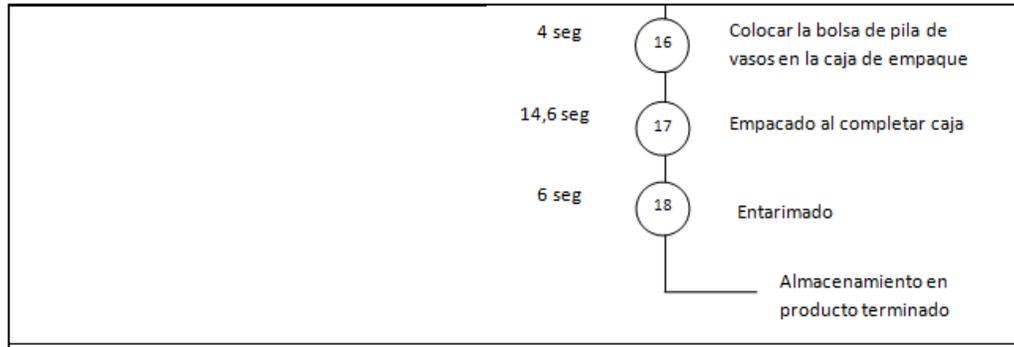
3.1.4.1. De Operación actual

Se presenta el diagrama de operación actual.

Figura 24. Diagrama de operación de proceso actual



Continuación de la figura 24.

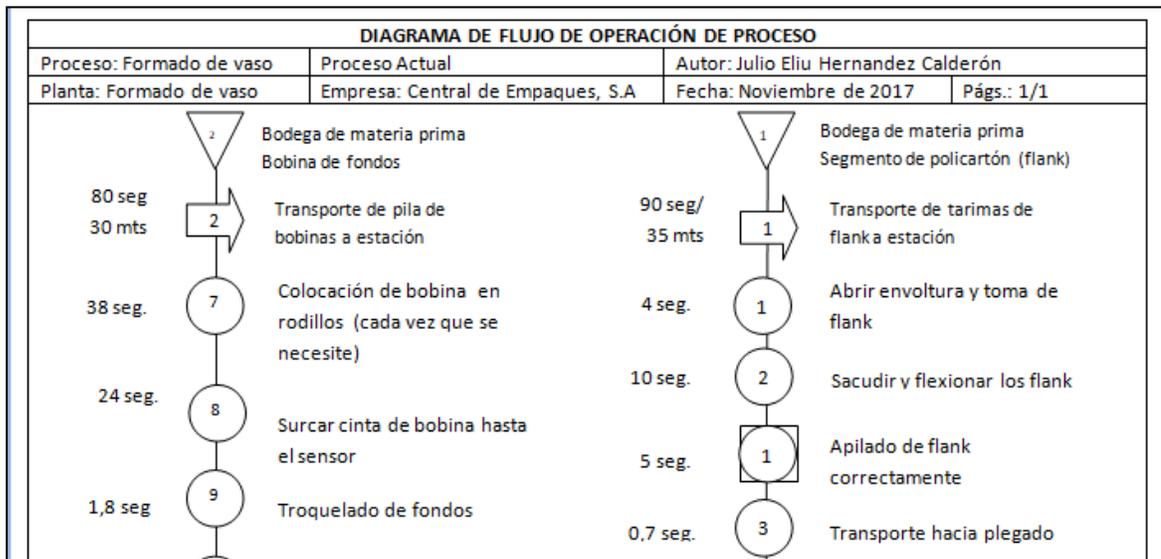


Fuente: elaboración propia.

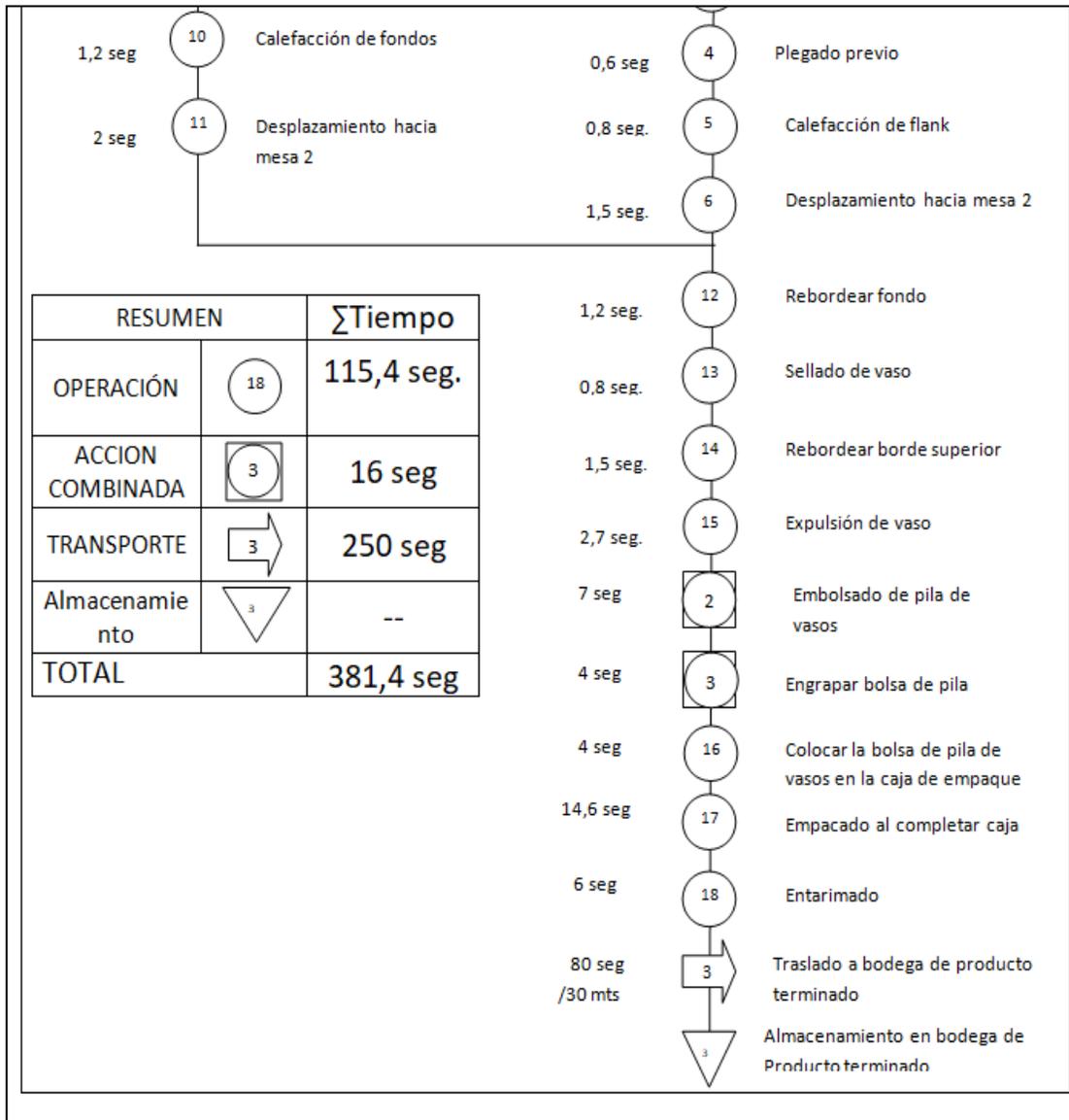
3.1.4.2. De flujo actual

Se presenta el diagrama de flujo de proceso actual.

Figura 25. Diagrama de flujo de operación de proceso actual



Continuación de la figura 25.

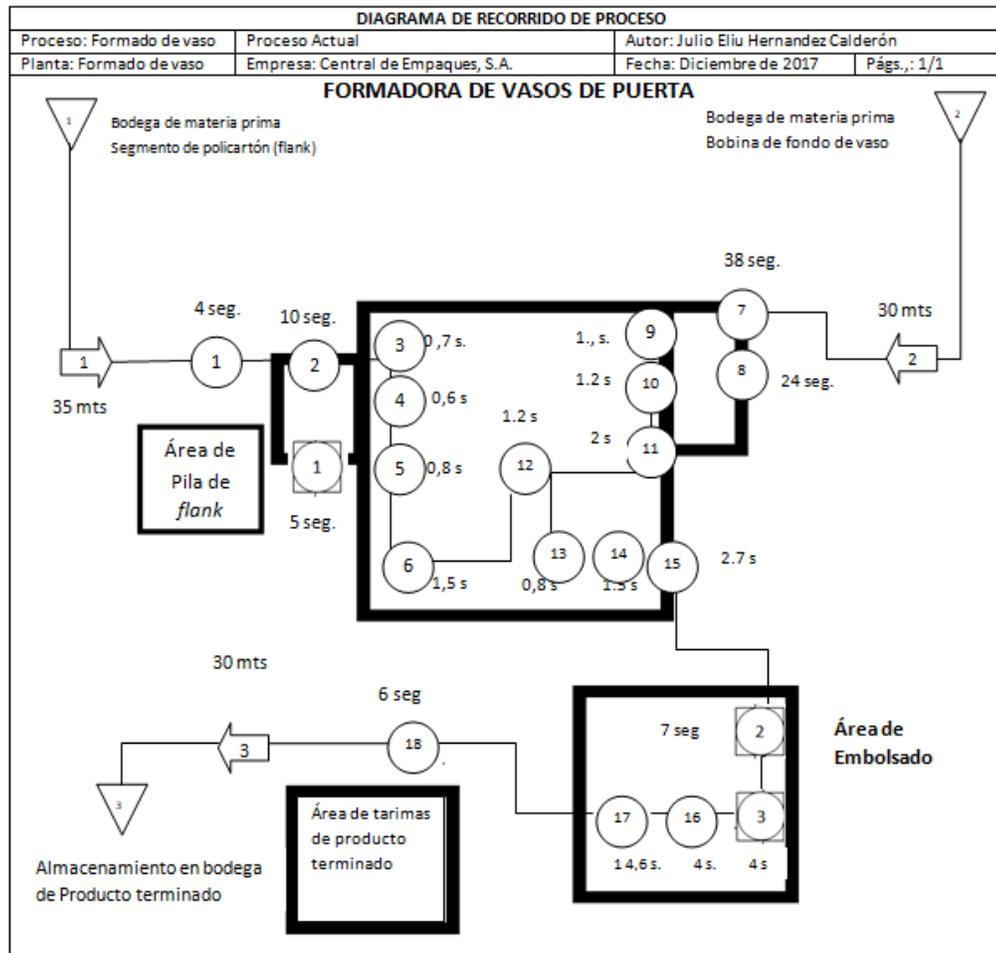


Fuente: elaboración propia.

3.1.4.3. De recorrido actual

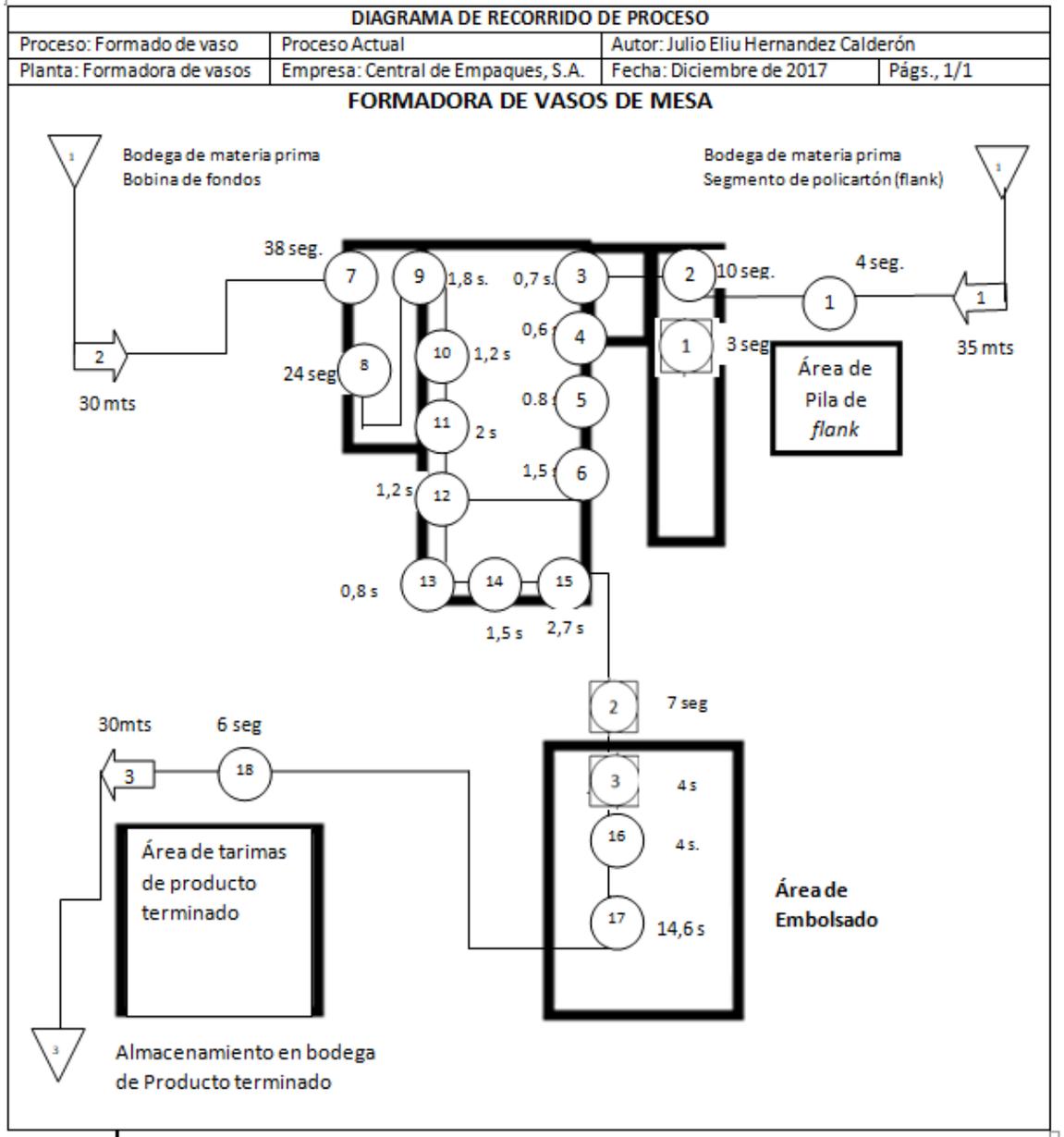
Se presenta el diagrama de recorrido actual del proceso.

Figura 26. Diagrama de recorrido de proceso de formadora de vasos de puerta



Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Diagrama de recorrido de proceso en formado de vasos de mesa



Fuente: elaboración propia.

3.1.4.4. Diagrama hombre-máquina actual

Las interacciones del recurso humano y la maquinaria son condicionadas por los siguientes factores en el proceso analizado.

- El auxiliar de producción asiste en dos líneas diferentes.
- El operador no trabaja sistemáticamente dentro del proceso, labora por medio de acumulación.
- Las líneas de producción son semiautomáticas.
- La maquinaria se considera ideal en la interacción hombre-máquina aunque no lo sea.

Figura 28. Diagrama hombre-máquina del proceso de formado de vasos

DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA				
Proceso: Formado de vaso		Proceso Actual		Autor: Julio Eliu Hernandez Calderón
Planta: Formado de vasos		Fabrica: Central de Empaques, S.A.		Fecha: Diciembre de 2017 Hora: 6 AM
Operador	Auxiliar	Tiempo	Máquina	
Preparación del sistema de la maquina, limpieza	Solicitar materia prima	15 min	I	En preparación
		30 min	I	
Carga	Apoyo en carga	31 min		Maquinado
		32 min		
Ocio		33 min		
Atención (Carga, descarga)	Auxilia en otra máquina	34 min		
		35 min		
		36 min		
		37 min		
Ocio	Apoyo en Carga/Descarga	38 min		
		39 min		
Carga	Apoyo en carga	40 min		
		41 min		
Ocio		42 min		
Atención (Carga, descarga)	Auxilia en otra máquina (Ocio en algunas ocasiones)	43 min		
		44 min		
		45 min		
		46 min		
		47 min		
		48 min		
Ocio	Apoyo en Carga/Descarga	49 min		
		50 min		
TOTAL DE MUESTRA DE TIEMPO		50 MINUTOS		
Resumen	Tiempo de ciclo	Productivo	Ocio	Utilización
Operador	10 min	7 min	3 min	70 %
Auxiliar	10 min	4,5 min	5,5 min	45 %
Máquina	10 min	10 min	0 min	100 %

Fuente: elaboración propia.

3.1.4.5. Diagrama bimanual actual

Se presenta el diagrama bimanual del método actual.

Figura 29. Diagrama bimanual del proceso de formado de vasos

DIAGRAMA BI-MANUAL					
Proceso: Formado de vasos		Proceso Actual		Autor: Julio Eliu Hernandez Calderón	
Planta: Formado de vasos		Empresa: Central de Empaques, S.A		Fecha: Noviembre de 2017 Págs.: 1/1	
MANO IZQUIERDA			MANO DERECHA		
Descripción	Tiempo	Símbolo	Símbolo	Tiempo	Descripción
1. Abrir la envoltura de protección de la tarima de flank	2 seg	○	○	2 seg	1. Abrir la envoltura de protección de la tarima de flank
2. Sostener los segmentos de papel	2 seg	○	○	2 seg	2. Sostener los segmentos de papel
3. Transportar los segmentos de papel a la pila de entrada de la máquina	3 seg	⇒	⇒	3 seg	3. Transportar los segmentos de papel a la pila de entrada de la máquina
4. Sacudir y flexionar los flank	7 seg	○	○	7 seg	4. Sacudir y flexionar los flank
5. Soltar suavemente los flanks hacia la pila de entrada	2 seg	○	○	2 seg	5. Soltar suavemente los segmentos de papel hacia la pila de entrada
6. Rectificar los segmentos de papel (flank) para el ingreso a la maquina	3 seg	○	○	3 seg	6. Rectificar los segmentos de papel (flank) para el ingreso a la maquina
7. Tomar la bobina de fondo correctamente	5 seg	○	○	5 seg	7. Tomar la bobina de fondo correctamente
8. Colocar la bobina en su estación correspondiente	20 seg	○	○	20 seg	8. Colocar la bobina en su estación correspondiente
9. Colocar el seguro de la bobina en la estación correspondiente	5 seg	○	○	5 seg	9. Colocar el seguro de la bobina en la estación correspondiente
10. Despegar el adhesivo al principio de la bobina	8 seg	○	◻	8 seg	10. Espera para la entrega de la cinta de la bobina
11. Surcar la cinta de la bobina a través de los rodillos	19 seg	○	○	19 seg	11. Surcar la cinta de la bobina a través de los rodillos
12. Colocar la cinta de la bobina en el área de troquelado de la máquina	5 seg	○	○	5 seg	12. Colocar la cinta de la bobina en el área de troquelado de la máquina
13. Abrir la bolsa de seguridad	2 seg	○	○	2 seg	13. Abrir la bolsa de seguridad
14. Tomar la pila de vasos terminados	2 seg	○	○	2 seg	14. Sostener la bolsa de seguridad
15. Introducir la pila de vasos terminados	3 seg	○	○	3 seg	15. Sostener la bolsa de seguridad
16. Accionar la grapa sobre la pila de vasos embolsada	4 seg	○	○	4 seg	16. Accionar la grapa sobre la pila de vasos embolsada
17. Colocar la caja de embalaje a colocar la bolsa de vasos	2 seg	○	○	2 seg	17. Colocar la caja de embalaje a colocar la bolsa de vasos
18. Colocar ordenadamente la bolsa de pila de vasos en caja de empaque	2 seg	○	○	2 seg	18. Colocar ordenadamente la bolsa de pila de vasos en caja de empaque
19. Hacer los respectivos dobleces para cerrar la caja	3 seg	○	○	3 seg	19. Hacer los respectivos dobleces para cerrar la caja
20. Tomar el equipo de tape	2 seg	○	○	2 seg	20. Sostener las pestañas de los dobleces de la caja
21. Accionar el equipo de tape para sellar la caja en la parte de arriba	5 seg	○	○	5 seg	21. Sostener las pestañas de los dobleces de la caja en la cara superior
22. Accionar el equipo de tape para sellar la caja en la cara inferior	4.6 seg	○	○	4.6 seg	22. Sostener las pestañas de los dobleces de la caja en la cara inferior
23. Transportar y colocar en la tarima de producto terminado	6 seg	⇒	⇒	6 seg	23. Transportar y colocar en la tarima de producto terminado

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXII. **Resultados del diagrama bimanual**

RESUMEN	SÍMBOLO	Mano Izquierda		Mano derecha	
		Cantidad	Tiempo	Cantidad	Tiempo
Operación		21	107,6 seg	20	99,6 seg
Demora		0	--	1	8 seg
Transporte		2	9 seg	2	9 seg
TOTAL		23	116,6 seg	23	116,6 seg

Fuente: elaboración propia.

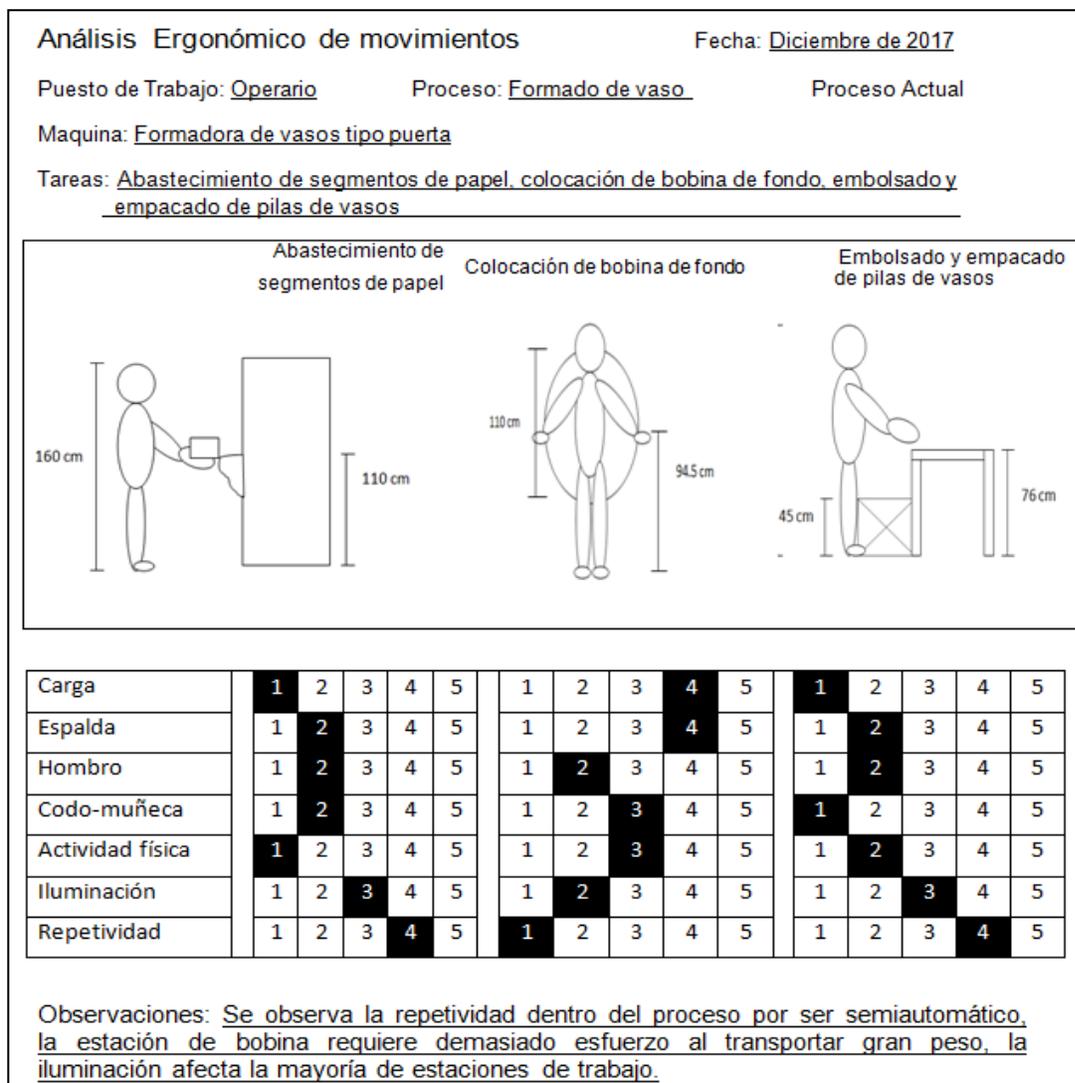
3.1.5. Diagnóstico de economía de movimiento actual

Se realiza el análisis actual en diversos factores que afectan la ergonomía.

- Carga: se basa en el levantamiento de peso de la carga.
- Espalda/hombro: grado de utilización respecto a los músculos de espalda/hombro.
- Codo/muñeca: grado de utilización respecto a los músculos de espalda/hombro.
- Actividad física: determinado por el número y la calidad de las tareas individuales incluidas en el trabajo.
- Iluminación: área cubierta con iluminación para desarrollar correctamente cada operación.
- Repetividad: repetición de operación por ciclo de operación.

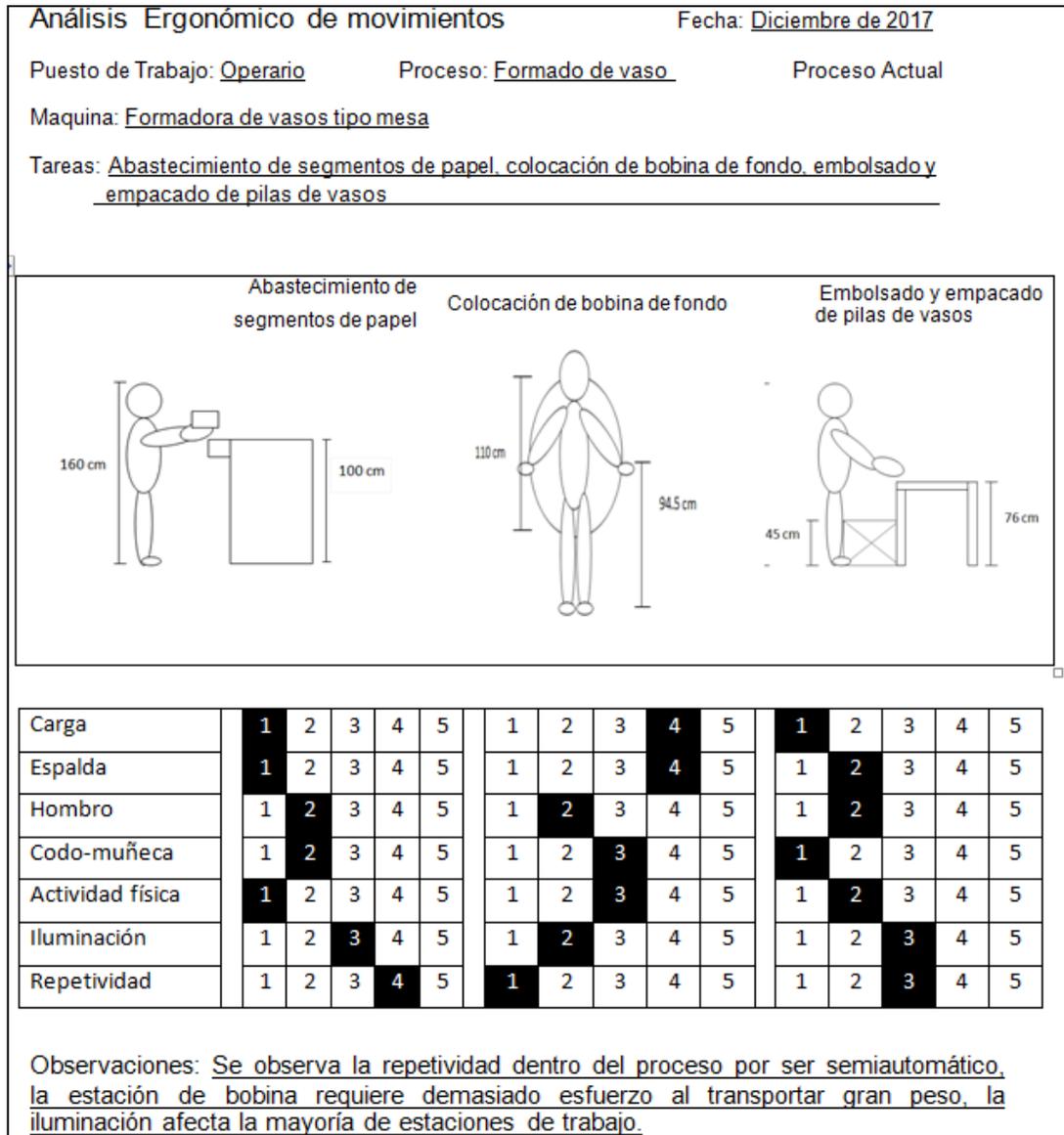
Se clasifican los diversos factores en una escala del 1 hasta 5, una clasificación de 4 a 5 indica que el puesto de trabajo puede incluso ser nocivo para la salud de los trabajadores, mientras que la clasificación de 1 es ideal.

Figura 30. **Ergonomía en el proceso de formado de vasos con maquinaria tipo puerta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Ergonomía en el proceso de formado de vasos con maquinaria tipo mesa**



Fuente: elaboración propia.

3.1.6. Análisis de operación en la producción

El análisis de operación estudia los elementos productivos y no productivos del proceso, para contrarrestar los efectos negativos y proponer mejoras adecuadas.

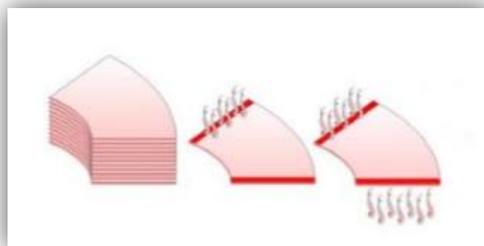
3.1.6.1. Finalidad de la operación

El propósito del proceso es transformar segmentos de papel en vasos de polícartón de diferentes presentaciones, se empaca con su respectiva bolsa que proporciona seguridad, higiene e inocuidad.

3.1.6.2. Diseño de la pieza

El diseño, consta de un segmento de papel con forma de un área superficial cónica sin punta, el fondo es un troquelado de un círculo, el diseño varía según el pedido del cliente, según el diseño se modifica el tamaño, grosor e impresión.

Figura 32. **Diseño de pieza**



Fuente: CEMSA.

3.1.6.3. Tolerancias y especificaciones

Las especificaciones son establecidas por las capacidades de la maquinaria, debido a la demanda de mercado existen diferentes presentaciones de vasos cada una con su medida estándar establecida.

Se definen las tolerancias en base al criterio del personal de calidad, se realiza la medición del producto (100 vasos) para analizar el grado de aceptación.

Tabla LXXXIII. Especificaciones del producto

Especificación	Medida	Tolerancia	Porcentaje de calidad
Ø del borde superior	Ø 52 - 125 mm	+/- 1 mm	93 %
Ø de la base	Ø 38 - 100 mm	+/- 0.5 mm	93 %
Altura del vaso	40 - 178 mm	+/- 0.5 mm	92 %
Ángulo del vaso	3° - 9°	+/- 1°	88 %

Fuente: elaboración propia.

3.1.6.4. Material

El material utilizado en el proceso de formado de vasos es policartón, es un material económico y liviano que permite el manejo a grandes cantidades.

El transporte durante el proceso es por medio de tarimas de segmentos recortados y de bobinas de papel, el desecho del material es factible de reciclar y reprocesar, convirtiendo al proceso en amigable al ambiente pero dentro de la planta hay flank desperdiciado produciendo suciedad.

3.1.6.5. Herramental actual

El herramental es una parte importante para la realización de las diversas tareas dentro del proceso de formado de vasos, la herramienta es utilizada para la calibración de mordazas, el cambio de medida según la orden de producción y la realización de las rutinas de mantenimiento de servicio menor.

El herramental utilizado no necesita de corriente eléctrica, y no requiere de calibración.

Cada operador cuenta con un espacio en el armario de herramienta, pero no es utilizado correctamente, por esta razón hay herramientas extraviadas que retrasan la producción, en la situación actual los operarios piden prestado las herramientas a los técnicos, ocasionando extravíos y conflictos laborales dentro de los dos departamentos.

Se realiza el listado del set de herramienta actual del operador.

Tabla LXXXIV. **Herramental actual de operarios**

Juegos de llaves Allen USAG mm	Cuchilla
Destornillador Phillips 75 mm	Destornillador Phillips 120 mm
Llave cola- corona núm. 6 mm	Llave cola-corona núm. 7 mm
Destornillador castigadera 75 mm	Destornillador castigadera 30 mm

Fuente: CEMSA.

3.1.6.6. Condiciones de trabajo actuales

- Limpieza

La limpieza del área de formado de vasos es realizada por contratistas de una empresa de servicios de limpieza, el personal tiene sus enseres propios y tienen asignados sus armarios. La planta cuenta con basureros y recipientes de reciclado debidamente identificados.

Debido a las malas prácticas de inocuidad, durante las operaciones se observa polvo, aceite y residuos de productos en el área de trabajo.

- Higiene y agua potable

La planta cuenta con lavamanos, dispensadores de jabón y alcohol gel esta zona está completamente identificada, tiene un rótulo de la correcta utilización. Se cuenta con dos dispensadores de agua potable con sus respectivos garrafones de reserva en el área de formado de vasos.

Los servicios sanitarios se ubican a cercanías de dos plantas y una de estas es la de formado de vasos.

- Calidad e intensidad de iluminación

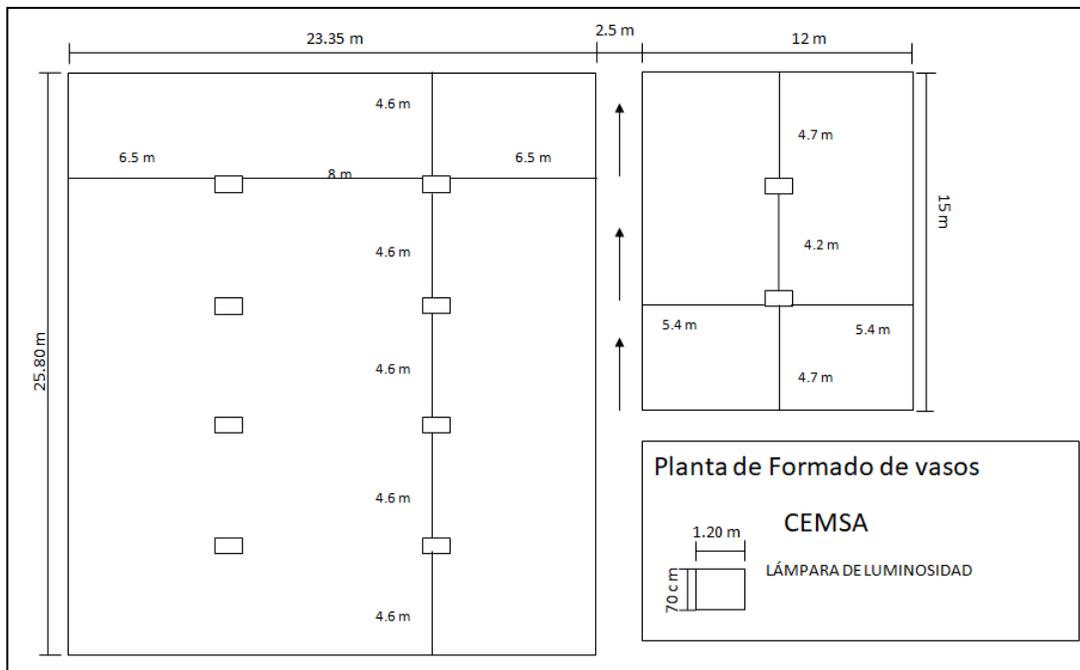
En la planta se cuenta con 4 ventanas para captar la iluminación natural (2,5 m x 1,5 m) y con 10 lámparas de 6 tubos cada una, se observa el estado de cada lámpara y se determina su funcionalidad por medio de lámparas en buen estado y funcionando.

De 10 lámparas, 4 lámparas funcionan al 83 % (5 tubos funcionando y 1 sin funcionar), 5 lámparas funcionan al 66 % (4 tubos funcionando y 2 sin funcionar) y 1 lámpara funciona al 50 % (3 lámparas funcionando y 3 sin funcionar).

La intensidad lumínica en cada luminaria es de 200 luxes esta intensidad es correspondiente trabajos de precisión dentro de la planta.

Se representa la distribución de luminarias dentro del área de producción de formado de vasos conjuntamente con sus medidas respectivas.

Figura 33. Iluminación dentro de la planta de formado de vasos



Fuente: CEMSA, empleando *Microsoft Word*.

- Ruido

El ruido que provoca la máquina es de 89,38 dB la tabla LXXXII indica el tiempo permitido de permanencia, se compara con el tiempo real, para obtener la dosis de ruido.

Tabla LXXXV. **Exposición de ruido permitida**

Duración por día (horas)	Nivel de sonido (dB)
8	90
6	92
4	95
3	97

Fuente: NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS. *Métodos, estándares y diseño de trabajo*.

$$\text{Dosis de ruido} = 100 * (C/T)$$

Donde:

- C = tiempo de permanencia bajo los efectos de un nivel de ruido específico (h).
- T = tiempo permitido bajo los efectos de un nivel de ruido específico (h) (ver tabla LXXXII).

$$\text{Dosis de ruido} = 100 * (11/8) = 137,5$$

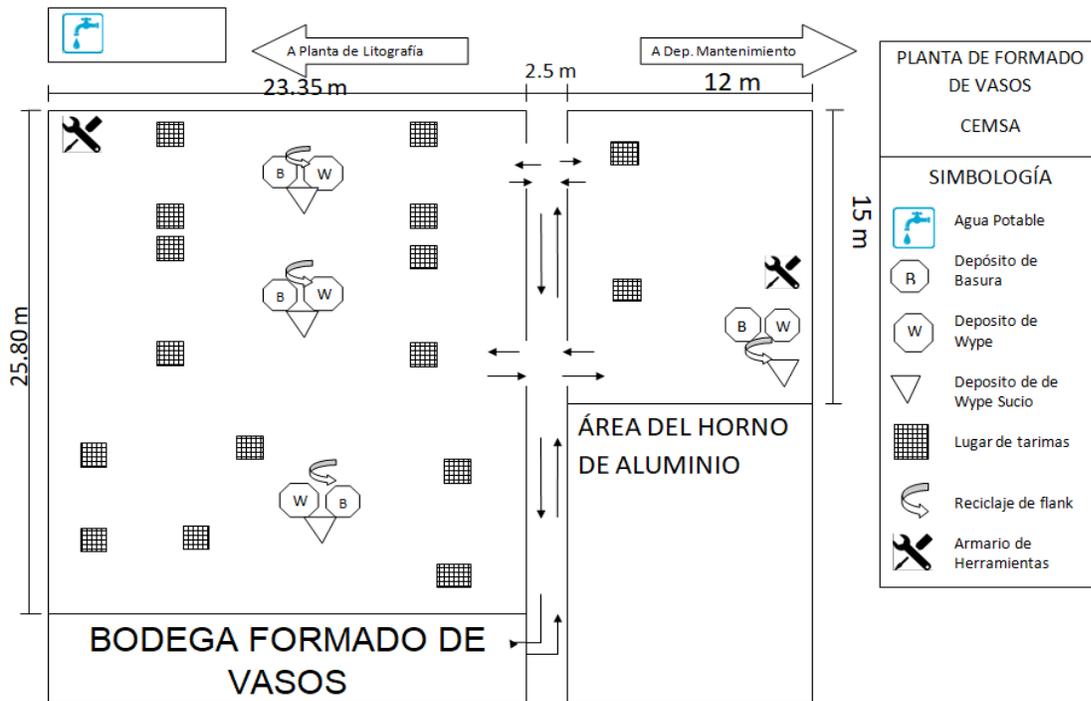
La dosis de ruido del proceso es de 137,5 esto indica que no es lo recomendado la permanencia real, pero al utilizar el equipo de seguridad adecuado se controla de mejor manera el ruido.

3.1.6.7. Manejo de material actual

El material es ingresado por medio de tarima de segmentos de papel *flank* protegidas con plástico, su salida es por medio de tarima con producto procesado en cajas de cartón, es almacenado en la bodega de formado de vasos ubicada adjunto a la planta, son conducidos por medio de montacargas y su control es realizado por el supervisor de planta.

Debido a la cantidad de máquinas, presencia de numerosas tarimas y otros depósitos, el flujo del proceso se interrumpe constantemente, provocando aglomeración dentro de la planta observando deficiencias en la distribución, se ilustra la planta de formado de vasos con las condiciones de trabajo actuales.

Figura 34. Condiciones en la planta de formado de vasos

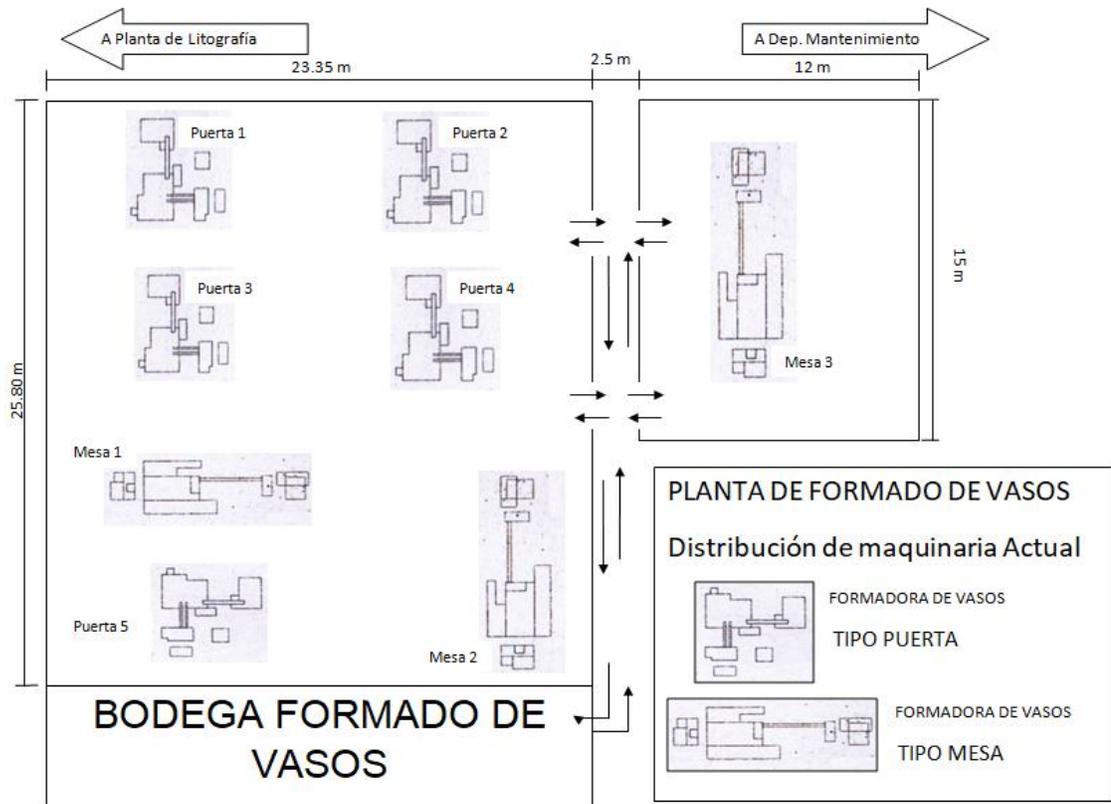


Fuente: CEMSA, empleando *Microsoft Word*

3.1.6.8. Distribución de la maquinaria en la planta actual

La distribución de planta es según proceso, ya que ante la diversidad de productos se opta por distribuirlos de la manera más uniforme, la maquinaria es semiautomática, cada línea de proceso contiene una máquina de formado de vasos, el flujo del proceso es afectado por las deficiencias de la distribución dentro de la planta. Se presenta la distribución actual de la maquinaria de formado de vasos.

Figura 35. Distribución actual de la maquinaria



Fuente: CEMSA, empleando *Microsoft Word*.

3.1.7 Balanceo de líneas de producción

El balanceo de líneas es empleado para conllevar un mejor control, con mediciones más exactas, mejor utilización del personal y equidad entre las cargas de trabajo.

El método de la evaluación de balanceo es por operario, este método indica si la asignación de recurso humano es el ideal en las líneas, ya que al ser un proceso semiautomático, las acciones de carga y descarga se convierten en el cuello de botella en el flujo de operaciones.

El lapso de tiempo medido es comprendido por la tardanza del operario y auxiliar en realizar 15 cajas de producto terminado, esta medida es importante ya que en este lapso se puede toman en cuenta diferentes criterios de tolerancias como: fatiga, repetividad del proceso, idas al sanitario, entre otras.

Para realizar el balanceo se toma en cuenta que la maquinaria funciona en su totalidad, no presenta paros imprevistos, ni realización de tareas de mantenimiento.

En el balance se establecen varias mediciones las cuales son:

- ME: minutos empleados para la realización del ciclo
- MP: minutos permitidos en relación con la línea más lenta

Con los datos anteriores se determina la eficiencia de la planta:

$$\text{Eficiencia} = (\sum \text{ME} / \sum \text{MP}) / 100$$

Tabla LXXXVI. **Balance de línea de formado de vasos**

Línea	Operador	Auxiliar	ME	MP
Puerta 1	Operador 1	Auxiliar	173,12	215,89
Puerta 2	Operador 2	1	170,87	215,89
Puerta 3	Operador 3	Auxiliar	182,34	215,89
Puerta 4	Operador 4	2	176,35	215,89
Puerta 5	Operador 5	Auxiliar	171,24	215,89
Mesa 1	Operador 6	3	202,68	215,89
Mesa 2	Operador 7	Auxiliar	215,89	215,89
Mesa 3	Operador 8	4	190,14	215,89
TOTAL			1 482,6	1 727,12

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Eficiencia planteada (E)} = (\text{ME/MP}) * 100 = (1\ 482,6/1\ 727,12)*100 = 85 \%$$

Para determinar la inactividad de la línea se utiliza la relación.

$$\% \text{ de inactividad} = 100 - E \longrightarrow \% \text{ de inactividad} = 100 - 85 = 15 \%$$

3.1.8 Productividad en la planta

La productividad se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.

En la fabricación de productos, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de las plantas, las máquinas y los empleados, para obtener un punto de partida en las evaluaciones de mejora.

Desde un punto de vista operacional, la variable de productividad es analizada en función del insumo empleado, el cual es la mano de obra directa, obteniendo el índice de productividad de mano de obra.

Indice de productividad de mano de obra = IPMO

$$IPMO = \frac{Producción}{Recursos\ empleados} = \frac{Caja\ de\ vasos}{Hora - hombre}$$

Por la consideración de diversos factores que influyen en la producción del proceso de formado de vasos, la medición es por medio de cajas de vasos, cada caja contiene 25 pilas de vasos cada pila contiene de 25 vasos.

Según el análisis de balance de líneas, los minutos permitidos por ciclo de realización de 15 cajas es de 1 482,61 min. Se realiza la media de datos para obtener el tiempo de operación, el cual es: 185,32 min. Es decir, por cada caja de vasos se consume 12,354 minutos de tiempo. Se considera el tiempo por jornada de 600 min, este tiempo toma en cuenta los periodos de comida, ajustes en la maquinaria y otros percances dentro de la planta.

La producción obtenida es medida en la realización de caja de vasos por día según los estudios realizados anteriormente.

$$Producción\ obtenida = \frac{600\ min/día}{12,354\ min/caja} = 48,56\ caja/día$$

La productividad del proceso de formado de vasos es medido por cajas/hrs-hombre, la productividad actual se sitúa en el dato que se pretende mejorar con la propuesta.

$$IPMO = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Recurso empleado}} = \frac{48,56 \textit{ caja/día}}{10 \textit{ hr por día}} = 4,856 \frac{\textit{cajas}}{\textit{hora – hombre / hombre}}$$

3.2. Propuesta de mejora en el proceso de las líneas de formado de vasos

Al conocer las deficiencias del proceso y su situación actual, debido al análisis de la ingeniería de métodos, se procede a proponer una mejora adecuada.

3.2.1. Análisis del proceso propuesto

Al realizar la propuesta del proceso se toma en cuenta los resultados de las herramientas de diagnóstico para formular adecuadamente las mejoras.

- Seleccionar el trabajo que debe mejorarse:

La propuesta de mejora está enfocada en las condiciones de trabajo, la distribución de la maquinaria, el análisis de ingeniería de métodos en líneas de trabajo y en el balanceo de líneas de trabajo.

- Registrar los detalles del trabajo.

Se registran los detalles por medio de un estudio de tiempos con la finalidad de conseguir tiempos exactos durante el proceso.

- Definir el nuevo método de trabajo.

Los nuevos métodos de trabajo son aplicados específicamente en los procesos dónde se necesite cambio, con el fin de aumentar la productividad.

Los criterios a considerar son: el principio de JIT (Just in time) en las tareas necesarias, reorganización en la distribución de la maquinaria y demás componentes para un flujo de proceso ideal, cambio de dimensiones en algunas estaciones de trabajo para la mejoría de la economía de movimientos, eliminación de tareas innecesarias y estandarizar cada operación del proceso.

- *Just in time:*

El sistema JIT se fomenta su principio el cual describe, producir los elementos que se necesiten, en las cantidades que se necesiten, en el momento en que se necesiten.

- En la operación de ingreso de *flank* en la maquinaria, los operarios solo procesen la materia prima la cual necesitan para realizar el ciclo correctamente, sin necesidad de acumulación de carga de trabajo, eliminando la operación de sacudir el segmento de policartón debido que no es necesario.
- Los operadores de cada máquina coloquen las pilas de vasos embolsadas en su respectivo empaque en su tiempo requerido, así evitar la acumulación de carga de trabajo y la permanencia de las tarimas de producto terminado dentro del área de trabajo.
- Anular la operación de sacudir los segmentos de policartón, dicha acción no es necesaria al abastecer con lo necesario a la maquinaria.

- Reorganización en la distribución de la maquinaria y demás componentes.
 - Reordenar la maquinaria para establecer orden dentro de la planta, con las entradas de materia prima y salidas de producto terminado ubicadas de la mejor manera posible.
 - Ordenar los suplementos de las operaciones de cada operario (basura, wype, entre otros..).
 - Las bobinas de fondo no se coloquen directamente dentro del área de proceso si no, solicitar cada vez que se requieran.

- Mejora según análisis de economía de movimiento.

Se realiza el análisis según normas de ergonomía en cada estación de trabajo.

- Estandarizar tiempos productivos.

Realizar el proceso de estudios de tiempos para obtener el tiempo estándar de cada operación.

Determinando los nuevos métodos de trabajo propuestos lo siguiente es realizar el análisis de la planta tomando en cuenta las acciones de mejora.

3.2.2. Estudios de tiempos

Es la técnica que establece un tiempo estándar asignado para ejecutar una tarea determinada, este tiempo es determinado a partir de considerar las demoras personales, fatiga por trabajo y aquellos retrasos que son necesarios para realizar dicha actividad.

El equipo utilizado para realizar el estudio de tiempo es un cronometro digital y un formulario de datos (ver tabla LXXXVII), el método de medición utilizado es el método con retorno a cero.

- Las ventajas de estandarizar el tiempo de cada operación son:
 - Permite conocer a las empresas su capacidad instalada de producción.
 - Ayuda a crear mejores políticas de compensación salariales.
 - Propician el mejoramiento de la eficiencia del personal operativo y de la maquinaria o equipos.

3.2.3 Determinación del tiempo estándar

- Tiempo promedio: es el promedio de las tomas de tiempos en cada operación que realiza el operador.

$$TP = \frac{\sum \text{ Tomas de tiempo}}{\text{ Núm. de tomas}}$$

- Calificación porcentual (%R): calificación o factor de desempeño de cada operario. En las operaciones del proceso que interviene la maquinaria la calificación es de 100 %, en la realización del estudio de tiempos se toma en cuenta que la maquinaria es ideal. El método para calificar el desempeño del operario es el método de valoración de ritmos de trabajos, las operaciones son realizadas en lapsos de tiempo cortos, precisión baja y con carga moderada. Por los ritmo de trabajo la valoración se considera de carácter activo este varia de 85 % a 120 % dependiendo de la operación.

- Tiempo normal: se define como el tiempo que demora un operador normal trabajando a ritmo cómodo en realizar una operación, se obtiene por medio de la multiplicación del tiempo promedio (TP) y la calificación porcentual (%R).

$$TN = (TP * \%R) / 100$$

- Tiempo estándar (TE): es el tiempo ejecutado de un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio para ejecutar la operación. En la maquinaria las tolerancias son de magnitud 0 ya que son consideradas ideales. El tiempo estándar es definido por el tiempo normal multiplicado por el mismo mas las tolerancias que se pueden presentar a lo largo del proceso, en este análisis las tolerancias son del 12 % las cuales pueden ser:
 - Tolerancias fijas: necesidades básicas, capacitaciones.
 - Tolerancias variables: fatiga, monotonía de trabajo condiciones.

$$TE = TN * (1 + \text{tolerancias})$$

Se realiza el estudio de tiempos del proceso de formado de vasos, aplicando los principios contenidos en la mejora esto establece la eliminación de la tarea de sacudir y flexionar los flanks, ya que no es necesario por el método de JIT, no perjudicará a la calidad el producto, ni al manejo del tiempo.

Tabla LXXXVII. Estudios de tiempos aplicando mejora

ESTUDIO DE TIEMPOS PROCESO DE FORMADO DE VASOS											
Fabrica: Central de Empaques			Planta: Formado de vasos			Línea: Formadora de puerta 3			Elaborado por: Julio Eliu Hernández		
Método Propuesto			Tipo: Lectura con retorno a cero			Fecha: Febrero 2018			Operador: #4		
Núm.	LECTURAS (seg.)							%R	TP (seg.)	TN (seg.)	TE (seg.)
	1	2	3	4	5	6	7				
1	4,7	4,3	3,6	4,4	4,5	3,8	4,1	95	4,2	4	4,4
2	5,2	4,9	4,4	5,4	5,1	4,9	4,7	110	5	5,5	6,1
3	32,4	38,1	36,8	32,7	33,45	31,6	33,4	88	34	30	33,6
4	19,4	18,5	20,5	21,8	22,1	23	19,7	90	20,7	18,64	20,88
5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	100	0,7	0,7	0,7
6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,8	0,6	0,6	100	0,6	0,6	0,6
7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	100	0,8	0,8	0,8
8	1,2	1,4	1,8	1,7	1,6	1,8	1,5	100	1,5	1,5	1,5
9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	100	1,8	1,8	1,8
10	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	100	1,2	1,2	1,2
11	2,1	2	1,9	2,1	2,1	2,2	1,8	100	2	2	2
12	1,4	1,5	1,2	1,3	1,1	1	0,9	100	1,2	1,2	1,2
13	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	100	0,8	0,8	0,8
14	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,6	1,5	100	1,5	1,5	1,5
15	2,7	2,8	2,7	2,7	2,5	2,8	2,7	100	2,7	2,7	2,7
16	6,7	5,9	6,2	6,1	5,9	5,4	6,7	95	6	5,7	6,4
17	4,2	3,7	4	4,5	3,9	4,1	4,2	97	4	3,9	4,3
18	4,1	3,9	3,4	3,5	2,9	3,6	3,2	100	3,5	3,5	4
19	11,2	13,2	13,5	14,1	11,5	11,2	12,8	92	12,5	11,25	12,6
20	4,1	4	5,8	6,2	6,4	4,5	4,1	95	5	4,75	5,3

Fuente: CEMSA.

Se compara los datos obtenidos del estudios de tiempo del proceso propuesto contra el tiempo promedio del proceso actual de la planta de formado de vasos, se compara únicamente los procesos donde intervenga el operador de la línea.

Tabla LXXXVIII. **Comparación de tiempos**

Operación	Actual(seg)	Propuesto (seg)	
	TP	TP	TE
Abrir la envoltura de <i>flank</i>	4	4,2	4,4
Sacudir y flexionar la pila de <i>flank</i>	10	--	--
Apilar los <i>flank</i>	5	5	6.1
Colocación de bobina de fondo	38	34	33,6
Surcar la cinta de fondos en los rodillos	24	20,7	20,88
Toma y colocación de bolsa en pila de vasos	7	6	6.4
Engrapado la bolsa de seguridad	4	4	4,3
Colocar la pila de vasos en caja	4	3,5	4
Dobleces y cierre de caja	14,6	12,5	12,6
Colocar caja en tarima correctamente	6	5	5,3
TOTAL	116,6	94,9	97,58

Fuente: elaboración propia.

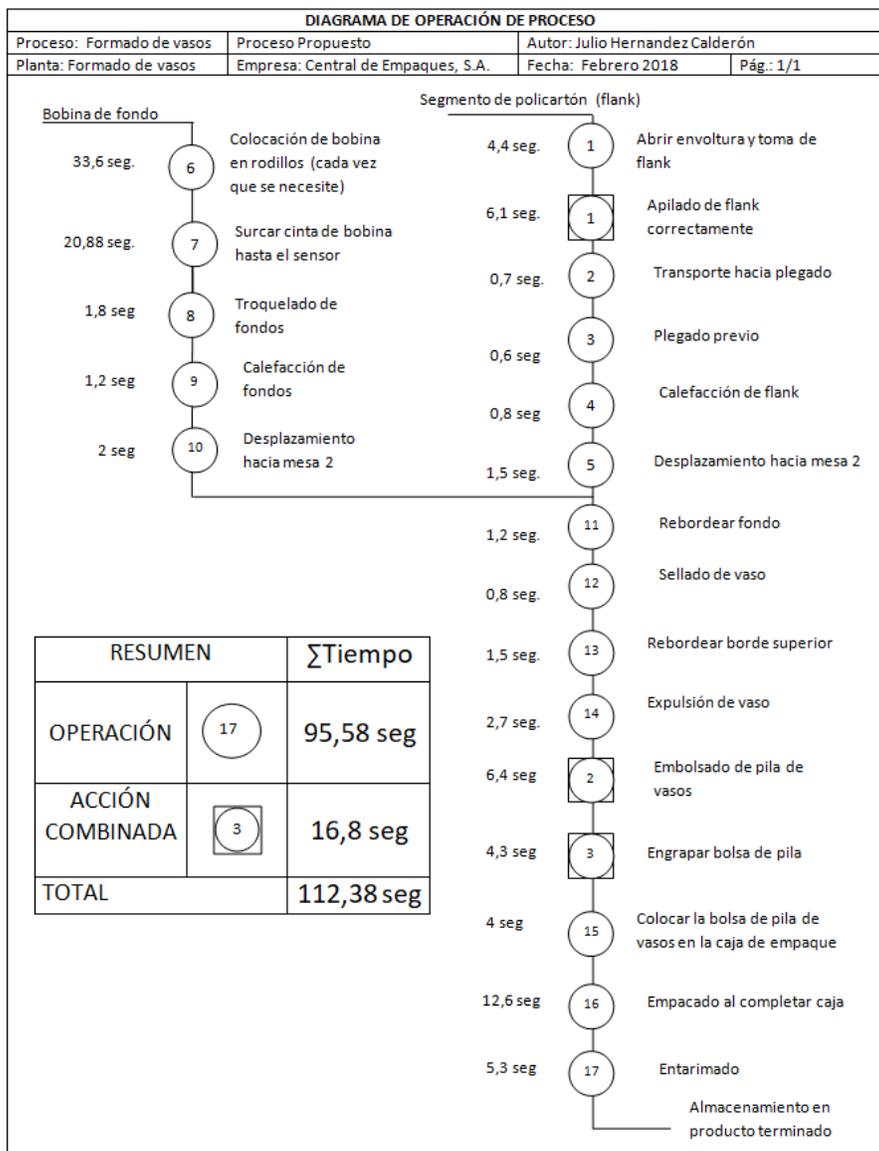
3.2.4. Diagramas de proceso

Se esquematiza el proceso de formado de vasos en diferentes diagramas para especificar las operaciones a realizar en el método propuesto y establecer el tiempo considerado a base del tiempo estándar calculado en el estudio de tiempos.

3.2.4.1. De operación

Se presenta el diagrama de operación con el método propuesto.

Figura 36. Diagrama de operación de proceso propuesto

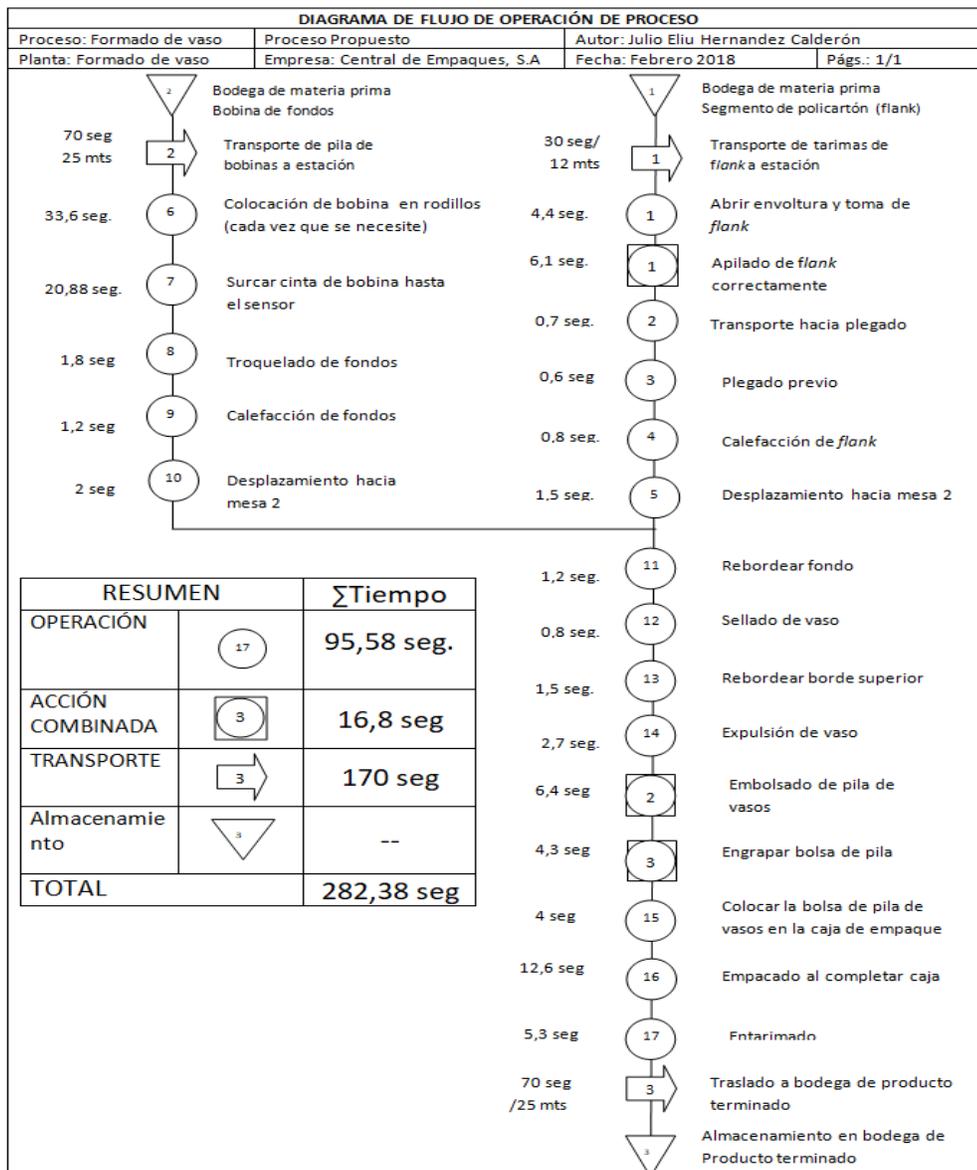


Fuente: elaboración propia.

3.2.4.2. De flujo

Se presenta el diagrama de flujo de operación de proceso propuesto.

Figura 37. Diagrama de flujo de operación de proceso propuesto

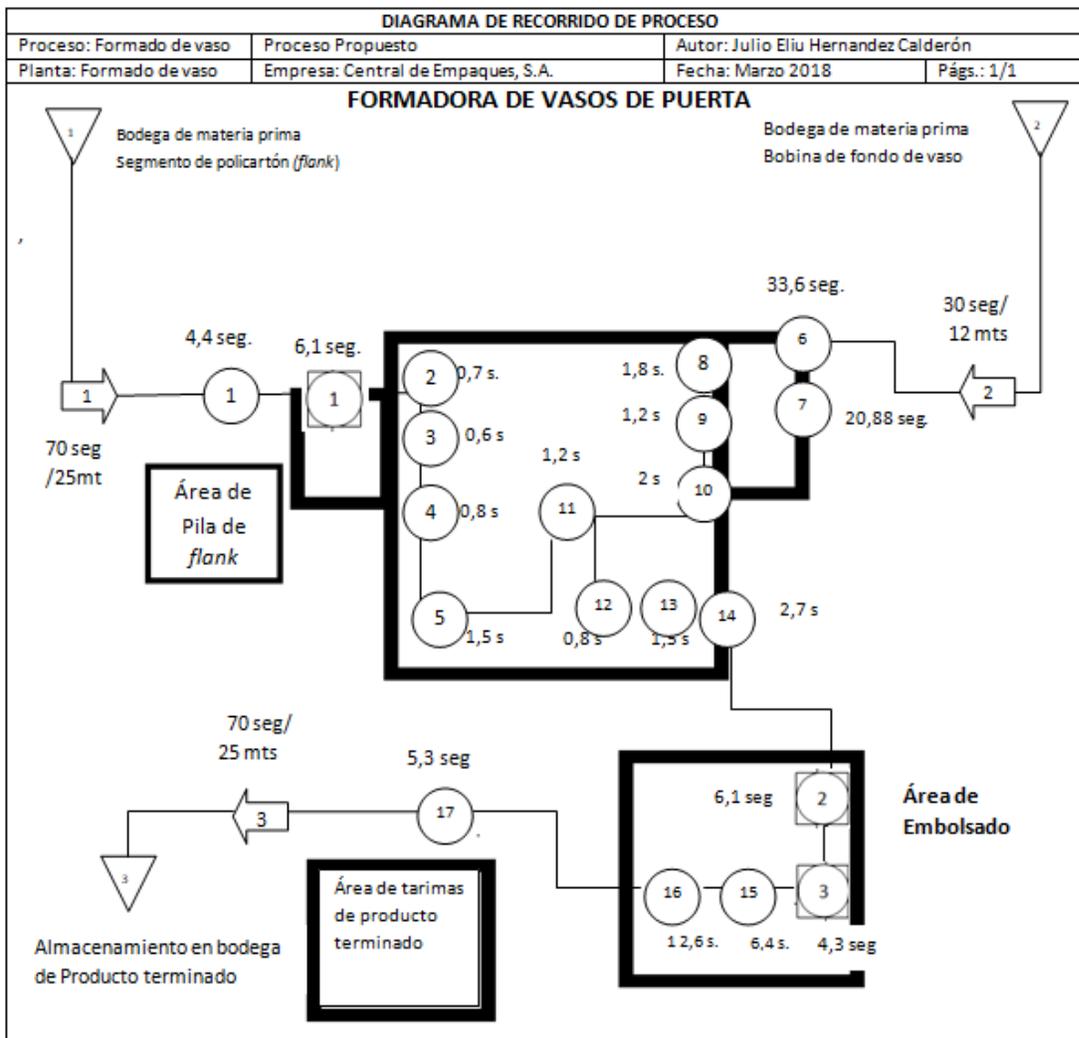


Fuente: elaboración propia.

3.2.4.3. De recorrido

Diagrama de recorrido de formadora tipo puerta.

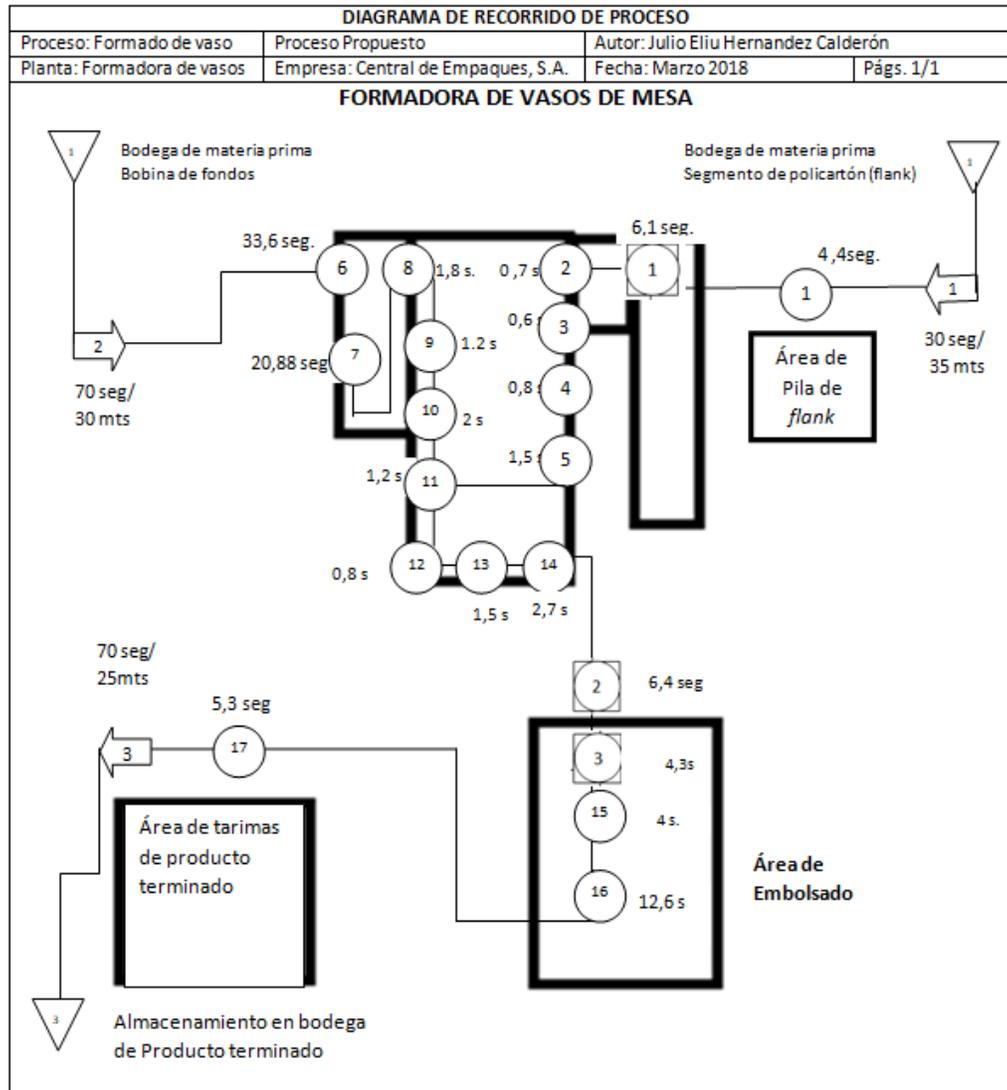
Figura 38. Diagrama de recorrido propuesto en formado de puerta



Fuente: elaboración propia.

Diagrama de recorrido de formadora de mesa.

Figura 39. Diagrama de recorrido propuesto de formadoras de mesa



Fuente: elaboración propia.

3.2.4.4. Diagrama hombre-máquina

El diagrama hombre-máquina refleja la interacción de una máquina del proceso de formado de vasos con un operador y un auxiliar.

Figura 40. Diagrama hombre-máquina con proceso propuesto

DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA				
Proceso: Formado de vaso	Proceso Propuesto	Autor: Julio Eliu Hernandez Calderón		
Planta: Formado de vasos	Fabrica: Central de Empaques, S.A.	Fecha: Marzo de 2018	Hora: 6 AM	
Operador	Auxiliar	Tiempo	Máquina	
Preparación del sistema Mantenimiento MCC	Limpieza de Área de trabajo	15 min	I	En preparación
	Solicitar Materia prima	30 min	I	
Carga	Apoyo en carga	31 min		Maquinado
Ocio		32 min		
Atención (Carga, descarga)	Auxilia en otra máquina	33 min		
		34 min		
		35 min		
		36 min		
Ocio	Apoyo en Carga/Descarga	37 min		
Carga	Apoyo en carga	38 min		
		39 min		
Ocio	Auxilia en otra máquina	40 min		
Atención (Carga, descarga)		41 min		
		42 min		
		43 min		
	44 min			
Ocio	Apoyo en Carga/Descarga	45 min		
Carga	Apoyo en carga	46 min		
		47 min		
Ocio	Auxilia en otra máquina	48 min		
Atención (Carga, descarga)		49 min		
	Ocio	Apoyo en Carga/Descarga	50 min	
TOTAL DE MUESTRA DE TIEMPO		50 MINUTOS		
Resumen	Tiempo de ciclo	Productivo	Ocio	Utilización
Operador	10 min	8.2 min	2.7 min	82 %
Auxiliar	10 min	4.7 min	5.3 min	47 %
Máquina	10 min	10 min	0 min	100 %

Fuente: elaboración propia.

Al realizar la propuesta de mejora del proceso se observa la disminución del tiempo improductivo del operador, esto ocurre por la mínima interacción que existe en el recurso humano, enfocándose directamente en sus funciones, dicho método es diseñado a lo largo de la línea de trabajo.

3.2.4.5. Diagrama bimanual

Se presenta el diagrama bimanual del método propuesto.

Figura 41. Diagrama bimanual del proceso propuesto

DIAGRAMA BI-MANUAL					
Proceso: Formado de vaso		Proceso Propuesto		Autor: Julio Eliu Hernandez Calderón	
Planta: Formado de vasos		Empresa: Central de Empaques, S.A.		Fecha: Marzo de 2018	
				Págs.: 1/1	
MANO IZQUIERDA			MANO DERECHA		
Descripción	Tiempo	Símbolo	Símbolo	Tiempo	Descripción
1. Abrir la envoltura de protección de la tarima de <i>flank</i>	2,5 seg	○	○	2,5 seg	1. Abrir la envoltura de protección de la tarima de <i>flank</i>
2. Sostener los segmentos de papel	1,5 seg	○	○	1,5 seg	2. Sostener los segmentos de papel
3. Transportar los segmentos de papel a la pila de entrada de la máquina	3 seg	⇒	⇒	3 seg	3. Transportar los segmentos de papel a la pila de entrada de la máquina
4. Soltar suavemente los flanks hacia la pila de entrada	1 seg.	○	○	1 seg	4. Soltar suavemente los segmentos de papel hacia la pila de entrada
5. Rectificar los segmentos de papel (flank) para el ingreso a la máquina	2,5 seg	○	○	2,5 seg	5. Rectificar los segmentos de papel (flank) para el ingreso a la máquina
6. Tomar la bobina de fondo correctamente	5 seg	○	○	5 seg	6. Tomar la bobina de fondo correctamente
7. Colocar la bobina en su estación correspondiente	17 seg	○	○	17 seg.	7. Colocar la bobina en su estación correspondiente
8. Colocar el seguro de la bobina en la estación correspondiente	6,4 seg	○	○	6,4 seg	8. Colocar el seguro de la bobina en la estación correspondiente
9. Despegar el adhesivo al principio de la bobina	8 seg.	○	□	8 seg.	9. Espera para la entrega de la cinta de la bobina
10. Surcar la cinta de la bobina a través de los rodillos	13 seg	○	○	13 seg	10. Surcar la cinta de la bobina a través de los rodillos
11. Colocar la cinta de la bobina en el área de troquelado de la máquina	5 seg	○	○	5seg	11. Colocar la cinta de la bobina en el área de troquelado de la máquina
12. Abrir la bolsa de seguridad	2 seg	○	○	2 seg	12. Abrir la bolsa de seguridad
13. Tomar la pila de vasos terminados	2 seg	○	○	2 seg	13. Sostener la bolsa de seguridad
14. Introducir la pila de vasos terminados	2,4 seg	○	○	2,4 seg	14. Sostener la bolsa de seguridad
15. Accionar la grapa sobre la pila de vasos embolsada	3,3 seg	○	○	3,3 seg	15. Accionar la grapa sobre la pila de vasos embolsada
16. Colocar la caja de embalaje a colocar la bolsa de vasos	2 seg	○	○	2 seg	16. Colocar la caja de embalaje a colocar la bolsa de vasos
17. Colocar ordenadamente la bolsa de pila de vasos en caja de empaque	2 seg	○	○	2 seg	17. Colocar ordenadamente la bolsa de pila de vasos en caja de empaque
18. Hacer los respectivos dobleces para cerrar la caja	3 seg	○	○	3 seg	18. Hacer los respectivos dobleces para cerrar la caja
19. Tomar el equipo de tape	2 seg	○	○	2 seg	19. Sostener las pestañas de los dobleces de la caja
20. Accionar el equipo de tape para sellar la caja en la parte de arriba	4,4 seg.	○	○	4,4 seg.	20. Sostener las pestañas de los dobleces de la caja en la cara superior
21. Accionar el equipo de tape para sellar la caja en la cara inferior	4,2 seg	○	○	4,2 seg	21. Sostener las pestañas de los dobleces de la caja en la cara inferior
22. Transportar y colocar en la tarima de producto terminado	5,3 seg	⇒	⇒	5,3 seg	22. Transportar y colocar en la tarima de producto terminado

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIX. **Tabla resumen del diagrama Bi-manual Propuesto**

RESUMEN	SÍMBOLO	MANO IZQUIERDA		MANO DERECHA	
		CANTIDAD	TIEMPO	CANTIDAD	TIEMPO
Operación		21	89,28 seg	20	81,28 seg
Demora		0	--	1	8 seg
Transporte		2	8,3 seg	2	8,3 seg
TOTAL		22	97,58 seg	22	97,58 seg

Fuente: elaboración propia.

Se compara el resultado de los diagrama del proceso aplicando el método actual y el método propuesto realizando las mejoras planteadas.

La reorganización en la distribución de maquinaria y equipos facilita el flujo del proceso, eliminando distancias y tiempos innecesarios, la mejora en la ergonomía de cada estación de trabajo, facilita el manejo de la bobina de fondos, el principio de JIT elimina la operación de flexionar cada *flank*, dichas acciones aumentan la productividad de cada línea.

Tabla XC. **Comparación en diagramas de proceso**

Diagrama	Proceso Actual	Proceso Propuesto
Operación de proceso	131,4 seg	112,38 seg
Operación de flujo de proceso	381,4 seg	282,38 seg
Diagrama hombre maquina	Efectividad 70 %	Efectividad 82 %
Diagrama bimanual	116,6 seg	97,58 seg

Fuente: elaboración propia.

3.2.5 Propuesta de economía de movimientos

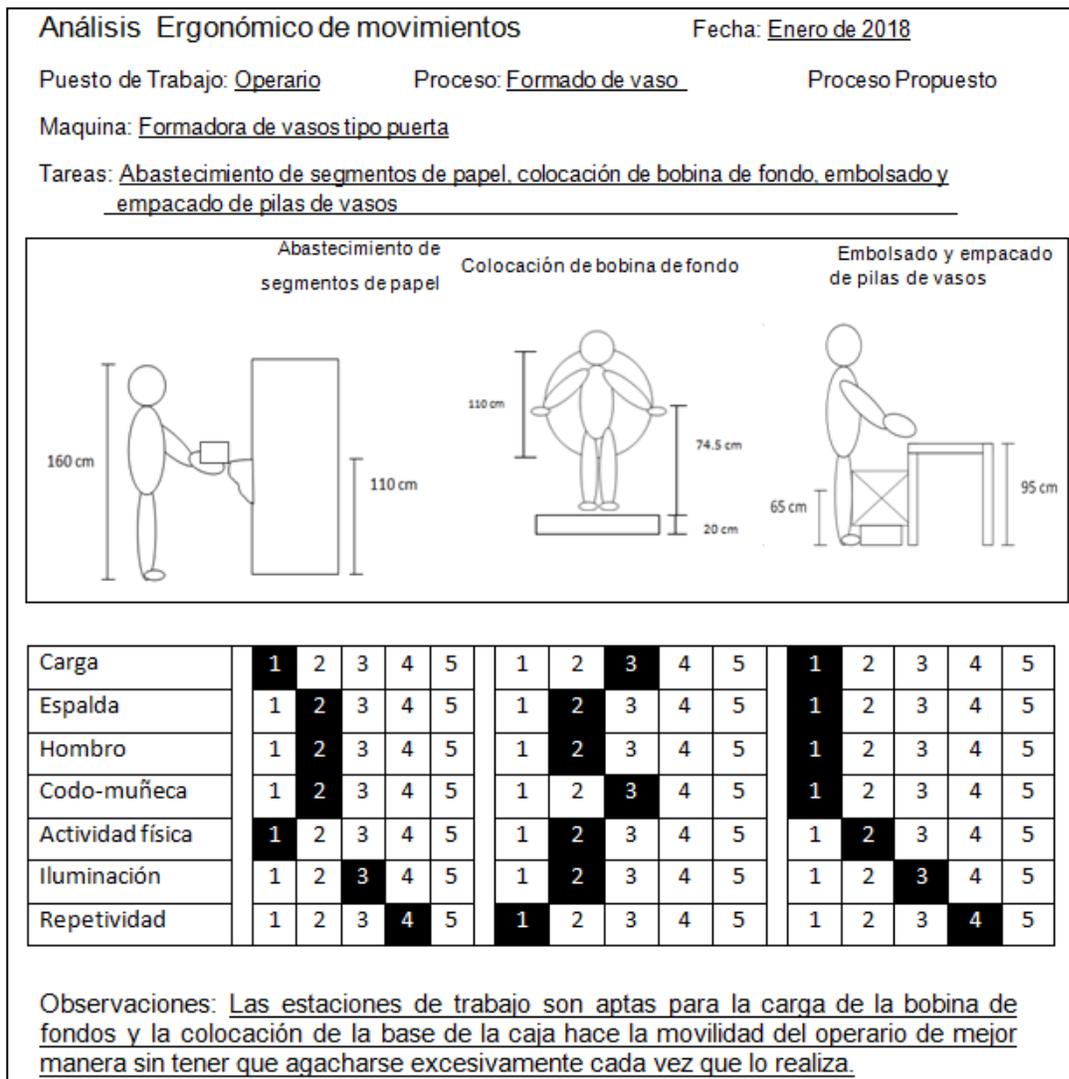
Como parte de la mejora del proceso de formado de vasos, se analiza la forma correcta de ergonomía en cada puesto de trabajo se proponen nuevos estándares en base al sistema de producción manual de Bosch Group, estos sirven para obtener una mejora en la productividad de la planta por medio de una mejor realización de procesos manuales.

Se detalla los cambios en cada estación de trabajo para la mejora de la ergonomía.

- En la estación de colocación de bobina de fondos se prepara una base adecuada de madera para el operario, al momento de levantar la bobina no supere más de la altura del corazón ya que disminuye la circulación de la sangre, se obtiene un levantamiento firme y sin problemas de carga excesiva. La base tiene una área de 70 mts^2 y una altura de 20 cm.
- En la estación de embolsado y empacado de pilas de vasos se crea una base para colocar la caja de producto terminado, para evitar un movimiento de agacharse prologando y tedioso. La altura de la caja es de 65 cm del suelo, evitando que el operario evite cargar más alto la caja en la colocación al área de tarima.
- En la estación de embolsado y empacado de pilas de vasos, se requiere el cambio de altura en la mesa de trabajo, ya que esto evita el problema de dolor de la espalda del operador. La altura promedio de la parte de la cintura a los pies de los operarios es de 88 cm según el análisis recomienda que el área de trabajo no debe ser más bajo que a la altura de la cintura, la altura de la mesa es de 90 cm.

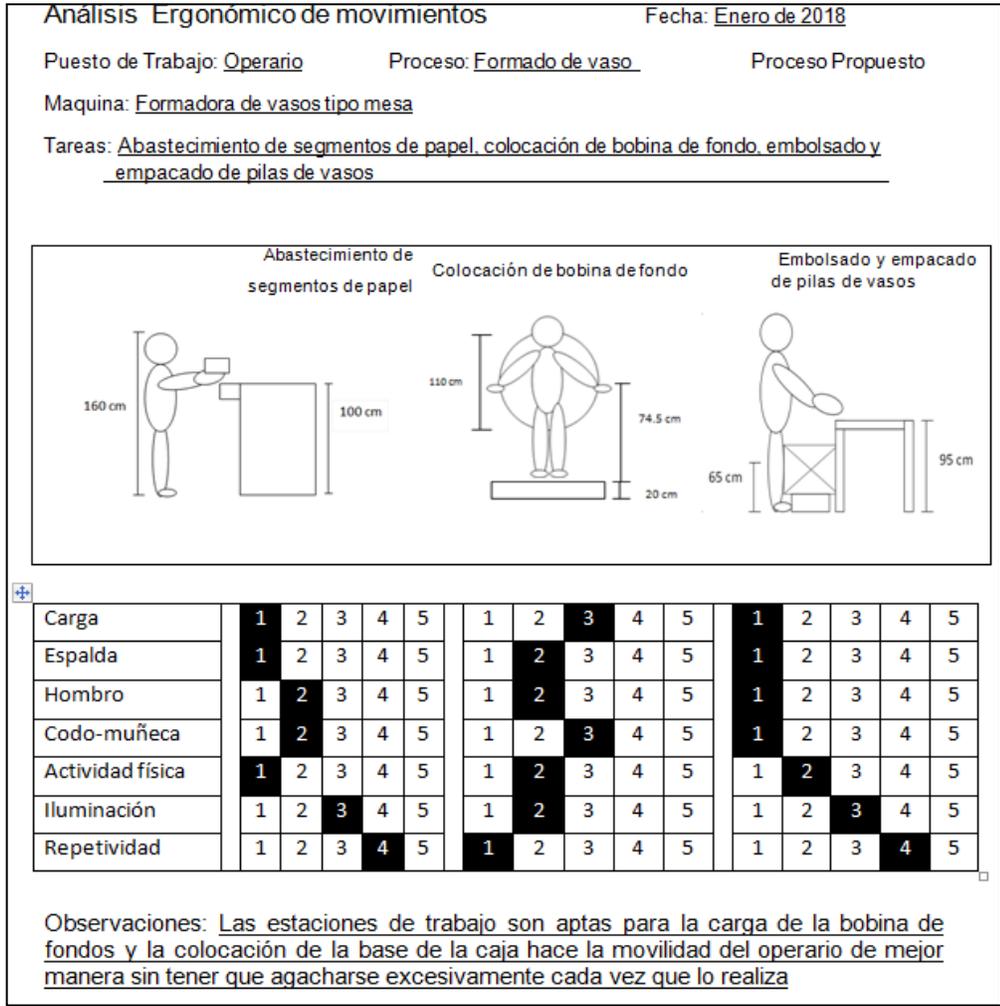
Se presenta el análisis propuesto de la economía de movimientos incluyendo su evaluación en cada estación de trabajo, con las nuevas medidas.

Figura 42. **Ergonomía en el proceso de formado de vasos con maquinaria tipo puerta**



Fuente: CEMSA.

Figura 43. **Ergonomía en el proceso de formado de vasos con maquinaria tipo mesa**



Fuente: CEMSA.

3.2.6 Propuestas en el análisis de operación de producción

Con el seguimiento de la propuesta de mejora se debe cambiar diferentes aspectos vistos en el análisis de operación actual.

3.2.6.1 Herramental propuesto

En el aspecto de la herramienta del operario, el set actual no cubre en totalidad con las tareas necesarias, se propone un nuevo set para incorporar a las herramientas del análisis actual y ordenar adecuadamente el armario de la herramienta e identificar toda la herramienta existente.

Tabla XCI. **Herramental propuesto**

Herramental	Costo	Herramental	Costo
4 Llave ajustable	Q.225,00	2 lima triangular	Q.40,00
3 Tenazas corte diagonal	Q.85,00	2 Cintas métrica	Q.80,00
Juego llave cola-corona mm.	Q.280,00	2 Cintas de aislar	Q.70,00
SUBTOTAL	Q.590,00	Juego llave cola-corona inch.	Q.310,00
TOTAL		SUB-TOTAL	Q.500,00
			Q.1 090,00

Fuente: elaboración propia.

El total del herramental es de Q.1 090,00 se considera la variación en los precios en el mercado de proveedores.

3.2.6.2 Propuesta de condiciones de trabajo

Como parte del análisis propuesto, las condiciones de trabajo son parte primordial en el flujo del proceso, se evalúan las condiciones en el método actual y se aplican estudios de ingeniería de métodos en las mejoras desarrolladas.

- Calidad e intensidad de iluminación: se realiza el cálculo para la luminaria necesaria dentro de la planta.

Tabla XCII. **Tabla de cálculo de luminaria**

FLUJO LUMINOSO TOTAL	
Índice local k: 4,64	Área total de la planta (S): 782,43 mts ²
Valor de intensidad lumínica (E): 200 lm	Factor de mantenimiento (Fs): 0,8
Factor de utilización (η): Se logra por medio de interpolarlas datos del contraste de paredes (0,5) y techo (0,3) con la constante k.	D: 0,58
$\text{Flujo luminoso total } \varphi = \frac{E \cdot S \cdot F_s}{\eta} = \frac{200 \cdot 782,43 \cdot 0,8}{0,58} = 215\ 842,75 \text{ lumes}$	
Calculo de número de lámparas	
N: número de luminarias	φ : <i>flujo luminoso total</i> : 215 842,75 lum
n: Núm. lámparas por luminaria: 6 lámparas	φ *: <i>flujo luminoso de una lampara</i> : 3 250 lum
$N = \frac{\varphi}{n\varphi^*} = \frac{215\ 842,75}{(6)3\ 500} = 10,26 \text{ luminarias}$	

Fuente: elaboración propia.

Según el análisis la planta requiere 10 luminarias con 6 lámparas cada una, la planta ya cuenta con las 10 luminarias pero estas no funcionan completamente se necesitan cumplir con la iluminación necesaria para realizar todas las operaciones adecuadamente. Las lámparas faltantes hacen un total de 17 lámparas, el precio total de la adquisición es de Q270,00.

La posición de la luminaria dentro de la planta no varía de acuerdo a la situación actual, dicha distribución es detallada en la figura 31.

- Limpieza

Según la mejora de distribución del proceso se evita la acumulación de materia prima, esto hace que exista mayor orden y limpieza en la planta.

La disminución de la presencia de tarimas en el lugar de trabajo, también genera un entorno laboral más limpio.

3.2.6.3 Propuesta de manejo de material

Parte de los problemas generados en la planta es la dificultad del paso del flujo del proceso, la propuesta de mejora en la distribución toma en cuenta que el material debe de ser reasignado como la maquinaria.

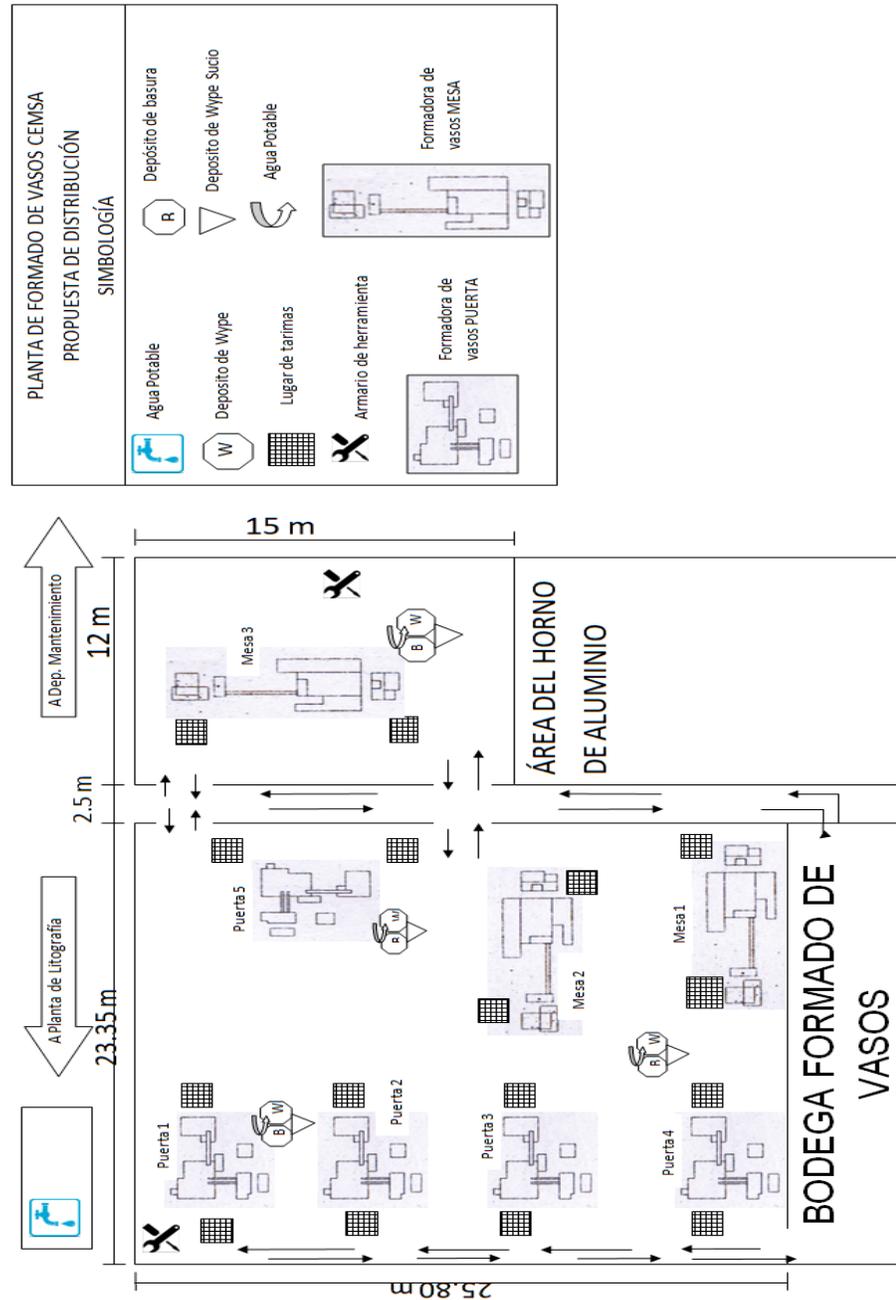
El material es solicitado cada vez que lo requiere en la planta, de lo contrario se ubicara en la bodega cercana, la nueva ubicación de las tarimas de material es presentada en la figura 44.

3.2.6.4 Propuesta de distribución de maquinaria

Se crea otro recorrido en la planta, estableciendo el flujo de ingreso de materia prima atrás de cuatro máquinas formadoras tipo puerta, eliminando obstrucciones en el recorrido principal del material, dicha acción acompaña la redistribución de las demás máquinas para aprovechar el espacio utilizado al máximo, la salida del producto terminado será más fluido, además de no tener exceso de tarimas dentro de la planta. Dichos cambios son observados minuciosamente en la figura 44.

Se presenta el diagrama con la propuesta de distribución de la maquinaria y del manejo de material en la planta de formado de vasos.

Figura 44. **Propuesta de distribución en la planta de formado de vasos**



Fuente: elaboración propia, empleando *Microsoft Word*.

3.2.7. Mejora en el balanceo de líneas

Por los factores de improductividad de la planta, se realiza la rotación del personal la cual consiste en:

- Ubicar al operador 7 a la línea de puerta 5 ya que esta es una de las más rápidas del proceso y su proximidad de la bodega de materia prima.
- Colocar al operador 5 en la línea de mesa 2 ya que esta línea presenta más fallas que las demás, y el operador 5 es el operario mas apto.
- Cambiar de línea entre el auxiliar 3 y el auxiliar 4 los dos demuestran variación durante sus funciones.

La medición consiste en la realización de 15 cajas terminadas

Tabla XCIII. **Mejora en el balanceo de líneas**

Línea	Operador	Auxiliar	ME	MP
Puerta 1	Operador 1	Auxiliar 1	142,7	193,45
Puerta 2	Operador 2		153,47	193,45
Puerta 3	Operador 3	Auxiliar 2	169,48	193,45
Puerta 4	Operador 4		158,24	193,45
Puerta 5	Operador 7	Auxiliar 4	179,21	193,45
Mesa 3	Operador 8		190,75	193,45
Mesa 2	Operador 5	Auxiliar 3	192,20	193,45
Mesa 1	Operador 6		193,45	193,45
TOTAL			1 379,5	1 547,6

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Eficiencia planteada (E)} = (\text{ME}/\text{MP}) * 100 = (1\ 379,5/1\ 547,6)*100 = 89,1 \%$$

La eficiencia planteada es expresada en una situación ideal dentro de la planta, esto significa que no existen causas injustificadas de improductividad.

Para determinar la inactividad de la línea se utiliza la relación.

$$\% \text{ de inactividad} = 100 - E \longrightarrow \% \text{ de inactividad} = 100 - 89,1 = 10,9 \%$$

3.2.8. Productividad del proceso con metodo propuesto

Se realiza los análisis para determinar la productividad dentro del proceso con las mejoras propuestas, según los análisis anteriores se obtiene que por cada caja realizada se utilizan 11,47 minutos, la jornada por día es comprendida alrededor de 10 horas.

Se obtienen la producción y el índice productividad de mano de obra del proceso de formado de vasos.

$$\text{Producción obtenida} = \frac{600 \text{ min/día}}{11,47 \text{ min/caja}} = 52,31 \text{ caja/día}$$

$$IPMO = \frac{\text{Producción}}{\text{Recurso empleado}} = \frac{52,31 \text{ caja/día}}{10 \text{ hr por día}} = \frac{5,23 \text{ cajas}}{\text{hora} - \text{hombre} / \text{hombre}}$$

El índice de productividad de mano de obra del proceso propuesto es de $5,23 \frac{\text{cajas}}{\text{hr-hombre}}$ esto indica una mejora de 7,84 % en el proceso de formado de vasos, esto refleja la utilización de forma optima de los recursos utilizados, el aumento de productividad es el objetivo del análisis de herramienta de ingeniería, y la mejora de proceso solvento los problemas de improductividad analizados.

3.2.9. Evaluación de la mejora

Con la obtención de los datos de la propuesta de mejora del proceso se procede a comparar la producción actual y propuesta con el objetivo de establecer el incremento en la eficiencia de producción y su productividad.

En la tabla XCIV se resumió los datos obtenidos con los diversos métodos.

Tabla XCIV. Cuadro comparativo

Método	Producción	Eficiencia	IPMO
Actual	48,58 $\frac{\text{cajas}}{\text{dia}}$	85 %	4,85 $\frac{\text{caja}}{\text{hr-hombre}}$
Propuesto	52,13 $\frac{\text{cajas}}{\text{dia}}$	89 %	5,23 $\frac{\text{caja}}{\text{hr-hombre}}$
Incremento	3,73 $\frac{\text{cajas}}{\text{dia}}$	4 %	0,38 $\frac{\text{caja}}{\text{hr-hombre}}$

Fuente: elaboración propia.

Según el cuadro comparativo se obtuvo una mejora en cada aspecto analizado, el incremento de la eficiencia es de un 4 %, debido que las líneas de producción son semiautomáticas. La productividad es afectada de mayor manera por el estado de la maquinaria, las mejoras establecidas en el aumento de producción benefician tanto a la empresa como al personal que interviene en el proceso de formado de vasos.

Para realizar los cambios en la planta se debe designar un periodo prudente para el traslado de la maquinaria dentro del área asignada y la reordenación de la entrada y salida del producto.

Los costos generados por la propuesta del método de mejora son:

- Las tarimas de madera para la corrección de ergonomía en las estaciones de trabajo seleccionadas.
- El herramental ideal para realizar correctamente las funciones de cada operario.
- Las lámparas restantes para obtener una iluminación correcta dentro de la planta.

Tabla XCV. **Costos por implementación de método**

Descripción	Costos (Q)
Bases para mejora de ergonomía	384,00
Herramental propuesto	1 090,00
Juego de Lámparas	270,00
TOTAL	1 744,00

Fuente: elaboración propia.

El valor de los costos generados por la implementación del nuevo método trasciende a Q.1 744,00 se menciona que el costo variara según precios.

4. DISEÑAR UN PLAN DE CAPACITACIÓN CONTINUA A LOS OPERARIOS Y TÉCNICOS QUE INTERVENGAN EN EL PROCESO DE FORMADO DE VASOS SOBRE EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

4.1 DNC (diagnóstico de necesidades de capacitación)

Se realiza el diagnóstico con el personal que interviene en las tareas de mantenimiento en el proceso de formado de vasos, la herramienta utilizada para detectar la necesidad de capacitación, fue la entrevista directa. Los datos recopilados de las entrevistas evidencian las debilidades que presenta el personal.

El mayor problema es el desconocimiento acerca del MCC, sus procesos y la documentación indicada.

Se presenta e informa el plan de capacitación a los supervisores y al personal, debido que todos están involucrados en las responsabilidades y beneficios que implica dicha implementación.

El plan de capacitación tiene como metas en los siguientes aspectos:

- El personal adquiera conocimiento preciso del MCC.
- Ayudar al personal a desempeñarse bajo supervisión.
- Exacta documentación de las órdenes de trabajo.

La capacitación y el entrenamiento del personal son actividades prioritarias de la empresa para lograr así el desarrollo, desempeño y rendimiento eficiente del recurso humano.

- Los beneficios de la capacitación para la empresa son:
 - Crea una mejor imagen de la empresa y sus servicios.
 - Mejora la relación entre supervisores, técnicos y operarios.
 - Incrementa la productividad y calidad del trabajo por medio del recurso humano.
 - Se agiliza la toma de decisiones y la solución de problemas.
 - Promueve la comunicación en la organización.
 - Reducción de contratación de servicios externos para el mantenimiento.
 - Se evitan accidentes por mal funcionamiento de equipos y aumento en la seguridad dentro de la empresa.

- Beneficios de la capacitación para el personal
 - Agrega conocimiento y cultura a la vida personal.
 - Favorece la confianza y desarrollo personal en diferentes circunstancias.
 - Mejora el desempeño laboral.
 - Mejora en la eficiencia en las labores correspondiente.
 - Especialización en diferentes labores afines al puesto de trabajo.

4.2 Planificación

Se realiza la planificación del plan de capacitación para determinar el alcance, los responsables, el tiempo, las actividades y las acciones a realizar durante todo el proceso.

Tabla XCVI. **Planificación del plan de capacitación**

Planificación del plan capacitación del MCC en la maquinaria de formado de vasos en la empresa Central de Empaques, S.A.	
I.	<p>Objetivo del plan de capacitación</p> <p>Aportar y brindar al personal del área de formado de vasos, conocimiento y técnicas respecto al mantenimiento centrado en confiabilidad.</p>
II.	<p>Alcance</p> <p>Este plan aplica al personal del proceso de formado de vasos de policartón en la empresa Central de Empaques, S.A. (operadores, técnicos).</p>
III.	<p>Justificación</p> <p>El desarrollo del mantenimiento centrado en confiabilidad no estará completo si el personal implicado en las dichas actividades no está capacitado. Un personal correctamente capacitado y adiestrado influye directamente en la calidad y optimización de los servicios.</p>
IV.	<p>Responsables</p> <ul style="list-style-type: none">• Personal operativo y técnicos del área de formado de vasos.<ul style="list-style-type: none">○ Participar, entender y acoplarse a los conocimientos adquiridos.○ Comprometerse a realizar las rutinas del plan de mantenimiento que le corresponda.○ Cumplimiento de las responsabilidades asignadas en el proceso de formado de vasos.

Continuación de la tabla XCVI.

- Encargado del área de mantenimiento
 - Motivar e incitar al personal a su cargo para la correcta realización.
 - Registrar la mejoría del proceso indicado.
 - Calendarizar correctamente el tiempo de la capacitación.

V. Acciones

- Charla con el personal de los conocimientos básicos del mantenimiento centrado en confiabilidad.
- Explicaciones de cada parte del plan de mantenimiento y su orden lógico en la secuencia.
- Explicación de la ejecución del proceso del sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad en la maquinaria de formado de vasos.
- Enseñar al personal de cómo llenar e interpretar cada formato de rutina de mantenimiento y orden de trabajo.
- Presentación de las rutinas de mantenimiento en la maquinaria industrial.

VI. Medios a utilizar

- Presentaciones.
- Formularios.
- Equipo de computación.
- Sala de conferencia.

VII. Modalidades de capacitación

- Formación.
- Especialización.

Continuación de la tabla XCVI.

<p>VIII. Temas de capacitación</p> <ul style="list-style-type: none">• Fase 1: introducción al MCC.• Fase 2: MCC en la maquinaria de formado de vasos.• Fase 3: Resultados. <p>IX. Tiempo propuesto</p> <p>El tiempo propuesto para cada una de las fases constara de 45 a 60 minutos aproximados.</p>
<p>Elaborado por: Julio Eliu Hernandez Calderón</p> <p>Revisado por: Departamento de Mantenimiento</p>

Fuente: elaboración propia.

4.3 Programación

El plan de capacitación constará de tres fases, cada una sujeta a la anterior:

- Fase 1:(capacitación) introducción al MCC, antecedentes de MCC, confiabilidad y rentabilidad de los activos, descripción del proceso, definiciones, elementos.
- Fase 2: (capacitación y adiestramiento) proceso de MCC en la planta de formado de vasos, desarrollo de rutinas, determinación de fallas, estrategias de soluciones ante efectos de falla, documentación del MCC.
- Fase 3: (evaluación) exponer resultados, solucionar problemas de desempeño dentro del área, motivar al empleado en continuar con las nuevas modalidades.

La programación se realiza tomando en cuenta los turnos rotativos de la empresa, serán sujetos al plan todos los técnicos del área de formado de vasos y tres operarios auxiliares.

Tabla XCVII. **Programación de plan de capacitación**

Fecha Personal	11/01/18	18/01/18	22/01/18	15/02/18	19/02/18
Técnico 1	Fase 1	Fase 2		Fase 3	
Técnico 2	Fase 1	Fase 2			Fase 3
Técnico 3	Fase 1		Fase 2	Fase 3	
Técnico 4		Fase 1	Fase 2	Fase 3	
Operario 1		Fase 1	Fase 2	Fase 3	
Operario 2		Fase 1	Fase 2	Fase 3	
Operario 3		Fase 1	Fase 2	Fase 3	

Fuente: elaboración propia.

4.4 Metodología

Se establece la metodología del plan de capacitación por cada fase a desarrollar, antes, se prepara el material audiovisual a utilizar para presentar el contenido en forma didáctica, se convoca al personal involucrado, se solicita el salón a utilizar con la autorización del supervisor del proyecto y se prepara el material para evaluar.

- Fase 1
 - Explicación del conocimiento en general de MCC (antecedentes).

- Explicación cada proceso del plan de mantenimiento y su orden lógico en la secuencia.
- Tener espacio para opiniones e inquietudes acerca del proceso del MCC, posteriormente se realiza la autoevaluación.
- Fase 2
 - Explicación de la ejecución del proceso de MCC en la maquinaria de formado de vasos.
 - Presentación de las rutinas de mantenimiento y la correcta realización de sus actividades.
 - Descripción de la documentación en la orden de trabajo y en las rutinas.
 - Tener espacio para opiniones e inquietudes acerca del proceso del MCC en la maquinas de formado de vasos posteriormente se realiza la autoevaluación.
- Fase 3
 - Solución de problemas, resolución de dudas, realización de ajustes necesarios, motivación a los participantes para una mejora continua.

4.5 Evaluación

La evaluación del plan de capacitación es realizada por parte de los supervisores o por personal competente, las fases de información son evaluadas por medio de formularios (ver figuras 45 y 46).

La fase de evaluación es reflejada por las acciones que realicen los empleados en su contexto operacional.

Las evaluaciones son documentadas para tener un orden y control en el personal sujeto al plan de capacitación, verificando que existe una mejora continua y no un retroceso de información.

Figura 45. **Autoevaluación 1**

Nombre:_____	Cód._____	Fecha:_____
Capacitación sobre la importancia de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad para la maquinaria de formado de vasos.		
AUTOEVALUACIÓN No.1		
1. Que entiende por Mantenimiento Centrado en confiabilidad (MCC)		

2. Comente la diferencia entre un mantenimiento centrado en confiabilidad con un mantenimiento actual si la hay.		

3. Listar los componentes (pasos) de la metodología de MCC		
•		
•		
•		
•		

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Autoevaluación 2 y 3

AUTOEVALUACION NO.2

1. Considera apropiado implementar la metodología de MCC a la maquinaria de formado de vasos, Justifique su respuesta

2. Por su experiencia, mencione un sistema o sub-sistema que sea crítica y no esté documentado en las tareas de mantenimiento, si lo hay

3. Mencione una falla dentro de la maquinaria de formado de vasos y que solución proporcionaría ante dicha falla, conociendo la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad.

4. Explique el orden de la documentación de las tareas de mantenimiento por medio de ordenes de trabajo

Capacitación sobre la importancia de un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad para la maquinaria de formado de vasos.

AUTOEVALUACIÓN No.3

En qué aspecto se descuido el plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:

¿Por qué?

¿Cómo se solucionaría este problema?

Fuente: elaboración propia.

4.6 Resultados

Después de presentar la información en cada fase, los empleados deben contestar el formulario indicado y los resultados son evaluados, se procede a exponer los resultados para orientar y aclarar las dudas existentes en los errores cometidos.

Tabla XCVIII. **Resultados de la evaluación**

Personal	Calificación en fases			Puntuación promedio
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	
Técnico 1	80	95	100	92
Técnico 2	80	90	100	90
Técnico 3	85	95	100	94
Técnico 4	90	90	100	94
Operario 1	75	85	100	87
Operario 2	80	80	100	87
Operarios 3	75	90	100	89

Fuente: elaboración propia.

El resultado de cada fase demuestra un alto grado de aceptación, dicha situación valida el apoyo completo de parte del empleado en la implementación del MCC en el proceso de formado de vasos.

CONCLUSIONES

1. Diseñar el proceso del MCC mejora la vida útil de la maquinaria, minimiza los paros no programados, realiza un análisis completo a la máquina, jerarquiza los equipos críticos, localiza y soluciona de mejor manera las fallas presentada en la maquinaria.
2. Las actividades del mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad establecen metas, objetivos, programación y la creación de rutinas con tareas claras, específicas y ordenadas en criticidad.
3. El diseño de los diagramas de procesos y la delimitación del tiempo estándar son las mejores herramientas para analizar minuciosamente cada operación del proceso y exponer sus debilidades.
4. Los métodos de propuesta definidos (filosofía *Just in time*, reorganización en la distribución de maquinaria y la reestructura de la economía de movimientos y condiciones de trabajo) generan un aumento de la productividad del proceso en un 4 %.
5. La creación del plan de capacitación perfecciona las actividades técnicas realizadas por el recurso humano, durante las rutinas del mantenimiento en la maquinaria de formado de vasos.

RECOMENDACIONES

1. Revisar mensualmente la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo en la planta de formado de vasos, para esto se necesita la correcta documentación tanto en las rutinas como en las hojas de trabajo para obtener un buen control durante el proceso.
2. El tiempo estándar se debe actualizarse cada tres meses, por mejoras en el proceso o rotación del personal o por mejora de tecnología, por lo que será necesario estandarizar sus tiempos de manera consecutiva y de igual manera ser diagramados.
3. Es importante notificar al supervisor de producción y asistentes la observación periódica de cada línea de trabajo para notificar que el recurso humano este desarrollando correctamente las propuestas de mejoras dentro de la planta.
4. El plan de capacitación es orientado a una mejora continua, por eso se debe programar capacitaciones cada tres meses, cubriendo los posibles fallos que se presenten durante el desempeño de los técnicos y poder contrarrestarlos adecuadamente para actualizar y perfeccionar las rutinas del mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁVILA HERNÁNDEZ, Melvin Ricardo. *Plan de mantenimiento preventivo del departamento Fast Track para equipo de transporte de caña de azúcar, azúcar y varios de la empresa maquinaria agrícola, S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. 241 p.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudios del trabajo, Ingeniería de métodos y medición de trabajo*, 2da ed. Editorial Mc Graw Hill. 459 p.
3. Instituto Politécnico Nacional. *Metodología para el análisis FODA, dirección planeación y organización*. [en línea].
<https://cursos.campusvirtualesp.org/pluginfile.php/36541/mod_page/content/11/M2O9_IPNST_2002.pdf>. [Consulta: agosto 2017].
4. NIEBEL BENJAMIN y FREIVALDS ANDRIS. *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, 12a. ed. México: ISBN 978-970-10-6962-2. 614 p.
5. PEMEX, *Aprendizaje Virtual. Metodología de Mantenimiento centrado en Confiabilidad*. [en línea].
<https://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Mantenimiento_Centrado_Confiabilidad.pdf>. [Consulta: septiembre de 2017].

6. PETROQUIMICA, *El objetivo del RCM y las fases del proceso* [en línea]. <<http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/el-objetivo-del-rcm-y-las-fases-del-proceso>>. "[Consulta agosto de 2017].
7. REVOLORIO MORALES, Luis Alberto *Diseño de un sistema de confiabilidad para el mantenimiento de las máquinas herramientas de una empresa taller técnico industrial de Guatemala* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. 141 p.
8. Rexroth Bosch Group AG *Sistemas de producción manual Version 3.0*.
9. RENOVETEC, *Plan de mantenimiento basado en RCM*. [en línea]. <<http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>>. [Consulta septiembre de 2017].
10. Universidad de Barcelona, *JUSTO A TIEMPO (JIT)* 1a ed. <http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf>. 9 p.>. [Consulta febrero 2018].

ANEXOS

Anexo 1. Sistema de calificación Westinghouse

Otro de los métodos de calificación de puestos de trabajo es el desarrollado por la empresa Westinghouse Electric Corporation la cual considera cuatro factores para la evaluación del desempeño:

- Habilidad: forma de realizar la operación adecuadamente.
- Esfuerzo: demostración de la voluntad para trabajar con efectividad.
- Condiciones: las condiciones que afectan al operario y no a la operación
- Consistencia: efectuar la operación repetidas veces

El sistema Westinghouse numera seis grados o clases de habilidad que representan un grado de competencia aceptable para la evaluación:

- Malo
- Aceptable
- Promedio,
- Bueno
- Excelente
- Superior.

El observador evalúa los diversos factores que demuestra el operario y la clasifica en una de estas seis clases, después se traduce la calificación a su valor porcentual (V.P.), según lo ilustra la tabla de anexos y los cuales son calculados después.

Continuación anexo 1.

Sistemas de calificación según Westinghouse

Habilidad		
V.P	Nomenclatura	Grado
0.15	A1	Superior
0.13	A2	Superior
0.11	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Malo
-0.22	F2	Malo

Esfuerzo		
V.P	Nomenclatura	Grado
0.13	A1	Excesivo
0.12	A2	Excesivo
0.10	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.05	C1	Bueno
0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Condiciones		
V,P	Nomenclatura	Grado
0.06	A	Ideal
0.04	B	Excelente
0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Consistencia		
V,P	Nomenclatura	Grado
0.04	A	Perfecta
0.03	B	Excelente
0.01	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Malo

Fuente: NIEBEL Benjamín W. Ingeniería Industrial.

Después de haber asignado una calificación en cada uno de los cuatro factores (habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia) y haber obtenido el

valor porcentual, se procede a sumarlos algebraicamente, sumando además la unidad para obtener el factor de desempeño global (C).

Este sistema se aplica solo a los elementos realizados en forma manual, todos los elementos controlados por máquinas se califican con 100 %.

El factor de desempeño consiste en la determinación de un valor, mediante la comparación de los tiempos observados, con los tiempos desarrollados a través de los datos de movimientos fundamentales (tiempos determinados).

