



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

**DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EN UNA
EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO DE 12 ONZAS**

Mauricio Alejandro Miranda Santos

Asesorado por el Ing. Ernesto Daniel Alvarado Jiménez

Guatemala, enero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EN UNA
EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO DE 12 ONZAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MAURICIO ALEJANDRO MIRANDA SANTOS

ASESORADO POR EL ING. ERNESTO DANIEL ALVARADO JIMÉNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Lenny Virginia Gaitán Rivera
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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:

DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO DE 12 ONZAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de febrero de 2011.

Mauricio Alejandro Miranda Santos

Guatemala, 09 de marzo de 2012

Ingeniero

César Ernesto Urquizú Rodas

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

USAC

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado, asesorado y aprobado el tema de tesis **DESARROLLO DE PRACTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO DE 12 ONZAS** propuesto por el estudiante Mauricio Alejandro Miranda Santos, con carné 94-15440 y quien se identifica con DPI 1763 98309 0101.

Atentamente,

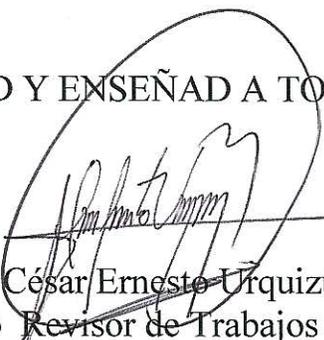

Ernesto Daniel Alvarado Jiménez
Ingeniero Mecánico Industrial

Ing. Ernesto Daniel Alvarado Jiménez
Asesor
No. de Colegiado 7995



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO DE 12 ONZAS**, presentado por el estudiante universitario **Mauricio Alejandro Miranda Santos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, julio de 2012.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO DE 12 ONZAS**, presentado por el estudiante universitario **Mauricio Alejandro Miranda Santos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2012.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO DE 12 ONZAS**, presentado por el estudiante universitario: **Mauricio Alejandro Miranda Santos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 10 de enero de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la bendición de alcanzar una meta más en mi vida.
Mi madre	Lucitania Santos. Por darme la oportunidad con su sacrificio y motivación para lograr que este día llegara.
Mi esposa	Alicia de Miranda. Por su amor, apoyo y comprensión en los momentos difíciles y de éxito de nuestra vida juntos.
Mis hijos	Vanessa y Allan Miranda Espinoza. Mis dos tesoros más preciados.
Mi abuela	Amelia. Por su ejemplo de entereza ante las vicisitudes de la vida.
Mi hermana	Esmeralda Miranda. Por su apoyo y cariño.
Mi hermano	Emmanuel Miranda. Por su aprecio.
Mis tíos	Rafael y Amelia Santos Jurado. Por su aliento para alcanzar esta meta.
Mi prima	Paola Arrivillaga. Por su cariño.

Mi asesor

Ing. Ernesto Alvarado. Por su valiosa contribución y tiempo dedicado a la realización de este trabajo y por ser un ejemplo de profesionalismo.

Mis amigos

Por todos los momentos compartidos en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas para alcanzar esta meta.
Faculta de Ingeniería	Por brindarme las herramientas y conocimientos adquiridos.
Envases de Centroamérica, S.A.	Por darme la oportunidad para realizar este trabajo.
Mi compañero de trabajo	Ing. Pablo Figueroa. Por brindarme su ayuda.
Todas las personas	Que en algún momento me tendieron su mano y me dieron aliento para la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Datos generales de la empresa.....	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Ubicación de la planta	2
1.1.3. Estructura organizacional	3
1.1.3.1. Organigrama.....	4
1.1.4. Misión	5
1.1.5. Visión.....	5
1.1.6. Valores	5
1.1.7. Política.....	6
1.2. Procesos productivos	6
1.2.1. Formado del envase	6
1.2.2. Lavado y tratamiento químico.....	7
1.2.3. Acabado del envase	8
1.3. Aluminio.....	10
1.3.1. Tipos de aluminio.....	12
1.4. Envases.....	14
1.4.1. Tipos.....	15

	1.4.1.1.	Plástico.....	15
	1.4.1.2.	Aluminio.....	17
1.5.		Producción más Limpia.....	20
	1.5.1.	Definición.....	20
	1.5.2.	Características	21
	1.5.3.	Beneficios.....	21
	1.5.4.	Contaminación	23
	1.5.5.	Prevención de la contaminación.....	23
	1.5.6.	Eficiencia energética	23
	1.5.7.	Reciclaje, reúso y recuperación (3R's).....	24
1.6.		Norma Ambiental ISO 14001-2004	25
	1.6.1.	Definición.....	25
	1.6.2.	Objetivo	26
	1.6.3.	Campo de aplicación.....	26
	1.6.4.	Sistema de Gestión Ambiental (SGA)	26
2.		SITUACIÓN ACTUAL EN LOS PROCESOS.....	27
	2.1.	Información técnica de los procesos de producción.....	27
		2.1.1. <i>Layout</i> de la planta	29
		2.1.2. Capacidad de producción.....	31
		2.1.3. Descripción de los procesos productivos	33
		2.1.3.1. Formado del envase.....	33
		2.1.3.2. Lavado y tratamiento químico	41
		2.1.3.3. Acabado del envase.....	47
		2.1.4. Áreas auxiliares y de servicio	60
		2.1.4.1. Tanque de gas licuado de petróleo	61
		2.1.4.2. Compresores.....	61
		2.1.4.3. Bombas de vacío.....	61

2.1.4.4.	Sistema de refrigeración de la maquinaria.....	62
2.1.4.5.	Compactadora de aluminio.....	63
2.1.4.6.	Almacén de materias primas.....	63
2.1.4.7.	Talleres.....	64
2.1.4.8.	Oficinas.....	64
2.1.5.	Mantenimientos de maquinaria y equipo.....	65
2.1.5.1.	Predictivo.....	65
2.1.5.2.	Preventivo.....	66
2.1.5.3.	Correctivo.....	66
2.1.6.	Energéticos.....	67
2.1.6.1.	Energía eléctrica.....	67
2.1.6.2.	Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	67
2.1.6.3.	Agua.....	68
2.1.7.	Emisiones.....	68
2.1.7.1.	Gases de combustión.....	68
2.1.7.2.	Ruido.....	69
2.1.7.3.	Olores.....	69
2.1.8.	Salud ocupacional.....	70
2.1.8.1.	Seguridad industrial.....	70
2.2.	Identificar las Operaciones Unitarias Críticas.....	74
2.2.1.	Operaciones Unitarias.....	74
2.2.1.1.	División del proceso de producción.....	74
2.2.1.2.	Diagramas de flujo.....	76
2.2.1.3.	Evaluación preliminar de las operaciones.....	78
2.2.1.4.	Identificación de las Operaciones Unitarias Críticas.....	79
2.2.1.5.	Medidas de Producción más Limpia.....	80

3.	PROPUESTA PARA ALCANZAR LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA EMPRESA	81
3.1.	Estudio detallado de las Operaciones Unitarias Críticas.....	81
3.1.1.	Balance de masa y energía.....	81
3.1.2.	Ineficiencias en el uso de materia y energía	82
3.1.3.	Causas de contaminantes	83
3.2.	Planteamiento de la propuesta de Producción más Limpia.....	84
3.2.1.	Seleccionar las alternativas a ser evaluadas.....	86
3.2.2.	Alternativas a evaluar	87
3.2.2.1.	Tipos de evaluación	87
3.2.2.2.	Evaluación técnica	88
3.2.2.3.	Evaluación económica	92
3.3.	Selección de las alternativas factibles a implementar	98
4.	IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	101
4.1.	Plan de implementación de prácticas de Producción más Limpia.....	101
4.1.1.	Reducción en la fuente.....	101
4.1.1.1.	Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)	102
4.1.1.2.	Mejores prácticas en el proceso de fabricación de envases.....	103
4.1.2.	Flujo de materiales y energía	106
4.1.2.1.	Compresores y bombas de vacío.....	106
4.1.2.2.	Condensados	110
4.1.2.3.	Soluciones químicas del proceso de lavado.....	110
4.1.2.4.	Aceite soluble de enfriamiento	111
4.1.3.	Valorización de residuos	111

4.1.3.1.	Aluminio (<i>Scrap</i>)	112
4.1.3.2.	Aceites lubricantes.....	112
4.1.3.3.	Cal de desecho.....	113
4.1.4.	Tratamiento del agua.....	113
4.1.4.1.	Planta de aguas industriales.....	113
4.1.4.2.	Planta de aguas residuales.....	117
4.1.5.	Salud ocupacional y seguridad industrial.....	119
4.1.6.	Evaluación de las propuestas	120
4.1.6.1.	Planteamiento de las propuestas de Producción más Limpia	120
4.1.6.2.	Seleccionar las alternativas a ser evaluadas	121
4.1.6.3.	Alternativas a evaluar	121
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	139
5.1.	Acciones de Producción más Limpia	139
5.1.1.	Monitoreo y evaluación de los resultados.....	140
5.2.	Indicadores de Producción más Limpia para la empresa	141
5.3.	Control de los indicadores de Producción más Limpia	141
5.3.1.	Implementación de <i>check lists</i>	142
5.3.2.	Planes de acción	144
5.4.	Capacitación de personal	145
5.5.	Estadísticas	145
5.6.	Auditorías	146
5.6.1.	Internas.....	147
5.6.2.	Externas	147

6.	AMBIENTE.....	149
6.1.	Legislación nacional aplicable.....	149
6.2.	Entidades que intervienen en la Producción más Limpia en Guatemala.....	150
6.2.1.	Gubernamentales.....	151
6.2.1.1.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.....	151
6.2.1.2.	Comisión Nacional del Medio Ambiente.....	153
6.2.2.	No Gubernamentales.....	153
6.2.2.1.	Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.....	154
6.3.	Cumplimiento con la Norma Ambiental ISO 14001-2004.....	155
6.3.1.	Proceso de certificación de la empresa.....	155
6.4.	Control ambiental.....	156
6.5.	Indicadores de desempeño ambiental.....	157
	CONCLUSIONES.....	159
	RECOMENDACIONES.....	161
	BIBLIOGRAFÍA.....	163
	APÉNDICE.....	165
	ANEXOS.....	167

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Foto satelital de planta ECA.....	2
2.	Organigrama nivel 3 de la empresa	4
3.	Proceso de formado de la lata	7
4.	Cuello y pestaña de una lata.....	9
5.	<i>Pallets</i> (tarimas) de latas.....	10
6.	Cerveza Krueger, la primera envasada en lata	17
7.	Partes de una lata.	19
8.	Dimensionales de una lata de aluminio de 12 onzas.....	28
9.	<i>Layout</i> de la planta de fabricación de latas de aluminio de 12 onzas.....	30
10.	Diagrama del proceso de formado del envase, Front End	33
11.	Volteador de rollos y desembobinador	35
12.	Corte de puntas de rollo de aluminio.....	36
13.	Rodillos lubricadores de la lámina de aluminio	36
14.	Copa formada.....	37
15.	Elevador de copas hacia transporte	38
16.	Copas en transporte vertical hacia una Body Maker.....	39
17.	Cilindro reciprocante, punzón y discos de formado de la lata	40
18.	Recorte de borde superior de lata.....	41
19.	Proceso de lavado y tratamiento químico	42
20.	Diferencia entre el bote húmedo y bote brillante	42
21.	Diagrama del proceso de acabado del envase, Back End.....	48
22.	Estación de aplicación de barniz de domo	51

23.	Estación de curado de barniz de domo por medio de luz UV	52
24.	Impresora de latas	53
25.	Sistema de impresión por flexografía.....	54
26.	Aplicación de barniz interior.....	55
27.	Proceso de formado de cuello	57
28.	Vista del <i>push ram</i> y <i>knockout ram</i>	57
29.	Proceso del formado de la pestaña	58
30.	Reformado del domo de la lata	59
31.	<i>Pallet</i> terminado.....	60
32.	Mapa de riesgos de la empresa.....	72
33.	Diagrama de flujo de una Operación Unitaria	76
34.	Diagrama de flujo de Operaciones Unitarias de la planta	77
35.	Normas publicadas de BPM en cada acceso a la planta	102
36.	Cubos de aluminio y material de empaque para reciclaje.....	103
37.	Sistemas de enfriamiento Sullair por aire y por agua.....	108
38.	Tanque clarificador DAF	114
39.	Tanque separador de lodos	115
40.	Filtro prensa.....	116
41.	Diagrama de flujo de la operación crítica de lavado	122
42.	Proceso actual de intercambio de calor en tanques de lavadora.....	124
43.	Diagrama del flujo de agua caliente de compresores en la lavadora.....	125
44.	Flujo de caja del uso de agua de compresores en lavadora.....	129
45.	Diseño del tanque coalescente (frontal).....	132
46.	Dirección del flujo de la solución en el tanque coalescente	133
47.	Tanque coalescente de acero inoxidable 316 L.....	133
48.	Separación del aceite de la solución química	134
49.	Flujo de caja para la recuperación de químicos de tanque 2	136
50.	Matriz impacto - esfuerzo.....	139

51.	Plan de acción de PML en la empresa.....	140
52.	<i>Check list</i> de control de indicadores de PML	143
53.	Ciclo de mejora de Deming	144
54.	Jerarquía del marco legal de la Política de Producción más Limpia.....	150

TABLAS

I.	Aleaciones de aluminio	13
II.	Capacidad de la maquinaria para una velocidad de 3 000 latas por minuto.....	32
III.	Nivel de ruido en la planta.....	69
IV.	Evaluación preliminar de Operaciones Unitarias.....	78
V.	Resultados de evaluación a planta de aguas industriales.....	117
VI.	Resultados de evaluación a planta de aguas residuales	119
VII.	Inversiones necesarias para transformar el sistema de enfriamiento de compresores y aprovechar calor en lavadora	127
VIII.	Consumo promedio diario por equipos.....	128
IX.	Rangos para control de indicadores de PML	142

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de potencia
US\$	Dólar estadounidense
KVA	Kilovoltiamperio
kW-h	Kilowatt hora
MPa	Megapascal
mmBTU	Millones de BTU
ppm	Partes por millón
PR	Período de recuperación
pH	Potencial de hidrógeno

GLOSARIO

ACC 2A	Es un químico compuesto a base de ácido fluorhídrico cuya función es la remoción de la contaminación inorgánica de las latas.
Acides libre	Es un valor que indica la cantidad de principio activo disponible en la solución de lavado químico de las latas.
Acidez total	Es un valor que indica la cantidad de ácidos y material activo en la solución química, señalando cuan contaminada está la solución del lavado químico de las latas.
Acuatubular	Es el término con el que se designan a las calderas donde el agua se encuentra dentro de los tubos.
Agua DI	Es la abreviación de agua desmineralizada, la cual es un agua libre de todas las sales minerales.
Aleante	Elemento que se mezcla homogéneamente con el aluminio para proporcionar ciertas características y propiedades.

Anilox	Es el rodillo regulador de tinta utilizado en la impresión flexográfica.
Asas	Son piezas generalmente curvas que sobresalen de un objeto y sirve para tomarlo con la mano.
Automatización	Uso de sistemas computarizados y electromecánicos para controlar las máquinas y el proceso productivo.
Barniz	Es una disolución de una o más sustancias resinosas en un disolvente que se volatiliza dando como resultado una capa o película.
Benchmarking	Es una palabra en inglés que significa proceso sistemático para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo.
Body Maker	Máquina que forma la lata por medio de estirado del aluminio.
Boquillas atomizadoras	Son equipos que tienen como objetivo esparcir el barniz interior a las latas.
Bote brillante	Lata que sale del horno de secado de la lavadora y que se encuentra en el transporte hasta antes de entrar a las impresoras.

Bote húmedo	Lata que sale de las Body Makers y que se encuentra en el transporte hasta antes de la entrada del horno de la lavadora.
Check list	En español significa formatos para la verificación de una actividad o proceso.
Cinta flejadora	Es una cinta plástica que se coloca de forma vertical en los <i>pallets</i> y sirve para amarrar todos los niveles y brindar seguridad al producto.
Clene 101	Es un producto químico compuesto a base de ácido sulfúrico, surfactantes y emulsificantes que tiene como función la remoción de toda la contaminación orgánica pesada en las latas.
Cliché	Es una plancha metálica que contiene un fotopolímero en donde se graba lo que se va a imprimir, también se le denomina placa.
CNP+L	Abreviatura de Centro Nacional de Producción más Limpia.
Coalescencia	Es la propiedad de ciertas sustancias y cosas para unirse o fundirse con otras en una sola.
Concentración	Es la cantidad de Cor-Rinse 42C1 disuelto en el baño de la solución en la estación de movilidad de la lavadora.

Copas	Es el producto de la máquina Cupper, son recipientes tipo cenicero producto del troquelado del aluminio.
Cor-rinse 42C1	Es el agente que se le aplica a las latas en la lavadora para mejorar la movilidad y desplazamiento en el transporte.
Cupper	Máquina troqueladora de la lámina de aluminio que forma 15 copas en cada golpe.
Curado	Es el proceso de secado de los barnices o tintas que se aplican en las latas.
Domo	Es la parte inferior curva que tienen las latas.
<i>Drag-out</i>	Es el lavado con agua que se realiza a las latas con el objetivo de detener la reacción química en el tratamiento químico.
ECA	Abreviatura con la que se identifica a la empresa Envases de Centro América, S.A.. En el trabajo se le refiere en algunas ocasiones simplemente como empresa.
Ergonomía	Diseño de productos desde el punto de vista de los usuarios.
Extrusión por impacto	Es el proceso por el cual se forman envases para aerosoles o pastas de dientes.

Feldespatos	Grupo de minerales de silicatos y alumino-silicatos que corresponden a casi el 60% de la corteza terrestre.
Flanging head	Es una herramienta de la estación de la pestañadora de la Modular Necker.
Impresora	Máquina rotativa en donde se imprimen los diseños de las latas.
Joint venture	Tipo de acuerdo comercial de inversión entre dos empresas, en este caso entre Rexam PLC y Envases Universales de CV.
<i>Knockout Ram</i>	Es la herramienta que forma el cuello de las latas.
Laca	Látex que se obtiene por incisión y exudado de árboles de la familia terebintáceas.
Latas	Se refiere a todo envase metálico. En este caso se denomina lata o bote a los envases de aluminio que se fabrican en la empresa.
<i>Layout</i>	Es el esquema de distribución de los elementos y equipos en la planta de producción.
Light tester	Equipo de revisión de las latas para verificar que no lleven <i>Pin hole</i> .

Luz UV	Es la radiación electromagnética emitida por la región del espectro que ocupa la región intermedia entre la luz visible y los rayos X, esta sirve para curar el barniz de domo de las latas.
Mantillas	Es una especie de manta o cubierta de caucho que recubre un cilindro intermedio, que transmite la imagen de forma definitiva a la lata mediante un proceso de presión.
Mantto	Abreviatura de la palabra mantenimiento.
MARN	Siglas con las que se identifica al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, de la República de Guatemala.
Mecanibilidad	Se refiere a la propiedad que posee cierto tipo de aluminio con respecto al mecanizado.
Milivoltaje	Es el indicador de la cantidad de flúor presente en la solución química del tratamiento químico.
Modular Necker	Es la máquina que forma el cuello de las latas pasando por varias estaciones de la misma.
P + L	Abreviatura de Producción más Limpia.

<i>Pallet</i>	Es el embalaje de latas que se forma de una tarima plástica, separadores, fleje, película plástica y marcos para 8 000 unidades aproximadamente.
PDP	Abreviatura con las que se identifican a los paneles de distribución de potencia eléctrica que se encuentran en la planta de producción.
<i>Pin hole</i>	Es un defecto de las latas, el cual consiste en uno o varios agujeros en las paredes de las latas.
PNUMA	Siglas que identifican al Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
Polución	Es la contaminación dañina del agua, aire o del ambiente, producida por residuos industriales.
Pressco	Es el equipo inspector de video para detectar defectos en las latas.
Punzón	Es la herramienta de acero de alta dureza que usan las Body Makers para formar las latas de aluminio.
<i>Push Ram</i>	Cilindros o ejes de la máquina Modular Necker, los cuales empujan la lata para formar el cuello.
Rebose	Es la acción de las soluciones químicas de salirse de los bordes y los tanques de tratamiento de la lavadora.

Recocido	Es el tratamiento térmico que tiene como objetivo ablandar el acero u otros metales.
Resistencia a la tensión	Es la capacidad del aluminio para resistir esfuerzos de estiramiento.
SAP	Es la abreviatura de Systems, Applications and Products, que es un software que usa la empresa para controlar los mantenimientos, compras y la contabilidad.
Scrap	Es un término para describir materiales reciclables que a diferencia del desperdicio tiene un valor monetario.
SGA	Siglas con las que se identifica al Sistema de Gestión Ambiental que se está desarrollando en la empresa.
Sistema DAF	Se trata de un proceso de separación de las partículas en suspensión mediante burbujas de aire. Los sólidos se adhieren a las burbujas en su recorrido ascendente y son separados en la superficie por un barredor.
Spin Roller	Son los rodillos formadores del cuello de la lata que se encuentran el flanging head.
Sullair	Es la marca de los compresores de tornillo que se tienen en la empresa.

Sump Tank	Es el tanque acumulación de soluble sucio previo al traslado hacia el filtro Womack.
Tintas	Son pigmentos o colorantes utilizados para crear una imagen en la lata.
Transgeneracional	Se refiere a que el conocimiento se traspasa por varias generaciones.
Tratamiento aerobio	En el cual, un cultivo aeróbico de microorganismos en suspensión oxidan la materia orgánica.
Tratamiento térmico	Proceso de calentamiento de los metales o aleaciones es estado sólido a temperaturas definidas con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.
Válvula espiral	Es una válvula que regula la potencia de los compresores de aire Sullair.
Womack	Es el equipo de filtración de soluble, el cual consta de 6 placas en donde se pasa el soluble a presión para extraer la suciedad y los finos de aluminio.
World Business Council for Sustainable Development	Es una asociación mundial de más de 200 empresas que trabajan exclusivamente con el sector empresarial y el desarrollo sostenible y sus siglas en inglés son WBCSD que significan Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible.

RESUMEN

El objetivo básico de toda empresa es generar ganancias para sus accionistas y bajo este concepto, en Guatemala nacen la mayoría de las empresas existentes. Pero, resulta que hay empresas que a pesar de que la ley ambiental es muy débil en el país, por cuenta propia, tienen una filosofía de conciencia y cuidado del ambiente.

En la política de Envases de Centro América, se encuentra declarada la intención de la empresa de darle la misma importancia al cuidado del ambiente, así como, por los intereses de los accionistas. Esta filosofía ha generado que la empresa cuente con una persona encargada de velar por los asuntos ambientales y además se esté desarrollando la implementación del Sistema de Gestión Ambiental para una posterior certificación ISO.

Aunque se tiene esta intención, aún se trabaja con el enfoque de tratar la contaminación generada hasta el final del proceso, ya que la empresa cuenta con dos plantas de tratamiento de agua muy completas. Aún no se tiene la filosofía de prevención de la contaminación, mucho menos el enfoque de que al cuidar el ambiente se generan grandes oportunidades de reducciones drásticas de costos debido a tres conceptos claves: Reúso, Reciclaje y Recuperación.

Es por ello que el presente trabajo propone la implementación del modelo de Producción más Limpia, que llegará a revolucionar los conceptos sobre el cuidado ambiental que se tiene actualmente en la empresa, obteniendo resultados paralelos en la productividad y el ambiente.

OBJETIVOS

General

Desarrollar prácticas de Producción más Limpia en una empresa de fabricación de envases de aluminio.

Específicos

1. Reducir el impacto ambiental generado por la empresa.
2. Optimizar el proceso con el uso eficiente de materias primas e insumos en general.
3. Reciclar internamente algunos materiales para bajar consumos y costos de producción.
4. Recuperar algunos materiales de los subproductos.
5. Reducir los desperdicios generados en el proceso.
6. Mejorar los sistemas de control de residuos y contaminación establecidos actualmente en la planta.
7. Establecer una metodología para la aplicación de Producción más Limpia en la empresa de forma continua.

INTRODUCCIÓN

Los desperdicios, la polución y la basura son algunos de los factores que actualmente están afectando el clima mundial; no sólo es generado por las empresas del país, sino que la mayor parte es debido a la falta de conciencia en algunos países desarrollados que no han aceptado ningún acuerdo para legislar el tema de la contaminación en sus respectivos países.

Pero el problema es de todos y debido a ello, un grupo de empresarios que conforman el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, WBCSD, por sus siglas en inglés, en la década de los 90's acuñaron la palabra eco-eficiencia, la cual está basada en el concepto de crear más bienes y servicios utilizando menos recursos y creando menos basura y polución.

De este concepto nace la Producción más Limpia, que en su concepto básico se refiere a la estrategia de prevención de la contaminación para incrementar la eficiencia de los procesos o servicios en general, reduciendo los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

Más que un simple procedimiento, las prácticas de Producción más Limpia, son la instauración de un nuevo enfoque o filosofía, es por ello, que este trabajo es una guía para el cambio de ese enfoque, ya que toma en cuenta lo que les interesa a los accionistas, obtener ganancias monetarias, sólo que a partir de ahora lo obtendrán previniendo la contaminación, convirtiéndose así, en una empresa con una economía sostenible.

Se inicia el proceso con la descripción de la metodología en forma teórica para luego pasar a la implementación de esta teoría para el caso de los envases de aluminio y finaliza con la elección de dos proyectos que requieren inversiones pero generaran ahorros arriba del 300% de lo invertido y que todavía tienen gran oportunidad de explotarlos con mayor inversión.

Lo interesante de esto, es que se encontraron nuevas formas o áreas de reducir costos por medio del reciclaje o la recuperación de materiales, que de otra manera se pensaría que podría ser casi imposible. Este nuevo enfoque hace que la empresa se convierta en uno de los líderes latinoamericanos en reducción de costos y ahora con el plus de convertirse en el benchmarking de la Producción más Limpia.

1. GENERALIDADES

Se hará un breve resumen de los aspectos históricos de la empresa, del surgimiento en Guatemala, su estructura organizacional, la política, misión y visión que denotan las metas trazadas, descripción general de los procesos de producción de envases de aluminio de 12 onzas (355 mililitros); todo esto para introducir al lector al campo donde se llevará a cabo el estudio.

1.1. Datos generales de la empresa

La empresa es el resultado de una empresa conjunta, *joint venture*, establecida por dos líderes del mercado de fabricación, distribución y venta de envases de aluminio: Rexam Inc. y Envases Universales S.A. de C.V.

1.1.1. Historia

Envases de Centroamérica identificada dentro del mercado guatemalteco como ECA, es construida en Guatemala por su ubicación geográfica que permite atender a clientes de toda Centroamérica, El Caribe y el sur de México; así como, por la demanda del mismo mercado nacional de envases de aluminio de 12 onzas (355 mililitros).

La construcción de la planta inicia a finales del 2005 en terreno adquirido en jurisdicción de Amatitlán. En su mayoría, la tecnología es estadounidense, provista por los líderes de cada área para la fabricación de envases de aluminio.

La fabricación de envases de aluminio de 12 onzas, inicia en diciembre del 2006. El mercado comprende las regiones incluidas de Guatemala a Panamá, siendo los clientes la industria de refrescos, néctares y cervezas.

1.1.2. Ubicación de la planta

La planta está ubicada en el Parque Industrial Flor de Campo, kilómetro 32 de la carretera al Pacífico, en jurisdicción del municipio de Amatitlán, Guatemala, C.A. (ver figura 1).

Figura 1. **Foto satelital de planta ECA**



Fuente: <http://www.google.com/earth/index.html>. Consulta: septiembre de 2012.

1.1.3. Estructura organizacional

La empresa está organizada en seis departamentos: Gerencia General, Finanzas, Logística, Producción, Aseguramiento de la Calidad e Ingeniería.

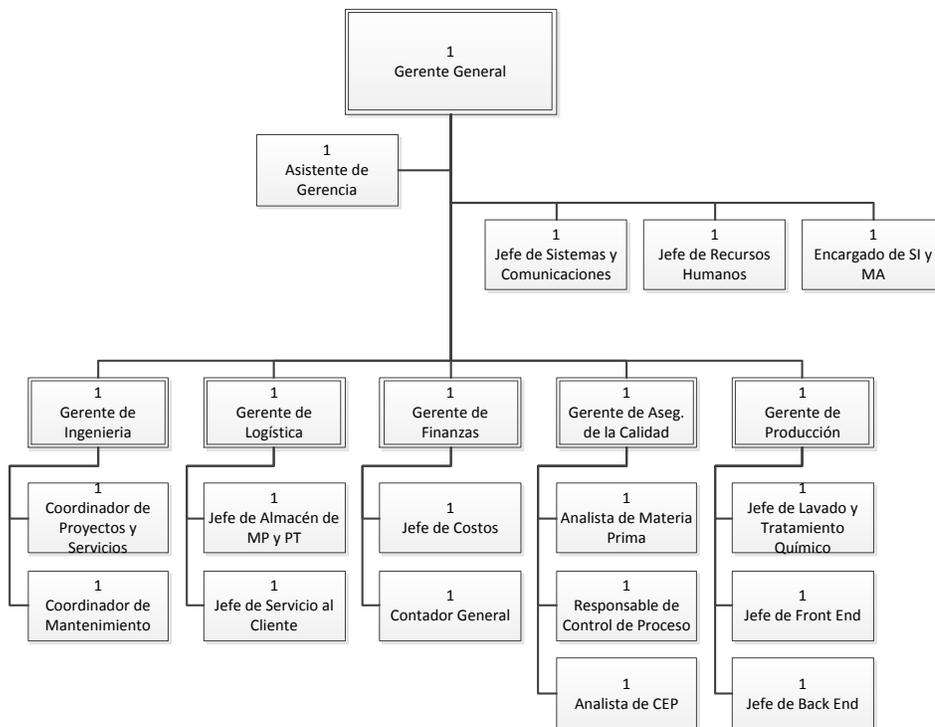
- Gerencia General: el responsable es el gerente general de la planta y es el encargado de dar las directrices organizacionales para el funcionamiento de todos los demás departamentos. El gerente general es el encargado de velar por los intereses de los accionistas y es el representante de la empresa ante la junta directiva de la corporación.
- Finanzas: el gerente de finanzas es el responsable y debe velar por las actividades de financiamiento, inversión e indicadores financieros de la empresa para la toma de decisiones.
- Logística: el gerente de ventas es el responsable de las ventas de la empresa, planificación de la producción, almacenamiento de producto terminado, despachos, facturación y atención al cliente.
- Producción: el responsable es el gerente de producción y su función primordial es la manufactura del envase de aluminio de 12 onzas bajo los estándares de calidad establecidos.
- Aseguramiento de la calidad: el responsable es el gerente de aseguramiento de la calidad de la planta y tiene bajo su responsabilidad el aseguramiento de los estándares de calidad de la materia prima, producto en proceso y producto terminado.

- Ingeniería: dentro de sus principales funciones están: el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de la maquinaria y equipo de la planta de producción, gestión de proyectos de mejora e inversión, mantenimiento a la infraestructura y control de energéticos. El responsable es el gerente de ingeniería.

1.1.3.1. Organigrama

A continuación se presenta el organigrama actual de Envases de Centroamérica. Se presentan tres niveles jerárquicos: gerencia general, gerencias de departamentos y jefes de área.

Figura 2. Organigrama nivel 3 de la empresa



Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Misión

“En ECA trabajamos para satisfacer a nuestros clientes, en condiciones laborales seguras y conservando el medio ambiente”.

1.1.5. Visión

“Seguir siendo la mejor opción en envases de aluminio”.

1.1.6. Valores

- Trabajo en equipo: se reconoce que la mejor manera para alcanzar las metas y objetivos propuestos es el trabajo en equipo.
- Lealtad: las relaciones entre cada uno de los trabajadores debe estar cimentada en la lealtad para construir un ambiente de trabajo agradable con confianza.
- Compromiso: el compromiso personal de cada trabajador es fundamental para cada logro que se requiera alcanzar y para esto es importante el empoderamiento que se le da a todo el personal en sus puestos de trabajo.
- Mejora continua: para cumplir con la visión es necesario que todos los procesos se revisen continuamente para mejorarlos continuamente y seguir siendo la mejor opción de envases de aluminio.

1.1.7. Política

La empresa ha definido su política integral y se establece así:

“Satisfacemos las necesidades de nuestros clientes, cuidando a nuestro equipo de trabajo, al medio ambiente y los intereses de los accionistas”.

1.2. Procesos productivos

La fabricación de envases de aluminio para bebidas se lleva a cabo mediante un proceso de alta tecnología que incorpora maquinaria de gran precisión, tanto para la fabricación del envase como para su control posterior, dotada de un grado de automatización prácticamente total. La capacidad instalada de la planta permite que la línea de producción entregue hasta 4 millones de latas al día en promedio.

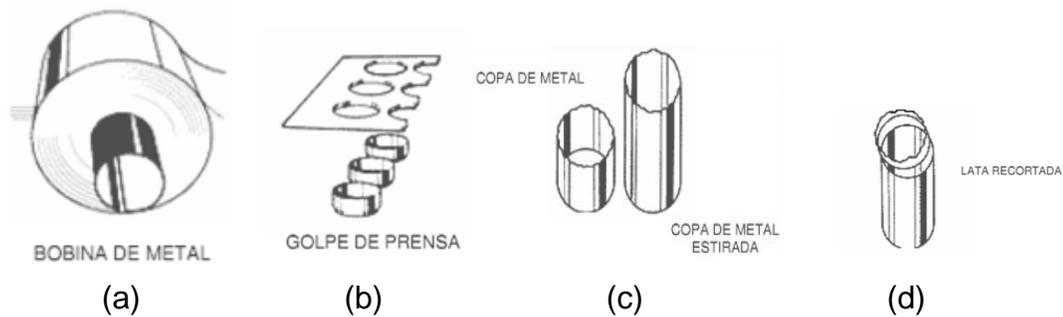
1.2.1. Formado del envase

Este paso es el inicio de todo el proceso de manufactura de la planta. La materia prima, que es el aluminio, llega a la planta en grandes bobinas formando láminas de 1,2 metros de ancho y una longitud de entre 4 000 y 8 000 metros.

La lámina de aluminio (ver figura 3a), es lubricada antes de entrar a una prensa formadora de copas tipo cenicero (Cupper) (ver figura 3b), que tiene entre 10 y 15 estaciones que forman las copas en simultáneo por cada golpe de la prensa.

Luego son transportadas hacia las máquinas formadoras del cuerpo del envase, Body Makers, en donde por medio de un punzón, que las empuja a través de una serie de anillos, estira el metal hasta conseguir la lata de una sola pieza (ver figura 3c). Con esto se forman el cuerpo, el diámetro y la base (domo) de las latas, finalmente se determina su altura especificada por medio de una máquina recortadora (Trimmer) (ver figura 3d) y va al siguiente proceso por medio de transportes de banda.

Figura 3. **Proceso de formado de la lata**



Fuente: Asociación de Latas de Bebidas. www.latasdebebidas.org/news_det.php?id=48.

Consulta: 16 de julio de 2011.

1.2.2. **Lavado y tratamiento químico**

Las operaciones anteriores necesitan utilizar pequeñas cantidades de aceites lubricantes, pero para continuar es preciso eliminar los restos de aceite del proceso, siempre respetando el ambiente y tratándolos de recuperar para reciclado posterior.

Esta operación se realiza en una máquina lavadora, es lo más parecido a un lavavajillas automático convencional, capaz de lavar hasta 5 000 latas por minuto. Las latas posteriormente pasan por un horno que las seca con aire caliente.

Luego, la base o domo de la lata se recubre de un barniz de secado con rayos UV para protegerla y facilitar su movilidad durante el resto del proceso.

1.2.3. Acabado del envase

En esta parte del proceso se realizan los acabados finales de las latas. El proceso que a continuación interviene es el de la impresión de las latas, el cual se realiza de un modo muy parecido a como se imprime una revista, mediante una máquina rotativa, con la diferencia que la superficie de impresión es cilíndrica y no plana.

Esta máquina, la impresora, tiene una capacidad de impresión de seis a ocho colores, dependiendo del modelo de la misma. Una vez decoradas las latas, pasan por un rodillo barnizador que le aplica una capa de imprimación de laca a todo el exterior de lata impresa y se envían a un horno de cocción externa para secar el barniz y las tintas.

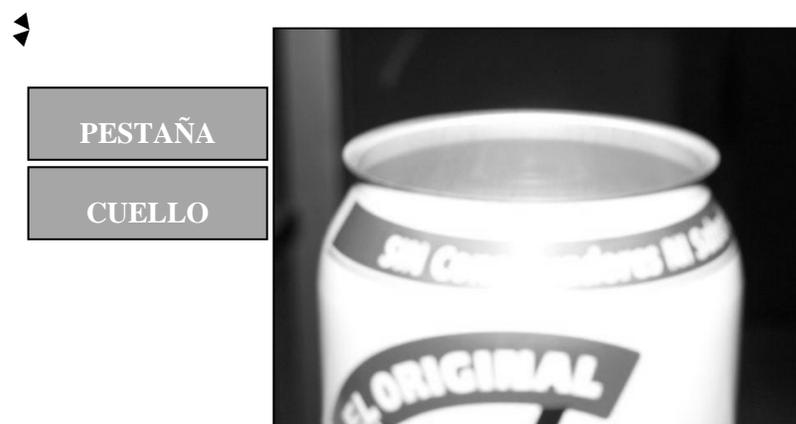
Así se consigue lo que se denomina curado, proceso por el que la capa impresa adquiere estabilidad y resistencia al roce. Esto se consigue a una temperatura de 180 grados Celsius durante 60 segundos. Tanto en el proceso de impresión y lacado se emplean lacas solubles en agua.

A continuación, se aplica un barniz para proteger el interior de la lata y el producto. Cada lata se pasa por dos boquillas atomizadoras que le aplican el barniz en ángulos diferentes a todo el interior, para luego ser secado en un horno de curado.

La parte superior de la lata tiene un diámetro menor que el cuerpo; para ello es precisa una nueva operación de conformación llamada formación de cuello (*necking*). La lata, una vez decorada y barnizada en su interior, pasa a la máquina entalladora (Necker), la cual, a través de 14 fases, forma el cuello pasando por una serie de estrechamientos que reducen gradualmente el diámetro del cuello hasta la medida especificada.

A continuación, se hace un reborde hacia el exterior mediante un abocardado (pestaña) (ver figura No. 4). Esta es la forma necesaria para encajar la tapa, una vez llena la lata.

Figura 4. **Cuello y pestaña de una lata**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

Las latas ya terminadas pasan a la zona de paletizado, donde se embalan y etiquetan conforme a las especificaciones del cliente/envasador a quien van dirigidas, en donde cada nivel de latas va separado por separadores (*layer pads*) de cartón liso o plástico. Mediante un sistema de código de barras los *pallets* son etiquetados para garantizar la trazabilidad del producto.

Figura 5. **Pallets (tarimas) de latas**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

1.3. **Aluminio**

Fue descubierto aproximadamente en la década de 1820 - 1830, es uno de los elementos metálicos más abundantes en la Tierra y en la Luna, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio silicato.

Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos. En esas condiciones se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental en la producción de aluminio.

Los efectos ambientales del aluminio han atraído la atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen estas plantas. Las concentraciones de aluminio parecen ser muy altas en lagos acidificados.

En estos lagos un número de peces y anfibios están disminuyendo debido a las reacciones de los iones de aluminio con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas.

Elevadas concentraciones de aluminio no sólo causan efectos sobre los peces, sino también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos y sobre animales que respiran el aluminio a través del aire.

Las consecuencias sobre los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. Las consecuencias para los animales que respiran el aluminio a través del aire son problemas de pulmones, pérdida de peso y declinación de la actividad. Otro efecto negativo es que estos iones pueden reaccionar con fosfatos, los cuales causan que el fosfato no esté disponible para los organismos acuáticos.

Altas concentraciones de aluminio no sólo pueden ser encontradas en lagos ácidos y aire, también en aguas subterráneas y suelos ácidos. Hay fuertes indicadores de que el aluminio puede dañar las raíces de los árboles cuando estas están localizadas en las aguas subterráneas.

1.3.1. Tipos de aluminio

El aluminio no se encuentra en estado nativo. Abunda mucho en la naturaleza combinado, integrando arcillas y feldespatos. Se obtiene por métodos electrolíticos de la criolita o fluoruro de aluminio y sodio. Es de color blanco azulado, brillante, estructura fibrosa, más duro que el estaño pero menos que el cobre y el zinc.

El aluminio puro es un material blando y poco resistente a la tracción. Para mejorar estas propiedades mecánicas se alea con otros elementos, principalmente magnesio, manganeso, cobre, zinc y silicio, a veces también se añade titanio y cromo. La primera aleación de aluminio, el popular duraluminio fue descubierta casualmente por el alemán Alfred Wilm y su principal aleante era el cobre.

Actualmente las aleaciones de aluminio se clasifican en series, desde 1 000 a la 8 000, según la tabla I:

Tabla I. **Aleaciones de aluminio**

Serie	Designación	Aleante principal	Fase Principal Presente en Aleación
Serie 1 000	1XXX	99% al menos de Al	-
Serie 2 000	2XXX	Cobre (Cu)	Al ₂ Cu – Al ₂ CuMg
Serie 3 000	3XXX	Manganeso (Mn)	Al ₆ Mn
Serie 4 000	4XXX	Silicio (Si)	-
Serie 5 000	5XXX	Magnesio (Mg)	Al ₃ Mg ₂
Serie 6 000	6XXX	Magnesio (Mg) y Silicio (Si)	Mg ₂ Si
Serie 7 000	7XXX	Zinc (Zn)	MgZn ₂
Serie 8 000	8XXX	Otros elementos	-
Serie 9 000	/	Sin utilizar	-

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Aluminio. Consulta: julio de 2011.

Las series 2 000, 6 000 y 7 000 son tratadas térmicamente para mejorar sus propiedades. El nivel de tratamiento térmico se denota mediante la letra T seguida de varias cifras, de las cuales la primera define la naturaleza del tratamiento. Así, T3 es una solución tratada térmicamente y trabajada en frío.

- Serie 1 000: realmente no se trata de aleaciones sino de aluminio con presencia de impurezas de hierro, también pequeñas cantidades de cobre, que se utiliza para laminación en frío.

- Serie 2 000: el principal aleante de esta serie es el cobre, como el duraluminio o el avional. Con un tratamiento T6 adquiere una resistencia a la tensión de 442 megapascales, que lo hace apto para su uso en estructuras de aviones.
- Serie 3 000: el principal aleante es el manganeso, que refuerza el aluminio y le da una resistencia a la tracción de 110 megapascales. Se utiliza para fabricar componentes con buena mecanibilidad, es decir, con un buen comportamiento frente al mecanizado.
- Serie 4 000: el principal aleante es el silicio.
- Serie 5 000: el principal aleante es el magnesio que alcanza una resistencia de 193 megapascales después del recocido.
- Serie 6 000: se utilizan el silicio y el magnesio. Con un tratamiento T6 alcanza una resistencia de 290 megapascales, apta para perfiles y estructuras.
- Serie 7 000: el principal aleante es el zinc. Sometido a un tratamiento T6 adquiere una resistencia de 504 megapascales, apto para la fabricación de aviones.

1.4. Envases

Un envase es un producto que puede estar fabricado en una gran cantidad de materiales y que sirve para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías en cualquier fase de su proceso productivo, de distribución o venta.

1.4.1. Tipos

Existen diferentes tipos de envases hechos con distintos materiales, los cuales se deben adaptar adecuadamente a las condiciones del producto. Los principales materiales en que se fabrican los envases son: metales, vidrio, plásticos, papel, cartón y madera.

En lo que respecta a envases utilizados para bebidas los envases más utilizados son el plástico y el aluminio.

1.4.1.1. Plástico

El envase plástico para bebidas es ligero y muy utilizado en la comercialización de líquidos en productos lácteos, bebidas o limpia hogares. La presentación de este tipo de envase es en forma de botellas.

El plástico se moldea para que la botella adquiriera la forma necesaria para la función que se destina. Algunas incorporan asas laterales para facilitar el vertido del líquido. Otras mejoran su ergonomía estrechándose en su parte frontal o con rebajes laterales para agarrarlas con comodidad. Las botellas con anillos perimetrales o transversales mejoran su resistencia mecánica al apilamiento.

Las botellas de plástico se fabrican en gran variedad de materiales, escogidos en función de su aplicación:

- Polietileno de alta densidad (PEAD): es la resina más extendida para la fabricación de botellas. Este material es económico, resistente a los impactos y proporciona una buena barrera contra la humedad.

- Polietileno de baja densidad (PEBD): es menos rígido que el PEAD y generalmente menos resistente químicamente pero más traslucido. También es significativamente más barato que el PEAD. Se usa fundamentalmente para bebidas.
- Politereftalato de etileno (PET): se usa habitualmente para bebidas carbonatadas y botellas de agua. Proporciona propiedades barrera muy buenas para el alcohol y aceites esenciales, habitualmente tiene buena resistencia química y una gran resistencia a la degradación por impacto y resistencia a la tensión.
- Policloruro de vinilo (PCV): es naturalmente claro, tiene gran resistencia a los aceites y muy baja transmisión al oxígeno. Es resistente químicamente pero vulnerable a solventes. Es una excelente elección para el aceite de ensalada, aceite mineral y vinagre.
- Polipropileno (PP): se usa sobre todo para jarras y cierres y proporciona un embalaje rígido con excelente barrera a la humedad. Una de las ventajas es su estabilidad a altas temperaturas, hasta 200 grados Fahrenheit. Ofrece potencial para esterilización con vapor.
- Poliestireno: ofrece excelente claridad y rigidez a un coste económico. Se usa para productos secos como vitaminas, gelatina de petróleo o especias. No proporciona buenas propiedades de barrera y muestra poca resistencia al impacto.

1.4.1.2. Aluminio

El desarrollo de la lata de bebida en el mundo ha pasado por innumerables etapas durante el siglo XX, acompañado al desarrollo social y económico que caracteriza a este período. Los primeros intentos de envasar cerveza en lata, de los que hay constancia, datan de 1909 pero también se reseñan las dudas iniciales de que un envase metálico fuera adecuado para la cerveza lo que retrasó su adopción inicial. Los principales obstáculos se debían a la reacción química entre el metal y el contenido y a las dificultades de cierre para soportar la presión interior. Algunas de las principales marcas como Busch y Pabst trabajaron este concepto antes de 1930. Pero la primera lata de cerveza comercial apareció en enero de 1935, de la mano de Krueger, una pequeña cervecería de Newark, Estados Unidos.

Figura 6. **Cerveza Krueger, la primera envasada en lata**



Fuente: Beverage Can Makers Europe. www.latasdebebidas.org/news_det.php?id=50.

Consulta: 20 de julio de 2011.

La lata de bebida es, desde sus inicios un elemento en constante evolución. Las innovaciones muchas veces imperceptibles para el consumidor, pero poco a poco ha ido convirtiendo la lata de bebidas en un envase cada vez más habitual, ligero y cómodo de uso, además de ir mejorando su comportamiento medioambiental hasta llegar a ser con gran diferencia, el envase de bebidas más reciclado en el mundo.

Al final de la década de los 50 desaparecen definitivamente las latas con cuello cónico y cierre de tapón corona o de rosca y a principios de los 60 se produjo la implantación de las tapas de aluminio de fácil apertura.

En esas fechas comienza a emplearse el aluminio también en la fabricación de latas y se produce otro desarrollo fundamental: el paso de las latas de tres piezas a dos piezas. El cuerpo de la lata ya no se obtiene soldando una lámina en forma de cilindro y añadiendo la base a la tapa, sino mediante un procedimiento mucho más rápido y controlado: la llamada extrusión por impacto. Entre otras ventajas supuso un gran ahorro en material.

Este sistema, introducido en 1964, se sigue empleando en la actualidad para fabricar envases como tubos de dentífricos o aerosoles, pero se dejó de usar para las latas de bebidas. Estados Unidos lo sustituyó en 1966 o 67 por un sistema de troquelado, embutición y estirado – DWI (*Draw & Wall Ironed*) - sistema que llegó a Europa en 1970 y que a partir de 1980 se ha convertido en el único método de producción.

- Partes de un envase

Una lata de aluminio tiene diferentes partes que a continuación se describen. En la parte inferior tiene la base y el domo; luego, en la parte intermedia las paredes, estas tres partes se fabrican en el primer proceso de formado del envase.

En la parte superior está el cuello y la tapa. El cuello se forma en el proceso de acabado del envase por una máquina formadora del cuello. La tapa se forma en una línea de producción independiente a la manufactura de la lata y son las empresas de bebidas o cervezas las encargadas de colocarla en la lata.

En la figura 7 se muestran las principales partes de una lata de aluminio terminada.

Figura 7. **Partes de una lata**



Fuente: elaboración propia.

1.5. Producción más Limpia

El concepto de Producción más Limpia ha alcanzado reconocimiento a nivel mundial como una estrategia preventiva para la protección del ambiente en las empresas, a continuación se amplía este concepto.

1.5.1. Definición

La Producción más Limpia es una estrategia para producir eco-eficientemente que generalmente encamina a las empresas por un camino necesario pero no suficiente hacia una economía sostenible.

La eco-eficiencia está basada en el concepto de crear más bienes y servicios utilizando menos recursos y creando menos basura y polución. La palabra fue acuñada por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), en su publicación de 1992 Changing Course.

El desarrollo sostenible es el estado ideal del desarrollo. Existe controversia sobre el hecho de que una sola empresa pueda ser sostenible. Sin embargo, se puede establecer que la contribución individual de las empresas a una sociedad sostenible puede ser de gran importancia.

De acuerdo con el PNUMA, la Producción más Limpia (PML) es la aplicación continua a los procesos, productos y servicios de una estrategia integrada y preventiva, con el fin de incrementar la eficiencia en todos los campos y reducir los riesgos sobre los seres humanos y el ambiente.

1.5.2. Características

La Producción más Limpia es una estrategia que puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad.

Para los procesos de producción, Producción más Limpia resulta una medida o la combinación de varias de ellas, que conserva materias primas, agua y energía; elimina materiales tóxicos y peligrosos; y reduce la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos en la fuente durante el proceso de producción.

Para los productos, la Producción más Limpia se enfoca en reducir los impactos ambientales, a la salud y a la seguridad de los productos a través de los ciclos de vida completos, desde la extracción de materia prima, pasando por el proceso de manufactura y uso, hasta la disposición final del producto.

Para los servicios, la Producción más Limpia implica la incorporación de las preocupaciones ambientales dentro del diseño y prestación de los servicios.

1.5.3. Beneficios

Dentro de los beneficios que obtienen las empresas al implementar prácticas de Producción más Limpia se tienen:

- Mayor competitividad
- Mayor rentabilidad

- Reducción de costos de la producción
- Mejora en la calidad del producto
- Mejora en la eficiencia del proceso
- Reducción en el uso de materia prima
- Minimización del uso de agua y energía
- Disminución de los desechos y emisiones
- Oportunidad de nuevos mercados
- Mejora de la imagen de la empresa
- Reducción de accidentes laborales
- Mejora del ambiente de trabajo
- Mejor cumplimiento de la legislatura ambiental

1.5.4. Contaminación

La contaminación es un cambio desfavorable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, del agua o de la tierra, que es o podría ser perjudicial para la vida humana, para la de aquellas especies deseables, para los procesos industriales, para las condiciones de vivienda o para los recursos naturales; o que desperdicie o deteriore recursos que son utilizados como materias primas.

1.5.5. Prevención de la contaminación

Prevención de la contaminación es el uso de procesos, prácticas o productos que permiten reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus fuentes de origen; es decir, que reducen o eliminan las sustancias contaminantes que podrían penetrar en cualquier corriente de residuos o emitirse al ambiente (incluyendo fugas), antes de ser tratadas o eliminadas, protegiendo los recursos naturales a través de la conservación o del incremento en la eficiencia.

1.5.6. Eficiencia energética

Se define como la habilidad de lograr objetivos productivos empleando la menor cantidad de energía posible, en otras palabras, la eficiencia energética es la relación entre la energía útil y la energía empleada en un proceso.

1.5.7. Reciclaje, reúso y recuperación (3R's)

Existen ciertos flujos de residuos cuya cantidad es imposible o difícil de reducir en su fuente de origen (por ejemplo, la sangre en un matadero de ganado vacuno; las plumas en un matadero de pollos; agua de refrigeración; y otros). Por esta razón, para estos flujos de residuos no siempre es posible aplicar medidas de prevención de la contaminación y, por ende, es necesario recurrir a prácticas basadas en el reciclaje, reúso y recuperación, cuyas definiciones genéricas, sin pretender mayor rigurosidad, buscando únicamente una comprensión conceptual, son:

- **Reciclaje:** convertir un residuo en insumo o en un nuevo producto.
- **Reúso:** utilizar un residuo, en un proceso, en el estado en el que se encuentre.
- **Recuperación:** aprovechar o extraer componentes útiles de un residuo.

El reciclaje de residuos puede ser interno o externo. El reciclaje es interno cuando se practica en el ámbito de las operaciones que generan los residuos objeto de reciclaje. Cuando este se practica como un reúso cíclico de residuos en la misma operación que los genera, se denomina reciclaje en circuito cerrado.

El reciclaje externo se refiere a la utilización del residuo en otro proceso u operación diferente del que lo generó. Por otra parte, tanto el reciclaje como el reúso pueden efectuarse, entre otros, por recuperación.

1.6. Norma Ambiental ISO 14001-2004

Las Normas Internacionales de Gestión Ambiental tienen como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) eficaz que puedan ser integrados con otros requisitos de gestión como las prácticas de Producción más Limpia.

1.6.1. Definición

Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que le permita a una organización desarrollar e implementar una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y la información sobre los aspectos ambientales significativos.

Esta norma internacional se basa en la metodología conocida como Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA). La metodología PHVA se puede describir brevemente como:

- Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos respecto a la política ambiental, los objetivos, las metas y los requisitos legales y otros requisitos e informar sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño del sistema de gestión ambiental.

1.6.2. Objetivo

Todos los requisitos de esta norma tienen como fin su incorporación a cualquier Sistema de Gestión Ambiental. Su grado de aplicación depende de factores tales como la política ambiental de la organización, la naturaleza de sus actividades, productos, servicios, la localización y las condiciones en las cuales opera.

1.6.3. Campo de aplicación

Se aplica a aquellos aspectos ambientales que la organización identifica que puede controlar y a aquellos sobre los que la organización puede tener influencia.

1.6.4. Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

Es parte del sistema de una organización, empleada para desarrollar e implementar su política ambiental y gestionar sus aspectos ambientales. Es un grupo de elementos interrelacionados usados para establecer la política y los objetivos ambientales. Un sistema de gestión incluye la estructura de la organización, la planificación de actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos.

2. SITUACIÓN ACTUAL EN LOS PROCESOS

Se revisarán cada uno de los procesos productivos y a las áreas involucradas para analizar las oportunidades de aplicación de Producción más Limpia, se revisarán los mantenimientos de la maquinaria y finalmente se hará un diagnóstico inicial de los desperdicios o contaminación que se esté generando.

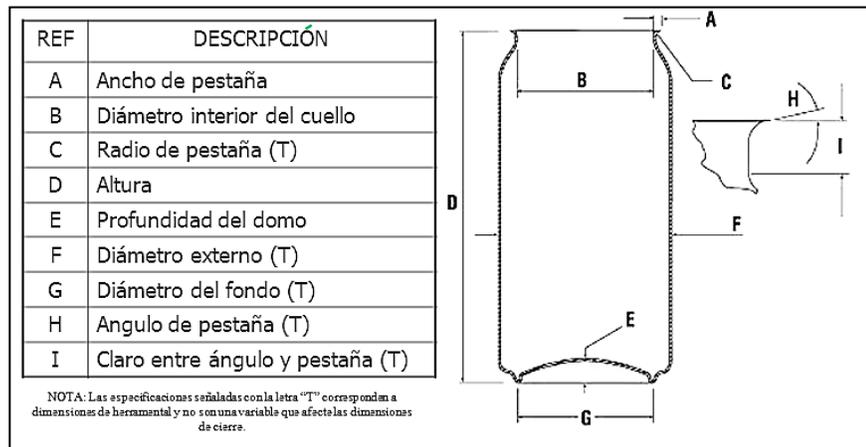
2.1. Información técnica de los procesos de producción

El proceso de producción de latas manufacturadas en la fábrica, es exclusivamente para producir una lata con capacidad de 12 onzas, en el mercado existen otras presentaciones como 16, 11,5 y 8 onzas.

La principal materia prima de todo este proceso es el aluminio, pero también se utilizan otras materias primas e insumos que se van incorporando al proceso productivo conforme este se desarrolla. Entre las otras materias primas están: el barniz interior, el barniz de domo y las tintas; entre los insumos que se van incorporando se pueden mencionar los productos químicos, lubricantes, parafina (cera) y mantillas.

Para el control del proceso de fabricación de latas, las dimensionales que se deben controlar están definidas en la figura 8.

Figura 8. Dimensionales de una lata de aluminio de 12 onzas



Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

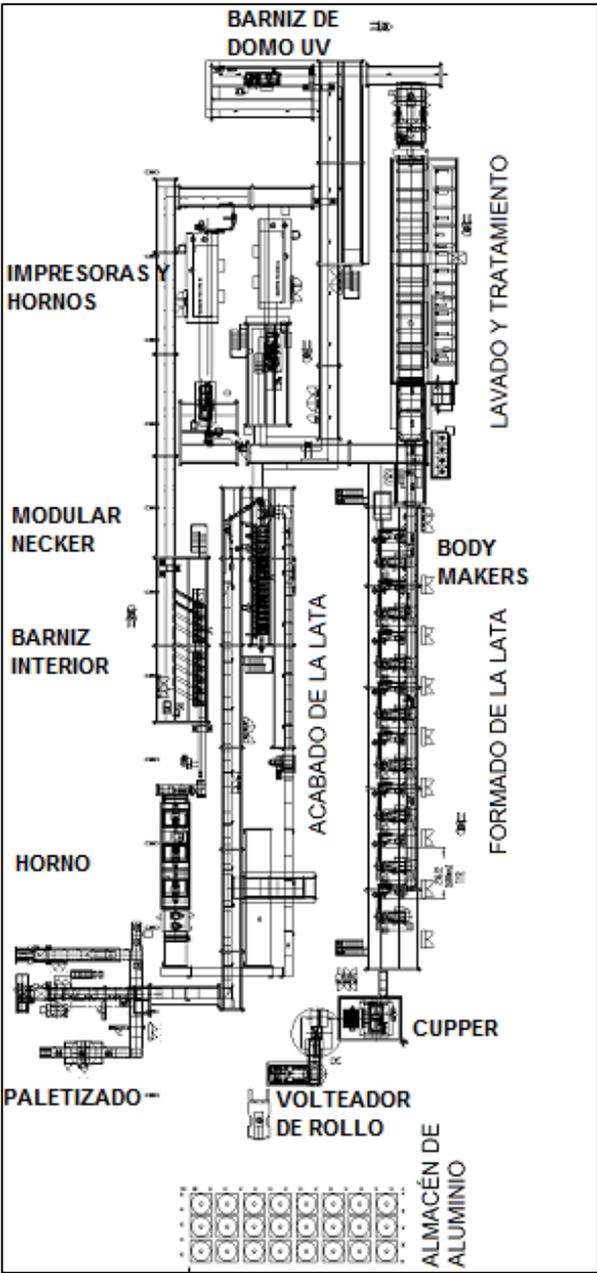
En la parte organizacional, Envases de Centroamérica cuenta actualmente con alrededor de 160 personas, de las cuales el 30% trabajan en la administración y el resto en planta. Se tienen 4 turnos de trabajo, tres grupos trabajan en turno rotativo, en donde trabajan cuatro jornadas de doce horas de día o de noche según la rotación y descansan dos días completos, de esta manera se alternan los tres grupos para que la planta siempre tenga personal disponible. El cuarto turno es el diurno y aplica para todas las personas de oficinas, gerentes y jefes de área.

2.1.1. *Layout* de la planta

La planta de producción está formada por una sola línea de producción, la cual esta dividida en tres áreas principales (ver figura 9):

- El área de formado de la lata
- El área de lavado y tratamiento químico
- El área de acabado de la lata

Figura 9. **Layout** de la planta de fabricación de latas de aluminio de 12 onzas



Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

Como la línea está totalmente automatizada la velocidad de la línea está completamente interrelacionada con estas tres áreas, esto quiere decir, que si alguna máquina para o baja su velocidad, la planta completa reacciona a dicho estado, cambiando automáticamente las velocidades de todas las demás máquinas para obtener un balance de línea automático.

2.1.2. Capacidad de producción

Actualmente, la planta tiene una capacidad máxima de producción de 3 200 latas por minuto y trabaja 24 horas al día todos los días de la semana, en un día se produce aproximadamente 4 millones de latas a una velocidad de producción promedio de 3 000 latas por minuto con un 92% de eficiencia. El balance de la línea se muestra a continuación en la tabla II.

Tabla II. Capacidad de la maquinaria para una velocidad de 3 000 latas por minuto

Descripción del Equipo por Orden de los Procesos		Cantidad	Capacidad por equipo (latas X Minuto)	Capacidad Total (latas X Minuto)	Observaciones
Desembobinador	Uncoiler	1	N.A.		Solo desembobina la lámina de aluminio
Formadora de Copas	Cupper	1	225	3 375	Tiene 15 estaciones de troquelado simultaneas
Formadora de Cuerpo	Body Maker	9	400	3 600	
Recortadora de lata	Trimmer	9	400	3 600	
Lavadora	Washer	1	4 000	4 000	
Barnizado de domo UV	UV Botton coater	1	3 200	3 200	
Impresora	Printer	2	2 000	4 000	
Secado exterior	Exterior Oven	2	2 600	5 200	
Espreado	Sprayer	9	375	3 375	
Horneado interior	Iboven	1	4 000	4 000	
Pre-Encuelladora – Reformadora	Modular Necker	1	3 200	3 200	
Encuelladora – Pestañadora	Spin Flow	1	3 200	3 200	
Paletizado	Paletizer	1	3 200	3 200	
Flejado	Strapper	1	3 200	3 200	
Envolvedora	Wrapper	1	3 200	3 200	

Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

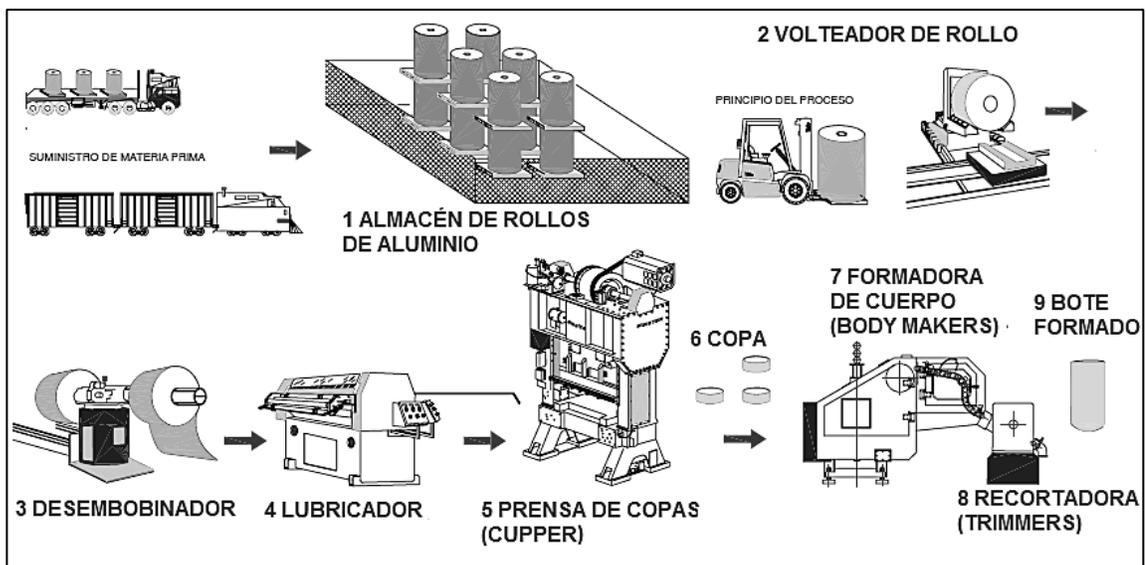
2.1.3. Descripción de los procesos productivos

A continuación se describen las etapas en que se divide el proceso productivo para la manufactura de los envases de aluminio. Está dividido en tres etapas principales, siendo estas: formado del envase, lavado y tratamiento químico y acabado del envase.

2.1.3.1. Formado del envase

El objetivo principal y final de este proceso es el formado de la lata, en la figura 10 se muestra el diagrama de operaciones del proceso de formado de envases.

Figura 10. Diagrama del proceso de formado del envase, Front End



Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

Los 9 pasos que se muestran en la figura 10 se describen a continuación en los correspondientes incisos:

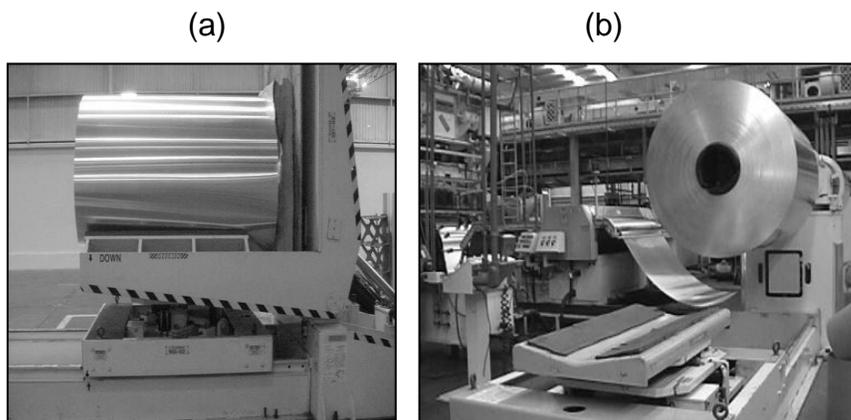
- Almacén de rollos de aluminio: área donde se almacenan los rollos de aluminio.
- Traslado de rollo: con un montacargas de 15 toneladas de capacidad, se transporta el rollo hacia el volteador de rollo, el cual voltea el rollo que va de forma vertical a una posición horizontal.
- Desembobinador: este equipo es el encargado de desenrollar la lámina de aluminio.
- Lubricador: antes de iniciar con el formado de copas la lámina de aluminio pasa por un lubricador que ayudará en el proceso de troquelado.
- Prensa de copas, Cupper: este es el inicio de la transformación del aluminio en lata, aquí se forman las copas por troquelado.
- Copas: estas se forman en el proceso de troquelado de la Cupper.
- Formadoras del cuerpo, Body Makers: estas máquinas son las que forman las latas a partir de las copas.
- Recortadoras, Trimmers: son máquinas encargadas de realizar los cortes de la lata en la orilla superior, para darle la altura necesaria.
- Lata o bote: es el envase de aluminio formado.

- Troquelado de Copas

Este es el inicio del proceso productivo y para esta actividad se realizan ciertas actividades que a continuación se describen:

- Montaje de rollo: al inicio del proceso los rollos de aluminio son colocados sobre una plataforma, la cual tiene la función de voltear los rollos, de posición vertical a posición horizontal, ver figura 11(a). Cada rollo pesa en promedio 25 000 libras. Luego, el rollo es transportado hacia el desembobinador, el cual tiene tres movimientos principales: horizontal, vertical y giratorio, ver figura 11(b).

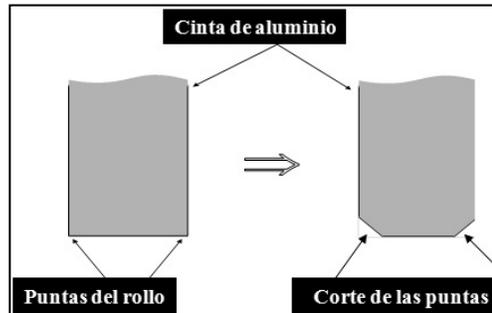
Figura 11. **Volteador de rollos y desembobinador**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

- Alimentación de rollo: para alimentar el rollo hacia los rodillos lubricadores, las puntas del rollo se cortan en forma diagonal para facilitar la entrada a la prensa Cupper, ver figura 12.

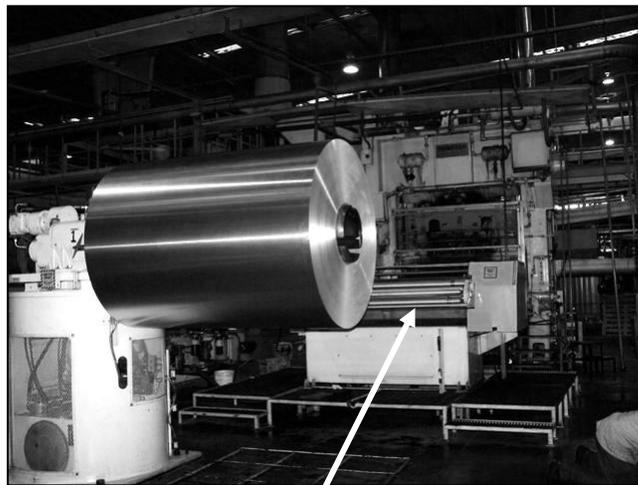
Figura 12. **Corte de puntas de rollo de aluminio**



Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

- Lubricación de rollo: el objetivo de esta operación es el de facilitar a la prensa Cupper el troquelado de las copas. Se aplica el lubricante por medio de unos rodillos de poliuretano en ambos lados de la lámina.

Figura 13. **Rodillos lubricadores de la lámina de aluminio**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

- Formado de copas: en esta etapa la lámina de aluminio es cortada en círculos para formar las copas (ver figura 14). La prensa Cupper tiene la capacidad de formar 15 copas simultáneamente por cada golpe de troquelado y una velocidad máxima de 225 golpes por minuto, lo que representa $225 \times 15 = 3\,375$ copas por minuto.

Figura 14. **Copa formada**

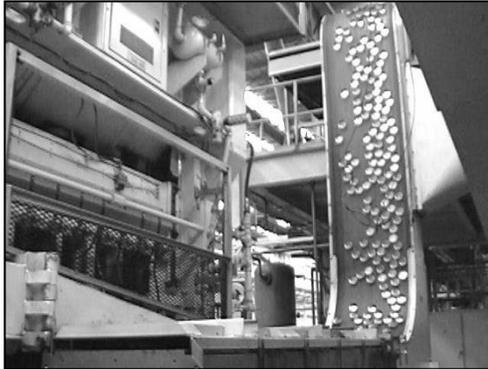


Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

Cuando la prensa Cupper da un golpe y forma las 15 copas, existe cierta rebaba de aluminio que la prensa corta antes de dar el siguiente golpe. Esta rebaba o desperdicio de aluminio, *scrap*, se extrae de la prensa por medio de un sistema de vacío hacia un ducto que está conectado con la compactadora de aluminio, en donde se compacta en cubos y posteriormente se vende.

Finalmente, las copas formadas son transportadas hacia las máquinas formadoras del envase por medio de un transporte de aire.

Figura 15. **Elevador de copas hacia transporte**



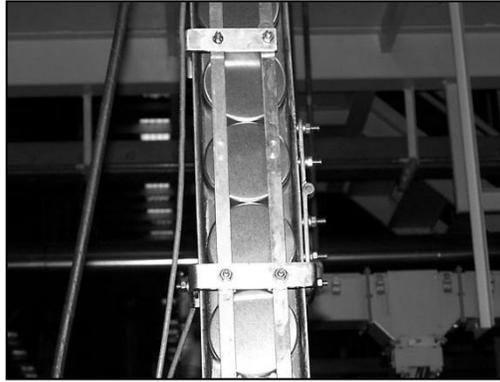
Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

- **Formado del cuerpo de los envases**

Es el segundo paso dentro del proceso de formado del envase, es aquí donde prácticamente se forma el envase de aluminio con las dimensionales requeridas en el diseño de latas de aluminio de 12 onzas.

- Formado de cuerpo: la máquina formadora de latas se denomina en inglés Body Maker, esta recibe las copas por medio de un transporte vertical en donde se colocan en la posición correcta para el proceso de estiramiento que ocurre dentro de la máquina (ver figura 16).

Figura 16. **Copas en transporte vertical hacia una Body Maker**



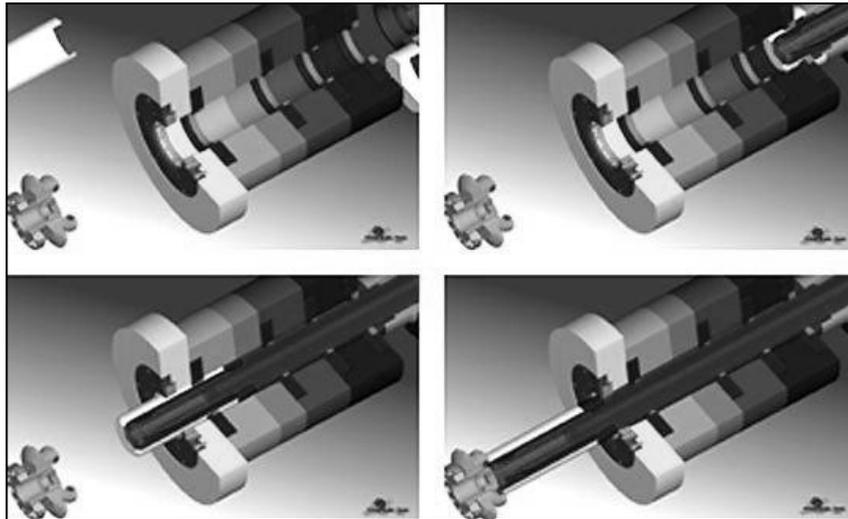
Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

El ciclo de producción de una lata consiste básicamente en un movimiento hacia adelante y uno hacia atrás, de un cilindro que lleva en su extremo un punzón de acero.

- **Movimiento de avance:** en este movimiento del cilindro recíprocante, la copa es forzada a pasar a través del primer disco o dado de una serie de cuatro, que reducen el diámetro interno de la copa. Mientras avanza el cilindro, la copa es forzada a pasar progresivamente por los otros discos cada vez más pequeños, los cuales reducen el grosor de las paredes de la copa.

Al estirar las paredes entre el diámetro externo del punzón y el diámetro interno de los discos se formará la lata con el grosor y largo apropiados. Al final de la carrera de avance, el cuerpo de la lata es presionada contra un molde que le da forma a la parte inferior que se denomina domo. (Ver figura 17).

Figura 17. **Cilindro reciprocante, punzón y discos de formado de la lata**

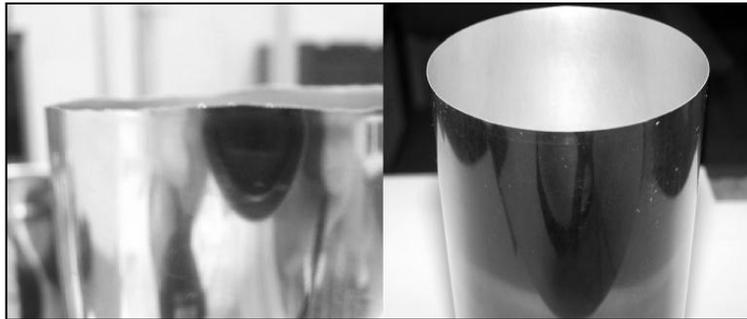


Fuente: Stolle Machinery Company.

- **Movimiento de retorno:** la lata formada debe ser desalojada del punzón para que este inicie su movimiento de retorno. Esto se realiza por la combinación de un sistema de aire y un sistema formado por resortes que actúan como dedos. Luego la lata formada se conduce hacia la máquina recortadora de bordes.

- Recorte de la lata: en esta operación se recorta uniformemente el borde superior de la lata, además de que por medio de ese recorte se le da la altura deseada. Los anillos de aluminio de desperdicio que resultan del recorte, se desalojan por medio de un sistema de vacío hacia la compactadora de aluminio donde se compacta y se vende.

Figura 18. **Recorte de borde superior de lata**

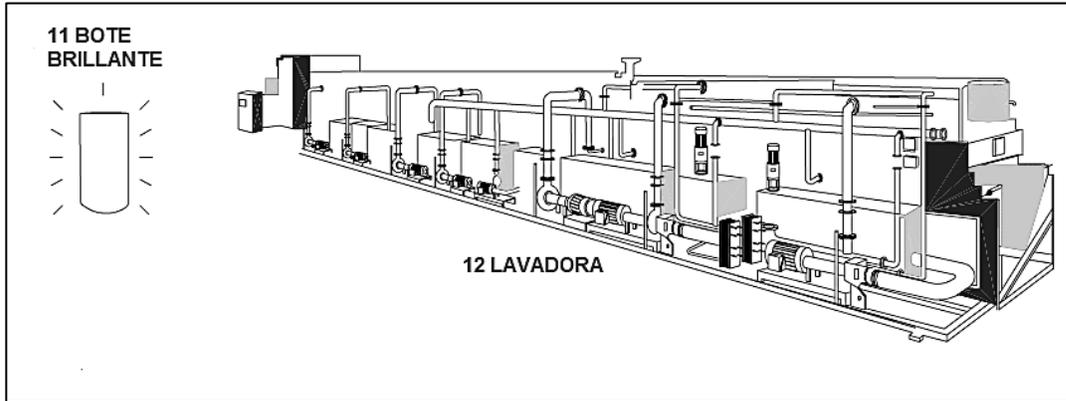


Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

2.1.3.2. Lavado y tratamiento químico

En este proceso la lata pasa a través de una lavadora de alta eficiencia para remover el aceite hidráulico y el soluble del sistema de enfriamiento impregnado, utilizados en el formado de la lata y también para preparar las paredes de la lata, para que las tintas y barnices tengan una buena adherencia.

Figura 19. **Proceso de lavado y tratamiento químico**



Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

En la figura 20 se muestra la diferencia entre el bote húmedo (lata no lavada) y el bote brillante (lata lavada y con tratamiento químico).

Figura 20. **Diferencia entre el bote húmedo y bote brillante**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

- Limpieza y abrillantamiento

Este es el primer paso del proceso de lavado de la lata, el objetivo general es el de dar un lavado inicial para remover suciedad orgánica e inorgánica, está subdividida en las siguientes estaciones:

- Preenjuague: también se le denomina vestíbulo o estación de prelimpieza y el objetivo de esta estación es la de remover de la superficie del envase el aceite soluble, tratando de diluir la alta concentración de aceite, reduciendo así, el grado de contaminación de la estación de prelavado. El agua después de enjuagar la lata continua su camino hacia la estación de tratamiento.
- Prelavado: mediante la aplicación de chorros a alta presión (40 - 45 libras por pulgadas cuadradas) y una solución de ácido sulfúrico, se remueve hasta un 70% de la alta concentración de aceites solubles de la superficie de las latas antes de la limpieza química. La temperatura unida al contenido de ácido sulfúrico rompe la emulsión, haciendo que los aceites floten en la superficie y sean removidos por rebose, el resto de la solución permanece en operación mediante un ciclo cerrado. El principal parámetro de control de esta estación es el pH.

- Lavado químico: esta etapa tiene como finalidad la remoción de todos los residuos orgánicos e inorgánicos que aún se encuentren en la superficie de la lata. Con este fin se aplican mezclados en agua los químicos: Clene 101 y ACC 2A. La remoción de estos residuos se hace mediante el correcto control de las variables químicas, mecánicas, temperatura y tiempo de residencia. Los parámetros que se deben controlar en esta estación son: acidez libre, acidez total y milivoltaje.
- Remoción de solución química y enjuague

Este es el segundo paso del proceso de lavado de la lata y consiste en las siguientes etapas:

- Primer *drag-out*: esta estación consiste en extraer la solución ácida y su finalidad es la de detener la reacción química mediante la remoción y captura de la solución limpiadora, previniendo a su vez la contaminación del primer enjuague.
- Primer enjuague: el objetivo de esta estación es la de remover completamente toda la solución limpiadora e impurezas de la lata y reducir la acidez de la superficie del aluminio asegurando una calidad uniforme de la conversión química. Un rebose constante es necesario para prevenir la contaminación por sales insolubles ácidas que podrían originar marcas de contacto y manchas en la superficie.

- Tratamiento con circonio y remoción

Esta etapa sólo se habilita cuando la lata que se produce va a ser para envasar cerveza. En el proceso de la cerveza, esta pasa por un proceso de pasteurización la cual le puede causar daño a las tintas y barniz exterior de las latas, por lo que se le aplica circonio, el cual tiene como finalidad formar una capa de cristales que protege las tintas y barnices del efecto perjudicial de la pasteurización. El circonio sobrante se remueve en la etapa de segundo enjuague.

- Segundo enjuague

Esta etapa comprende las estaciones de segundo *drag-out* y segundo enjuague. El objetivo es el de remover los residuos del NC 900 de la superficie de los botes. Sin este enjuague el NC 900 continúa reaccionando con la superficie del aluminio produciendo sobre tratamiento, ocasionando una posible pérdida potencial de la adherencia de tintas y una pobre movilidad.

Se necesita un constante rebose de este enjuague para evitar acumulación de sales insolubles que ocasionan las marcas de contacto. Los principales parámetros a controlar son:

- pH, en el segundo *drag-out*
- Conductividad, pH y PPM de cloro en el segundo enjuague

- Lavado con agua desmineralizada

El agua desmineralizada o DI, es un agua libre de todas las sales minerales (calcio, silicatos, fosfatos, etcétera) que han sido removidas mediante el uso de las columnas. La presencia de estas sales en la superficie de la lata origina problemas de adherencia de las tintas y metal expuesto.

El agua DI por estar libre de minerales, atraerá aquellos que se presentan en la superficie de la lata, por lo que no se encontrará ninguno de ellos posteriormente en la superficie del metal. Los principales parámetros a controlar son: conductividad, pH y PPM de cloro.

- Aplicación de aditivo de movilidad

La aplicación del agente de movilidad Cor-Rinse 42C1 tiene como objetivo mejorar la movilidad de la lata, facilitando su desplazamiento en los transportadores y a su vez facilitando el escurrido del agua en la superficie de la lata, haciendo que la temperatura del horno de la lavadora pueda ser reducida, generando como consecuencia ahorro en el consumo energético.

Adicional a lo anterior, la aplicación del Cor-Rinse 42C1 proporcionará una reducción en la rugosidad de la superficie de la lata. Los principales parámetros a controlar son: conductividad, concentración y PPM de cloro.

- Secado

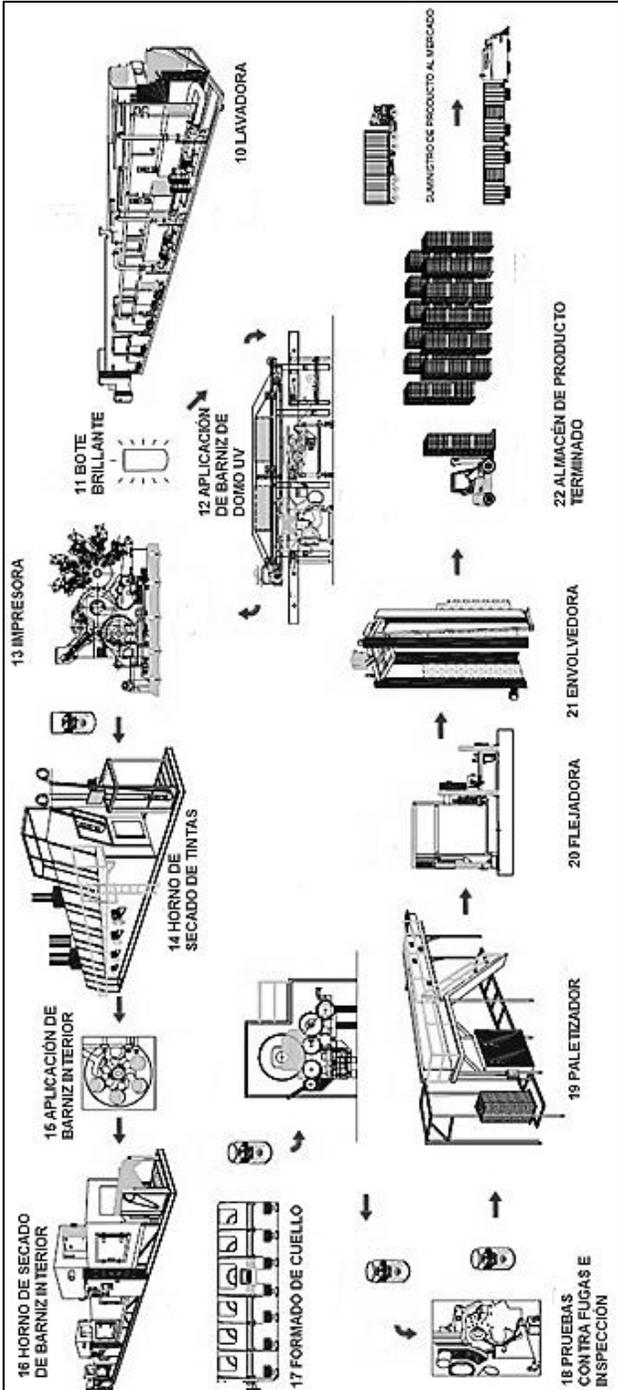
El objetivo del secado es retirar toda la humedad de la superficie de la lata, esto se hace por medio de un horno de secado en el cual las temperaturas deben estar entre 160-170 grados Celsius.

El horno en su primera sección elimina la mayor cantidad de humedad de la superficie, en su segunda sección da el secado final de la misma.

2.1.3.3. Acabado del envase

Este proceso se denomina en inglés Back End, es la parte final del proceso productivo, ya que aquí se realizan todos los procesos en donde se dan las características finales a la lata de 12 onzas.

Figura 21. Diagrama del proceso de acabado del envase, Back End



Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

Los pasos que se muestran en el diagrama del proceso de acabado del envase de la figura 21, se describen a continuación según el inciso correspondiente:

- Proceso de lavado y tratamiento químico: proceso previo al Back End.
- Bote brillante: lata lavada.
- Aplicación de barniz de domo: este barniz le sirve a la lata para mejorar su movilidad durante su transporte.
- Impresoras: en este paso del proceso se realiza la impresión de los colores y la aplicación del barniz exterior según el diseño requerido por los clientes.
- Hornos de pernos: las latas pasan a través de este horno con el objetivo de secar la tinta y el barniz aplicado.
- Barnizado interior: se le aplica un barniz atomizado en el interior de la lata para evitar contacto del metal con el líquido envasado.
- Horno de secado de barniz interior: las latas son transportadas hacia un horno el cual seca el barniz interior aplicado.
- Formado de cuello: las latas pasan al proceso de formado de cuello donde en la máquina Modular Necker se forma dicho cuello al pasar por 14 estaciones diferentes.

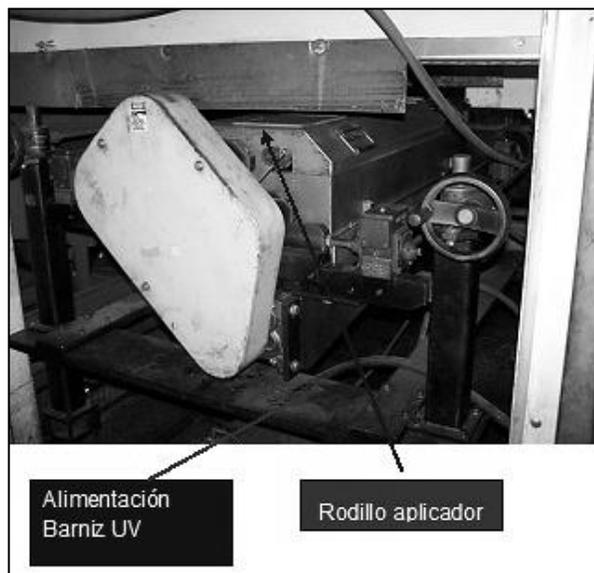
- Pruebas contra fugas e inspección: al final de la Modular Necker, hay dos estaciones más en la cual se verifican que las latas no tengan agujeros o defectos de calidad y si hubiera, la máquina la expulsa de la línea.
- Paletizador: es un equipo encargado de formar los *pallets* automáticamente, los cuales son de aproximadamente 8 000 latas cada uno.
- Flejadora: este equipo se encarga de colocarle tiras de fleje tensionado de forma vertical a los *pallets* para evitar que se caigan las latas con los movimientos.
- Envolvedora: este equipo envuelve los *pallets* con un plástico especial para proteger y mantener limpias las latas en su almacenamiento y posterior transporte.
- Almacén de producto terminado: es el área asignada para almacenar los *pallets* terminados previo a transporte final.

- Barnizado y curado del domo

La aplicación de este barniz en el domo se realiza mediante unos rodillos barnizadores que impregnan las latas en el domo, conforme las latas son transportadas por esta estación. El objetivo de la aplicación de éste barniz es la de facilitar el desplazamiento de la lata en todo el transporte y evitar que ocurran bloqueos en el mismo.

Inmediatamente después, las latas con el barniz impregnado en el domo, pasan a la estación de curado, lo cual se realiza por medio de lámparas de luz ultra violeta UV, lo cual permite que el barniz se seque y le da la movilidad necesaria a las latas.

Figura 22. **Estación de aplicación de barniz de domo**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

Figura 23. **Estación de curado de barniz de domo por medio de luz UV**



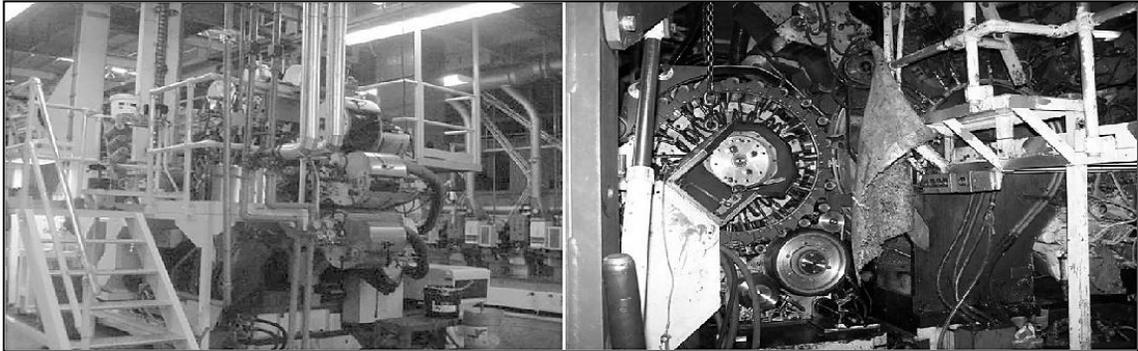
Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

- Impresión de lata y aplicación de barniz exterior

Esta etapa tiene un doble fin: realizar el proceso de impresión y recubrir la lata con una laca protectora. La impresión se realiza de un modo muy parecido a como se imprime una revista, mediante una máquina rotativa, la diferencia es que la superficie de impresión es cilíndrica en lugar de plana.

Esta máquina, la decoradora, tiene una capacidad de impresión de ocho colores. El proceso de impresión utilizado es llamado flexografía, en el cual las latas pueden recibir los ocho colores de forma simultánea.

Figura 24. **Impresora de latas**

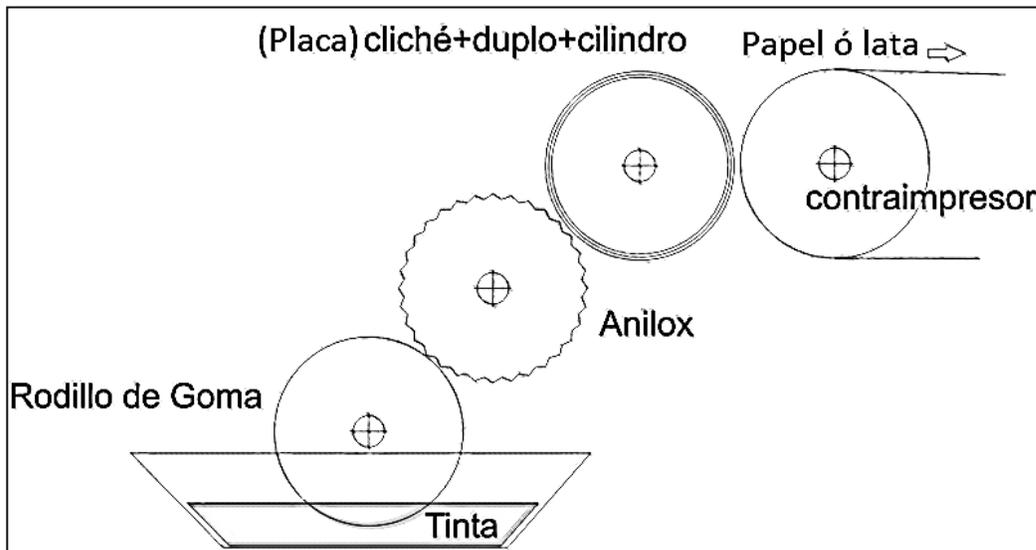


Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

La flexografía es una técnica de impresión en relieve, puesto que las zonas impresas de la forma están realizadas respecto de las zonas no impresas. La plancha, llamada cliché o placa, es generalmente de fotorolímico (anteriormente era de hule vulcanizado) que, por ser un material muy flexible, es capaz de adaptarse a una cantidad de soportes o sustratos de impresión muy variados. Es un método semejante al de un sello de imprenta.

Las impresoras suelen ser rotativas y la principal diferencia entre estas y los demás sistemas de impresión es el modo en que el cliché o placa recibe la tinta. Generalmente, un rodillo giratorio de caucho recoge la tinta y la transfiere por contacto a otro cilindro llamado anilox. El anilox, por medio de unos alvéolos o huecos de tamaño microscópico, formados generalmente por abrasión de un rayo láser en un rodillo de cerámica y con cubierta de cromo, transfiere una ligera capa de tinta regular y uniforme a la forma impresora, placa o cliché. Posteriormente, el cliché transferirá la tinta al soporte a imprimir.

Figura 25. Sistema de impresión por flexografía



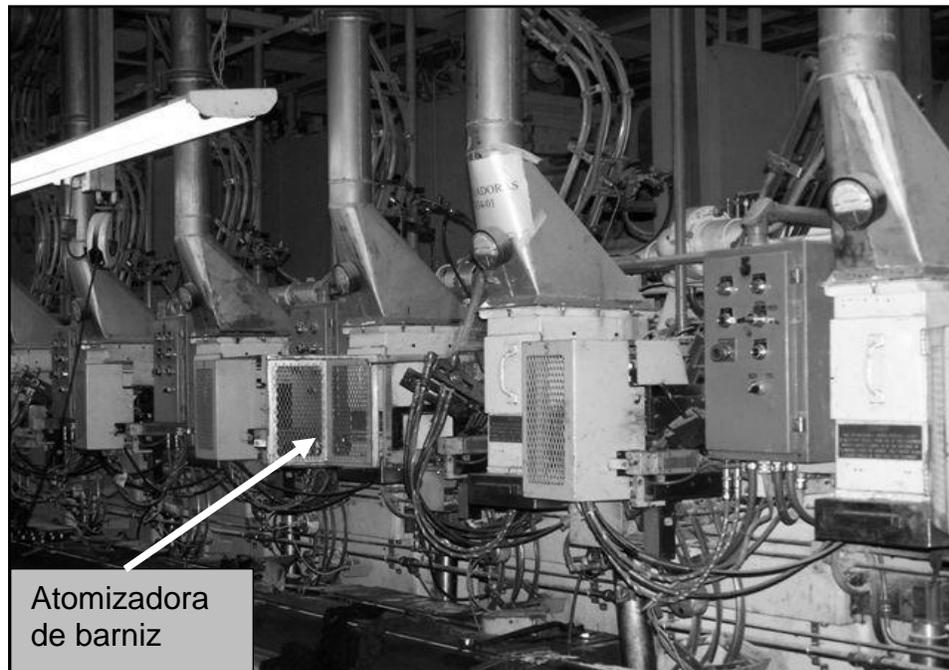
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Flexograf%C3%ADa>. Consulta: julio de 2011.

- Curado de barniz exterior y tintas: una vez impresas las latas, se vuelven a enviar a un horno de cocción externa para secar las tintas y barniz aplicados. Así se conseguirá lo que se denomina curado, proceso por el que la capa impresa adquiere estabilidad y resistencia al roce. Este se consigue a una temperatura de 180 grados Celsius durante 60 segundos.
- Barnizado y curado del interior de los envases

A continuación, se aplica un barnizado para proteger el interior de la lata y el producto. Cada lata se barniza dos veces, por medio de dos boquillas rociadoras de barniz. Posteriormente el barniz es secado en un horno.

El objetivo principal de este barnizado es el de imposibilitar el contacto de la bebida con el aluminio. Este es una de las operaciones más críticas de todo el proceso productivo.

Figura 26. **Aplicación de barniz interior**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

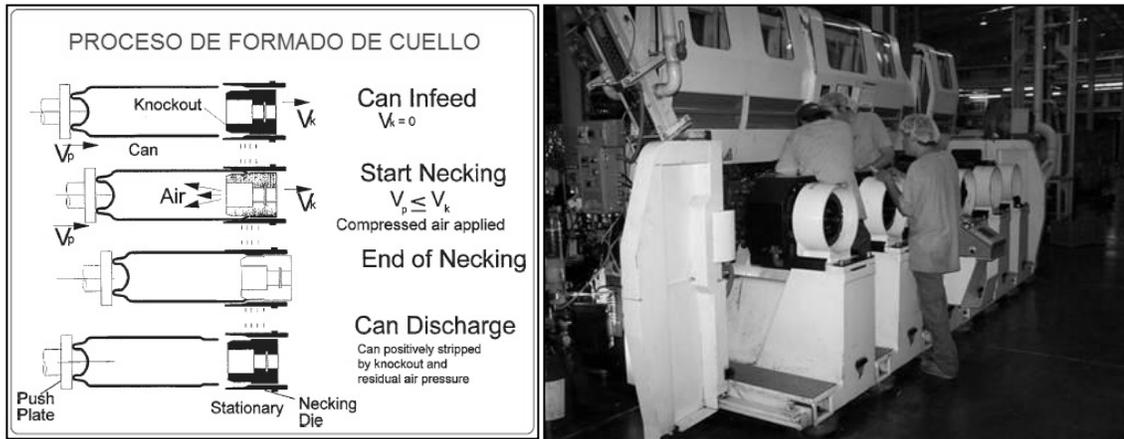
- Formado del cuello e inspección

En esta etapa se utiliza una máquina con diferentes estaciones que se denomina Modular Necker, cada estación realiza una acción diferente que colabora para que al final en forma general se forme el cuello de la lata, éstas estaciones son las siguientes:

- Aplicación de cera: un proceso esencial de lubricación con cera, en la parte superior de las latas, que debe preceder siempre al proceso de formado del cuello. Esta lubricación puede ser aplicada con cera o parafina o con aceite mineral.
- Formado del cuello: este proceso produce una reducción de la parte abierta de la lata (parte superior), para permitir el uso de una pequeña y delgada tapadera después de ser envasado el líquido. Dependiendo de cuantas etapas de formado de cuello tenga la máquina Modular Necker, así se podrán formar cuellos con superficies onduladas, cuellos con superficie suavizada o una combinación de ambas.

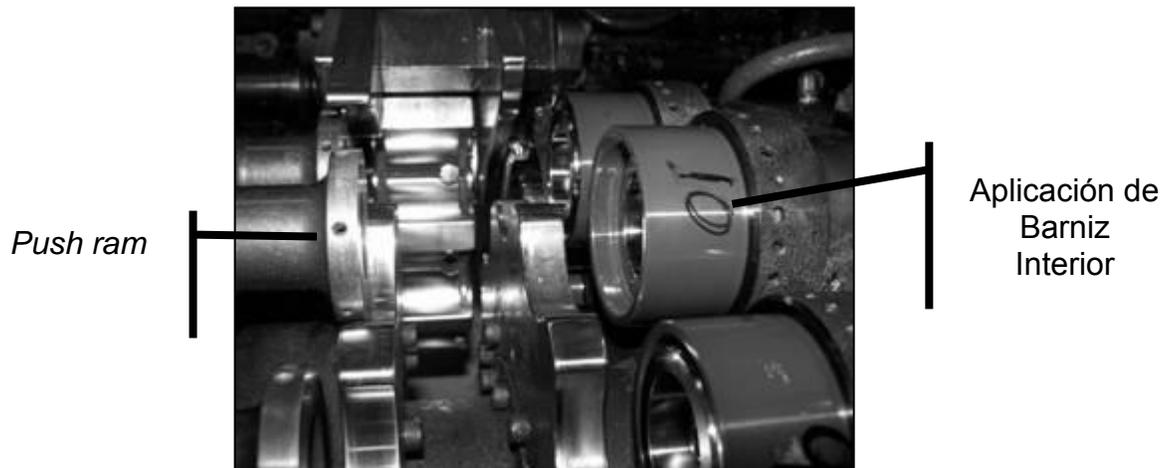
Ésta máquina consta de varias torretas rotativas formadoras de cuello, en donde en cada una de ellas hay cilindros o ejes en cada lado de la lata (*push ram* - lado izquierdo y *el knockout ram* – lado derecho) (ver figura 27 y 28), los cuales controlan el posicionamiento y formado del cuello. La herramienta de formado de cuello está posicionada en la parte del *knockout ram*. Estos ejes forman una torreta y puede haber hasta 14 en una misma máquina.

Figura 27. **Proceso de formado de cuello**



Fuente: Manual de operaciones y mantenimiento de Belvac Modular Necker Flanger, Envases de Centroamérica, S.A.

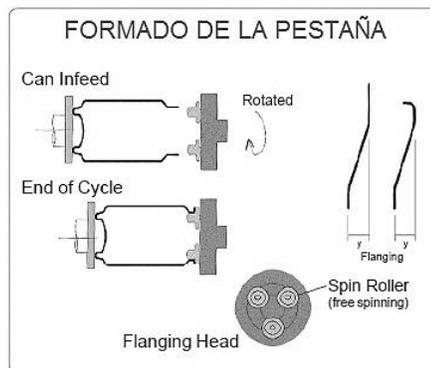
Figura 28. **Vista del *push ram* y *knockout ram***



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

- Pestañadora: en esta estación de la máquina se forma una pequeña pestaña en la parte abierta de la lata. El objetivo de esta pestaña es de formar una orilla doble que se junta y sella con la tapadera al momento de ser colocada esta última. La herramienta de la pestañadora está compuesta por un cabezal, flanging head y los rodillos, spin rollers que forman la pestaña mientras rotan en la lata. La figura 29 muestra el proceso del formado de la pestaña.

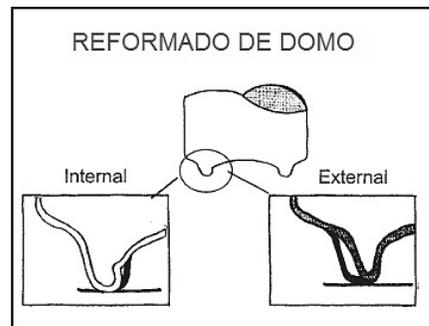
Figura 29. **Proceso del formado de la pestaña**



Fuente: Belvac Production Machinery Inc.

- Reformado de domo: esta operación consiste en la modificación del domo de la lata que se hizo en el proceso de formado del cuerpo. El objetivo principal es aumentar la resistencia a los golpes y la resistencia a la presión interna de los líquidos que se envasarán. Se realiza por medio de un push ram (cilindro de empuje) y un conjunto de rodillos colocados en el lado inverso de donde están posicionados en la pestañadora.

Figura 30. **Reformado del domo de la lata**



Fuente: Belvac Production Machinery Inc.

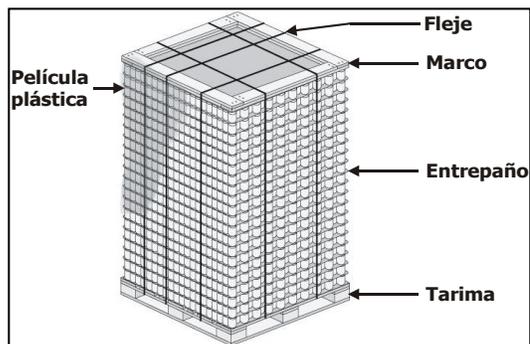
- Inspección: la inspección de las latas se realiza por medio de dos equipos de forma automatizada. El primer equipo es una probadora de luz, light tester, para verificar que las latas no lleven ningún agujero, éste defecto se denomina *pin hole* en inglés. Esta verificación se realiza en cada una de las latas que van saliendo de la Modular Necker, por medio de una luz que se distribuye hacia el interior de las latas. La otra verificación se realiza por medio de un equipo inspector de video de todas las latas que se denomina Pressco, el cual revisa cualquier anomalía en el cuerpo de la lata y la pestaña. Cuando los equipos detectan un defecto lo sacan de la línea automáticamente por medio de aire comprimido.

- Paletizado

Las latas terminadas son paletizadas de acuerdo con los requerimientos del cliente. Un *pallet* promedio consta de 8 169 latas pero varía la cantidad dependiendo de los requerimientos de los clientes.

Es en este proceso donde se paletizan las latas, se coloca una cinta flejadora la cual sirve para amarrar todos los niveles de los *pallets* y se envuelve en una película plástica para evitar contaminación.

Figura 31. ***Pallet terminado***



Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

- Verificación final

La verificación del producto terminado la realiza el responsable de control de proceso. Esta verificación se hace por medio de muestreo en el que se verifican visualmente los *pallets* y se hace una prueba de exposición de metal para verificar que el barniz interior haya sido aplicado correctamente.

2.1.4. Áreas auxiliares y de servicio

Estas áreas son todas las que proveen algún servicio hacia la línea de producción y son esenciales para su buen funcionamiento. Algunas proveen el servicio de manera directa, como por ejemplo, el aire comprimido, ya que si hubiera algún fallo en esta área, se para la línea de producción.

Algunas otras proveen dicho servicio de manera indirecta, como por ejemplo, las oficinas administrativas, ya que de estas se provee información para la planificación más no así para el funcionamiento de la línea.

2.1.4.1. Tanque de gas licuado de petróleo

En la empresa hay dos tanques de almacenamiento de gas licuado de petróleo, con capacidad de 11 050 y 925 galones respectivamente. El gas que está almacenado en tanque de mayor capacidad, es usado principalmente para el funcionamiento de la línea, en el horno de secado de la lata en la lavadora, en la caldera de generación de agua caliente para la lavadora, en los dos hornos de pernos de secado de tintas y barniz y en el horno IBO de secado de barniz interior. Por otro lado, el gas almacenado en el tanque de menor capacidad es utilizado exclusivamente para los montacargas de planta.

2.1.4.2. Compresores

Para la generación de aire comprimido se cuenta con cuatro compresores, dos de los cuales tienen una potencia de 350 caballos y generan 1 875 pies cúbicos por minuto de aire, uno de 125 y otro de 100 caballos, que generan 680 y 550 pies cúbicos por minuto de aire respectivamente.

2.1.4.3. Bombas de vacío

Se cuenta con dos bombas de vacío de 200 caballos de potencia y generan un flujo de aire de vacío de 3 095 pies cúbicos por minuto.

2.1.4.4. Sistema de refrigeración de la maquinaria

El refrigerante usado está compuesto por una mezcla de agua suave con un aceite sintético, a la cual se le denomina soluble.

El sistema de enfriamiento está compuesto por un tanque de refrigerante sin filtrar o tanque sucio, en el cual se bombea soluble hacia el filtro de 7 placas por donde pasa el refrigerante sucio a través de un papel, que es el medio filtrante y luego el soluble filtrado, llega al tanque de refrigerante filtrado o tanque limpio, allí es bombeado nuevamente el soluble hacia la maquinaria para realizar su función.

Luego, al cumplir su función el refrigerante en las máquinas, este es recolectado a un tanque de almacenamiento denominado sump tank y de allí es bombeado hacia el tanque sucio para iniciar nuevamente el ciclo de filtrado.

- Por medio de un enfriador de agua - soluble

Para garantizar que el soluble cumpla su función de extraer el calor de las máquinas, este es pasado por un intercambiador de calor agua - aceite antes de ser enviado hacia la maquinaria. Con éste paso se garantiza que el soluble llegue a una temperatura máxima de 41 grados Celsius y cumpla su función de extracción de calor.

2.1.4.5. Compactadora de aluminio

Debido a que en el proceso de formado de copas y cuerpo de la lata, inevitablemente se genera desperdicio o *scrap*, ya que por cada golpe de la Cupper se genera *scrap* de 15 copas y en el recorte de la orilla superior de la lata. Este desperdicio es necesario compactarlo inmediatamente debido a que el volumen es grande y se necesitaría mucho espacio para almacenarlo.

Para este efecto, se tiene una máquina compactadora que está conectada a un sistema de vacío formado por dos ventiladores que generan vacío en dos sistemas de tuberías independientes, uno que está directamente conectado a la Cupper y a las Trimmers y el otro está conectado a varios puntos de la línea de producción, para sacar todas las latas defectuosas para compactarlas.

2.1.4.6. Almacén de materias primas

El almacén de materias primas está subdividido en tres áreas: el almacén de barnices, el almacén de químicos y el almacén de aluminio. En el almacén de barnices y químicos se tiene un inventario aproximado de 45 días, mientras que en el de aluminio el inventario promedio es de 25 días. El aluminio es la materia prima más cara del proceso productivo.

2.1.4.7. Talleres

Se cuenta con los siguientes talleres que están a disposición del proceso productivo:

- Tool room: este taller es utilizado específicamente para la herramienta de las Body makers y su función principal es alargar la vida útil de los anillos del formado del cuerpo y que desgastan con gran frecuencia.
- Taller de mantenimiento: es utilizado por el personal del Departamento de Mantenimiento para realizar las labores propias del mantenimiento.
- Taller de Back End: utilizado para dar mantenimiento a tinteros de las impresoras y para todas las labores de mantenimiento de los equipos del área de Back End.
- Taller de soldadura: así se le denomina al taller de herrería de la empresa y su función es prestar ese servicio a toda la línea de producción.

2.1.4.8. Oficinas

Las oficinas se encuentran divididas en dos áreas con base en la función que cumplen dentro de la empresa:

- Oficinas administrativas: estas ocupan un área de 800 metros cuadrados y están ubicadas en el edificio frontal de la empresa. Aquí se encuentran las oficinas de los departamentos de índole administrativos como Gerencia General, Finanzas; Ventas y Logística.

- Oficinas de producción: así se les denomina a las oficinas que se encuentran en la nave adjunta a la planta de producción. Aquí se encuentran las oficinas de los departamentos que están involucrados directamente con la producción como lo son: Producción, Mantenimiento y Aseguramiento de la Calidad. Estas ocupan un área de 800 metros cuadrados.

2.1.5. Mantenimientos de maquinaria y equipo

El Departamento de Mantenimiento es el responsable de los distintos mantenimientos que se realizan a la maquinaria y equipos de producción. Los mantenimientos son programados en el sistema SAP y se ejecutan por medio de órdenes de mantenimientos predictivos y preventivos.

2.1.5.1. Predictivo

El mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado de la maquinaria en operación. El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen para después tomar acciones. En la empresa el responsable de coordinar éste mantenimiento es el técnico en mantenimiento predictivo, el cual cuenta con herramientas y equipo para análisis de vibraciones, una cámara de termografía, estetoscopio y lo más importante conocimiento sobre el tema.

2.1.5.2. Preventivo

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de los equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos de los equipos, logrando prevenir las incidencias antes de que ocurran.

En la empresa se tienen programadas las órdenes de mantenimiento preventivo en el sistema SAP y se ejecutan siempre y cuando las máquinas se puedan parar y haya otra máquina sustituta. En el caso de que se necesite parar una máquina que no tenga una máquina sustituta, se realiza el mantenimiento preventivo en el día asignado del mes, ya que siempre se realiza un paro de planta por mantenimiento mensual.

2.1.5.3. Correctivo

En este tipo de mantenimiento la palabra mantenimiento es sinónimo de reparación y el servicio de mantenimiento opera con una organización y planificación mínima.

En la empresa los mantenimientos correctivos se tratan de minimizar, enfocándose en lo predictivo y preventivo, pero cuando se dan y se tratan como emergencia ya que la mayoría de las veces provocan paros de la línea de producción.

2.1.6. Energéticos

Dentro de la estructura del costo de conversión, los energéticos son los que ocupan el segundo lugar más alto después del aluminio, por eso se lleva un seguimiento diario del consumo de estos insumos.

2.1.6.1. Energía eléctrica

La energía eléctrica es proporcionada por una generadora local, la cual provee tres líneas de tensión con una entrada de 13 800 voltios nominales. La planta cuenta con una subestación eléctrica con dos transformadores de 500 kilovoltamperios. El consumo mensual es de 1 680 000 kilowatt-hora al mes. El cálculo de consumo se hace por medio de la siguiente fórmula: kilowatt-hora consumidos/millar de latas producidas.

2.1.6.2. Gas Licuado de Petróleo (GLP)

El gas es utilizado para el funcionamiento de los quemadores del horno de secado del proceso de lavado, los dos hornos de pernos de secado de tintas y barniz exterior, el horno de secado de barniz interior y la caldera del proceso de lavado. El consumo mensual es de aproximadamente 35 000 galones mensuales. El cálculo de consumo se hace con el indicador de millones de British Thermal Units por millar de latas producidas.

2.1.6.3. Agua

El agua es utilizada en grandes cantidades específicamente para el proceso de lavado y tratamiento químico, se consumen alrededor de 5 000 metros cúbicos mensuales. La planta cuenta con un pozo de donde se provee de este líquido y por eso no tiene ningún costo al proceso. Se lleva un indicador de consumo de agua sólo para evitar desperdicios y tener consideraciones con el ambiente.

Cuando el agua sale del proceso de lavado es tratada en la planta de tratamiento de aguas residuales instalada en la planta, para garantizar que no se viertan a los ríos con agentes contaminantes, ya que ésta lleva aceite lubricante, soluble, solución química y partículas de aluminio.

2.1.7. Emisiones

Son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión; así como, toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que emanan como residuos o productos de la actividad humana o natural.

2.1.7.1. Gases de combustión

La empresa ha realizado mediciones de los gases de la combustión de los hornos y no representan un riesgo grande de contaminación para el ambiente.

2.1.7.2. Ruido

El límite máximo de ruido permisible para una persona en un turno de 8 horas es de 85 decibeles. En la tabla III se muestran los siguientes niveles de ruido medidos en diferentes áreas de la planta de producción.

Tabla III. Nivel de ruido en la planta

Area	Intervalo de Medición	Medicion Promedio (db)	Contaminante o Materia Prima	Equipo en Uso	Comentarios
Cupper	98-105 dB	102 dB	Ruido fluctuante	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Body Makers		99 dB	Equipo # 41	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
		100 dB	Equipo # 44	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
		100 dB	Equipo # 46	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Lavadora	92-97 dB	97 dB	Varios puntos de medicion	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Aplicacion Barniz de Domo UV	91-93 dB	93 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Impresora 1	98-101 dB	101 dB	Varios puntos de medicion	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Impresora 2	99-103 dB	103 dB	Varios puntos de medicion	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Pin oven		95 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Necker	102-105 dB	105 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Horno IBO	94-96 dB	96 dB	Varios puntos de medicion	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Paletizado	87-89 dB	88 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Bodega PT	80-86 dB	86 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Entrepaños	76-80 dB	80 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Compactadora	93-95 dB	95 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Compresores	91-97 dB	97 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
Espreadora		102 dB	Ruido	Tapones auditivos	El nivel de ruido es alto y fluctuante.
			Gases y vapores		Es importante la proteccion respiratoria derivado de los vapores que estan presentes en el area.
			Visual		Esta debe de ser con sello total a los ojos para evitar contacto con las moleculas de los vapores.

Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

2.1.7.3. Olores

Los olores dentro de la planta de producción son generados en su mayoría por los solventes que se utilizan en el barniz que se aplica en el interior y exterior de la lata.

El indicador para medir la intensidad de los olores se denomina por sus siglas en inglés VOCs, Volatile Organic Compounds, que significa Componentes Orgánicos Volátiles y estos son emitidos por ciertos sólidos y líquidos. La concentración de altos niveles de VOCs es mucho más elevada en un sitio cerrado que al aire libre (arriba de diez veces más alto).

Actualmente, en el área de impresoras rotativas y en las máquinas atomizadoras de barniz interior, son las dos áreas donde se generan olores a solventes. Pero tienen un bajo nivel de VOCs. En el resto de las instalaciones de la planta industrial no hay ningún olor predominante y fuera de las instalaciones de la planta no se percibe ningún olor proveniente del interior de la planta.

2.1.8. Salud ocupacional

Según la Norma ISO 18001-2007, la seguridad y salud ocupacional se define como las condiciones y factores que afectan o podrían afectar, la salud y seguridad de los empleados, trabajadores temporales, contratistas, visitas y cualquier otra persona en el lugar de trabajo. La empresa cuenta con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, con el objetivo de prevenir y evitar accidentes.

2.1.8.1. Seguridad industrial

Para cumplir con las normas de seguridad industrial, la empresa creó normas y procedimientos para trabajadores y visitantes, para garantizar la seguridad de ellos cuando ingresen a sus instalaciones.

- Mapa de riesgos

Para planificar y realizar adecuadamente el control del riesgo es necesario conocer las condiciones de trabajo. No se previene lo que no se conoce. Es necesario contar con un sistema de información que permita conocer las situaciones de riesgo laboral y los trabajadores expuestos a los que afectan.

El concepto de mapa de riesgos engloba cualquier instrumento informativo que mediante informaciones descriptivas e indicadores adecuados, permita el análisis periódico de los riesgos de origen laboral de una determinada zona. La lectura crítica de las informaciones que se originan, debe permitir la programación de planes de intervención preventiva y la verificación de su eficacia, una vez realizados.

En la empresa este mapa está publicado en la planta para que todos los trabajadores estén conscientes de los riesgos a que se exponen en cada área de la planta y tomen sus precauciones, adjunto en la figura 32 se muestra el mapa de riesgos.

- Equipo de seguridad industrial

El equipo de seguridad industrial obligatorio para ingresar a la planta de producción son: lentes de seguridad, tapones de oído u orejeras, botas industriales con punta de acero, arnés en el caso de realizar trabajos en altura. Para trabajos de soldadura se debe tener un permiso especial de trabajo que será proporcionado por el encargado de Seguridad Industrial y Ambiente o por el inspector de Seguridad Industrial y obligatoriamente se debe contar con un extinguidor en buen estado.

- Plan de contingencia

El plan de contingencias es el conjunto de directrices e informaciones para la adopción de procedimientos estructurados que proporcione una respuesta rápida y eficiente en situaciones de emergencia dentro de la empresa.

El plan de contingencias de la empresa contiene las jerarquías de puestos para la toma de decisiones en caso de emergencias, los teléfonos de emergencias de bomberos y hospitales, instrucciones en caso de sismos o terremotos, emergencias relacionadas con el clima, huracanes, tormentas invernales, tempestades severas, conato o incendio declarado, accidentes industriales, derrames mayores, medios de comunicación y relaciones públicas, recuperación de la emergencia y caída de aeronaves.

2.2. Identificar las Operaciones Unitarias Críticas

Para evaluar los procesos de producción de la planta en el enfoque de Producción más Limpia, se deben evaluar las Operaciones Unitarias de todo el proceso productivo para determinar las oportunidades de Producción más Limpia.

2.2.1. Operaciones Unitarias

Una Operación Unitaria (OU) es un componente de un proceso de producción, que cumple una función específica, sin la cual el proceso no podría cumplir su función global. Ejemplos de Operación Unitaria en un ingenio azucarero, son: molienda, extracción, purificación del jugo, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugación y secado. La metodología a utilizar es la siguiente:

2.2.1.1. División del proceso de producción

En esta etapa se divide todo el proceso de producción en Operaciones Unitarias. Las Operaciones Unitarias del proceso de producción de latas de aluminio son las siguientes:

- Formado del envase
 - Formado de copas
 - Formado del cuerpo del envase
 - Recortar orilla superior del envase

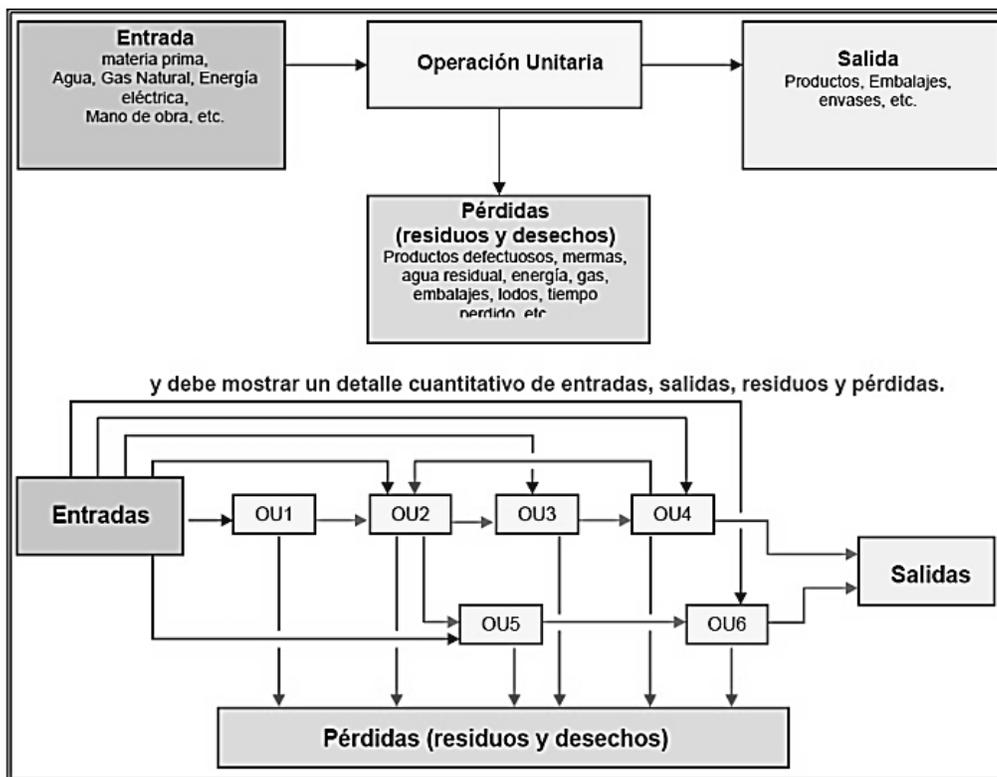
- Lavado y tratamiento químico
 - Preenjuague
 - Prelavado
 - Lavado químico
 - Primer *drag-out*
 - Primer enjuague
 - Tratamiento con circonio
 - Segundo enjuague
 - Lavado con agua desmineralizada
 - Aplicación de aditivo de movilidad
 - Secado

- Acabado del envase
 - Barnizado del domo y curado
 - Impresión y aplicación de barniz exterior
 - Aplicación de barniz interior
 - Curado de barniz interior
 - Formado de cuello y pestaña
 - Paletizado
 - Flejado y empacado

2.2.1.2. Diagramas de flujo

Un diagrama de flujo es un esquema lineal gráfico, con símbolos y flechas, que muestran la secuencia de Operaciones Unitarias identificadas. El diagrama de flujo incluye datos, preferiblemente cuantitativos, sobre las entradas, salidas y pérdidas de cada Operación Unitaria, incluyendo sus relaciones (entradas/salidas), con el fin de representar la transformación de las materias primas, energía y otros insumos, en productos, subproductos y residuos.

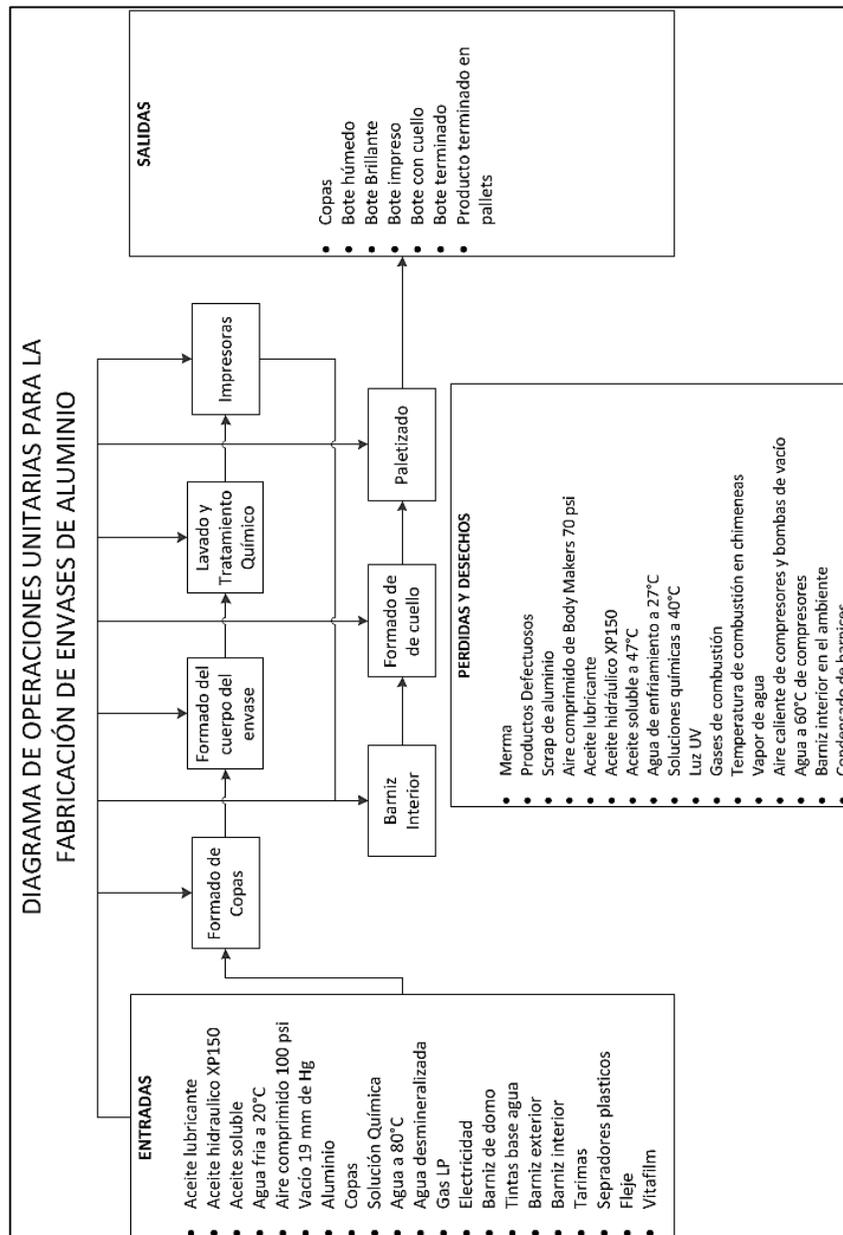
Figura 33. Diagrama de flujo de una Operación Unitaria



Fuente: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. Guía Técnica General de Producción más Limpia. p 27.

A continuación en la figura 34 se muestra el diagrama de flujo del proceso productivo de envases de aluminio:

Figura 34. Diagrama de flujo de Operaciones Unitarias de la planta



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.3. Evaluación preliminar de las operaciones

En esta etapa se analizan de forma preliminar, las entradas y las salidas de las Operaciones Unitarias y se estiman las ineficiencias productivas. Esta se presenta en la tabla IV para el proceso actual de fabricación de envases de aluminio.

Tabla IV. Evaluación preliminar de Operaciones Unitarias

Proceso	Item	Consumo	Dimensional	Presupuesto	Dimensional
Front End	Aceite lubricante	5,96	gal/millón	4,73	gal/millón
Front End	Aceite hidráulico XP 150	4,6	gal/millón	4,2	gal/millón
Front End	Soluble	9,51	gal/millón	9	gal/millón
Front End	Agua fría para refrigeración de máquinas	20	°C	20	°C
Front End	Aire Comprimido	100	psi	100	psi
Front End	Vacío	19	mm de HG	19	mm de HG
Front End	Aluminio	8	rollos/turno	8	rollos/turno
Front End	Copas	3 071,25	copas/min	3 000	copas/min
Lavadora	Clene 101	8,67	gal/millón	9,7	gal/millón
Lavadora	ACC2	4,55	gal/millón	4,8	gal/millón
Lavadora	NC 900	0,72	gal/millón	0,52	gal/millón
Lavadora	NC 9090	0,12	gal/millón	0,148	gal/millón
Lavadora	Agua caliente de caldera	80	°C	60	°C
Lavadora	Gas LP	0,0309	mmBTU/millar	0,033	mmBTU/millar
Back End	Electricidad	15,18	Kw/millar	15,3	Kw/millar
Back End	Barniz de domo	0,608	gal/millón	0,62	gal/millón
Back End	Tintas	63,58	lb/millón	66	lb/millón
Back End	Barniz exterior	64,8	mg/lata	64,5	mg/lata
Back End	Barniz interior	129,5	mg/lata	128	mg/lata
Back End	Cera	0,91	mg/lata	1,22	mg/lata
Back End	Fleje	232	gr/pallet	230	gr/pallet
Back End	Vitafilm	146	gr/pallet	136	gr/pallet

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.4. Identificación de las Operaciones Unitarias Críticas

Una Operación Unitaria Crítica, en el presente contexto, es aquella que tiene o puede tener impactos negativos importantes, sean estos ambientales, productivos o económicos.

La información desarrollada en las actividades precedentes es fundamental para evaluar las Operaciones Unitarias e identificar las que sean consideradas críticas para el diagnóstico de Producción más Limpia. La selección de las Operaciones Unitarias Críticas puede basarse en la importancia relativa de los siguientes criterios:

- Cantidad y costo.
- Tipos de desechos generados por las operaciones (por ejemplo, desechos tóxicos o peligrosos).
- Costo de tratamiento o disposición de los desechos.
- Cantidad y costo de la energía consumida (electricidad, combustible, vapor, aire u otros).
- Requerimientos legales relacionados con los desechos.

Tomando en cuenta los criterios de selección arriba mencionados, las Operaciones Unitarias Críticas para la empresa, quedan definidas preliminarmente como:

- Enfriamiento de Body Makers por medio de soluble; por consumo alto y costo de tratamiento.
- Aceite lubricante XP150; alto consumo y costo.
- Químicos utilizados en lavadora; por costo de los químicos, tratamiento de estos y su impacto al ambiente.
- Gas LP; por costo.
- Electricidad; por costo.

2.2.1.5. Medidas de Producción más Limpia

Estas medidas son todas las acciones obvias y fáciles de implementar a corto plazo, que se deben hacer para empezar a tratar de impactar en las Operaciones Unitarias Críticas. Para el caso de la empresa se puede analizar la ejecución inicial de las siguientes medidas:

- Crear un plan de auditorías de fugas de aire comprimido para impactar en electricidad.
- Crear un plan de auditorías de gas LP para revisar fugas e impactar en gas LP.
- Revisión de fugas de aceite lubricante XP150 y de soluble.
- Revisión de equipos o luces que se puedan apagar si no se están utilizando.

3. PROPUESTA PARA ALCANZAR LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA EMPRESA

Se describirá la metodología que se aplicará para la investigación. Se determinarán los métodos de analizar cada oportunidad de mejora y la manera de cómo evaluar las posibles soluciones para obtener las que sean factibles de implementar.

3.1. Estudio detallado de las Operaciones Unitarias Críticas

Los objetivos de esta etapa son: analizar detalladamente las Operaciones Unitarias Críticas y describir la metodología de la propuesta de Producción más Limpia para la empresa.

3.1.1. Balance de masa y energía

Para elaborar el balance de masa y energía de las Operaciones Unitarias Críticas se deben realizar las siguientes actividades:

- Establecer la función, el mecanismo y los parámetros (tiempos, temperatura, presión, pH y otros) de funcionamiento de cada Operación Unitaria.
- Observar, con el detenimiento necesario, el funcionamiento de la Operación Unitaria bajo parámetros normales de operación, para entender el mecanismo operativo de la o las máquinas asociadas.

- Medir las entradas de cada Operación Unitaria. La medición de materias de entrada incluyen: el consumo de materia prima, agua, energía y otros insumos.
- Medir las salidas de cada Operación Unitaria, incluyendo residuos y pérdidas cuantificables. La medición de materias de salida incluyen: la cantidad y tipo de productos y subproductos; la cantidad y características de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos (incluye flujos y calidad de residuos); las mermas y pérdidas accidentales (por derrames o fugas). Asimismo, medir el flujo y la temperatura del agua, vapor o fluidos térmicos que salen de la Operación Unitaria, incluyendo temperaturas y dimensiones de las superficies y tuberías que carecen de aislamiento térmico.
- Combinar los datos sobre las entradas y las salidas de cada Operación Unitaria para obtener un balance preliminar de masa y energía. Se debe identificar, verificar y corregir las diferencias o anomalías encontradas en cada balance y detallar con más cuidado los balances que involucren desechos peligrosos o de alto costo.
- Determinar, por diferencia entre entradas y salidas, las pérdidas no identificadas y, por ende, no cuantificadas como parte de las salidas.

3.1.2. Ineficiencias en el uso de materia y energía

Además de describir las actividades de cada Operación Unitaria crítica y de cuantificar sus entradas y salidas, es necesario identificar las causas que originan las ineficiencias y flujos contaminantes en las Operaciones Unitarias Críticas.

Una ineficiencia típica es, por ejemplo, la pérdida de insumos (como cuando hay una fuga de agua o cualquier materia prima), la cual puede ser cuantificada. Las causas que originan esta pérdida de agua pueden ser, por ejemplo: una llave de paso mal cerrada; una empaquetadura que no cumple con su función de sellar el paso de agua; el descuido del operario que deja llave abierta cuando esta no está en uso.

Por otra parte, la diferencia de masas entre las entradas y salidas representa una pérdida de materia no cuantificada y, por ende, no detectada. La identificación de las causas que originan dichas pérdidas es una tarea que exige profundizar el estudio de los flujos de materia y energía utilizados para obtener el correspondiente balance de materia y energía.

3.1.3. Causas de contaminantes

Un flujo contaminante puede tener su origen en el desperdicio de materias primas u otros insumos o en la pérdida de un producto intermedio o del producto final. La causa que origina el mencionado desperdicio podría ser, por ejemplo, el uso de un determinado insumo en cantidades superiores a las que se requiere para lograr el propósito deseado (en la operación de curtido de pieles, el uso en cantidades excesivas de sales de cromo y otros reactivos químicos, puede originar un desperdicio de este metal pesado superior al que se esperaría cuando se usan cantidades óptimas de dichas sales según la receta).

Las principales causas que originan ineficiencia y flujos contaminantes, normalmente están relacionadas con los factores siguientes:

- La calidad o las características de las materias primas e insumos.

- La naturaleza del proceso (o de sus Operaciones Unitarias).
- Las características de los equipos de producción.
- Los parámetros y las condiciones de operación de los equipos.
- Las especificaciones del producto.
- Los controles y la supervisión de las operaciones.
- La habilidad y la motivación de los trabajadores.

3.2. Planteamiento de la propuesta de Producción más Limpia

Las causas identificadas que originan ineficiencias y flujos contaminantes constituyen la base sobre la cual pueden plantearse las opciones de Producción más Limpia. Para tal efecto, se recomienda seguir la siguiente secuencia que utiliza criterios priorizados en el orden que se listan:

- Como prioridad número uno: se busca mejorar la eficiencia de cada Operación Unitaria mediante la optimización del uso de materias primas, agua y energía, entre otros insumos. Como parte de este mismo criterio, también se busca sustituir materias primas u otros insumos cuyo uso sea peligroso, ya sea para la salud de los operadores o para el ambiente, incluyendo, si fuere necesario, la posibilidad de reformular el producto o algunas de sus características.

La aplicación de este criterio permite reducir costos unitarios de producción y al mismo tiempo, minimizar la peligrosidad y cantidad de flujos contaminantes o pérdidas de energía en sus fuentes de origen. Estos últimos aspectos, a su vez, permiten reducir los costos de operación asociados al tratamiento final de residuos.

- Como prioridad número dos: se busca reciclar, reutilizar o recuperar flujos de residuos, con el fin de reducir pérdidas de insumos o productos, lo que a su vez, incide en la reducción de los costos unitarios de producción y costos de operación asociados al tratamiento final de residuos.
- Debido a que las prácticas de Producción más Limpia no aseguran una eliminación total de los flujos de contaminantes, puede ser necesario plantear opciones de tratamiento, al final del proceso, para estos efluentes. Sin embargo, deben ser considerados como una última opción y solo después de haber agotado las dos anteriores. Las medidas de tratamiento no son parte de Producción más Limpia, pero pueden coadyuvar a solucionar los problemas de contaminación. Sin embargo, se debe tener en cuenta que mientras mayores sean los volúmenes de los desechos a tratar, mayores serán los costos en los que la empresa deberá incurrir y no serán recuperables, incidiendo así en los costos de producción, encareciendo el producto y haciéndolo menos competitivo.

3.2.1. Seleccionar las alternativas a ser evaluadas

Una vez planteadas las opciones de Producción más Limpia para mejorar la eficiencia de una Operación Unitaria, se deben plantear (no diseñar) las alternativas más apropiadas para su implementación, con el fin de contar con información que facilite seleccionar las opciones más viables y descartar aquellas cuya implementación no sea practicable.

En este sentido, a partir de todas las opciones planteadas en el paso anterior, se debe seleccionar sólo aquellas opciones cuya implementación no presenten impedimentos obvios (sobre todo en términos técnicos), de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Descartar las opciones imposibles de implementar o que, de manera obvia, se vea que no son ambientalmente adecuadas. La decisión de descartar una opción estará basada más en aspectos de carácter cualitativo (por ejemplo, la imposibilidad de acceder a un insumo propuesto) que cuantitativo (por ejemplo, rendimientos bajos, previsibles en términos termodinámicos). Salvo que sea muy obvio, es preferible dejar los aspectos cuantitativos para la evaluación técnica que se describe en la siguiente etapa.
- Para las opciones descartadas, se deben evaluar los posibles obstáculos internos o externos que impedirían o harían no atractiva su implementación. Por ejemplo, la falta de espacio físico para implementar una determinada opción debería ser considerada, primero como un obstáculo y, si no existiese una solución posible, recién considerarla como una imposibilidad.

- Las opciones no descartadas podrán ser evaluadas en la siguiente etapa, tanto en términos técnicos (aspectos productivos y ambientales) como económicos.

3.2.2. Alternativas a evaluar

En términos generales, son cinco estudios particulares que se realizan para evaluar un proyecto: viabilidad técnica, económica, legal, organizacional y financiera.

El objetivo de esta etapa es establecer la viabilidad de las opciones de Producción más Limpia seleccionadas en la etapa anterior, solamente en términos técnicos (aspectos productivos y ambientales) y económicos. La evaluación de aspectos legales, organizacionales y financieros se incluyen en esta etapa sólo como un medio para identificar obstáculos que podrían impedir o limitar la implementación de una opción en consideración.

3.2.2.1. Tipos de evaluación

El propósito de este paso es definir, para cada opción de Producción más Limpia lo siguiente:

- El tipo de evaluación (técnica o económica) necesaria para tomar una decisión sobre la viabilidad de la opción en consideración.
- La profundidad con la que se realizará una determinada evaluación considerada necesaria.

Una opción basada en la sustitución de insumos o en la modificación o cambio tecnológico en una Operación Unitaria, posiblemente requiera de una evaluación técnica profunda y de un análisis económico detallado, mientras que una opción basada en la motivación de los empleados posiblemente no los necesite.

Asimismo, una opción de bajo costo basada en buenas prácticas operativas, posiblemente no necesite de una evaluación económica, siendo suficiente estimar el beneficio económico o ambiental, así como, el período de retorno de la inversión, en caso de que esta sea algo significativa.

3.2.2.2. Evaluación técnica

Define la factibilidad técnica de llevar a cabo la opción de Producción más Limpia y procura escoger la que cumple plenamente con los objetivos del proyecto, teniendo en cuenta la disponibilidad de los recursos e insumos.

- Aspectos productivos

El objetivo de esta evaluación es verificar la viabilidad técnica de implementar las modificaciones o cambios propuestos en la opción de Producción más Limpia y proyectar sus respectivos balances de masa y energía.

- Detalles técnicos para cada opción

Este detalle de cambios técnicos incluye:

- Describir el diseño (en forma gráfica, textual o numérica) de los cambios propuestos, incluyendo tipo de equipos, diagramas de flujo, etcétera.
 - Especificar la naturaleza, forma y cantidad de entradas y salidas de la Operación Unitaria, así como, las nuevas condiciones operativas propuestas y sus posibles efectos e interrelaciones con el resto de las Operaciones Unitarias que componen el proceso productivo.
- Factibilidad técnica de las opciones

La factibilidad técnica de los cambios se determina en términos de:

- La viabilidad de los fenómenos involucrados en las Operaciones Unitarias:
 - ✓ Naturaleza / termodinámica / rendimiento de los cambios físicos o de las transformaciones químicas contempladas en cada opción de Producción más Limpia.
 - ✓ Dimensiones / resistencia de materiales.
 - ✓ Presión / temperatura / flujos / caudales manejables.
 - ✓ Otros.

- La disponibilidad o accesibilidad a:
 - ✓ Tecnología (materiales, equipo, maquinaria)
 - ✓ Materias primas / agua / energía / otros insumos
 - ✓ Espacio físico / distribución física
 - ✓ Logística / servicios
 - ✓ Otros

- Las condicionantes que impedirían o limitarían la viabilidad técnica del cambio propuesto:
 - ✓ Políticas / legislación vigente
 - ✓ Sociales / organizativas / laborales
 - ✓ Culturales
 - ✓ Financieras

- Balance de masa y energía

La proyección de los balances de masa y de energía, supone rehacer los balances iniciales con los datos que se están proponiendo en las recomendaciones del diagnóstico. Deben reflejar la situación futura que se está planteando.

- Aspectos ambientales

El objetivo de esta evaluación es cuantificar la reducción de cantidad absoluta, concentración y peligrosidad, tanto de los insumos utilizados, como de los residuos asociados a las salidas de las Operaciones Unitarias modificadas. Para cuantificar y presentar los resultados de dicha reducción se deben realizar las siguientes actividades:

- Para cada Operación Unitaria y, si fuera el caso, para el proceso global, comparar los balances de masa y energía actuales con los proyectados con base en las opciones de Producción más Limpia planteadas, con el fin de cuantificar las reducciones mencionadas, halladas en términos de cantidades, concentraciones y peligrosidad.
- Expresar estas reducciones en términos de indicadores de desempeño relacionados con:
 - La eficiencia en el uso de materias primas, agua, energía u otros insumos. Los siguientes indicadores ilustran este concepto: la reducción en el uso de insumos por unidad de producto, expresado, por ejemplo, en [kilogramo de insumo / kilogramo de producto] o [kilogramo de consumo / kg de producto]; y la reducción de residuos por unidad de producto, expresado, por ejemplo, en [kilogramo de residuo / kilogramo de producto].

- El reciclaje, reúso o recuperación de residuos, como tales o transformados y para los cuales se les puede encontrar o se les encontró un uso interno o externo de las plantas o un mercado. Para expresar las cantidades recicladas, reusadas o recuperadas, se pueden utilizar indicadores similares por unidad de producto.

3.2.2.3. Evaluación económica

El objetivo de esta evaluación es determinar la factibilidad económica de las opciones de Producción más Limpia calificadas en el paso anterior como técnicamente viables.

Con el fin de facilitar la evaluación económica, se requiere establecer ciertos criterios económicos que permitan analizar el beneficio económico que se obtendría de la inversión destinada a implementar las opciones de Producción más Limpia. Los criterios económicos mencionados, pueden establecerse con base en la aplicación de cuatro conceptos financieros: valor actual y futuro, flujo de caja, valor actual neto y Tasa Interna de Retorno.

- Valor Actual y Futuro

El Valor Actual (VA) de un monto de capital que se espera recibir en fecha futura, se define como la capacidad de consumo o de inversión que dicho monto de capital permitiría en tiempo presente (el valor actual también se denomina Valor Presente). El Valor Futuro (VF) de un monto de capital presente, se define como la capacidad de consumo o de inversión que dicho monto permitiría en un tiempo futuro.

El ejemplo que a continuación se presenta ilustra estos dos conceptos. Si un empresario, el día de hoy, con un quetzal, puede comprar 100 hojas de papel de un cierto tamaño y calidad, al cabo de cinco años, con ese mismo quetzal, dicho empresario posiblemente podrá comprar posiblemente tan solo 80 hojas del mismo tamaño y calidad de papel. Por lo tanto, al cabo de esos cinco años, el empresario tendrá que pagar 1,25 quetzales si es que este desea comprar las mismas 100 hojas de papel. Es decir, al cabo de cinco años, 1,25 quetzales tendrán el mismo poder adquisitivo que 1 quetzal de hoy.

La relación que existe entre el Valor Actual (VA) y el Valor Futuro (VF) de un monto de capital, está dada por la siguiente ecuación:

$$VA = \frac{VF}{(1 + r)^n}$$

Donde r es una tasa de descuento que, en el caso del ejemplo anterior, representa la disminución anual de la capacidad de consumo que tiene el quetzal; y n es el número de años transcurridos.

En el siguiente ejemplo ilustra esos mismos dos conceptos, pero en términos de un depósito a plazo fijo. Si un empresario, el día de hoy, coloca un quetzal en el banco, por un período de cinco años, entonces, asumiendo que la tasa de interés anual r sea la misma que la tasa de descuento mencionada anteriormente, al cabo de dicho período el empresario podrá retirar del banco la cantidad de 1,25 quetzales. Es decir, el capital futuro (VF) que se retirará del banco debido al depósito a plazo fijo de un capital actual (VA), está dado por:

$$VF = VA (1 + r)^n$$

Cabe señalar que, en general, una tasa de descuento r cualquiera, se expresa en términos de una fracción numérica porcentual; y su relación con el correspondiente valor porcentual de dicha tasa ($r\%$), está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Fracción numérica porcentual } r = \frac{\text{Valor porcentual } r\%}{100\%}$$

Por ejemplo, si el valor porcentual de una tasa de interés fuese del 25%, su correspondiente fracción numérica porcentual será $r = 0,25$ (es decir, $r = 25\%/100\%$). Asimismo, si el valor porcentual de una tasa de descuento fuese del 7%, entonces $r = 0,07$ (es decir, $r = 7\%/100\%$).

- Flujo de caja

El flujo de caja (FC) es el ingreso neto ocurrido en un período determinado (normalmente de un año), dado por la diferencia entre el ingreso bruto (Y) y el correspondiente costo (C) incurrido en dicho período, como consecuencia de una inversión inicial (I_0). Esta definición puede ser representada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{FC (período 1)} = Y_1 - C_1$$

$$\text{FC (período 2)} = Y_2 - C_2$$

$$\text{FC (período } n) = Y_n - C_n$$

Sin embargo, debido a que se desea adaptar el concepto de flujo de caja (FC) solamente a aquel que se deriva de la implementación de opciones de Producción más Limpia y no al FC total incurrido durante las operaciones de producción de la empresa, se definen los siguientes términos:

- Y_n = ingreso bruto percibido en el año n asociado solamente a la implementación de una opción de Producción más Limpia.
- A_n = ahorro bruto en el año n derivado solamente de una opción de Producción más Limpia.
- C_n = costo incurrido el año n asociado solamente al gasto operativo imputado a la Producción más Limpia.

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 \text{FC (año } n) &= \text{ingreso neto (año } n) \\
 &= \text{ingresos netos} + \text{ahorro bruto (año } n) - \text{costo} \\
 &\quad \text{operativo (año } n) \\
 &= Y_n + A_n + C_n
 \end{aligned}$$

La ecuación anterior es utilizada para calcular los flujos anuales de caja, interpretados como el ingreso neto anual que se logrará después de implementar la opción de Producción más Limpia.

El flujo de caja, así definido, puede ser utilizado, por sí mismo, como un buen indicador de la rentabilidad de la opción de Producción más Limpia, pero solamente cuando la inversión inicial para implementar la opción de Producción más Limpia no sea significativa o sea despreciable. En este caso, el costo del capital de inversión, por ser despreciable, no afectaría significativamente el balance de ingresos y egresos efectivos de dinero.

- Valor Actual Neto (VAN)

Cuando se realiza una inversión de capital, el inversionista espera obtener un retorno de su inversión, de tal manera que, al cabo de un tiempo, se recupere el capital invertido y, posteriormente, éste se incremente en forma indefinida.

Sin embargo, para tomar decisiones, al inversionista le interesa saber cuánto valdría hoy el capital que acumulará al cabo de un cierto tiempo, como resultado de los flujos de caja periódicos que le generará su inversión.

En este sentido, el Valor Actual Neto (VAN) de una inversión inicial (I_0), se define como el valor presente que tendría un capital invertido al cabo de un número de períodos de tiempo (n), por los flujos de caja que se obtendrán en cada período, aplicando a dichos flujos de caja una tasa de descuento (r), que puede tener un valor constante o variable para cada uno de los períodos mencionados.

Esta definición puede ser expresada mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{VAN}_{(n,r)} &= -I_0 + \text{VA}_{(r)}[\text{FC}_{(1)}] + \text{VA}_{(r)}[\text{FC}_{(2)}] + \dots + \text{VA}_{(r)}[\text{FC}_{(n)}] \\ &= -I_0 + \frac{\text{FC}_{(1)}}{(1+r)^1} + \frac{\text{FC}_{(2)}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{\text{FC}_{(n)}}{(1+r)^n} \end{aligned}$$

Donde:

- $VAN_{(n,r)}$ es el valor neto del capital invertido, al cabo de un número de períodos de tiempo n , aplicando a los flujos de caja de cada período una tasa de descuento r .
- I_0 es el capital inicial invertido, el cual lleva signo menos porque se refiere a un egreso.
- $FC_{(n)}$ es el flujo de caja de un período n .
- r es la tasa de descuento que permite calcular el valor actual de los flujos de caja $FC_{(n)}$.

La ecuación anterior puede expresarse como una sumatoria de los valores actuales de los flujos de caja de cada período, de la siguiente manera:

$$VAN_{(n,r)} = -I_0 + \sum_1^n \frac{[FC_{(n)}]}{(1+r)^n}$$

Si el flujo de caja $FC_{(n)}$ tiene un mismo valor para cada período n [es decir $FC_{(n)} = FC_{(cte)}$], entonces el término $FC_{(cte)}$ de la ecuación puede ser factorizado, y el $VAN_{(n,r)}$ puede ser expresado como sigue:

$$VAN_{(n,r)} = -I_0 + FC_{(cte)} \sum_1^n \left[\frac{1}{(1+r)^n} \right]$$

- Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR), se define como aquella tasa de descuento que, al cabo de un número n de períodos de tiempo predefinido, hace que el $VAN_{(n,TIR)}$ sea igual a cero. Es decir,

$$VAN_{(n,r)} = 0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_{(n)}}{(1 + TIR)^n}$$

Al hacer el $VAN_{(n,r)}$ igual a cero, y dado que I_0 , $FC_{(n)}$ y n son conocidos, matemáticamente queda definido el valor de la tasa de descuento (TIR). Es decir, despejando I_0 de la ecuación, se tiene que:

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_{(n)}}{(1 + TIR)^n}$$

El significado de la ecuación es el siguiente: existe un valor de la tasa de descuento (TIR), tal que, el valor actual (o valor presente) de la suma de los flujos netos de caja $FC_{(n)}$ es igual al monto de la inversión inicial (I_0). Es decir, la suma de los ingresos netos a ser obtenidos a futuro, equivale a recuperar el monto de la inversión inicial en términos de su valor actual.

3.3. Selección de las alternativas factibles a implementar

Después de concluir el estudio de factibilidad, se deben realizar las siguientes actividades:

- Organizar las opciones de Producción más Limpia factibles en orden de prioridad, según los resultados obtenidos en las evaluaciones técnicas (productivas, ambientales) y económicas.
- Realizar la selección final de las opciones de Producción más Limpia factibles, con base en un orden de prioridad. Para tal efecto, se debe aplicar un procedimiento basado en criterios de prioridad, los cuales están constituidos por los propios criterios utilizados en la evaluación económica, junto con otros que surgen de las necesidades manifiestas de la empresa y que pueden , incluso, hacer que aspectos operativos y ambientales se antepongan a los económicos en términos de prioridad.
- Una vez realizada la selección final, estas deben ser expresadas en forma de recomendaciones, señalando en forma clara, concisa, exacta y precisa las medidas específicas a ser implementadas por la empresa, la información básica que respalda las medidas propuestas, los beneficios económicos y ambientales que se derivarían de la implementación de tales medidas y los cálculos necesarios que justifican lo expuesto. Las medidas recomendadas deben ser presentadas en un informe de resultados del diagnóstico de Producción más Limpia, en el cual se incluyan indicadores productivos y de desempeño ambiental, entre otros.

4. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Se desarrollará la propuesta que pueda ser aplicada, revisando las Buenas Prácticas de Manufactura, ahorros energéticos, reciclajes internos y externos, valorización de residuos, mantenimientos y tratamiento del agua.

4.1. Plan de implementación de prácticas de Producción más Limpia

Para ejecutar el plan de Producción más Limpia, es necesario analizar diferentes áreas de la empresa con el fin de encontrar, además de las Operaciones Unitarias Críticas del proceso, oportunidades de mejora y así robustecer el plan de ejecución.

Dicho análisis se realiza a continuación, para lo cual se toman en cuenta las diferentes áreas en las que se pudiera estar incurriendo en fallas de procedimientos, que caigan en contaminaciones e ineficiencias. Posteriormente, se evaluarán las opciones escogidas para la implementación y desarrollo de la propuesta.

4.1.1. Reducción en la fuente

La primera alternativa que debe ser considerada en la Producción más Limpia es la reducción en la fuente, que consiste esencialmente en la prevención de la contaminación, entendida como la reducción de impactos y residuos en el origen de los procesos.

4.1.1.1. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

En la empresa se tienen normas establecidas para las Buenas Prácticas de Manufactura, estas se hacen cumplir por medio de diferentes tipos de controles:

- Auditorías internas del proceso de certificación ISO 9001-2008
- Auditorías externas realizadas por clientes
- Auditorías del Departamento de Aseguramiento de la Calidad
- Control por parte del Coordinador de Seguridad Industrial y Ambiente

Figura 35. Normas publicadas de BPM en cada acceso a la planta



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

4.1.1.2. Mejores prácticas en el proceso de fabricación de envases

El mejoramiento de las prácticas de trabajo, el mantenimiento apropiado de las instalaciones y equipos, la correcta distribución de los procesos en planta o líneas de producción y el ahorro energético y de materiales aporta beneficios significativos en los costos de operación.

- Reciclaje interno

Actualmente, en la empresa sólo se recicla el aluminio y el material de empaque de los *pallets*. El aluminio es categorizado en clase 1 y clase 2, o *scrap* clase 1 y 2, este se compacta en cubos de aproximadamente 40 libras y se vende al fabricante que provee el aluminio.

El material de empaque consiste en tarimas plásticas, plásticos separadores de niveles, fleje y película plástica de envoltura. De estos, sólo las tarimas y el plástico separador de niveles se reciclan actualmente.

Figura 36. **Cubos de aluminio y material de empaque para reciclaje**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

- Uso eficiente de energía

Como en la mayoría de empresas, estos indicadores son muy importantes para el negocio debido a su alto costo y consumo, por lo que en la empresa se le da un seguimiento constante y se trata de hacer un uso eficiente de las energías utilizadas, minimizando las pérdidas. En este caso se utiliza, en su mayoría, energía eléctrica y gas LP.

- Energía eléctrica

Este indicador se mide diariamente por medio de los kilowatts-hora consumidos por cada millar de latas producidas (kilowatt-hora/1 000), se tiene un presupuesto de 15 kilowatt-hora/millar de latas producidas. La empresa cuenta con medidores para monitorear globalmente el rendimiento de la electricidad y por áreas específicas, a continuación las áreas de la planta en donde se realizan las mediciones:

- ✓ Principal y subprincipal (Toda la planta)
- ✓ PDP 1 o Panel de Distribución de Potencia 1 (Área de Front End)
- ✓ PDP 2 (Área de Front End)
- ✓ PDP 3 (Área de bote brillante)
- ✓ PDP 4 (Área de impresoras)
- ✓ PDP 5 (Área de Back End)

- ✓ Panel eléctrico de lavadora
- ✓ Panel eléctrico de los compresores
- ✓ Panel eléctrico de las bombas de vacío
- Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Este indicador se mide diariamente por medio del poder calorífico medido en British Thermal Units (BTU) relacionado con un millar de latas producidas y se indica así: millones de British Thermal Units consumidas por millar de latas producidas (mmBTU/1 000). Se tiene un presupuesto mensual de 0,035 millones de British Thermal Units /1 000 latas producidas y se consumen mensualmente aproximadamente 35 000 galones de gas licuado de petróleo.

Los equipos que consumen gas son:

- ✓ Horno de lavadora.
- ✓ Calentador de agua para la lavadora (boiler).
- ✓ Horno de pernos 1 y 2 para curado de tintas y barniz exterior.
- ✓ Horno de curado de barniz interior.

- Uso eficiente del agua

El agua se usa abundantemente para el proceso de fabricación de latas, se consume un promedio semanal de 1 100 metros cúbicos y son usados para diferentes procesos y equipos. El proceso que consume la mayor parte del agua es el lavado y tratamiento químico ya que se cuenta con 9 tanques que contienen soluciones químicas y agua para el lavado de las latas. Otros consumidores de agua son el enfriador de agua (chiller) para enfriar las herramientas de las Body Makers, el agua utilizada para mezclar el barniz exterior y el agua que se consume en los baños de las oficinas. Todos estos equipos tienen un control de nivel que constantemente es revisado y actualmente no se presentan fugas.

4.1.2. Flujo de materiales y energía

Al analizar los flujos de los materiales y de la transformación de la energía en las diferentes Operaciones Unitarias, se determina la cantidad de energía transformada y el intercambio de sustancias entre procesos para determinar las propuestas de Producción más Limpia.

4.1.2.1. Compresores y bombas de vacío

La planta tiene cuatro compresores de tornillo marca Sullair, dos de 350, uno de 125 y uno de 100 caballos de potencia para satisfacer la necesidad de aire comprimido de toda la planta. También se cuenta con dos bombas de vacío marca Sullair de 200 caballos de potencia cada una.

La planta actualmente tiene una demanda de 2 700 pies cúbicos por minuto y los compresores tienen capacidad de suministrar 4 392 pies cúbicos por minuto por lo que se tiene capacidad sobrada en aire comprimido para satisfacer la demanda de la planta.

Los compresores Sullair, traen de fábrica una válvula que controla la potencia desarrollada por el motor y la regula dependiendo de la demanda de aire comprimido, para que el consumo energético esté acorde a lo demandado. Actualmente, esta válvula no está en uso por lo que se convierte en un área de oportunidad.

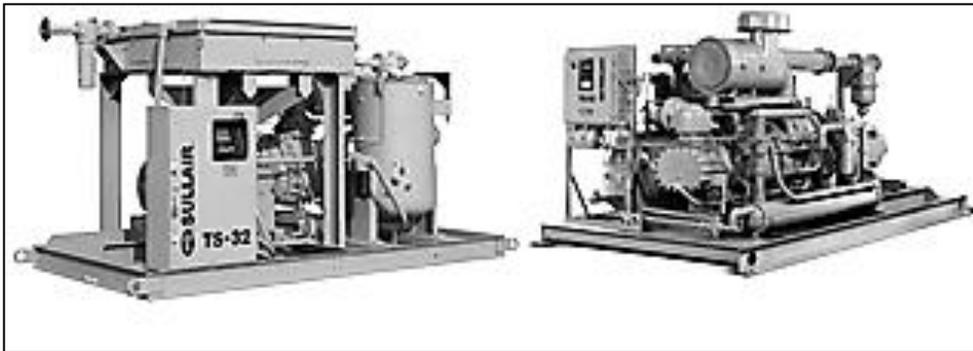
- Modificación del sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento de todos los compresores actualmente es del tipo aire-aire y aire-aceite (ver anexo 1), o sea que se enfría el aire comprimido producido y el aceite lubricante por medio de aire, esto se realiza con ventilador de 20 caballos de potencia. En el caso de las bombas de vacío, el sistema de enfriamiento es aire-aceite y sólo se tiene un radiador con un ventilador de 5 caballos de potencia para lograr este fin.

El fabricante de los compresores Sullair ofrece dos opciones para el sistema de enfriamiento del aire y del aceite: aire-aire y aire-aceite, para la primera opción (ver anexo 1); agua-aire y agua-aceite, para la segunda (ver anexo 2). Los compresores de la empresa fueron comprados con la primera opción de enfriamiento.

La planta ya cuenta con un equipo de enfriamiento de agua, chiller, para las Body Makers e impresoras, este está trabajando actualmente a una capacidad del 40%, por lo que se puede utilizar esta capacidad sobrante para modificar el sistema de enfriamiento de los compresores, utilizando esta agua fría, y después del enfriamiento a la salida de los compresores, utilizar el agua caliente que se origina del intercambio de calor, para otro proceso que requiera agua caliente, como por ejemplo, la lavadora y así ahorrar gas que consume el calentador de agua, boiler, que se utiliza en la lavadora.

Figura 37. **Sistemas de enfriamiento Sullair por aire y por agua**



Fuente: Sullair Corporation. Manual de Operaciones de Compresores Sullair TS- 32. p.11.

- **Mantenimiento**

Los mantenimientos de los compresores y bombas de vacío se establecieron de la siguiente manera:

- Mantenimiento menor: este se realiza cada 1 000 horas de funcionamiento del compresor y se realizan las siguientes actividades:

- Revisión del sistema de descarga
 - Revisión del sistema de modulación
 - Revisión del sistema de lubricación
 - Revisión del sistema de enfriamiento
 - Revisión del sistema eléctrico y electrónico
 - Limpieza general
- Mantenimiento mayor: la periodicidad de este mantenimiento es de 8 000 horas de funcionamiento del compresor o 1 año desde el último mantenimiento mayor y además de las actividades que se realizan en el mantenimiento menor, también se realizan:
- Cambio de filtros separadores de aire-aceite
 - Cambio de aceite
 - Calibración de transductores de presión
 - Revisión de válvula espiral

El aceite que se saca es dispuesto en toneles y se vende a un comprador certificado para su reutilización y así evitar contaminación.

4.1.2.2. Condensados

Se refiere al agua que sale de los equipos de aire acondicionado, producto de la condensación de la humedad presente en el aire que pasa por los evaporadores al realizar el intercambio de calor para acondicionar los paneles eléctricos.

- Aire acondicionado

En la planta se encuentran instalados más de 30 unidades de aire acondicionado en los tableros eléctricos para los diferentes equipos. Estos equipos tienen bandejas internas para el agua que se condensa en ellos, pero en ocasiones se rebalsan y se provocan derrames de agua de condensando en el piso. Esta agua puede ser reutilizable para otro fin.

4.1.2.3. Soluciones químicas del proceso de lavado

Como se describió con anterioridad en el proceso de lavado y tratamiento químico se utilizan varias soluciones químicas que luego se tiran a una fosa común para luego ser trasladadas hacia la planta de tratamiento de aguas industriales. Esto representa una oportunidad de ahorro en dinero al tratar de reciclar alguna parte de las soluciones químicas.

4.1.2.4. Aceite soluble de enfriamiento

El aceite soluble de enfriamiento se utiliza en las Body Makers como refrigerante, tiene un circuito que inicia con el suministro de soluble limpio a las máquinas formadoras del envase por medio de una bomba centrífuga que lo traslada hacia allí, luego el soluble es derramado sobre la lata y la herramienta, realizando la función de refrigeración y posteriormente este cae por gravedad a una bandeja para luego ser regresado por medio de otra tubería hacia un tanque común denominado Sump Tank, de aquí es bombeado hacia el filtro Womack que es el encargado de quitar la suciedad y las partículas de aluminio que contenga el soluble debido al proceso de formado de bote, para que el recorrido inicie nuevamente.

En el momento que se baña la lata y la herramienta con el soluble, esta queda impregnada y luego pasa al proceso de recortado de la parte superior. La parte recortada es succionada por vacío hacia un ducto de *scrap*, que lo lleva directamente a la compactadora para ser compactado en cubos, pero, también succiona parte de ese soluble que va impregnado en la lata y se convierte en pérdidas. Por eso, acá se tiene la oportunidad de recuperar este soluble.

4.1.3. Valorización de residuos

Se define como todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana o producto y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al ambiente.

4.1.3.1. Aluminio (*Scrap*)

Los residuos más importantes de este proceso es el aluminio, ya que su costo como materia prima es elevado y es 100% reciclable para el proveedor de aluminio. Por eso la empresa lo ha categorizado en dos tipos para vendérselo al proveedor.

- Primera categoría

Este tipo de *scrap* es exclusivamente el que no ha pasado por ningún proceso y el proveedor lo compra a un precio alto. Esta clase de *scrap* se produce en los procesos de formado de copas y en el recortado de la parte superior de la lata, ya que aquí el aluminio sólo ha sufrido cambios internos en cuanto a su estructura y ningún cambio externo.

- Segunda categoría

Este tipo de *scrap* es categorizado por las latas formadas a partir del proceso de barniz de domo y curado del horno UV, impresión y aplicación de barniz exterior en adelante. Esta clase de *scrap* el proveedor lo compra más barato debido a que debe realizar procesos preliminares de limpieza antes de reciclarlo.

4.1.3.2. Aceites lubricantes

Los aceites lubricantes más importantes dentro del proceso productivo se utilizan en la Cupper, en las Body Makers y en los compresores, pero como son tan significativos en cuanto al costo, se lleva un control estricto como un indicador estratégico dentro del proceso de producción.

4.1.3.3. Cal de desecho

La cal se utiliza exclusivamente en el tratamiento de las aguas industriales para neutralizar los ácidos que traen las soluciones, luego, esta mezcla de agua y cal se pasa por un filtro prensa que lo que hace es separar la cal del agua y esta queda como desecho de este proceso.

4.1.4. Tratamiento del agua

El tratamiento de aguas industriales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente de las plantas industriales.

4.1.4.1. Planta de aguas industriales

La planta de tratamiento de aguas industriales recoge el agua proveniente del proceso productivo para realizar su tratamiento. Esta agua viene con una mezcla de ácidos, químicos, aceites lubricantes, partículas de aluminio y grasas.

- Operación

El proceso inicia con el traslado del agua residual hacia unos tanques de almacenamiento en el lugar del tratamiento, de estos tanques el agua es trasladada hacia el primer tratamiento que es la clarificación, esta se realiza por medio de un tanque de separación de aceites y grasas por medio del sistema DAF. De aquí salen los primeros residuos, grasas y aceites, que actualmente son dispuestos en recipientes para ser vendidos a compradores certificados.

Figura 38. **Tanque clarificador DAF**



Fuente: <http://aquamex.com.mx/content/view/107/122/lang,spanish/>. Consulta: agosto de 2011.

El siguiente paso es la separación de lodos y neutralización de ácidos presentes. La separación de lodos se realiza por medio de separadores de placas paralelas inclinadas, que son altamente eficientes ya que consideran las caídas de presión para controlar la trayectoria del flujo y así distribuir uniformemente el flujo a través de las placas para obtener la máxima eficiencia de sedimentación con respecto al área de la placa. La neutralización de los ácidos se realiza al inyectar dentro del separador de lodos una solución de agua y cal para dicho efecto, siendo la cal sedimentada por el efecto de las placas. A partir de este paso el agua se considera tratada y se envía hacia los drenajes.

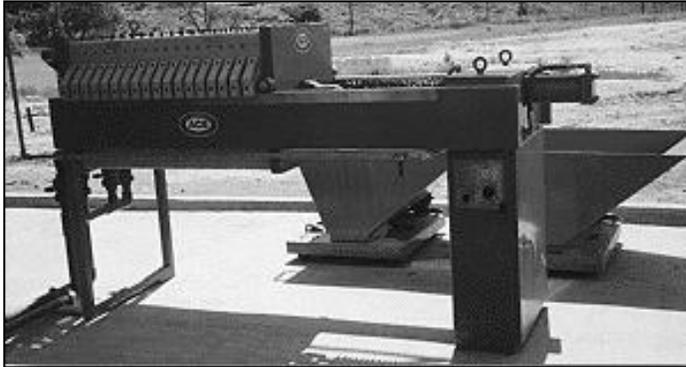
Figura 39. **Tanque separador de lodos**



Fuente: <http://aquamex.com.mx/content/view/110/125/lang,spanish/>. Consulta: agosto de 2011.

El tercer paso es el traslado de los lodos sedimentados hacia un tanque de almacenamiento en donde existe un agitador que los mantiene en constante movimiento para evitar su sedimentación nuevamente, de aquí son trasladados hacia un filtro prensa el cual es utilizado para concentrar el lodo con el fin de quitarle un porcentaje de humedad facilitando su disposición final. Estos lodos tienen en su mayoría cal, de la cual se habló anteriormente.

Figura 40. **Filtro prensa**



Fuente: <http://aquamex.com.mx/content/view/120/135/lang,spanish/>. Consulta: agosto de 2011.

- **Mantenimiento**

No existe un plan de mantenimiento preventivo formal y sólo se hace el mantenimiento correctivo. Esta es un área de oportunidad muy grande.

- **Desempeño ambiental**

A continuación, en la tabla V, se presentan los resultados de una evaluación que se realizó el 4 de mayo del 2011, estos resultados salieron positivos ya que ninguno de los parámetros está fuera de la norma establecida en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales sobre el agua tratada en esta planta.

Tabla V. Resultados de evaluación a planta de aguas industriales

Parámetros	Dimensionales	4-may-11	VALORES INICIALES	fecha máxima de cumplimiento			
				02/05/2011	02/05/2015	02/05/2020	02/05/2024
Temperatura	Grados celcius	31,8	TCR +/- 7 ° C	TCR +/- 7 ° C	TCR +/- 7 ° C	TCR +/- 7 ° C	TCR +/- 7 ° C
Potencial de hidrógeno en el laboratorio	Unidades	6,36	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Grasas y aceites	miligramos/litro	33	1 500	100	50	25	10
Materia flotante	ausencia/presencia	ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	miligramos/litro	60	3 500	600	400	150	100
Demanda bioquímica de oxígeno 5 días	miligramos/litro	141	500	200	200	200	200
Demanda química de oxígeno	miligramos/litro	284	900	360	360	360	360
Nitrógeno total	miligramos/litro	3,82	1400	100	50	25	20
Fósforo total	miligramos/litro	0,6	700	75	30	15	10
Color aparente	unidades platino cobalto	52	1 500	1 300	1 000	750	500
Sólidos sedimentables	miligramos/litro	< 0,1					
Cadmio	miligramos/litro	< 0,03	1	0,4	0,1	0,1	0,1
Cianuro total	miligramos/litro	< 0,01	6	3	1	1	1
Cobre	miligramos/litro	< 0,1	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	miligramos/litro	< 0,05	1	0,5	0,1	0,1	0,1
Plomo	miligramos/litro	< 0,20	4	1	0,4	0,4	0,4
Níquel	miligramos/litro	< 0,13	6	4	2	2	2
Arsénico	miligramos/litro	0,0066	1	0,5	0,1	0,1	0,1
Mercurio	miligramos/litro	< 0,001	0,1	0,1	0,02	0,02	0,01
Zinc	miligramos/litro	0,105	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes fecales	número más probable en mililitros	46	1 x 10 ⁸	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁴

Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

4.1.4.2. Planta de aguas residuales

En esta planta de tratamiento se disponen todas las aguas provenientes de baños y lavatrastos existentes en la planta, con alto contenido orgánico, por lo que se les da un tratamiento especial e independiente al de las aguas industriales.

- Operación

El proceso inicia con la recepción de las aguas negras provenientes de todos los baños de la planta, cafetería y lavamanos. Estas, son trasladados por gravedad hacia una fosa de recolección de aguas negras en las cercanías de la planta de tratamiento.

Por medio de una bomba sumergible de transferencia se inicia el segundo paso del tratamiento, el cual consiste en el proceso biológico de lodos activados en el cual se realiza un tratamiento aerobio y de biodegradación de la materia orgánica en el que se oxida la materia orgánica disuelta. Luego, las partes altas se pasan hacia un clarificador mientras que en la parte baja se acumulan los lodos. El siguiente paso es el tratamiento del agua con cloro por medio de una bomba dosificadora. El último paso es el recorrido del agua a través de un filtro de grava para remover los sólidos más pequeños para luego enviarla al sistema de drenajes ya tratada.

- Mantenimiento

Tampoco existe un plan de mantenimiento preventivo formal y sólo se hace el mantenimiento correctivo. Esta es un área de oportunidad muy grande.

- Desempeño ambiental

A continuación, en la tabla VI, se presentan los resultados de la evaluación realizada el 4 de mayo del 2011 a dicha planta, en la cual se observa que hay tres parámetros que están fuera de la norma, para lo cual se debe trabajar en ellos para pasar el siguiente compromiso que es el 2 de mayo del 2015.

Tabla VI. Resultados de evaluación a planta de aguas residuales

Parámetros	Dimensionales	4-may-11	VALORES INICIALES	fecha máxima de cumplimiento			
				02/05/2011	02/05/2015	02/05/2020	02/05/2024
				ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
Temperatura	Grados Celsius	27,3	TCR +/- 7 ° C	TCR +/- 7 ° C	TCR +/- 7 ° C	TCR +/- 7 ° C	TCR +/- 7 ° C
Potencial de hidrógeno en el laboratorio	Unidades	7,3	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Grasas y aceites	miligramos/litro	< 5	1 500,0	100,0	50,0	25,0	10,0
Materia flotante	ausencia/presencia	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	miligramos/litro	64,0	3 500,0	600,0	400,0	150,0	100,0
Demanda bioquímica de oxígeno 5 días	miligramos/litro	442,0	500,0	200,0	200,0	200,0	200,0
Demanda química de oxígeno	miligramos/litro	981,0	900,0	360,0	360,0	360,0	360,0
Nitrógeno total	miligramos/litro	17,7	1 400,0	100,0	50,0	25,0	20,0
Fósforo total	miligramos/litro	8,2	700,0	75,0	30,0	15,0	10,0
Color aparente	unidades platino cobalto	102,0	1 500,0	1 300,0	1 000,0	750,0	500,0
Sólidos sedimentables	miligramos/litro	0,1					
Cadmio	miligramos/litro	< 0,03	1,0	0,4	0,1	0,1	0,1
Cianuro total	miligramos/litro	< 0,010	6,0	3,0	1,0	1,0	1,0
Cobre	miligramos/litro	< 0,10	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0
Cromo hexavalente	miligramos/litro	< 0,05	1,0	0,5	0,1	0,1	0,1
Plomo	miligramos/litro	< 0,20	4,0	1,0	0,4	0,4	0,4
Níquel	miligramos/litro	< 0,13	6,0	4,0	2,0	2,0	2,0
Arsénico	miligramos/litro	0,0037	1,0	0,5	0,1	0,1	0,1
Mercurio	miligramos/litro	< 0,0010	0,1	0,1	0,02	0,02	0,01
Zinc	miligramos/litro	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes fecales	número más probable en mililitros	3,1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁸	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁴

Fuente: Envases de Centroamérica, S.A.

4.1.5. Salud ocupacional y seguridad industrial

Existe una persona responsable de este rubro y es el encargado de seguridad industrial y ambiente, que se encarga de velar por todos los aspectos de salud ocupacional y seguridad industrial dentro de la empresa.

Es el responsable de crear las normas, procedimientos y capacitaciones referentes al tema. También es el responsable de velar porque dichas normas y procedimientos se cumplan al pie de la letra para cualquier trabajador dentro de la empresa, tanto interno como externo.

4.1.6. Evaluación de las propuestas

Existen varias oportunidades que se pueden evaluar para implementar propuestas de Producción más Limpia, tanto en operaciones críticas del proceso productivo como en las demás áreas analizadas, a continuación se describen los planteamientos realizados:

4.1.6.1. Planteamiento de las propuestas de Producción más Limpia

- Habilitar válvula reguladora de potencia (válvula espiral) en compresores de aire.
- Modificación del sistema de enfriamiento en compresores para aprovechamiento del calor del agua en tanques de lavadora.
- Aprovechamiento de agua de condensado de las unidades de aire acondicionado de los paneles eléctricos de los equipos de producción.
- Recuperación de solución química de tanques de lavado en proceso químico.
- Recuperación de soluble impregnado en *scrap* de copas y anillas de recorte de lata.
- Reutilización de cal proveniente de planta de aguas residuales como material de relleno.

- Crear planes de mantenimiento de planta de aguas industriales y de planta de aguas residuales.

4.1.6.2. Seleccionar las alternativas a ser evaluadas

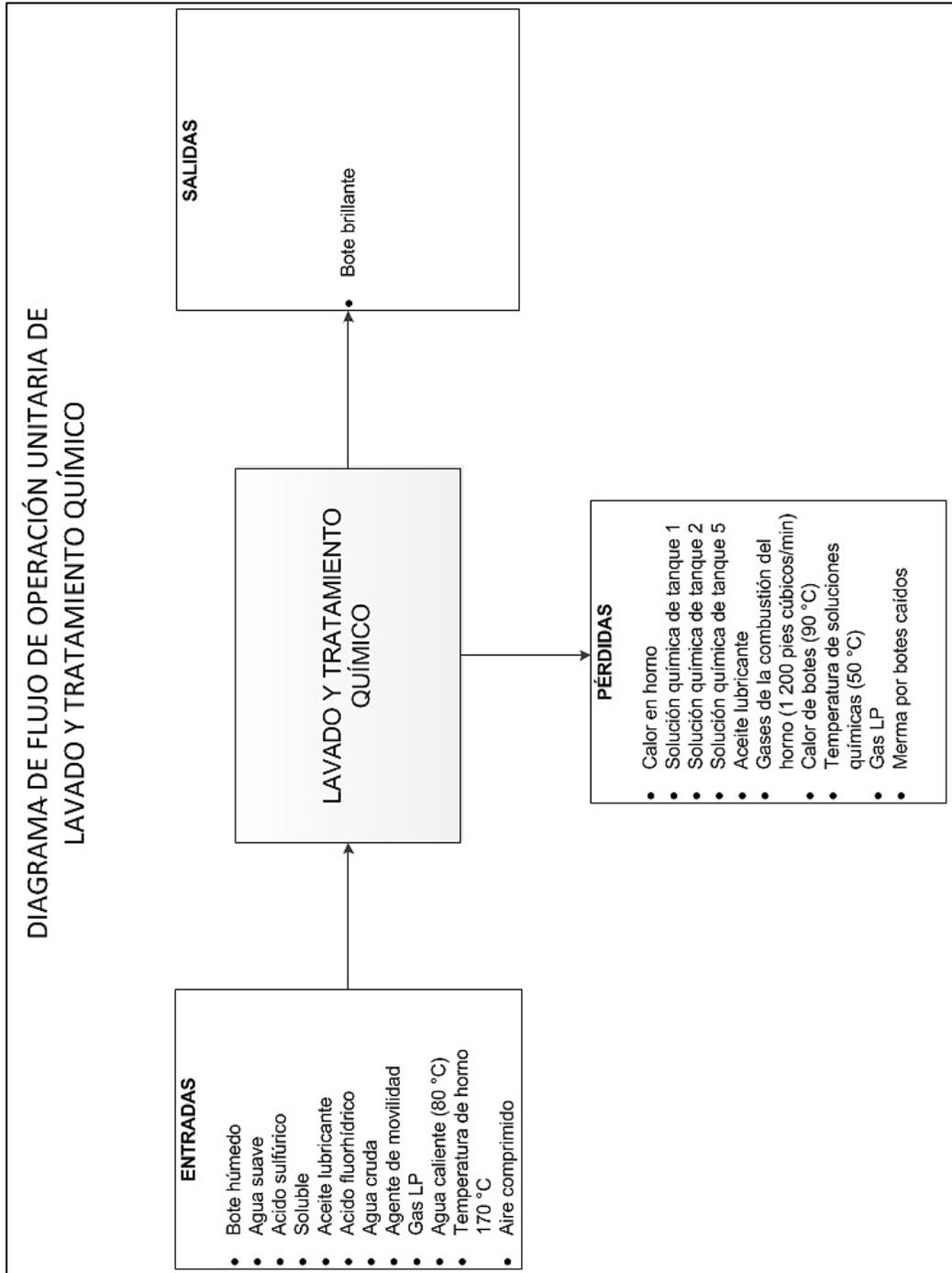
Todas las alternativas propuestas pueden ser implementadas, pero se debe tener el criterio de implementar primero las propuestas más económicas, fáciles y con las cuales se obtengan resultados rápidos. Para las evaluaciones se dejan las propuestas que son un poco más difíciles o que llevan un costo elevado en su implementación.

4.1.6.3. Alternativas a evaluar

Las alternativas escogidas a evaluar debido a que su implementación requiere cierta complejidad y alto costo, son las que están relacionadas con el proceso de lavado y tratamientos químicos de las latas.

En la figura 41 se muestra el diagrama de flujo de la Operación Unitaria crítica del lavado y tratamiento químico de las latas. Aquí se muestran todas las entradas de insumos y materiales que intervienen en dicho proceso, así como, la única salida que tiene el proceso, las latas lavadas o bote brillante. Al analizar dicha operación crítica, se muestran las pérdidas que son el objeto de oportunidades de mejora y de las propuestas que a continuación se describen.

Figura 41. Diagrama de flujo de la operación crítica de lavado



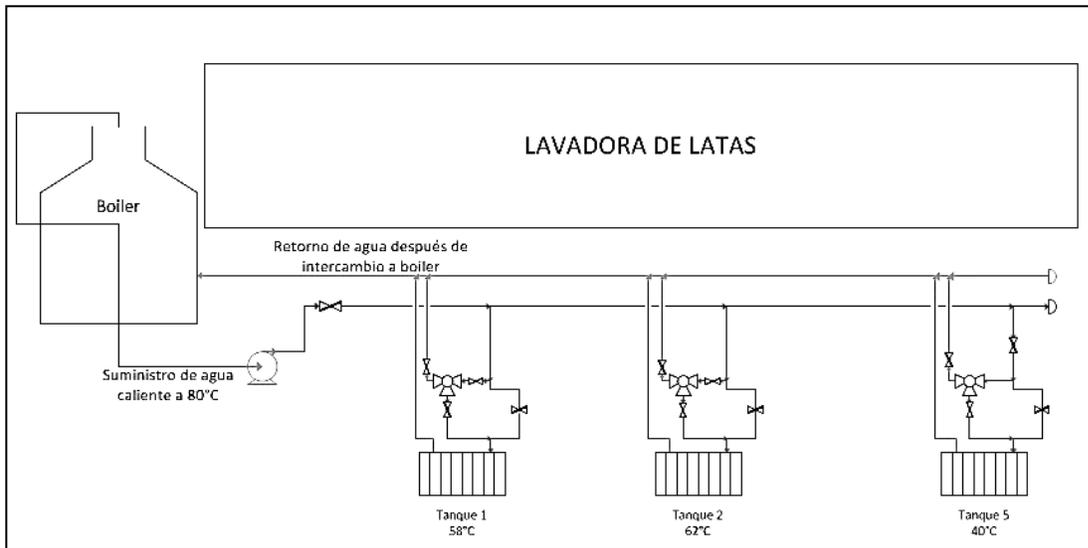
Fuente: elaboración propia.

- Modificación del sistema de enfriamiento en compresores para aprovechar calor en la lavadora

Al evaluar las Operaciones Unitarias, se observa que en el proceso de enfriamiento de los compresores de aire comprimido existe gran cantidad de calor a la salida del agua de los compresores, se propone que esta agua caliente se use en los tanques de la lavadora para aprovechar esta energía calorífica y apagar el boiler que consume gas licuado de petróleo.

- Evaluación técnica
 - Aspectos productivos: el proceso de lavado de latas tiene varias etapas, pero dentro las primeras cinco existen 3 tanques con diferentes soluciones químicas que se aplican a las latas para el tratamiento químico de limpieza. Un parámetro importante en este lavado es la temperatura a la cual se aplica dicha solución química a las latas; actualmente, para garantizar dicha temperatura, se utiliza una pequeña caldera acuatubular o boiler, cuyo objetivo es calentar agua suave para que dicho calor sea transferido por medio de intercambiadores de placas a las soluciones químicas de los tanques 1, 2 y 5 como se muestra en la figura 42.

Figura 42. **Proceso actual de intercambio de calor en tanques de lavadora**

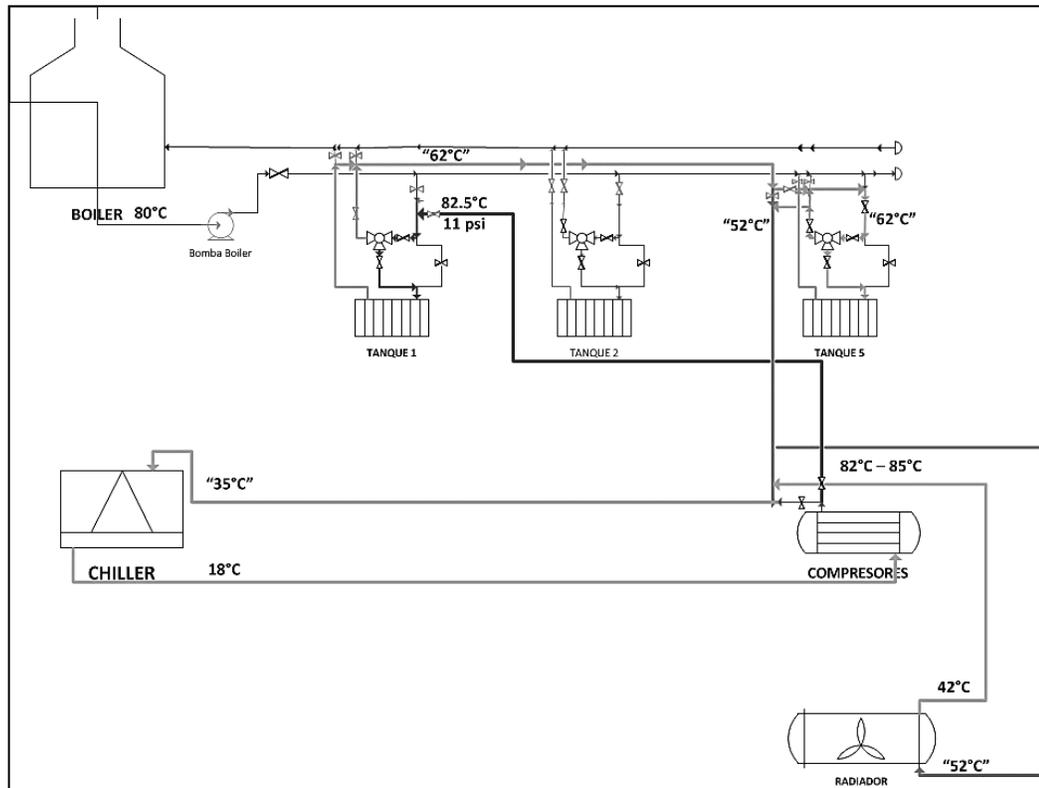


Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los cuatro compresores de la planta trabajan independientemente generando el aire comprimido que se demanda en la planta y a su vez generando calor a 80 grados Celsius debido a su sistema de enfriamiento.

La propuesta de Producción más Limpia, es cambiar el sistema de enfriamiento de aire y aceite actual de los compresores por medio de aire, a ser enfriados por agua. Esto se logrará utilizando el agua del chiller para quitarle calor a los compresores. El siguiente paso es aprovechar ese calor para utilizarlo en los tanques de la lavadora y evitar el uso boiler y obtener un ahorro en el consumo de gas LP. A continuación se muestra el diagrama de la propuesta de Producción más Limpia para la lavadora y compresores.

Figura 43. Diagrama del flujo de agua caliente de compresores en la lavadora



Fuente: elaboración propia.

Los compresores tienen capacidad para calentar el agua de enfriamiento a 80 grados Celsius, tal y como actualmente lo hace el boiler utilizando gas LP. Este calor de los compresores es producto de la compresión del aire y aceite que realizan internamente los compresores de tornillo y es transmitido al agua de enfriamiento por medio del sistema de intercambiadores que sirven para este propósito.

Existe el inconveniente de que si el agua de los compresores llega al chiller a esta temperatura, 80 grados Celsius, la capacidad de operación del chiller aumente y se dé un mayor consumo de energía eléctrica, lo que no es conveniente porque lo que se logra es sólo pasar de un lado a otro el costo, se ahorra en el gas LP por no usar el boiler, pero se gasta más en energía eléctrica porque el chiller aumenta su capacidad de operación. Por esto, es necesario que este calor se elimine y la mejor oportunidad es transmitirlo hacia los tanques de la lavadora.

Es completamente factible hacer esta transmisión de calor ya que lo que se necesita es solamente instalar tubería y válvulas hacia los intercambiadores de los tanques de la lavadora para que por medio de estos le quiten temperatura al agua y luego seguir su camino de retorno al chiller para ser enfriada nuevamente.

- Aspectos ambientales: con respecto al uso de agua de compresores en lavadora, como son circuitos cerrados tanto de la circulación del agua de enfriamiento de los compresores como el agua que calienta el boiler, no hay ningún tipo de desecho que produzca contaminación. Lo que se observa sólo es el ahorro de gas LP por no utilizar el boiler para calentar el agua.

- Evaluación económica
 - Las inversiones para transformar el sistema de enfriamiento de los compresores y aprovechar el calor en la lavadora ascienden a US\$128 729,68, en la tabla VII se muestra el desglose de dichas inversiones divididas en tres fases del proyecto.

Tabla VII. Inversiones necesarias para transformar el sistema de enfriamiento de compresores y aprovechar calor en lavadora

FASE 1		FASE 2		FASE 3	
Sistema de intercambiadores de calor para compresores TS32	\$33 187,00	Instalación de tubería de tanque 5 y tanque 1	\$4 076,43	Instalar tubería de tanque 2 de lavadora hacia tanque 1 y/o 5	\$1 019,11
Tubería principal de 4" de alimentación y retomo de chiller a compresores	\$7 152,11	Instalación de bypass para pasar agua en el radiador remoto de compresor 1	\$1 993,63	Intercambiadores para compresores 4 y 5	\$19 000,00
Tubería interna y salida de aire de compresor 1	\$856,69	Aislamiento de tubería de salida de compresores a by pass de lavadora	\$2 929,94	Intercambiadores para bombas de vacío 1 y 2	\$26 000,00
Montaje de nuevo sistema de enfriamiento a compresor 1	\$1 950,76	Instalar tubería para tanque 2 de lavadora	\$2 076,43	Instalación de sistema en compresor 4 y 5	\$2 547,77
Instalación de tubería del chiller al compresor 1	\$194,27			Instalación de sistema en bombas de vacío 1 y 2	\$3 057,32
Montaje de nuevo sistema de enfriamiento a compresor 1	\$1 821,14			Tubería interna en compresores y bombas de vacío	\$1 019,11
Mangueras para sistema remoto de enfriamiento de compresor 1	\$1 873,44			Compra e instalación de válvulas de control de flujo de agua en	\$7 000,00
Ducto de salida de aire de radiador remoto de compresor 1	\$1 420,38			Tubería de alimentación y retomo a cada compresor y bomba de vacío	\$2 547,77
				Tubería de alimentación y retomo a lavadora y chiller	\$3 184,71
				Aislamiento tubería	\$3 821,66
	\$48 455,80		\$11 076,43		\$69 197,45
INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO DE PML					\$128 729,68

Fuente: elaboración propia.

- Los ahorros de gas que se proyectan y se calculan de la siguiente manera:

- ✓ Se tienen mediciones en todos los hornos y equipos que utilizan gas LP en la planta y el porcentaje de consumo de cada equipo se ve en la tabla VIII:

Tabla VIII. **Consumo promedio diario por equipos**

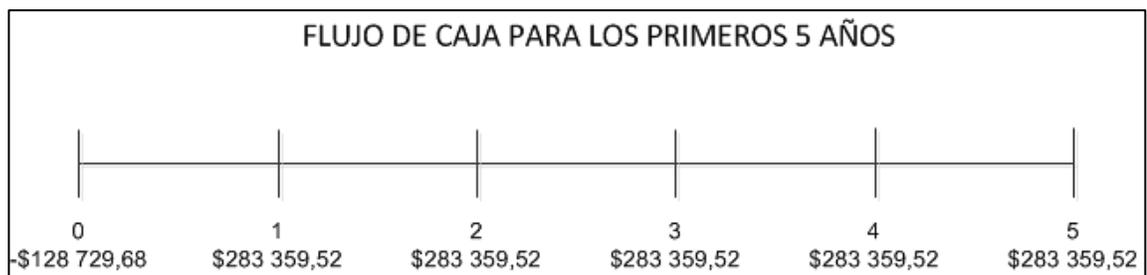
Equipo	Consumo Diario (litros gaseosos)	% Consumo	% Consumo acumulado
Horno de lavado	1 315 255	28%	28%
Horno de barniz interior	1 187 209	25%	52%
Boiler	1 065 024	22%	75%
Horno de tintas 1	661 430	14%	89%
Horno de tintas 2	545 479	11%	100%

Fuente: elaboración propia.

- ✓ El boiler consume 22% total de la factura diaria de gas LP, esto representa Q6 180,00 diarios por la operación del boiler y Q185 364,35 mensuales que equivalen a US\$23 613,29. Anualmente equivale a Q2 224 372,20 equivalentes en dólares de Estados Unidos a US\$283 359,52 de ahorro. La conversión de monedas se realiza a una tasa de Q7,85 por US\$1,00.

- ✓ Análisis: se realizará la evaluación económica utilizando el indicador de período de recuperación de la inversión (PR), para comparar los ahorros que se obtendrán al ejecutar el proyecto.
- ✓ El flujo de caja de la inversión y ahorros esperados para los primeros 5 años se muestran en la figura 44.

Figura 44. **Flujo de caja del uso de agua de compresores en lavadora**



Fuente: elaboración propia.

Al aplicar el período de recuperación de la inversión (PR) se debe decidir con base en los siguientes criterios para evaluar los proyectos de PML:

- Si $PR \leq 3$ años, la inversión es muy atractiva en términos económicos.
- Si $PR > 3$ y < 8 años, la inversión es aceptable en términos económicos.
- Si $PR \geq 8$ años, la inversión no es atractiva en términos económicos.

Aplicando la fórmula del período de recuperación de la inversión (PR), se tiene:

$$I_0 = -\$128\,729,68$$

$$FC_{(cte)} = \$283\,359,52$$

PR = período de recuperación de la inversión

La fórmula dice:

$$PR = I_0 / FC_{(cte)}$$

$$PR = \$128\,729,68 / \$283\,359,52$$

$$PR = 0,45 \text{ años} = 5,4 \text{ meses} \rightarrow 6 \text{ meses}$$

El PR es bastante corto debido a que al ejecutar el proyecto los ahorros van a ser muy grandes, por lo que el proyecto es viable económicamente.

- Recuperación de solución química de tanques de lavado en proceso químico

Al evaluar la Operación Unitaria del proceso de lavado se propone la recuperación de las soluciones químicas que se utilizan en los diferentes tanques de la lavadora, esto se realiza por medio de tanques coalescentes que permitirán separar los aceites de la solución química.

- Evaluación técnica
 - Aspectos productivos: como ya se mencionó con anterioridad, las latas pasan por diferentes etapas durante el proceso de tratamiento químico.

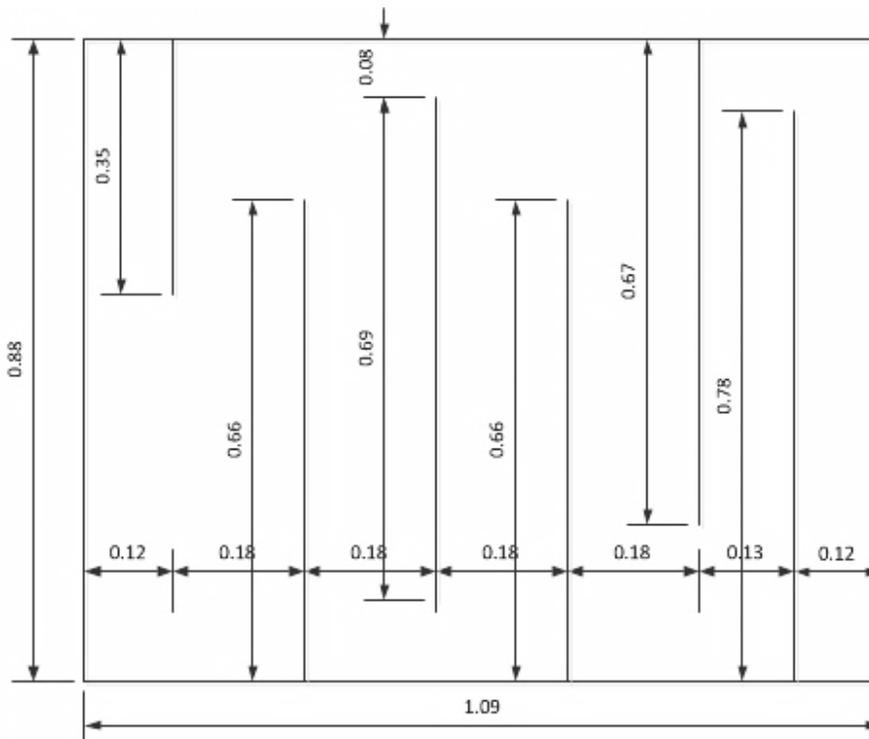
Se detectó una oportunidad de recuperación de estos químicos, ya que actualmente se utilizan sólo una vez y se desechan, enviándolos directamente a la planta de tratamiento de aguas industriales. El problema de la recuperación de estos químicos es que la solución química al finalizar su propósito de tratar las latas para limpiarlas, se mezcla con aceite soluble y aceite lubricante lo cual hace que la propuesta de Producción más Limpia se tenga que analizar muy bien porque se deben separar los aceites de las soluciones químicas.

El concepto que se está manejando para esta propuesta es el de la coalescencia y su proceso inverso. Coalescencia es la posibilidad de dos o más materiales de unirse en un único cuerpo. El término es comúnmente utilizado para explicar los fenómenos de soldadura, en particular de metales.

Actualmente, esta solución se está tirando al drenaje por lo que la propuesta es construir un tanque coalescente para separar el aceite de la solución química y recuperar cierta parte de esta solución introduciéndolo nuevamente a los tanques. Se tiene que construir un tanque coalescente por cada tanque de la lavadora, en este caso se fabricará uno para el tanque 2 y así recuperar la solución de ácido clorhídrico, sulfúrico y fosfórico.

El tanque coalescente debe ser fabricado de acero inoxidable tipo 316 L debido a que este material es resistente a los ácidos de las soluciones químicas. Las dimensiones de tanque son de 1,09 metros de ancho X 0,88 metros de alto X 1,21 metros de profundidad y tiene 7 divisiones internas tipo mamparas para que la solución circule de forma continua por arriba y abajo, intercalándose a baja velocidad para que el aceite que tiene menor densidad relativa que la solución química suba a la superficie y se realice la separación para recuperar solamente la solución química sin contaminantes. En la figura 45 se observan las dimensiones del tanque coalescente y sus respectivas divisiones.

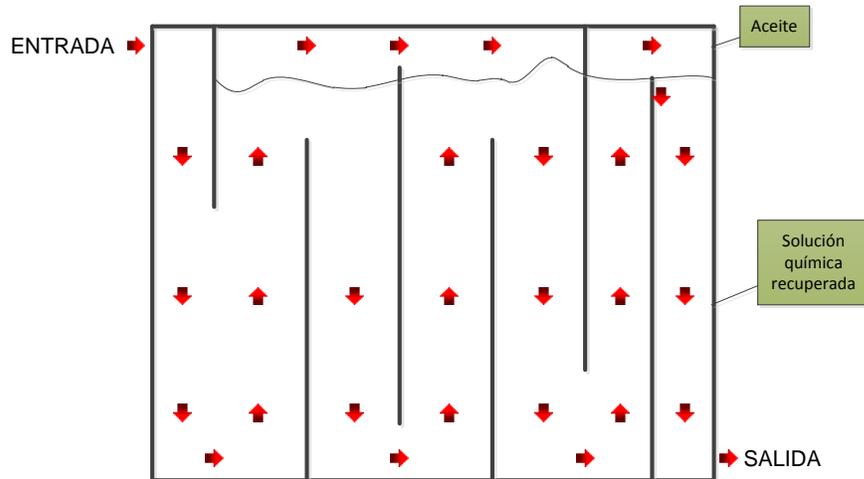
Figura 45. **Diseño del tanque coalescente (frontal)**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 46 se observa el flujo de la solución- aceite que entra al tanque hasta que sale sólo la solución química recuperada.

Figura 46. **Dirección del flujo de la solución en el tanque coalescente**



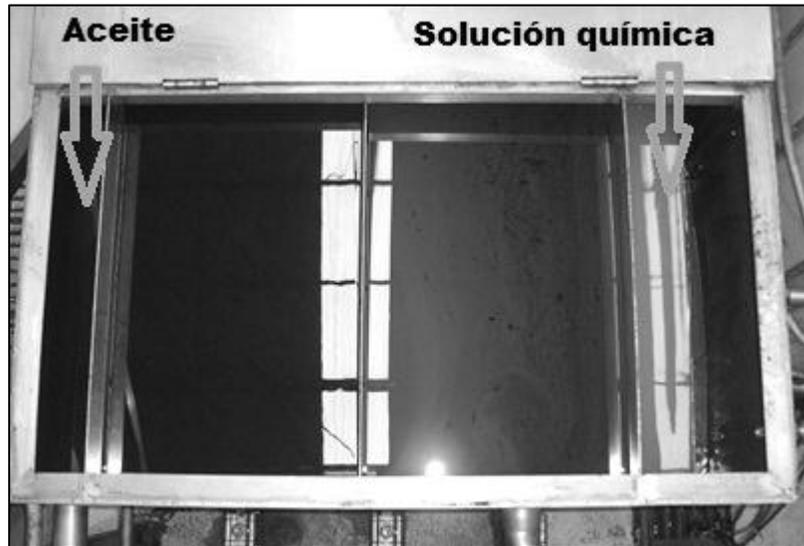
Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Tanque coalescente de acero inoxidable 316 L**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

Figura 48. Separación del aceite de la solución química



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

- Aspectos ambientales: los químicos de lavadora, actualmente se desechan después de su primer uso y al recuperarlos con el tanque coalescente se deja de tirar al drenaje 1 metro cúbico de solución química al día aproximadamente, por lo que impactará directamente al ambiente y en los costos del tratamiento de agua.
- Evaluación económica
 - El costo de la fabricación del tanque coalescente de las dimensiones ya mencionadas y con material de acero inoxidable 316 L ascienden a Q65 000,00.

- El costo total de fabricación, automatización y tubería del sistema de recuperación asciende a Q170 000,00 que representan US\$21 656,05 a una tasa de cambio de Q7,85 por 1 dólar.
- El tanque 2 de la lavadora tiene una capacidad de 4 029 galones de la solución química de Clene 101 y ACC 2A (químicos con ácidos sulfúrico, clorhídrico y fosfórico).
- El tanque tiene un volumen de 1,16 metros cúbicos o 306 galones que representa el 7,6% del tanque 2. Se debe trabajar el tanque a un volumen promedio de 1 000 litros o 1 metro cúbico para que el tanque funcione de manera adecuada.
- El porcentaje real de recuperación de solución química en el tanque coalescente es de 99% y el restante 1% es de aceite.
- Al día se recuperan 990 litros de solución química y 10 litros de aceite. De la solución química se tiene que, en un día se recuperan 402,94 litros de Clene 101 (40,70%), 181,28 litros de ACC 2A (18,31%) y el resto de agua que compone la solución.
- El costo de los químicos es el siguiente:
 - Clene 101 = US\$1,87 por litro
 - ACC 2A = US\$1,57 por litro

- El ahorro total en la recuperación de los químicos se calcula así:

Clene 101

$$402,94 \text{ litros/día} \times \text{US}\$1,87/\text{litro} = \text{US}\$753,50/\text{día} \times 30 \times 12 = \text{US}\$ 271 260,00/\text{año}.$$

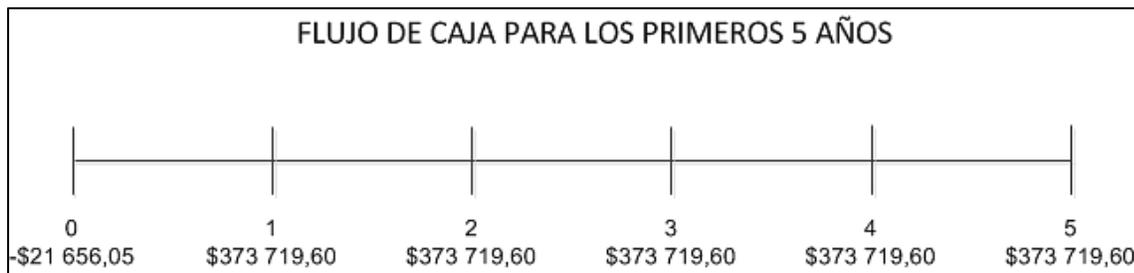
ACC 2A

$$181,28 \text{ litros/día} \times \text{US}\$1,57/\text{litro} = \text{US}\$284,61/\text{día} \times 30 \times 12 = \text{US}\$102 459,60/\text{año}.$$

El ahorro total al año asciende a US\$373 719,60.

- Análisis: se realizará la evaluación económica utilizando el procedimiento del período de recuperación de la inversión.

Figura 49. **Flujo de caja para la recuperación de químicos de tanque 2**



Fuente: elaboración propia.

Aplicando la fórmula del período de recuperación de la inversión (PR), se tiene:

$$I_0 = -\$21\,656,05$$

$$FC_{(cte)} = \$373\,719,60$$

$$PR = \text{período de recuperación de la inversión}$$

La fórmula dice:

$$PR = I_0 / FC_{(cte)}$$

$$PR = \$21\,656,05 / \$373\,719,60$$

$$PR = 0,058 \text{ años} = 0,70 \text{ meses} \rightarrow 1 \text{ mes}$$

Este valor tan bajo de período de recuperación de la inversión (PR), indica que los ahorros tienen un valor muy alto y esto es comprensible debido a que actualmente todo se está yendo al drenaje y con la implementación del proyecto se dejará de tirar la solución química al drenaje, por lo que el proyecto también es económicamente viable.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Se evaluarán los resultados obtenidos después de la implementación del plan de desarrollo de prácticas de Producción más Limpia, se determinarán los controles y los planes de acción en caso de no cumplir con los objetivos o metas y se desarrollará un plan de capacitación al personal.

5.1. Acciones de Producción más Limpia

De acuerdo al análisis y evaluación anterior, las acciones que se tomaron se escogieron con el criterio de hacer lo más fácil y económico primero y de último lo más complejo y más costoso, siempre y cuando tengan un impacto importante. Con este criterio se realiza la siguiente matriz como guía para ejecutar dichas acciones:

Figura 50. **Matriz impacto – esfuerzo**

Alto Impacto	1	3
	1. Habilitar válvula reguladora de potencia en compresores de aire (válvula espiral). 2. Crear planes de mantenimiento de planta de aguas industriales. 3. Crear planes de mantenimiento de planta de aguas residuales.	1. Uso de calor de agua de compresores en tanques de lavadora para ahorrar gas. 2. Recuperación de solución química de tanques de lavado en proceso químico.
Bajo Impacto	2	4
	1. Aprovechamiento de agua de condensado de las unidades de aire acondicionado de los paneles eléctricos de producción.	1. Reutilización de cal proveniente de aguas residuales como material de relleno. 2. Recuperación de soluble impregnado en scrap de copas y anillas de recorte de latas.
	Bajo Esfuerzo	Alto Esfuerzo

Fuente: elaboración propia.

Sólo se ejecutan las acciones del cuadrante 1 y 3, ya que aquí se encuentran las acciones que según la experiencia del equipo y análisis económico previo, se definieron como las acciones que si van a tener un impacto importante en el ambiente, así como, en la productividad de la empresa.

5.1.1. Monitoreo y evaluación de los resultados

Para monitorear el cumplimiento de estas acciones se crea un plan de ejecución de acciones de Producción más Limpia, en el cual se detallan las fechas, responsables y todas las observaciones pertinentes a las acciones a tomar. El plan de acción se muestra en la figura 51.

Figura 51. Plan de acción de PML en la empresa

Escala de	Comienzo																					
	01 julio	01 agosto	01 sept	01 octubre	01 noviembre	01 diciembre	01 enero	01 febrer	01 mar	01 abril	01 mayo	01 junio										
Diagrama de Gantt	1	PLAN DE ACCIÓN DE PML	183 días	Comienzo: lun 27/06/11	Fin: mié 07/03/12	11 sep	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	
	2	Habilitar válvula espiral de compresores	30 días	Comienzo: lun 29/08/11	Fin: vie 07/10/11																	
	12	Plan de mantenimiento de planta de aguas industriales	25 días	Comienzo: lun 27/06/11	Fin: vie 29/07/11																	
	20	Plan de mantenimiento de planta de aguas residuales	25 días	Comienzo: lun 01/08/11	Fin: vie 02/09/11																	
	28	Uso de calor de agua de compresores en tanques de lavadora	36 días	Comienzo: lun 31/10/11	Fin: lun 19/12/11																	
	57	Recuperación de químicos en lavadora	158 días	Comienzo: lun 01/08/11	Fin: mié 07/03/12																	

Fuente: elaboración propia.

5.2. Indicadores de Producción más Limpia para la empresa

Los indicadores de Producción más Limpia para la empresa que ayudarán a monitorear los resultados de las acciones tomadas son los siguientes:

- Consumo de energía eléctrica en kilowatt-hora por cada 1 000 latas producidas (kW-h/1 000).
- Consumo de gas LP en millones de British Thermal Units consumidos por cada 1 000 latas producidas (mmBTU/1 000).
- Consumo de químico Clene 101 en galones por cada millón de latas producidas (galones/1 000 000).
- Consumo de químico ACC 2A en galones por cada millón de latas producidas (galones/1 000 000).
- Porcentaje de cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo (%).
- Amperaje de motor de compresores (A).

5.3. Control de los indicadores de Producción más Limpia

Para detectar y evitar desviaciones en los indicadores de Producción más Limpia esperados, se proponen los siguientes rangos que se muestran en la tabla IX, para ayudar a observar con facilidad cualquier tendencia o desviación en los resultados obtenidos al ejecutar las acciones planificadas.

Tabla IX. Rangos para control de indicadores de PML

Rubro	Indicador	Mínimo	Máximo
Energía eléctrica	Kw-h/1 000	14,6	14,7
Gas LP	mmBTU/1 000	0,030	0,032
Clene 101	Gal/1 000 000	8,25	8,50
ACC 2 ^a	Gal/1 000 000	4,25	4,50
Planes de mantto	% de cumplimiento	90	100
Amperaje de motor	A	350	400

Fuente: elaboración propia.

5.3.1. Implementación de *check lists*

Como medida adicional para el control de los indicadores se propone la implementación de formatos de verificación o *check lists* para llevar el registro periódico de los indicadores antes mencionados y monitorear cualquier desviación o tendencia.

Este control es responsabilidad del encargado de seguridad industrial y ambiente, el cual deberá liderar el equipo de Producción más Limpia de la planta, así como, transmitir toda la información pertinente de los resultados obtenidos según el *check list*, al equipo de PML para tomar las acciones que se requieran.

La frecuencia de este *check list* es diario, ya que al inicio se deben revisar constantemente los resultados para llevar un control estricto de los indicadores y mantenerlos dentro de los rangos establecidos en la tabla VIII.

En la figura 52 se muestra el *check list* de control de los indicadores de Producción más Limpia, en el cual se registran diariamente los resultados obtenidos el día anterior.

Figura 52. **Check list de control de indicadores de PML**

	CHECK LIST DIARIO DE CONTROL DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA	CÓDIGO	FO - GG - GG - 044
		VERSIÓN	001
		FECHA	03 DE DICIEMBRE DE 2012
		PÁGINA	01 DE 01

MES: _____

Semana	1		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Energía Eléctrica	Kw-h/1000								
Gas LP	mmBTU/1000								
Clene 101	Gal/millón								
ACC 2A	Gal/millón								
Planes de Manto	% Cumplimiento								
Amperaje motor	A								

Semana	2		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Energía Eléctrica	Kw-h/1000								
Gas LP	mmBTU/1000								
Clene 101	Gal/millón								
ACC 2A	Gal/millón								
Planes de Manto	% Cumplimiento								
Amperaje motor	A								

Semana	3		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Energía Eléctrica	Kw-h/1000								
Gas LP	mmBTU/1000								
Clene 101	Gal/millón								
ACC 2A	Gal/millón								
Planes de Manto	% Cumplimiento								
Amperaje motor	A								

Semana	4		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Energía Eléctrica	Kw-h/1000								
Gas LP	mmBTU/1000								
Clene 101	Gal/millón								
ACC 2A	Gal/millón								
Planes de Manto	% Cumplimiento								
Amperaje motor	A								

Realizado por: _____

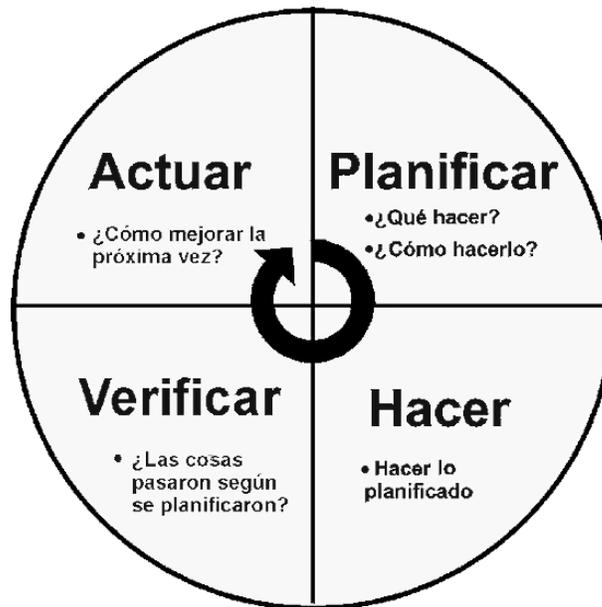
Nombre Firma

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Planes de acción

Todos los planes de acción los debe crear el equipo de Producción más Limpia. Todos los integrantes del equipo deben participar en reuniones periódicas para revisar el avance y las medidas a tomar en caso encuentren alguna inconformidad con respecto a las metas propuestas. Estos planes deben estar basados en el ciclo de mejora de Deming, en el cual al seguir sus pasos; planear, hacer, verificar y actuar (P-H-V-A), hacen que se pueda revisar sistemáticamente el proyecto para mejorar continuamente los resultados.

Figura 53. **Ciclo de mejora de Deming**



Fuente: <http://isceudg.wordpress.com/2011/06/22/herramientas-de-la-mejora-continua/>.

Consulta: septiembre de 2011.

5.4. Capacitación de personal

La capacitación del personal sobre los conceptos de Producción más Limpia es una de las primeras acciones que debe contener el plan de ejecución del proyecto de producción. Esta capacitación debe ser dirigida a todo el personal involucrado en los procesos productivos y realizada por los integrantes del equipo de Producción más Limpia de la empresa.

Los temas a tratar en dicha capacitación deben ser los siguientes:

- Conceptos de Producción más Limpia
- Metodología de análisis de oportunidades de Producción más Limpia
- Evaluación técnica y económica
- Ciclo de Deming (P-H-V-A)
- Normas ISO 14001-2004
- Sistema de Gestión Ambiental

5.5. Estadísticas

Las estadísticas que se deben presentar a la gerencia general deben estar basadas en los indicadores de PML, estas deben calcularse mes con mes para revisar el avance del plan de ejecución y sus resultados. Las estadísticas que se deben llevar son las siguientes:

- Valor del indicador.
- Ahorro en unidad de medida del indicador.
- Ahorro unitario de cada indicador con respecto al mes anterior.
- Ahorro unitario de cada indicador expresado en dólares estadounidenses (US\$).
- Ahorro global del proyecto de Producción más Limpia expresado en dólares estadounidenses (US\$).
- Gráfica de tendencia de cada indicador, antes y durante la ejecución para verificar que se esté ahorrando.

5.6. Auditorías

Las auditorías ayudarán a verificar que el beneficio ambiental y productivo se esté dando tal y como se planificó el proyecto, además de que se tengan todos los registros disponibles para su verificación por parte de entes internos o externos. Para esto hay dos tipos de auditorías que se realizan:

5.6.1. Internas

Estas auditorías se deben programar periódicamente durante un año para revisar que los procedimientos y resultados se estén dando de acuerdo con lo planificado. Estas auditorías las realiza el personal del equipo de PML o los auditores internos certificados en la Norma Ambiental ISO 14001-2004, ya que como la empresa esta en el proceso de certificación ambiental ISO, esto le da una base sólida para realizar dichas auditorías.

5.6.2. Externas

Las auditorías externas se realizan de acuerdo con programaciones de entes externos a la empresa, estos pueden ser clientes, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales o auditores de empresas certificadoras en Normas ISO.

6. AMBIENTE

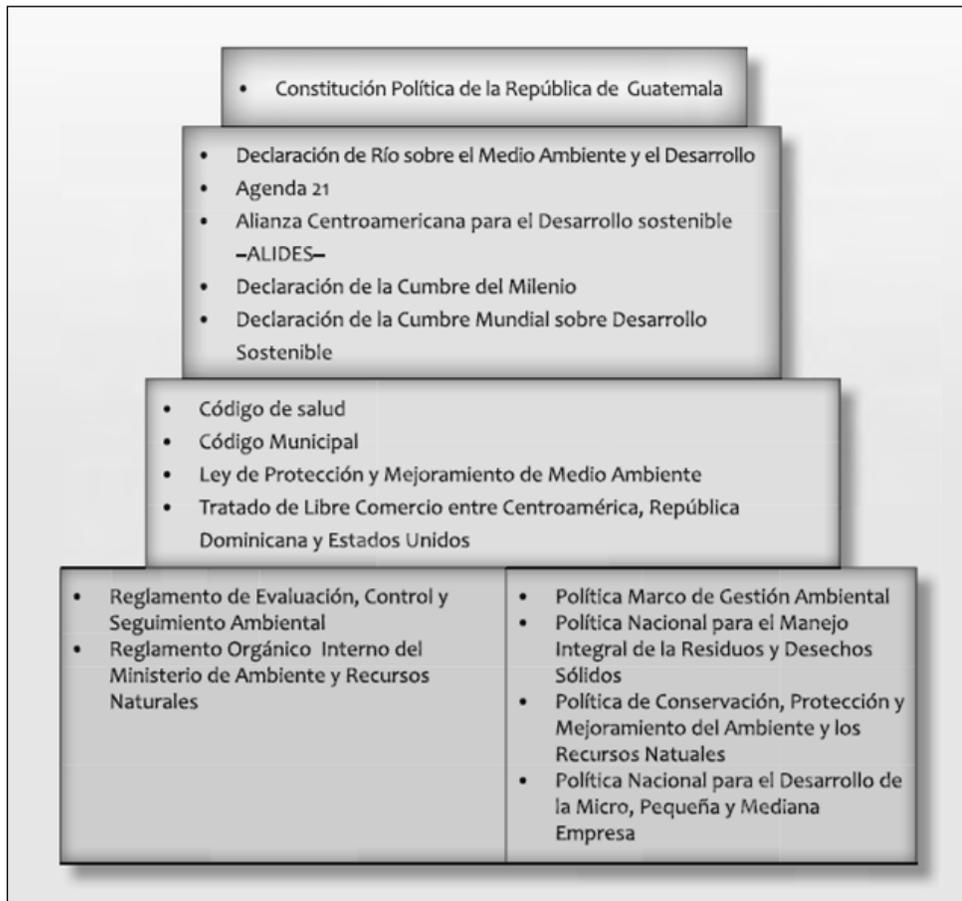
Se revisará la legislación ambiental vigente aplicable a la Producción más Limpia en Guatemala, se hará una evaluación con respecto a la Norma ISO 14001-2004 y se determinarán los indicadores de desempeño ambiental para la empresa.

6.1. Legislación nacional aplicable

En los últimos 20 años la institucionalidad de la gestión ambiental en Guatemala, con la creación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), a través del decreto 68-86 “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente”, posteriormente la Firma de los Acuerdos de Paz en 1996; y, la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en el 2000 (Decreto 90-2 000) que reforma la Ley del Organismo Ejecutivo (decreto 114-97), y faculta al MARN como rector de la gestión ambiental y de los recursos naturales de Guatemala; además, las políticas de control de la contaminación han evolucionado de los métodos conocidos como la de al final del tubo, hasta las recientes tendencias basadas en el principio de prevención, que cambia el cuestionamiento anterior: ¿Qué se hace con los residuos?, por uno actual: ¿Qué se hace para no generar residuos? Sobre este tipo de principios se fundamenta la Producción más Limpia.

En Guatemala ya se cuenta con una Política Nacional de Producción más Limpia, que fue creada con el Acuerdo Gubernativo No. 258-2010. La jerarquía del marco legal de esta política se puede observar en la figura 54.

Figura 54. **Jerarquía del marco legal de la Política de Producción más Limpia**



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Política Nacional de Producción más Limpia. p. 15.

6.2. Entidades que intervienen en la Producción más Limpia en Guatemala

En Guatemala existen dos tipos de entidades que intervienen y velan porque se cumplan las Normas de Producción más Limpia: las gubernamentales y las no gubernamentales.

6.2.1. Gubernamentales

Son todas aquellas instituciones del estado de Guatemala que están implicadas en el cuidado ambiental y son reguladas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN).

6.2.1.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y de bienes y servicios naturales del sector público, al cual le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza y protegiendo, preservando y utilizando racionalmente los recursos naturales con el fin de lograr un desarrollo transgeneracional, articulando el quehacer institucional, económico, social y ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa.

Los objetivos del MARN son:

- Cumplir y hacer cumplir el régimen jurídico del ambiente y de los recursos naturales, dirigiendo las funciones generales asignadas al Ministerio y especialmente, de las funciones normativas, de control y supervisión.

- Formular, aprobar, orientar, coordinar, promover, dirigir y conducir las políticas nacionales de ambiente y recursos naturales, para el corto, mediano y largo plazo, en íntima relación con las políticas económica, social y de desarrollo del país y sus instituciones de conformidad con el sistema de leyes atinentes a las instrucciones del Presidente y Consejo de Ministros.
- Velar por el estricto cumplimiento de las leyes, la probidad administrativa y la correcta inversión de los fondos públicos, en los asuntos confinados al despacho.
- Ejercer la rectoría sectorial y coordinar las acciones del ministerio con otros ministerios e instituciones públicas y del sector privado, promoviendo la participación social en su diálogo, con el propósito de facilitar el desarrollo nacional en materia de ambiente y recursos naturales y así, propiciar una cultura ambiental y de conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales.
- Formular participativamente la política de conservación, protección y mejoramiento del ambiente y de los recursos naturales y ejecutarla en conjunto con las otras autoridades con competencia legal en la materia dentro del marco normativo nacional e internacional.
- Formular políticas para el mejoramiento y modernización de la administración descentralizada del sistema guatemalteco de áreas protegidas; así como, para el desarrollo y conservación del patrimonio natural del país, incluyendo las áreas de reserva territorial del Estado.

- Diseñar en coordinación con el Ministerio de Educación, la política nacional de educación ambiental y vigilar porque se cumpla.
- Formular la política para el manejo de recursos hídricos en lo que corresponda a contaminación, calidad y para renovación de dicho recurso.

6.2.1.2. Comisión Nacional del Medio Ambiente

La Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, asesora, coordina y aplica la política nacional ambiental. La CONAMA depende directamente de la presidencia de la República.

La CONAMA tiene competencia a nivel nacional. Sus funciones y estructura organizacional básica está regulada en la Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente. El organismo ejecutivo por medio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, está obligado a velar porque el desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el ambiente.

6.2.2. No Gubernamentales

Son todas aquellas instituciones de origen privado o patrocinadas por organismos internacionales que ejecutan proyectos para cuidar el ambiente y están representadas en su mayoría por Organizaciones No Gubernamentales (ONG).

6.2.2.1. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia

El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia - CGP+L - es una institución técnica sin fines de lucro que fue establecida el 15 de julio de 1999. Ha contado con el apoyo de instituciones nacionales como la Cámara de Industria de Guatemala, así como, instituciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI).

Actualmente forma parte de la Red Latinoamericana de Producción más Limpia.

Las operaciones del centro persiguen los siguientes objetivos:

- Introducir medidas económicamente satisfactorias de P+L, para prevenir la contaminación ambiental a través de evaluaciones en planta.
- Contar con un mecanismo establecido para la introducción continua de tecnologías de vanguardia en el área de P+L, incluyendo asesoría en Inversión en Producción más Limpia.
- Fortalecer la capacidad local en la aplicación de P+L a través de la capacitación de consultores y empresarios.
- Tener un centro de información computarizado a través de la integración a la red internacional de P+L y de los CNP+L alrededor del mundo.

Todos los objetivos específicos anteriormente mencionados van encaminados a cumplir con el objetivo general, aumentar la competitividad de las empresas nacionales a través de la aplicación de Producción más Limpia.

6.3. Cumplimiento con la Norma Ambiental ISO 14001-2004

Las acciones de Producción más Limpia ejecutadas por la empresa, están integradas al Sistema de Gestión Ambiental implementado. Esta norma internacional contiene solamente aquellos requisitos que pueden ser auditados objetivamente.

Esta norma internacional no establece requisitos absolutos para el desempeño ambiental más allá de los compromisos incluidos en la política ambiental, de cumplir con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos que la organización suscriba, la prevención de la contaminación y la mejora continua. Por tanto, dos organizaciones que realizan actividades similares con diferente desempeño ambiental, pueden ambas cumplir sus requisitos.

6.3.1. Proceso de certificación de la empresa

La empresa se encuentra en el proceso final de certificación de esta Norma; ya se cuenta establecido el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) y está declarada su política ambiental. La implementación duro aproximadamente 1 año, se cuenta con un equipo de 10 auditores internos certificados en esta Norma, que han sido los encargados de planificar y ejecutar las auditorías internas para dicho proceso de certificación.

Se han realizado 3 auditorías externas que han servido para evaluar el sistema de gestión ambiental ya que la empresa pretende certificarse no sólo en la Norma ISO 14001-2004, sino también en las Normas ISO 9001-2008 y la ISO 18001-2007. Se está en espera de hacer la auditoría de precertificación para luego programar la auditoría de certificación en las tres normas.

6.4. Control ambiental

La rápida industrialización ha dado lugar a innumerables accidentes que han contaminado los recursos terrestres, atmosféricos y acuáticos con materiales tóxicos y otros contaminantes, amenazando a las personas y los ecosistemas con graves riesgos para la salud. El uso cada vez más generalizado e intensivo de materiales y energía ha originado una creciente presión en la calidad de los ecosistemas locales, regionales y mundiales.

Antes de que se emprendiera un esfuerzo concertado para reducir el impacto de la contaminación, el control ambiental apenas existía y se orientaba principalmente al tratamiento de los residuos para evitar daños locales, aunque siempre con una perspectiva a corto plazo. Sólo en aquellos casos excepcionales en los que se consideró que el daño era inadmisibles se tomaron medidas al respecto. A medida que se intensificó el ritmo de la actividad industrial y se fueron conociendo los efectos acumulativos, se impuso el paradigma del control de la contaminación como principal estrategia para proteger el ambiente.

Dos conceptos sirvieron de base para este control:

- El concepto de capacidad de asimilación: que reconoce la existencia de un cierto nivel de emisiones del ambiente sin efectos apreciables en la salud humana y ambiental.
- El concepto de principio de control: que supone que el daño ambiental puede evitarse controlando la forma, la duración y la velocidad de la emisión de contaminantes al ambiente.

Como parte de la estrategia de control de la contaminación, los intentos de proteger el ambiente han consistido principalmente en aislar los contaminantes del ambiente y en utilizar depuradoras y filtros en las fuentes emisoras. Estas soluciones, orientadas a objetivos de calidad ambiental o límites de emisión específicos para un medio, se han dirigido especialmente a eliminar los puntos de vertido de residuos a determinado medio (aire, agua y tierra).

6.5. Indicadores de desempeño ambiental

Los indicadores de desempeño ambiental que se deben establecer en la empresa para seguir desarrollando las prácticas de Producción más Limpia son los siguientes:

- Porcentaje de no conformidades encontradas en las auditorías internas de la Norma ISO 14001-2004.
- Certificación y recertificaciones en la Norma ISO 14001-2004.

- Porcentaje de no conformidades encontradas en auditorías realizadas por el MARN.
- Resultados de análisis periódicos realizados a la planta de tratamiento de aguas industriales.
- Resultados de análisis periódicos realizados a la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Porcentaje de cumplimiento de los mantenimientos preventivos a los equipos de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales.
- Porcentaje mensual de recuperación de químicos de lavadora.
- Boiler apagado.

CONCLUSIONES

1. Desde hace un año, la empresa tiene en desarrollo la implementación del Sistema de Gestión Ambiental, requisito indispensable para la certificación en la Norma Ambiental ISO 14001-2004; se determinó que la metodología y propuesta de Producción más Limpia con el SGA, no son excluyentes sino complementarias y deben integrarse, ya que va a robustecer dicha gestión para el proceso de certificación de la empresa.
2. Por medio del análisis de las Operaciones Unitarias Críticas, se determinó que el proceso de lavado y tratamiento químico es el área que presenta mayores oportunidades de trabajo en Producción más Limpia, esto debido al uso y desecho de grandes y variadas cantidades de soluciones químicas que actualmente no se reciclan, sólo se tratan al final y presentan peligro al ambiente, alto consumo de agua y costos elevados de los químicos.
3. Hasta ahora la empresa cuenta con el sistema SAP para administrar los mantenimientos de todos los equipos de la planta de producción, pero se encontró que hay deficiencias en los mantenimientos de los equipos de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales, lo que representa un riesgo muy grande de contaminación ambiental y elevado costo por el funcionamiento del tratamiento al final del proceso, poniendo en peligro el buen funcionamiento del equipo.

4. Al implementarse la metodología para las prácticas de Producción más Limpia en la empresa, su buen funcionamiento dependerá del compromiso de la dirección en el apoyo a las acciones propuestas y de los miembros del equipo para lograr el objetivo de hacer de la empresa un lugar productivo y amigable con el ambiente.
5. Se establecen los indicadores de Producción más Limpia, como medio para la administración de la gestión del programa, los cuales se analizarán periódicamente para corregir o mejorar las acciones implementadas.
6. Al implementar las acciones propuestas para el área de Lavadora y Tratamiento Químico, la empresa ahorrará anualmente US\$657 079,12 en los primeros 5 años y la inversión inicial de US\$150 385,73 se recuperará en el primer año.
7. Aunque se implemente el reciclaje de los químicos ACC 2 y Clene 101, por medio del tanque coalescente en el tanque 2 de la lavadora, esto representa sólo un 6,5% de la capacidad total del tanque, por lo que se tienen grandes oportunidades para continuar con el programa en esta área.

RECOMENDACIONES

1. Gestionar la certificación de la empresa en la Norma ISO 14001-2004 teniendo como pilar principal el enfoque y programa de Producción más Limpia establecido.
2. Analizar la posibilidad de reciclado de químicos en los tanques de tratamiento de la lavadora 1, 2 y 5, ya que reciclando el 6,5% del tanque 2 se obtienen grandes beneficios ambientales y reducción de costos.
3. Analizar la opción de implementar la recuperación del soluble de enfriamiento, que se encuentra en la trampa de soluble del ducto de vacío que lleva el scrap de clase 1 que sale de la Cupper y Trimmers y va hacia la compactadora.
4. Asegurar el funcionamiento correcto de las plantas de tratamiento de aguas industriales y residuales para garantizar protección al ambiente.
5. Programar auditorías internas de gestión ambiental periódicamente para verificar y validar los resultados de los procedimientos y acciones implementadas.
6. Promover la capacitación constante a los empleados para lograr un enfoque ambiental y de costos en todas las operaciones del proceso.
7. Desarrollar la cultura de prevención de la contaminación en todas las áreas de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Autoridad Nacional del Ambiente. *Producción más Limpia para el Sector de Beneficio de Ganado Bovino y Porcino*. Panamá: ANAM, 2005. 159 p.
2. AVALLONE, Eugene A.; BAUMEISTER III, Theodore. *Manual del Ingeniero Mecánico*. 9a ed. México: McGraw-Hill, 1995. 1800 p. ISBN 970-10-0661-5.
3. Beverage Can Makers Europe. *Cómo se fabrican las latas de bebidas* [en línea]. España: BCME, [ref. de 17 de mayo de 2011]. http://www.latasdebebidas.org/news_det.php?id=48.
4. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. *Guía Técnica General de Producción más Limpia*. Bolivia: CPTS, 2005. 173 p.
5. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. *Recomendaciones para reducción de residuos* [en línea]. Guatemala: CGP+L, [ref. de 03 de junio de 2011]. <http://www.cgpl.org.gt/guiasmanuales>.
6. Centro Nacional de Producción Más Limpia. *Manual de Introducción a la Producción más Limpia en la Industria*. Colombia: CNPML, 2005. 44 p.

7. RESTREPO GONZÁLEZ, Ramiro. *Responsabilidad social: nueva teoría – nuevas prácticas*. 3a ed. Colombia: ICONTEC, 2011. 192 p.
8. SPIEGEL, Jerry; LUCIEN, Y. Maystre. *Control de la contaminación ambiental. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. 4a ed. Suiza: ILO, 1998. 4230 p.
9. STREETER, Willie. *Mecánica de los fluidos*. 6a ed. México: McGraw-Hill, 1984. 467 p.
10. VAN HOOFF, Bart; MONROY, Néstor; SAER, Alex. *Producción más Limpia: paradigma de gestión ambiental*. Colombia: Alfaomega, 2008. 300 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Funcionamiento del tanque coalescente para la recuperación de químicos**

El tanque coalescente funciona de una manera muy sencilla pero tiene un impacto muy grande. Primero, de forma general, para que pueda funcionar se necesitan varios equipos auxiliares: un tote con capacidad de 1 000 litros, 3 sensores de nivel, 1 controlador programable lógico, dos bombas neumáticas, 1 panel eléctrico, 4 válvulas neumáticas y tubería de acero inoxidable. En la siguiente figura, se muestra el tanque coalescente del tanque 2 instalado.

Figura A. **Vista del tanque coalescente instalado**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

Segundo, el funcionamiento para recuperar la solución química de Clene 101 y ACC 2A, es el siguiente:

- Al pasar las latas por el tanque 2, unas boquillas atomizadoras rocían la solución química sobre las latas a presión.
- Al hacer esto se desprenden aceites que se mezclan con la solución química y es aquí donde radicaba el problema de la no recuperación de dicha solución y se desecha toda la solución por estar contaminada con aceite y utilizarse una sola vez.
- Cuando se ideó el tanque coalescente se pensó en el efecto de las densidades de los componentes. Se sabe que la densidad del aceite es menor que la del agua, esto hace que el aceite flote en la superficie y de aquí partió la idea de la separación del aceite de la solución química. En la siguiente figura se muestra dicho funcionamiento.

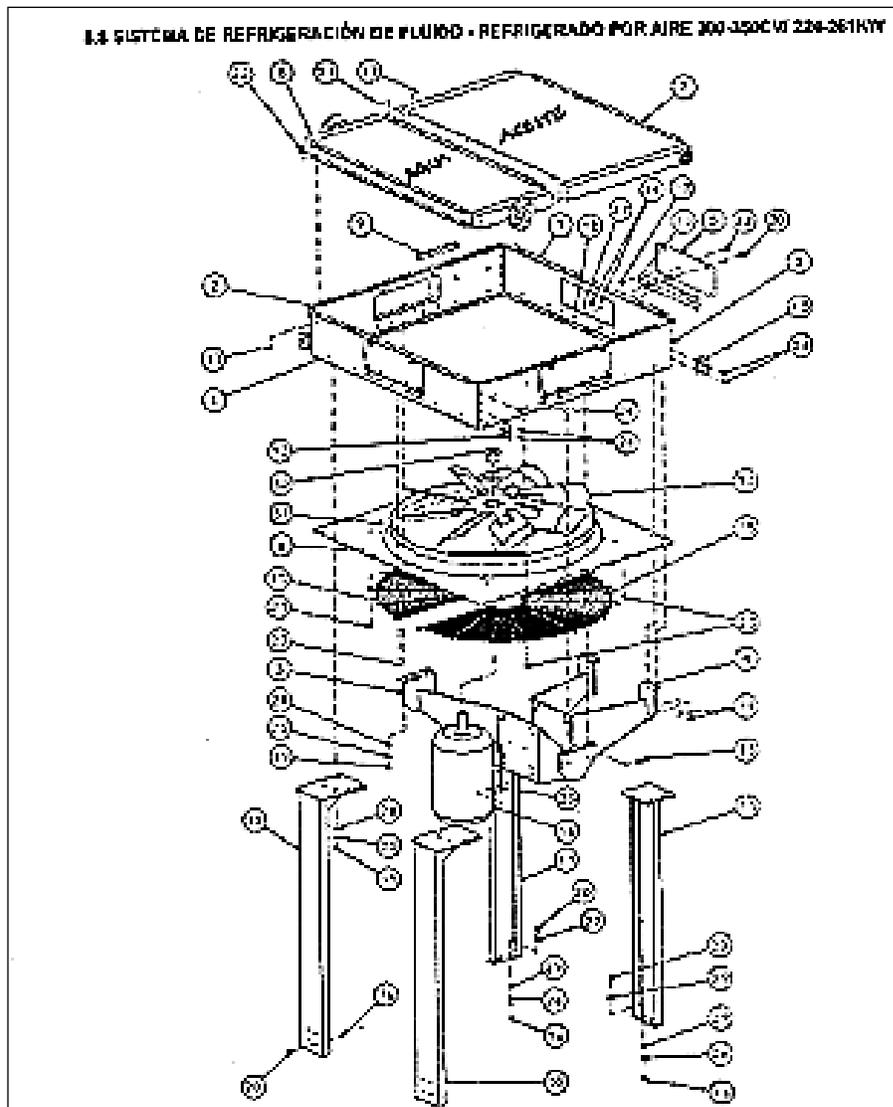
Figura B. **Drenaje de aceite del tanque coalescente**



Fuente: empresa Envases de Centroamérica, S.A.

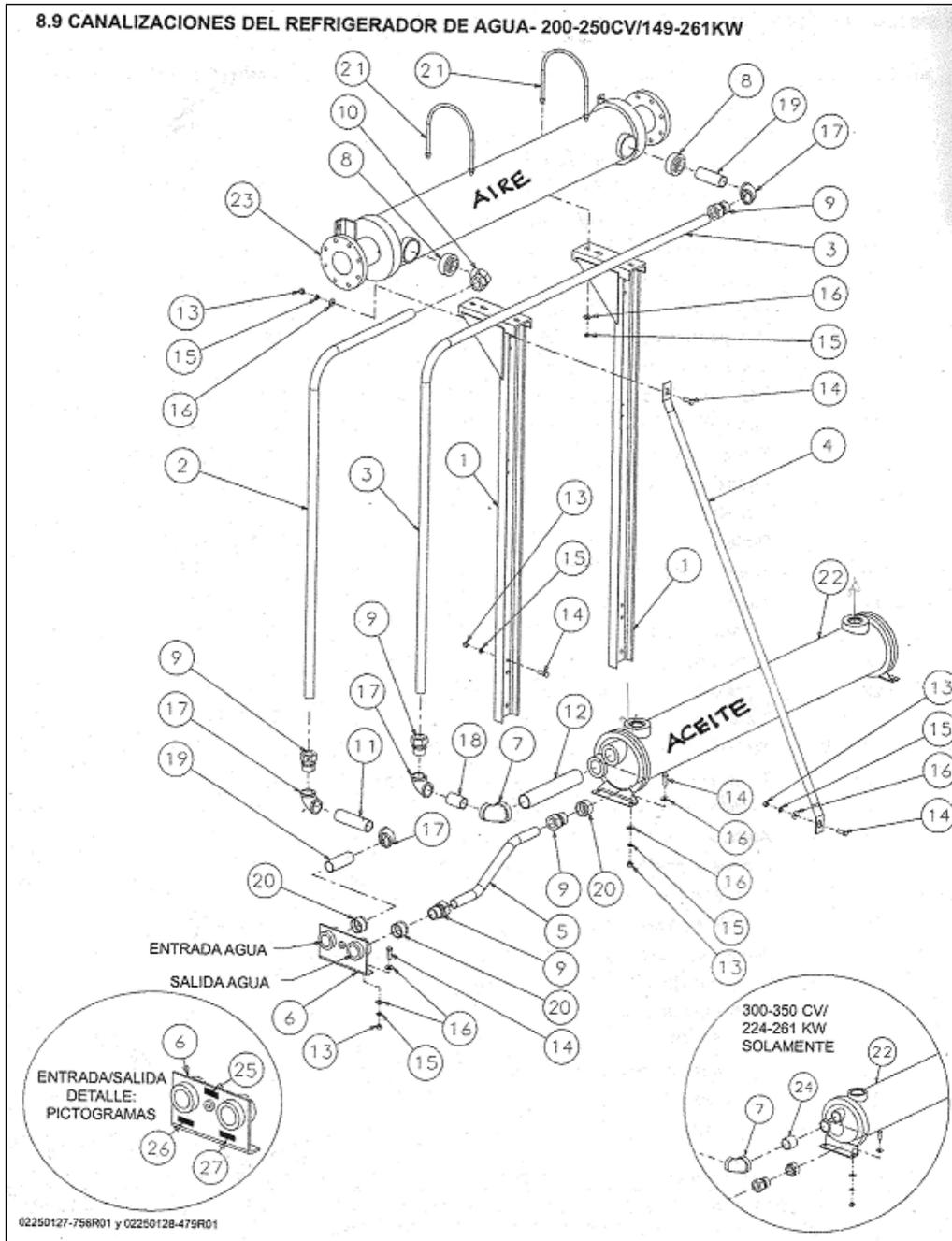
ANEXOS

Anexo A. Sistema de enfriamiento de los compresores, aire-aire y aire-aceite



Fuente: Sullair Corporation.

Anexo B. **Sistema de enfriamiento de los compresores, agua - aire y agua-aceite**



Fuente: Sullair Corporation.