



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

**ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS
NEUMÁTICOS DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE BOLSAS DE AGUA**

Saúl Santiago Sandoval González

Asesorado por el MSc. Ing. Marco Vinicio Monzón Arriola

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS
NEUMÁTICOS DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE BOLSAS DE AGUA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SAÚL SANTIAGO SANDOVAL GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. MARCO VINICIO MONZÓN ARRIOLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

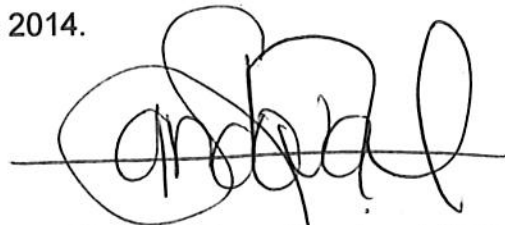
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS NEUMÁTICOS DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE BOLSAS DE AGUA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha junio de 2014.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'S' followed by 'andoval' and 'González' in a cursive script.

Saúl Santiago Sandoval González

Guatemala, abril de 2015

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

Por este medio hago constar que he leído y asesorado el trabajo de graduación del estudiante **Saúl Santiago Sandoval González**, que se identifica con No. de carné **201113834**, de la carrera de **Ingeniería Industrial** de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con tema de trabajo de graduación: **"ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS NEUMÁTICOS DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE BOLSAS DE AGUA"** .

Considero que cumple con los requisitos que establecen los estatutos universitarios por lo que recomiendo su aprobación e impresión.



Ing. Marco Vinicio Monzón Arriola
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4411

Ms. Ing. Marco Vinicio Monzón Arriola
Colegiado 4,411



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS NEUMÁTICOS DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE BOLSAS DE AGUA**, presentado por el estudiante universitario **Saúl Santiago Sandoval González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2015.

/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 **ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS NEUMÁTICOS DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE BOLSAS DE AGUA**, presentado por el estudiante universitario **Saúl Santiago Sandoval González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2015.

/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: **ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS NEUMÁTICOS DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE BOLSAS DE AGUA**, presentado por el estudiante universitario: **Saúl Santiago Sandoval González**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar
Decano



Guatemala, julio de 2015

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida para lograr mis metas y sueños.
Mis padres	Por apoyarme durante el largo camino de estudios.
Mis hermanos	Por ser ejemplo de superación.
Mis amigos	Por ser parte de la carrera y apoyo durante ese tiempo.
Ing. Marco Vinicio Monzón Arriola	Por su asesoría en el trabajo de graduación.
Efect S. A.	Por su apoyo y confianza en la elaboración del trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Historia de la empresa.....	1
1.2. Descripción del servicio	2
1.2.1. Eficiencia energética.....	6
1.2.1.1. Sistemas de vapor	8
1.2.1.2. Neumática.....	9
1.2.1.3. Hidráulica.....	10
1.2.1.4. Eléctrica.....	10
1.2.2. Ingeniería mecánica	11
1.2.2.1. Montajes mecánicos	12
1.2.2.2. Distribución de maquinaria	13
1.2.2.3. Mantenimientos preventivos y correctivos	14
1.2.3. Ingeniería civil.....	15
1.2.3.1. Cálculo estructural	16
1.2.3.2. Cimientos y edificios	17
1.2.4. Ingeniería eléctrica	17
1.2.4.1. Mediana y alta tensión	18

	1.2.4.2.	Montajes eléctricos.....	19
	1.2.4.3.	Factor de potencia.....	19
	1.2.4.4.	Energía renovable	19
1.3.		Ubicación de la empresa.....	20
1.4.		Planeación estratégica	20
	1.4.1.	Visión.....	20
	1.4.2.	Misión	21
	1.4.3.	Filosofía de trabajo.....	21
	1.4.4.	Estructura organizacional	21
	1.4.5.	Políticas de calidad	24
	1.4.6.	Metas a corto plazo	25
1.5.		Departamentos de la empresa	25
	1.5.1.	Departamento de Comercialización	28
	1.5.2.	Departamento de Desarrollo e Investigación.....	29
	1.5.3.	Departamento de Recursos Humanos	30
2.		SITUACIÓN ACTUAL DE DIAGNÓSTICO	33
2.1.		Proceso productivo.....	33
	2.1.1.	Generación de aire comprimido	37
	2.1.2.	Red de distribución de aire comprimido	39
	2.1.3.	Línea de suministro de aire para maquinaria	41
2.2.		Neumática	42
	2.2.1.	Sistemas neumáticos	42
	2.2.2.	Aire comprimido	44
	2.2.2.1.	Usos del aire comprimido	45
	2.2.3.	Métodos de compresión de aire	46
	2.2.3.1.	Flujo continuo	47
	2.2.3.2.	Flujo intermitente	48
	2.2.4.	Tipos de compresores	49

	2.2.4.1.	Compresores de flujo intermitente	50
	2.2.4.2.	Compresores de flujo continuo	53
	2.2.5.	Redes de distribución del aire comprimido	54
	2.2.5.1.	Sistema ramificado	55
	2.2.5.2.	Sistema en anillo	56
	2.2.5.3.	Red cerrada	56
2.3.		Deficiencias	56
	2.3.1.	Deficiencias de instalación.....	57
	2.3.2.	Deficiencias de administración de aire	59
2.4.		Horas productivas.....	60
	2.4.1.	Estadísticas de trabajo hora semanal.....	60
3.		PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	63
3.1.		Datos estadísticos de costo de energía eléctrica	63
	3.1.1.	Factor de potencia	64
	3.1.2.	Consumo por equipo	66
3.2.		Reubicación de compresores	67
	3.2.1.	Redistribución de red del aire comprimido.....	68
	3.2.2.	Instalación de acumuladores de aire	70
3.3.		Estandarización de presiones de aire.....	72
	3.3.1.	Estandarización de presión de salida de compresores	73
	3.3.2.	Estandarización de presión en acumuladores	74
	3.3.3.	Estandarización de suministro de aire a inyectoras	74
3.4.		Sectorización	75
	3.4.1.	Interrupción del aire en áreas no productivas	75
3.5.		Eliminación de fugas	76

3.5.1.	Eliminación de fugas estáticas	78
3.5.2.	Eliminación de fugas dinámicas	79
3.6.	Calidad del aire	80
3.6.1.	Acumulador de fluidos	82
3.6.2.	Secador de aire	83
3.6.3.	Filtros.....	88
3.6.4.	Lubricadores.....	89
3.7.	Instalación eléctrica.....	90
3.7.1.	Calibre de cableado eléctrico	91
3.7.2.	Acometida específica	91
4.	MEJORA CONTINUA/ COSTO DE IMPLEMENTACIÓN.....	93
4.1.	Cálculo de costos	93
4.1.1.	Costos de operación	94
4.1.1.1.	Costos energéticos.....	95
4.1.1.2.	Costos de mantenimiento.....	97
4.1.1.3.	Costo de suministro de repuesto.....	99
4.1.2.	Costos de mejoras	102
4.1.2.1.	Costo de ubicación de compresores ..	104
4.1.2.2.	Costo de ubicación de máquinas inyectoras	104
4.1.2.3.	Costo de red de distribución.....	105
4.1.2.4.	Costos varios.....	106
4.2.	Métodos para el cálculo de análisis costo beneficio.....	107
4.2.1.	Punto de equilibrio.....	109
4.2.2.	Periodo de retorno de inversión	110
4.2.3.	Valor presente neto	112
4.2.4.	Tasa interna de retorno	115
4.3.	Cálculo aproximado de beneficio de ahorro	117

5.	RESPONSABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL.....	119
5.1.	Reducción de decibeles de ruido.....	122
5.2.	Reducción de gases nocivos por condensación.....	125
5.3.	Manejo de desechos	125
5.4.	Reutilización de materias primas.....	126
	CONCLUSIONES	127
	RECOMENDACIONES.....	129
	BIBLIOGRAFÍA.....	131
	APÉNDICES	133
	ANEXOS.....	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de servicios.....	3
2.	Diagrama de tipos de clientes	4
3.	Diagrama de servicios y tipos de clientes	5
4.	Eficiencia energética	7
5.	Sistemas de vapor.....	8
6.	Sistemas neumáticos	9
7.	Sistemas eléctricos	11
8.	Mecánica.....	12
9.	Montaje de bomba.....	12
10.	Distribución de equipos.....	13
11.	Mantenimiento figurado.....	14
12.	Ingeniería civil	15
13.	Diseño de estructuras	16
14.	Ingeniería eléctrica.....	18
15.	Estructura organizacional.....	22
16.	Jerarquía de la empresa	23
17.	Proceso de hacer contacto.....	26
18.	Proceso de visita a la empresa	26
19.	Proceso de análisis	27
20.	Proceso de propuesta	27
21.	Formación de bolsa.....	34
22.	Llenadora de agua	35
23.	Sellador hermético, bobinas horizontales.....	36

24.	Compresor	38
25.	Red de distribución	41
26.	Secuencia de los sistemas neumáticos	44
27.	Flujo continuo	48
28.	Flujo intermitente	49
29.	Clasificación de compresores	50
30.	Instalación eléctrica de compresores.....	58
31.	Operación de compresor de forma continua	71
32.	Cantidad de aire y potencia que se desperdicia por fugas estáticas	78
33.	Costos de fugas estáticas.....	79
34.	Calidad del aire	81
35.	Grado de saturación del agua a diferentes temperaturas	84
36.	Secado por absorción	85
37.	Secado por adsorción	86
38.	Secado en frío.....	87
39.	Filtro de aire	88
40.	Lubricadores	89
41.	Compresor de tornillo génesis	103
42.	Pirámide de la responsabilidad social.....	121

TABLAS

I.	Datos técnicos de los motores eléctricos	39
II.	Factor de potencia	65
III.	Consumo por equipo mensual	66
IV.	Costo por fugas.....	95
V.	Cálculo de consumo en quetzales	96
VI.	Promedio del costo por kilowatt hora	97
VII.	Cálculo del costo de mano de obra individual.....	98

VIII.	Costos unitarios de repuestos para mantenimiento	99
IX.	Mantenimiento diario	100
X.	Mantenimiento programado	101
XI.	Características de nuevo compresor.....	102
XII.	Costo de red de distribución.....	106
XIII.	Cálculo de punto de equilibrio	109
XIV.	Periodo de retorno de inversión	111
XV.	Resumen de costos y ahorros.....	118
XVI.	Valores críticos del ruido	124

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
Kwh	Kilowatt hora
m	Metros
mm	Milímetros
CFM	Pies cúbicos por minuto
%	Porcentaje

GLOSARIO

Aire comprimido	Aire atmosférico común que se ha comprimido con un compresor a una presión más alta que la presión atmosférica.
Compresor	Máquina diseñada para aumentar la presión en los gases.
Condensado	Líquido formado cuando el vapor pasa de fase gaseosa a fase líquida.
Costos de operación	Recursos necesarios para llevar a cabo un proceso.
Costos energéticos	Montos en dinero por el consumo de energía.
Desechos	Materiales expulsados que ya no generan un valor económico y son útiles a terceros para su reutilización.
Eficiencia energética	Uso adecuado de los recursos de manera inteligente y útil.
Energía renovable	Energías obtenidas de los recursos naturales definidos como inagotables.
Hidromática	Máquina empacadora de productos perecederos.

Horas productivas	Cantidad de tiempo realmente trabajado o invertido en una jornada de trabajo.
Neumática	Rama de estudio y aplicación del aire comprimido.
Reutilización	Acción de darle uso a algo o darle un uso secundario en función de su diseño.
TIR	Tasa interna de retorno.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación busca informar el ahorro que se genera mediante mejoras de eficiencia energética en los sistemas neumáticos; cuenta con una estructura de cinco capítulos a tratar; los cuales se hicieron con la relación del desarrollo del análisis de costos beneficio; asimismo se llevó a cabo gracias a dos empresas las cuales hicieron parte y colaboración mediante métodos, técnicas e instalaciones para hacer la propuesta de ahorro energético.

El primer capítulo describe la información de la empresa Efect S. A. en la que se detalla una pequeña reseña histórica de sus inicios, su estructura organizacional y los tipos de servicios con los cuales cuenta y presta la empresa, así como la planeación estratégica que aborda los problemas de eficiencia energética con los que compete su historial de trabajo.

En el segundo capítulo se aborda la temática de la situación actual del proceso productivo y generativo de aire comprimido de la empresa Distribuidora Méndez la Fuerte, el equipo con el que cuenta su estructura; así también, conceptos básicos de la neumática y de los componentes de los mismos.

En el tercer capítulo se describe la propuesta de implementación de mejoras para la eficiencia energética con la cual se logra un ahorro económico, así como la descripción de los diferentes equipos que se instalan y cuáles son los indispensables para operar de una manera adecuada.

El cuarto capítulo describe la determinación del beneficio costo que se obtendrá al llevar a cabo implementaciones y mejoras, se presentan costos en los que incurren operando actualmente, así como el costo de las mejoras y el beneficio de ahorro aproximado, el que se obtendrá mediante la evaluación de varios índices financieros que sirven como toma de decisión.

Por último, en el quinto capítulo se hace una introducción de conciencia ecológica mediante propuestas y recomendaciones, las cuales son medidas básicas con las que se llega a ser amigo del medio ambiente, así como cumplir con ciertas leyes bajo las cuales deben regirse.

OBJETIVOS

General

Establecer un análisis costo beneficio de eficiencia energética para sistemas neumáticos de una empresa empackadora de bolsas de agua.

Específicos

1. Demostrar el ahorro que se pretende alcanzar por medio de las mejoras propuestas en el sistema neumático.
2. Estimar el consumo de energía neumática para realizar una propuesta de su uso.
3. Determinar los costos en los cuales incurre en la generación de aire comprimido antes de las mejoras.
4. Proponer el manejo adecuado de los desechos o residuos que expulsan los equipos neumáticos.
5. Proponer las mejoras de eficiencia energética en el sistema neumático.
6. Mostrar los costos de inversión necesarios para mejorar el sistema neumático.

INTRODUCCIÓN

Un análisis de beneficio costo se nombra o se considera como un sistema de apoyo en las tomas de decisión; mediante este método se puede tomar la decisión de hacer una inversión en eficiencia energética para una industria.

Para toda empresa que utiliza compresión de aire es importante saber que cuenta con un consumo eficiente de energía, ya que su crecimiento económico dependerá del consumo de energía eléctrica. Actualmente, el uso irracional de este recurso se ve afectado tanto económicamente como ambientalmente, por lo que es importante asesorarse sobre el impacto que provoca el uso desmedido de esta, razón por la que debe existir una responsabilidad social empresarial.

El uso de sistemas neumáticos tiene como propósito transmitir potencia a diferentes tipos de máquinas que requieren de este para llevar a cabo su propósito de diseño, trabajar eficientemente significa, tanto un ahorro energético como monetario; el uso adecuado de la energía es también, un compromiso con el medio ambiente y los recursos naturales.

La eficiencia energética es el uso inteligente de la energía, es decir, consumir energía sin desperdiciarla. Mediante ella, se mejora la calidad de vida y crear un desarrollo sostenible global en el que este sea equitativo, soportable y viable entre la sociedad, economía y medio ambiente. Normalmente el incremento de consumo de energía eléctrica en los sistemas neumáticos se debe a errores de diseño, mala selección de equipo o la falta de mantenimiento.

El ahorro monetario o beneficio que se pretende alcanzar en un periodo corto para ayudar a la economía de la empresa se logra, con las mejoras propuestas en el presente trabajo de graduación, tomando en cuenta, mediante un estudio, cuáles son las condiciones y especificaciones óptimas para el sistema.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Historia de la empresa

SERMMI era una empresa de servicios mecánicos y eléctricos en la industria, que surgió en el 2008, la cual se dedicaba a realizar montajes en plantas hidroeléctricas y geotérmicas. Con la idea de crecer empresarialmente surge Efect. S. A. En el 2013 fue fundada por el señor Carlos Humberto García Recinos y asociados.

Nace con la idea e ilusión de formar parte de las empresas de servicio que laboran para la sociedad guatemalteca, su objetivo principal de la formación de la empresa coincide con la necesidad de fortalecer el ámbito de la eficiencia energética, con lo que se dieron cuenta que, en Guatemala es poca la cultura que se tiene en el manejo adecuado a los recursos y, también se observó la necesidad del mercado, el cual carece de la cultura de calidad total.

En sus comienzos centra sus servicios básicos hacia las áreas de las empresas en las cuales se tiene un fácil acceso a promocionarles o proyectarles mejoras de eficiencia energética, consciente de las necesidades de actualidad se invirtió en equipo con tecnología vigente en el mercado para darle un respaldo al servicio prestado.

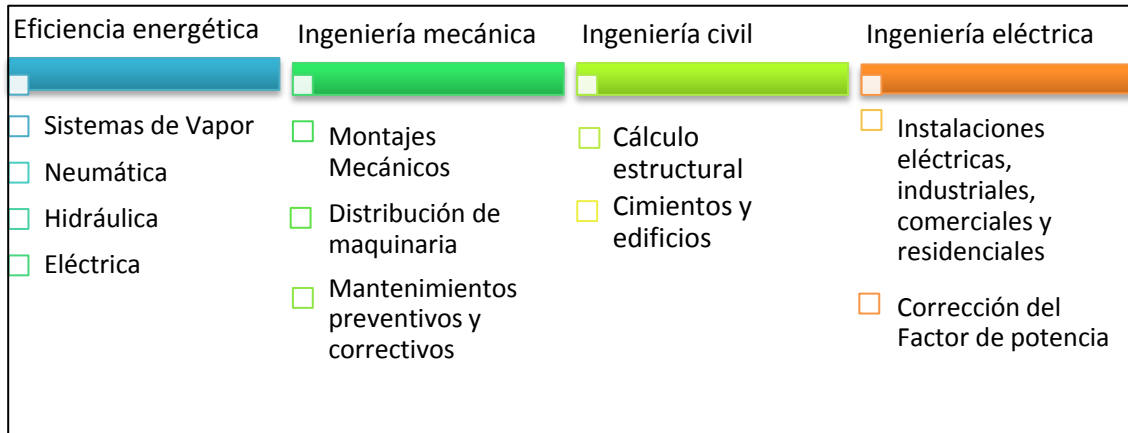
Dentro de sus inicios fue difícil el lanzarse al mercado guatemalteco por la falta de cultura que se maneja en el país, ya que fue difícil convencer a las distintas empresas y hacerles ver las mejoras que podrían realizar y el beneficio a obtener.

Actualmente, Efect, S. A. realiza trabajos de eficiencia energética, automatización y montaje industrial a través de métodos innovadores, brindando un servicio con integridad y eficiencia para el desarrollo de los clientes. Los trabajos llevados a cabo han rendido un fruto considerable con el cual ha logrado posicionar a la empresa, con un gran futuro, líder en su área.

1.2. Descripción del servicio

La empresa Efect, S. A. se dedica al servicio de eficiencia energética, para ello busca crear mejoras de los procesos para las diferentes actividades que se dedican otras empresas, los tipos de servicios se derivan en diferentes ramas para las cuales están especializados y así satisfacer la demanda de servicios que poseen las diferentes empresas, pese a su corto tiempo en el mercado, ha tenido la confianza de sus clientes para prestar sus servicios, con los cuales se ha creado un grado alto de satisfacción de desempeño en la industria. A continuación en la figura 1 se detalla cuáles son los servicios con los cuales cuenta la empresa:

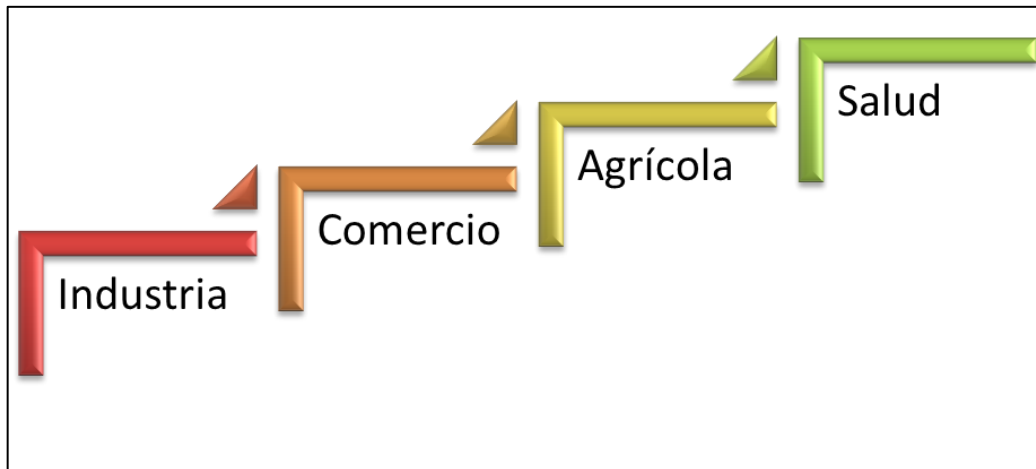
Figura 1. Diagrama de servicios



Fuente: empresa Efect, S. A.

Los cuatro tipos de división de servicio están enfocados y destinados a cuatro estilos de clientes diferentes, entre los cuales existen una gran gama de relación entre ellos, ya que se pretende alcanzar a todos los tipos de industria existentes en el mercado, por lo que se procedió a delimitar el mercado en sectores industriales para facilitar la ubicación de estos. A continuación, en la figura 2 se presenta un cuadro de los clientes:

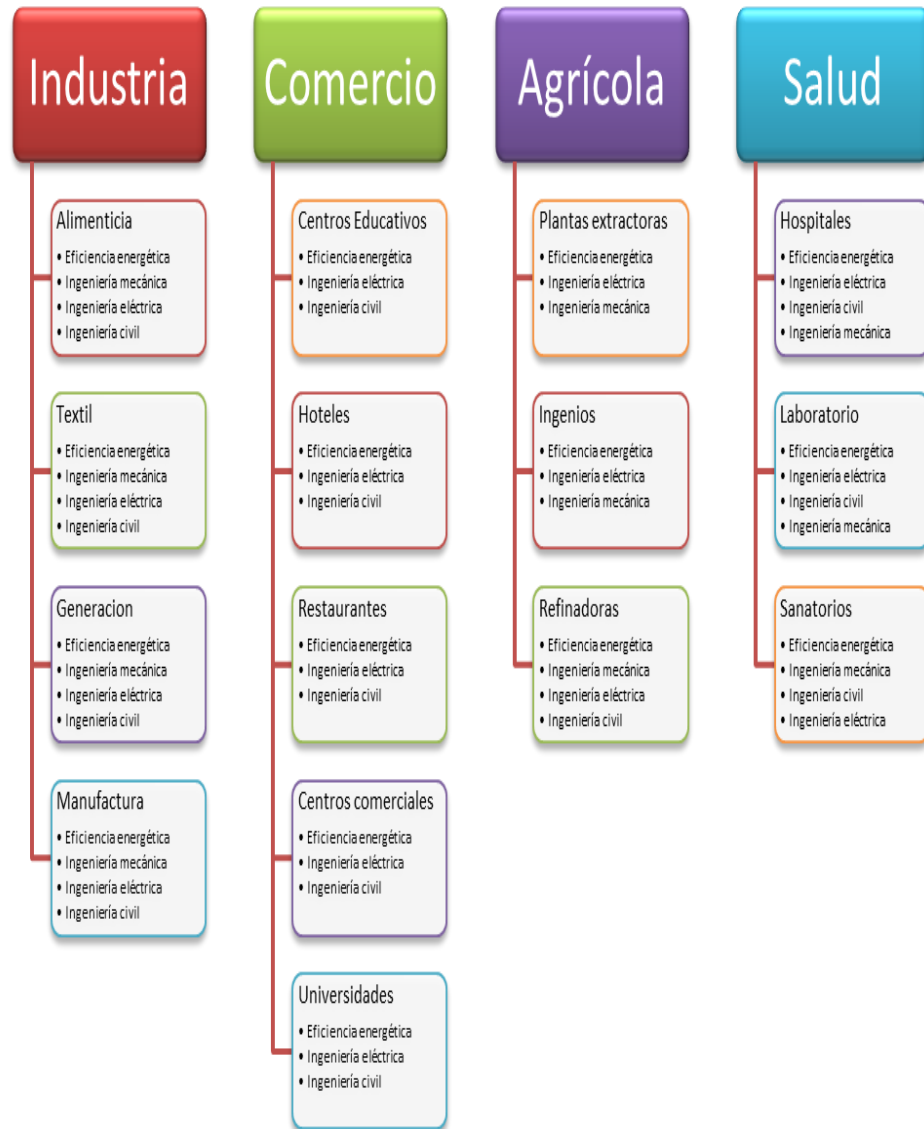
Figura 2. **Diagrama de tipos de clientes**



Fuente: empresa Efect, S. A.

Estos diferentes tipos de clientes, también se desglosan en distintas ramas, las cuales se enfocan profundamente en la clase de servicios que se pueden prestar. Entre cada gama de tipo de cliente existe una gran variedad de clientes directos, entre los cuales se mencionan en el siguiente cuadro:

Figura 3. Diagrama de servicios y tipos de clientes



Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Eficiencia energética

Se describe como el uso correcto de la misma; es como la productividad, hacer más con menos recursos de una manera inteligente y útil. Este es el enfoque principal como empresa en los diferentes procesos, es el análisis de consumo y diagnóstico para la administración de recursos y energía.

Se conoce la Ley de la conservación de la energía: esta no se crea ni se destruye solo, se transforma, pero las transformaciones de energía no son eficientes, en cada transformación existe una pérdida de energía, la cual se podría aprovechar; comúnmente es energía térmica. La eficiencia energética se relaciona con la cantidad de energía útil que se puede obtener en un sistema.

La eficiencia energética, también tiene relación con utilizar tecnología que realiza el mismo trabajo, pero con menos energía, consta de tres parámetros muy importantes que son:

- Eficiencia energética por el lado de la demanda: es un conjunto de prácticas dirigidas a la reducción de la demanda de electricidad e intentar desviarla de horas de demanda alta a horas de menor consumo para crear un equilibrio.
- Eficiencia energética por el lado de la oferta: es un conjunto de todas las medidas adoptadas para garantizar una buena eficiencia a lo largo del suministro de energía; el objetivo es mejorar el funcionamiento de los equipos actuales o mejorarlos con nuevas tecnologías.

- Conservación de la energía: conjunto de actividades destinadas a disminuir el consumo de energía mediante un uso más eficaz de la energía y a menor costo.

Actualmente, la eficiencia energética está tomando un gran auge en Guatemala, ya que empieza a crear conciencia en las industrias y asimismo, las leyes que se empiezan a adoptar están obligando a las empresas a ser más eficientes energéticamente, lo cual es una ayuda mutua, tanto para el medio ambiente como para la empresa.

Figura 4. **Eficiencia energética**



Fuente: AMAYA, Víctor. *Manual un mundo mejor*. p. 8.

1.2.1.1. Sistemas de vapor

Son representados por la circulación de vapor por una tubería o radiador, es muy parecido a los sistemas de agua caliente; ya que cuando existe condensación de vapor los radiadores emiten el calor oculto en el agua convertido en trabajo útil, la circulación del vapor se maneja con una o dos tuberías, en los sistemas que se usan dos tuberías es por la razón que una está destinada como conducción del vapor y la otra como el retorno del agua condensada.

Este servicio es la evaluación de las pérdidas de calor y presión en los sistemas termodinámicos, como: trampas de vapor, condensado, calidad del agua, pérdidas de temperatura, incrustaciones, corrosión y erosión.

Figura 5. **Sistemas de vapor**



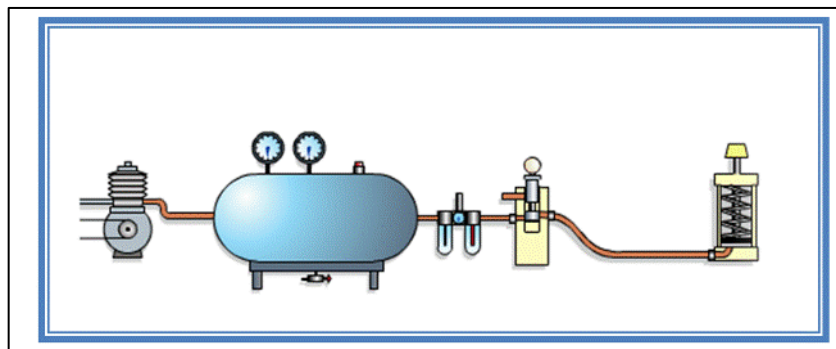
Fuente: empresa Efect S. A.

1.2.1.2. Neumática

Es la técnica aplicada al manejo del aire comprimido, es una fuente de energía la cual se obtiene de una manera fácil, para aplicarlas a las máquinas y otros elementos sometidos a movimiento.

Actualmente el servicio a implementar, es el servicio de administración de consumo y producción de aire por pérdidas de presión, como por ejemplo: calidad del aire, detección de fugas, pérdida de presión por distancia, fricción, aire condensado, sectorización y automatización.

Figura 6. **Sistemas neumáticos**



Fuente: empresa Efect, S. A.

1.2.1.3. Hidráulica

Ha tenido una gran innovación para mejorar procesos, es la tecnología que emplea un fluido, ya sea agua, aceite, entre otros. Cuando se menciona hidráulica muchas veces se piensa que se trata de agua pero no es así siempre; dentro de esta se incluye cualquier fluido que sea usado en la industria.

La hidráulica es una rama de la ingeniería la cual se encarga del estudio de las propiedades de los fluidos, usualmente en la industria es usado para elevar presiones y esto usarlo como trabajo útil.

Este tipo de servicio se ha destinado al análisis de producción y distribución de fluidos, los cuales incluyen bombas, actuadores, red de distribución, cilindros y cualquier otro equipo que tenga que ver con este tipo de sistema.

1.2.1.4. Eléctrica

Dentro de cualquier tipo de empresa existe un servicio destinado a todos los componentes que tengan relación con electricidad; este servicio normalmente está orientado a la administración de fluido y consumo eléctrico; dentro de los parámetros en los que se dispone en la electricidad se pueden mencionar: el factor de potencia, mantenimiento, subestaciones eléctricas, mantenimiento de transformadores secos, protección eléctrica.

Figura 7. **Sistemas eléctricos**



Fuente: Proyectos Efect S. A.

1.2.2. Ingeniería mecánica

Es una rama de la ingeniería encargada de estudiar y aplicar: principios mecánicos, análisis estructural, termodinámica, ciencia de materiales y mecánica de fluidos para el diseño y análisis de varios proyectos relacionados.

Este servicio está enfocado al desarrollo de proyectos en la industria con el objetivo de mejorar los procesos o modificaciones de los equipos mecánicos en lo que se incluye el diseño y fabricación de maquinaria, cambio de especificaciones para mayor productividad.

Figura 8. **Mecánica**



Fuente: LUNA, Lukas. *Manual de ingeniería mecánica*. p. 25.

1.2.2.1. **Montajes mecánicos**

Los montajes mecánicos son aquellos en los que se instala una nueva máquina o equipo, así como de cualquier tipo de estructura que sirva para la industria; este servicio está enfocado a la asesoría y ejecución de montajes e instalaciones de equipos mecánicos como turbinas, bombas y compresores.

Figura 9. **Montaje de bomba**

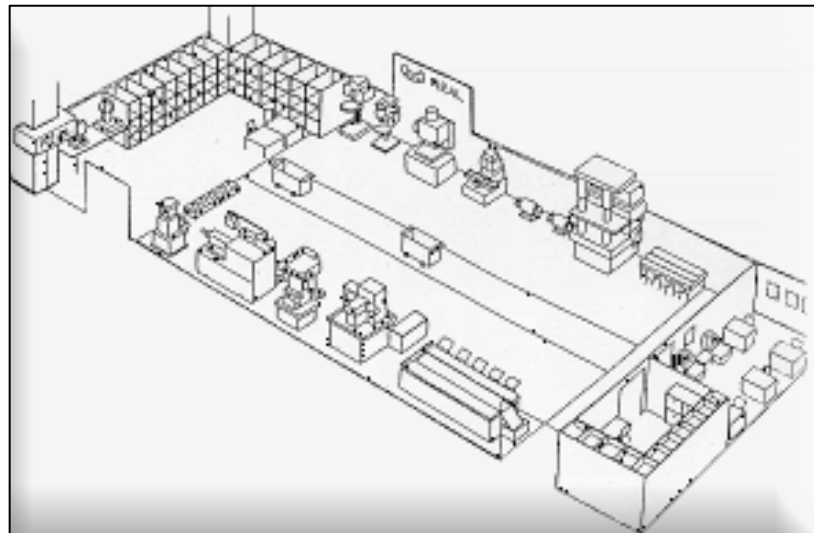


Fuente: Propiedad Efect, S. A.

1.2.2.2. Distribución de maquinaria

La distribución de maquinaria está enfocada a la ubicación ideal de las máquinas y equipos para satisfacer mejor sus necesidades, así como de un adecuado uso de los espacios en la planta; este servicio está enfocado a la reubicación de las máquinas, según los procesos, los cuales se enfocan en fallas ergonómicas, mejoramiento del proceso, pérdida de tiempo y automatización.

Figura 10. **Distribución de equipos**



Fuente: Proyectos de Efect, S. A.

1.2.2.3. Mantenimientos preventivos y correctivos

Es el conjunto de todas aquellas actividades que se llevan a cabo para mantener un equipo dentro de sus parámetros en los cuales cumpla su función para la cual fue creado o diseñado; dentro de este servicio se desarrollan métodos para el mejoramiento de la maquinaria y pérdidas de tiempo inoportunas dentro de: *bushing*, cilindros, rodamientos, sellos, ejes, émbolos, metalizados, chumaceras, rodos y conveyors.

Figura 11. **Mantenimiento figurado**



Fuente: NÚÑEZ, Mauricio. *Manual de mantenimiento*. p. 14.

1.2.3. Ingeniería civil

La descripción de este servicio refiere al asesoramiento en construcción, cimentación, desarrollo de obra civil, estructura metálica. Entre los que se menciona la construcción de bodegas, cimientos para instalación de maquinarias, diseño de estructuras; en si abarca cualquier tipo de construcción que se requiera en la industria.

Figura 12. Ingeniería civil

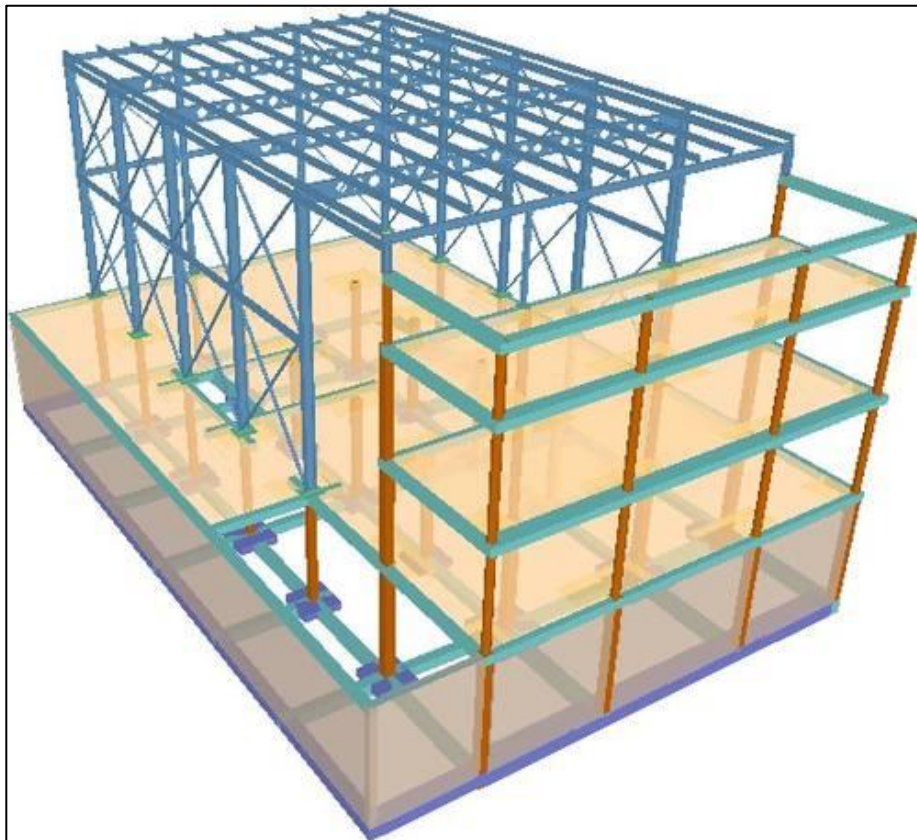


Fuente: HUERTA José. *Manual diseño de cimentaciones ingeniería civil*. p. 90.

1.2.3.1. Cálculo estructural

Dentro del cálculo estructural se presta la investigación de masa y peso de los equipos para la realización de cimientos incluyendo vibraciones y revoluciones de los equipos. Entre las más comunes está el cálculo de vigas, columnas, construcción de puentes, estudio de la resistencia de los materiales, cargas estáticas y dinámicas; así como de una buena adecuación del tipo de material a usar y la cantidad moderada, satisfaciendo los requerimientos de construcción.

Figura 13. **Diseño de estructuras**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

1.2.3.2. Cimientos y edificios

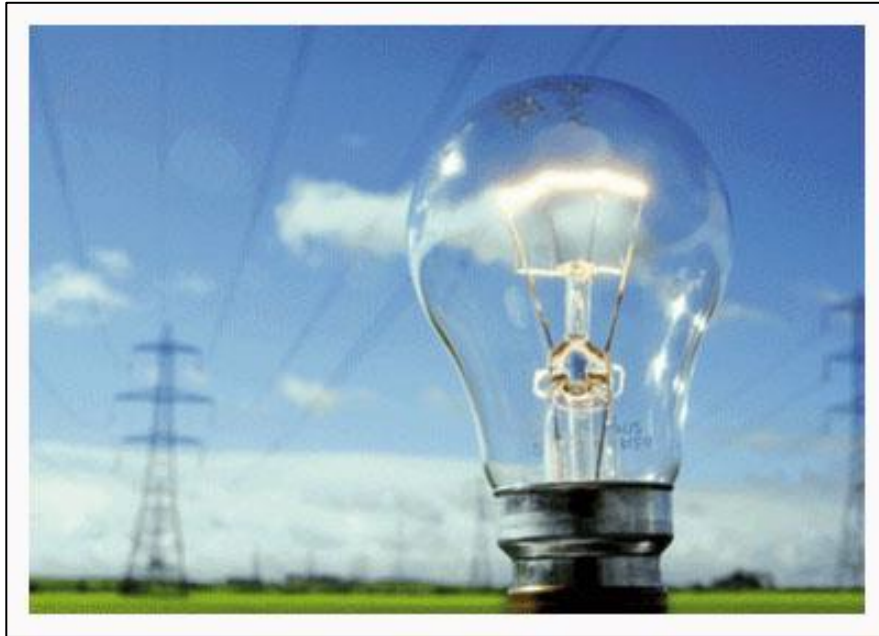
Este servicio presta la adecuada cimentación que es la base que sostienen una edificación; dentro de la cimentación se pueden mencionar: las bases para las instalaciones de gas, los conductos, instalaciones hidráulicas e instalaciones de vapor, instalaciones de turbinas, calderas y cualquier otro equipo de gran tamaño. Respecto a edificios se encarga de la correcta iluminación, ventilación, distribución y mantenimiento de los mismos para que funcionen como fueron proyectados.

1.2.4. Ingeniería eléctrica

La ingeniería eléctrica es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio y aplicación de la electricidad, electromagnetismo y electrónica, dentro de la empresa este servicio se ofrece dedicado exclusivamente al asesoramiento para el desarrollo eléctrico de la generación de electricidad, transmisión y distribución de la misma.

También el propósito de prestar este tipo de servicio es generar una producción de energía eléctrica limpia, diseñar, instalar y mantener los sistemas eficientes, transportar la energía eléctrica; se toma en cuenta el control, protección y medición de los sistemas eléctricos, el consumo y demanda de los sistemas o procesos en las empresas.

Figura 14. **Ingeniería eléctrica**



Fuente: IBÁÑEZ Héctor. *Manual de eficiencia energética*. p. 17.

1.2.4.1. Mediana y alta tensión

Cada empresa, dependiendo del tipo de función o actividad que desarrolle, debe usar algún tipo de tensión por lo que este tipo de servicio cubre el diseño y ejecución de líneas de alta tensión y líneas de mediana tensión. Entre lo que se ofrece está la construcción de líneas de transmisión de los voltajes requeridos.

1.2.4.2. Montajes eléctricos

Los montajes eléctricos son parecidos al montaje mecánico solo que el enfoque de dicho servicio se destaca por el montaje de equipos eléctricos como: plantas, motores, lámparas, generadores y cualquier otro equipo o instalación eléctrica que se necesite en las industrias.

1.2.4.3. Factor de potencia

El factor de potencia para una empresa es muy importante ya que puede llegar a indicar si se tiene un aprovechamiento adecuado de la energía eléctrica; se define el factor de potencia, de un circuito de corriente alterna, como la relación de la potencia activa y la potencia aparente, para determinarlo se realiza el cálculo del índice de consumo en el consumo de energía de la planta o área específica.

1.2.4.4. Energía renovable

La energía renovable es el conjunto de energías que se obtienen de los recursos naturales definidos como inagotables, en este dicho servicio se incluye en el diseño, ventas, supervisión, capacitaciones e instalaciones eléctricas, en los que se ofrece instalación de paneles solares, biodigestores, energía eólica, hidroeléctricas y energía foto térmica (calentamiento de agua con energía solar).

1.3. Ubicación de la empresa

Las oficinas centrales se encuentran en la calzada Raúl Aguilar Batres 21 Calle 0-37 Zona 12, los diferentes talleres para el mantenimiento de las maquinarias se encuentran distribuidos en diferentes zonas de la capital.

1.4. Planeación estratégica

La empresa, con el tiempo, ha elaborado un plan estratégico con el cual creó un desarrollo y puesta en marcha de distintos planes operativos con la intención de alcanzar objetivos y metas planteadas. Estos planes han sido trazados a corto, mediano o largo plazo.

La planeación estratégica ha sido considerada globalmente, es decir, abarca cada rincón de la empresa, son todas las razones en las cuales se basa para alcanzar sus objetivos, las etapas que se han formulado se han procurado que sean flexibles sin cambiar el rumbo de la dirección estratégica.

En Efect, S. A. es importante la planeación para saber a dónde se quiere llegar, es por ello que cuentan con misión y visión que ayudarán a cumplir los objetivos y las metas trazadas; cada una de estas partes se ha creado con la finalidad de darle un identidad a la empresa, una representación, una imagen y sobretodo un carácter competitivo en la industria.

1.4.1. Visión

Ser la empresa líder en administración energética y montaje de instalaciones industriales, sirviendo con integridad y eficiencia para superar las expectativas de nuestros clientes.

1.4.2. Misión

Generar una cultura de calidad total disminuyendo el consumo energético y optimizando los procesos para el bienestar de nuestros clientes.

1.4.3. Filosofía de trabajo

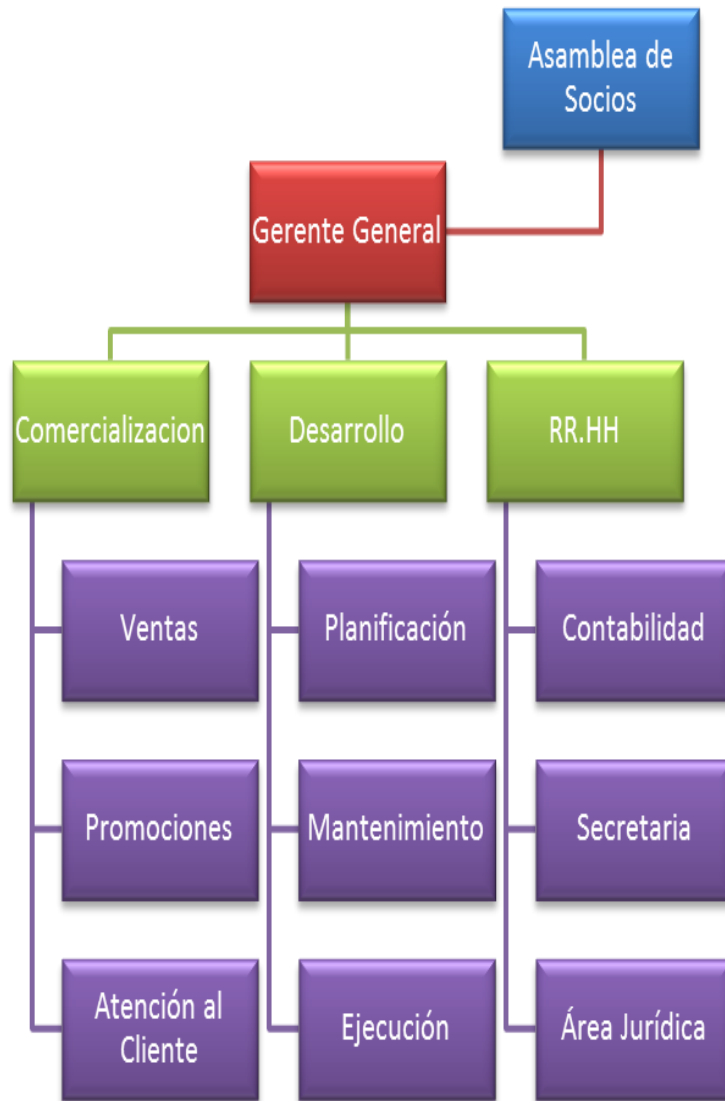
Con el claro compromiso de brindar diferentes tipos de servicio Efect S. A. se ha propuesto trabajar de una forma honrada, honesta, responsable con la excelente virtud de prestar un servicio con integridad y eficiencia para el desarrollo de los clientes logrando la satisfacción de los mismos.

Como empresa de eficiencia energética también se tiene previsto trabajar con la menor cantidad de insumos posibles, esto implica contar con tecnología nueva que consuma menos energía, ayudando tanto a las empresas a solucionar los problemas de eficiencia energética y asimismo, ayudando al medio ambiente al ser eficientes en los servicios prestados.

1.4.4. Estructura organizacional

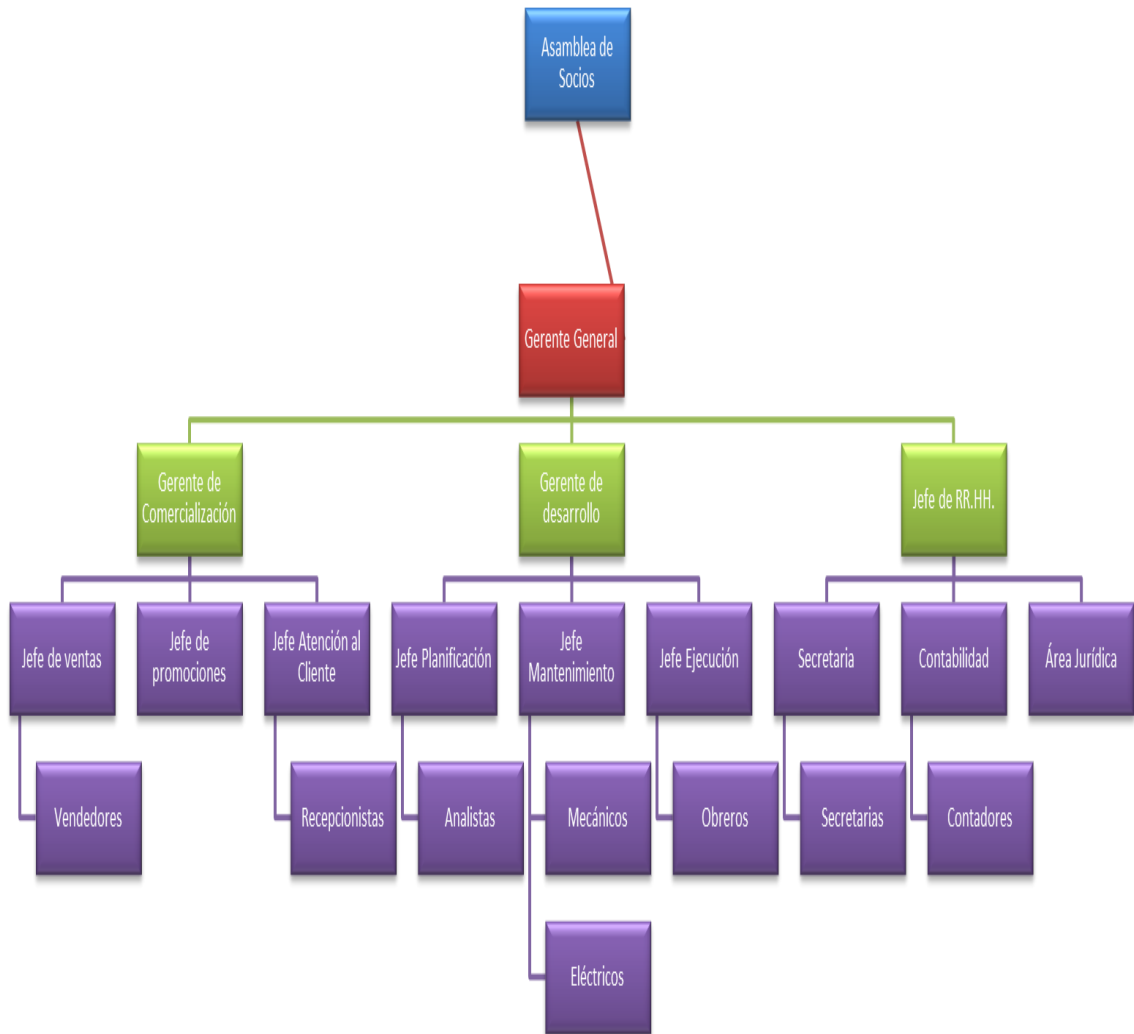
La empresa cuenta con una estructura por departamentos que se presenta a continuación:

Figura 15. **Estructura organizacional**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Jerarquía de la empresa



Fuente: empresa Efect, S. A.

1.4.5. Políticas de calidad

Las políticas de calidad son aquellas reglas que la administración impone dentro de la empresa y deben cumplirse.

Políticas internas

- Mantener un vocabulario y comportamiento íntegro tomando en cuenta que el respeto es importante para el desarrollo de la empresa.
- Ser responsables en el cumplimiento de horarios y actividades a realizar para mejorar la eficiencia y así obtener beneficios mutuos.
- Incentivar el comportamiento proactivo para mejorar las aptitudes y actitudes del personal.
- Mantener los valores éticos para un trabajo 100 % profesional.

Políticas externas

- La empresa no se hace responsable por el mal uso de los productos de Efect, S.A.
- Según el servicio o producto tendrá un contrato en el cual se deberán cumplir con un listado de requisitos para realizar el trabajo.
- Todo crédito será autorizado previo a una solicitud.

- La empresa no se hace responsable por fallas en el tiempo contractual y daños en los productos por terceros y casos fortuitos.
- Todo trabajo será realizado bajo una estimación cronológica con un avance financiero y físico.

1.4.6. Metas a corto plazo

- Posicionar la marca en el mercado a nivel internacional
- Ser una empresa auto sostenible
- Tener todos los recursos necesarios para el desarrollo
- Incursionar en el área metropolitana
- Contar con una flota de vehículos

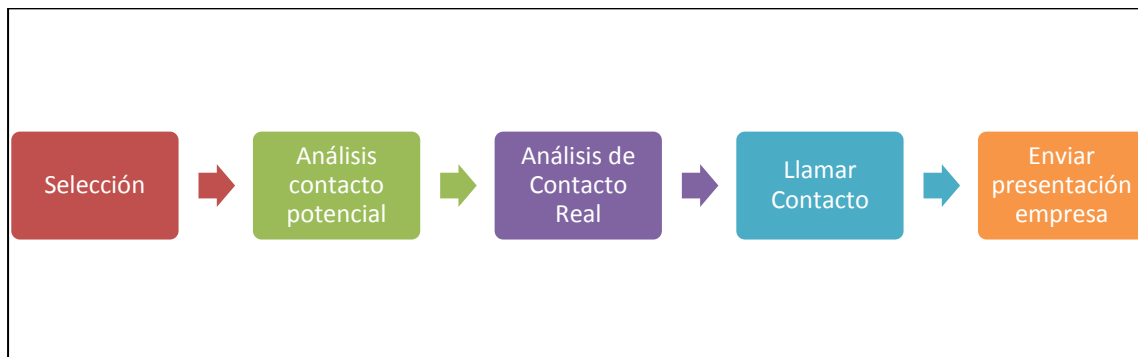
1.5. Departamentos de la empresa

Para llevar a cabo cada una de las actividades de la empresa es necesario contar con diferentes departamentos, que tengan una buena comunicación entre sí, enfocados en la misión y visión de la empresa para subsistir en la industria.

Efect, S. A. cuenta con tres departamentos encargados de desarrollar los procedimientos los cuales son: hacer el contacto, proceso de visita a la empresa, proceso de análisis, proceso de propuesta, proceso de cotización y proceso de negociación. Con el único fin de concretar los objetivos y estar en búsqueda de las metas a largo plazo.

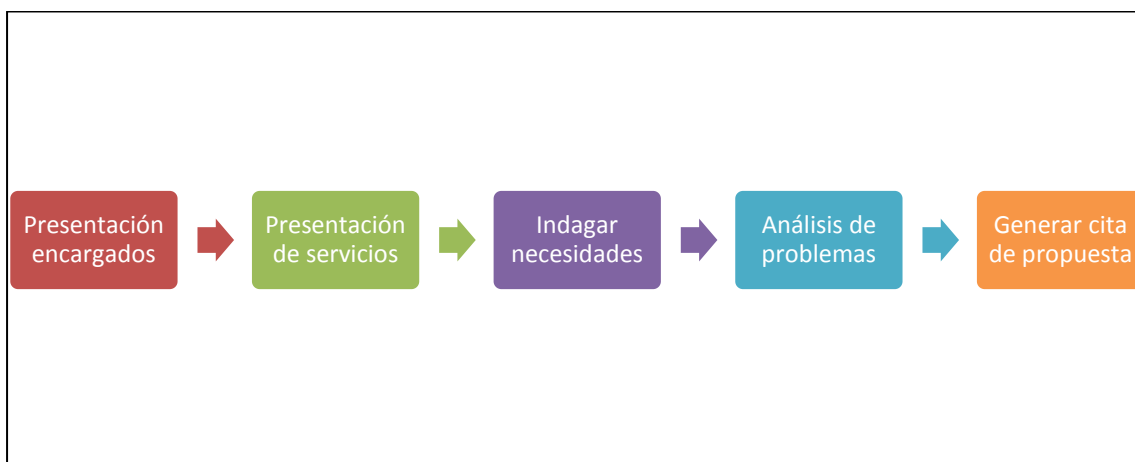
Para mayor entendimiento se visualizan los siguientes cuadros, los cuales explican el desarrollo de los procesos con los clientes:

Figura 17. **Proceso de hacer contacto**



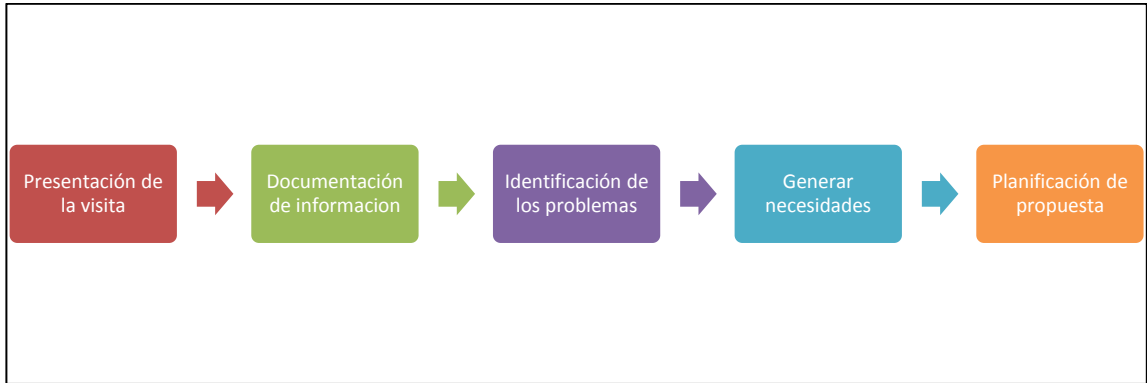
Fuente: empresa Efect, S. A.

Figura 18. **Proceso de visita a la empresa**



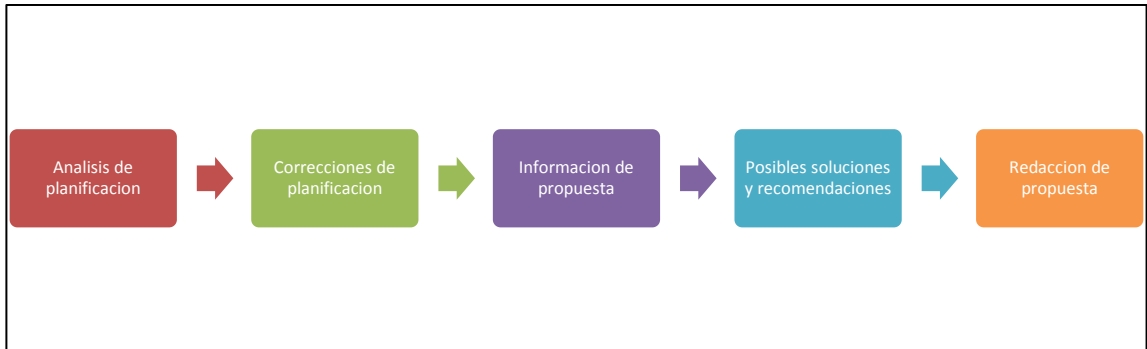
Fuente: empresa Efect, S. A.

Figura 19. **Proceso de análisis**



Fuente: empresa Efect, S. A.

Figura 20. **Proceso de propuesta**



Fuente: empresa Efect, S. A.

Mediante estos procesos se llega a los clientes con el fin de vender un servicio de calidad y hacerles la mejor propuesta de eficiencia energética con la cual ellos queden satisfechos con el servicio prestado.

1.5.1. Departamento de Comercialización

Es el encargado de crear oportunidades de trabajo en las industrias buscando clientes potenciales, organizando así la programación de cada proyecto a realizar. Ofrece productos a la mayor cantidad de organizaciones con el fin de alcanzar un alto margen de ventas y dar seguimiento y mantener una cartilla de clientes.

Este departamento también tiene a su cargo el mantener una comunicación constante con los clientes, a los que se les ha trabajado, con el objetivo de mantener las puertas abiertas a esa empresa, el departamento de comercialización vela por la logística y entrega de los proyectos así como la programación trimestral, semestral y anual de las visitas.

El objetivo principal del Departamento es garantizar la calidad de cada uno de los servicios, velar por la excelencia del equipo de trabajo y mantener actualizados todos sus programas analíticos; ya que se desea tener un buen desempeño en cada uno de los proyectos llevados a cabo.

Dentro de sus atributos está el fomentar una buena relación ética y humana con el medio ambiente, ya que este es el que promociona cada uno de los servicios y, a la hora de realizar uno, debe contar con el cuidado ambiental basados en cada uno de los reglamentos internos de la empresa, así como de normas, acuerdos o decretos que se tengan en la Ley.

1.5.2. Departamento de Desarrollo e Investigación

Este Departamento analiza la problemática identificando causas y efectos de cada problema, generando las posibles soluciones para cada situación. Uno de los deberes del Departamento es desarrollar los procedimientos para la ejecución de cada proyecto y dar seguimiento postejecución a los proyectos realizados.

Como Departamento de Desarrollo e Investigación debe brindar la asistencia técnica a las áreas de operación y comercialización de la empresa, así como a los proveedores.

A su vez debe desarrollar nuevos procedimientos, actualizando cada uno de ellos conforme a la problemática actual, dándole soluciones alineadas con la estrategia de la empresa mediante investigación.

A través del corto tiempo que ha operado este Departamento ha dado respuesta a la demanda de soluciones y de la constante dinámica de la industria de eficiencia energética. Por su naturaleza en el ámbito de esta industria requiere aplicar los últimos avances tecnológicos e innovación de los procesos técnicos.

En la actualidad tiene como enfoque empresarial el desempeño sostenible, ayudando y maximizando el aprovechamiento de los recursos los cuales utiliza. También tiene como objetivo el impulsar el desarrollo tecnológico a través de transmitir el conocimiento dentro de la empresa y a la cartera de clientes.

1.5.3. Departamento de Recursos Humanos

Este Departamento genera los procedimientos de administración del personal activo. Revisa que la papelería esté actualizada, esté en orden del personal activo y organiza el control de archivos y papelería.

Tiene a su cargo los trámites de selección de los trabajadores, la realización de contratos, nóminas, seguros sociales, planillas, entre otros. A su vez integra la comisión de aspectos relacionados tales como la psicología, sociología y algunas técnicas de organización. Dentro de sus atributos está el organizar, dirigir, coordinar, retribuir y estudiar las actividades de los trabajadores de la empresa.

La política del Departamento de Recursos Humanos se basa en el reconocimiento correcto a los trabajadores como uno de los grandes activos más importantes para lograr los objetivos trazados dentro de la empresa.

Dentro del departamento se está tratando de retribuir tres funciones las cuales se describen a continuación:

- Función de empleo: esta función abarca las actividades relacionadas de la planilla, selección y formación del personal. Las tareas principales son:
 - Selección del personal
 - Formación del personal
 - Planificación de la planilla
 - Descripción de los puestos de trabajo
 - Descripción del perfil de los puestos
 - Inducción del nuevo personal

- Tramitación de suspensiones por faltas al reglamento interno
- Tramitación de despidos
- Función de administración de personal: dentro de las tareas administrativas se encuentran:
 - Gestión de permisos, bajas por enfermedad
 - Gestión de vacaciones y horas extraordinarias
 - Elección de los contratos
 - Formalización de los contratos
 - Control de planilla
 - Régimen disciplinario
- Función de retribución: dentro de esta función se trata de diseñar un sistema sobre la retribución que realmente conviene al personal y evaluar los resultados cercanos a este; consiste en un estudio de fórmulas salariales, política de incentivos y establecimiento de niveles salariales.

Como Departamento de Recursos Humanos debe velar por la comunicación entre las áreas dentro de la empresa. En función de la dirección de Efect, S. A. Debe de tomar en cuenta la organización formal así como informal para ser más efectivos y rápidos en esto.

Otra de las atribuciones del Departamento es promover los impulsos a las personas para hacer algo, es decir, la motivación en el trabajo, debe velar por promover y buscar las mejores atribuciones para impulsar a la persona a realizar lo mejor posible su trabajo.

Como resumen, el Departamento de Recursos Humanos velará por las siguientes funciones tomadas como más importante:

- Relaciones laborales
- Clima y satisfacción laboral
- Evaluación del desempeño
- Control del personal
- Organización del personal
- Planificación del personal
- Reclutamiento
- Selección
- Inducción
- Planes de carrera
- Promoción profesional
- Prevención de riesgos laborales

Para Efect, S. A. es importante que se cumplan cada una de las funciones detalladas, para lograr los objetivos trazados anteriormente.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE DIAGNÓSTICO

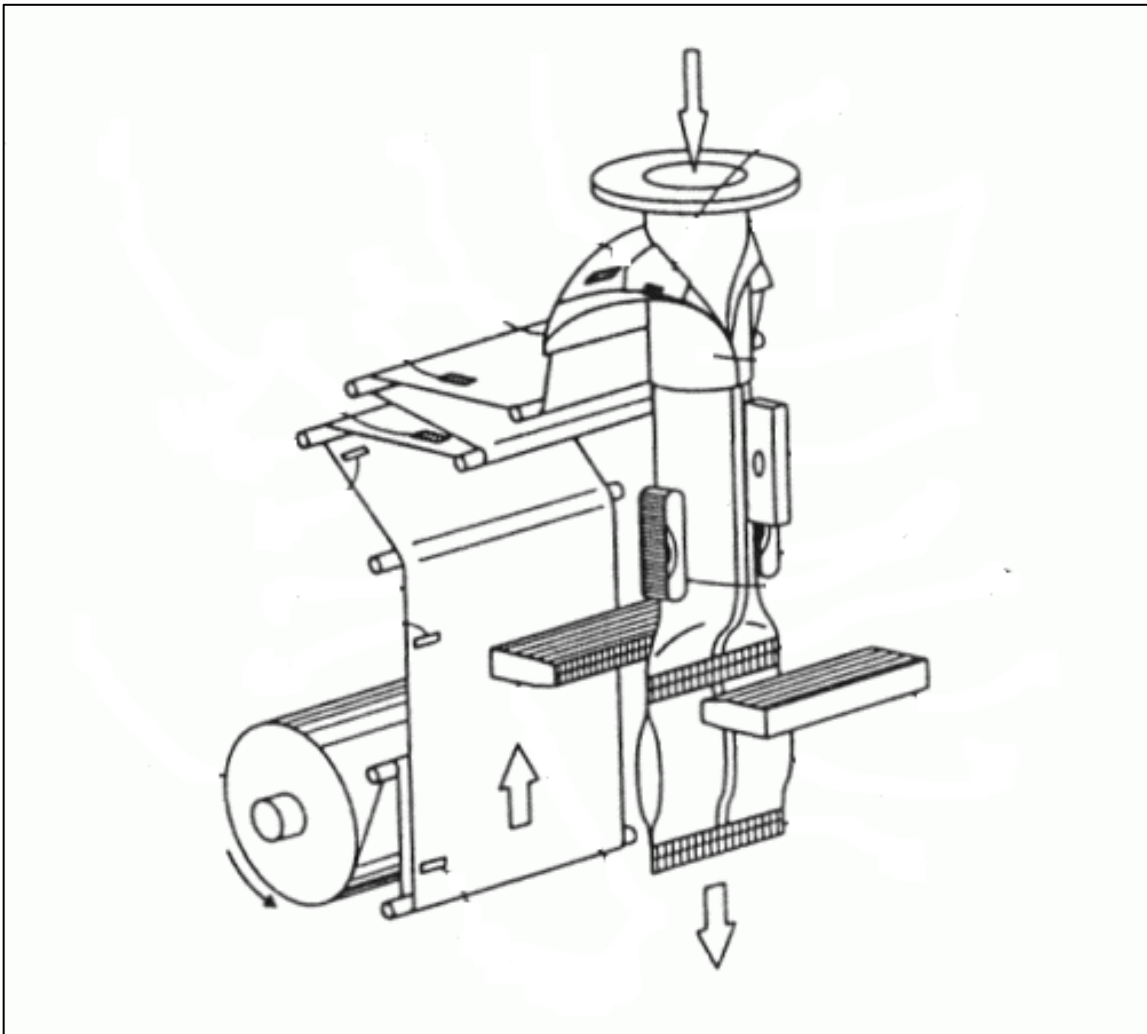
2.1. Proceso productivo

La empresa Distribuidora Méndez la Fuerte, dedicada a la producción de bolsas de agua para consumo humano, cuenta con tres hidromáticas llenadoras de agua las cuales funcionan por medio de compresores generadores de aire comprimido y dos hidromáticas eléctricas cada una con una capacidad de producción de 70 bolsas/min.

La hidromática ha sido diseñada para el uso de un proceso de llenado de bolsas con agua pura, este equipo ofrece una alternativa de costo eficiente y ecológico al uso de botellas y es un equipo muy fácil de usar. Esta máquina llenadora de agua en bolsa tiene muchas ventajas y todas las partes del equipo que entran en contacto con el líquido están hechas en acero inoxidable, cumpliendo con los requerimientos de higiene y seguridad.

En cada una de las hidromáticas que la empresa utiliza para la producción de bolsas de agua utiliza básicamente los mismos procedimientos, independientemente de la cantidad a producir durante el día. El proceso empieza con la puesta del rollo de material laminar que es el plástico el cual se utiliza como envoltorio de la bolsa de agua, este material laminar se hace entrar con etiquetas incorporadas por un cuello de conformación hacia un tubo formador de dicho material y posterior carga del producto.

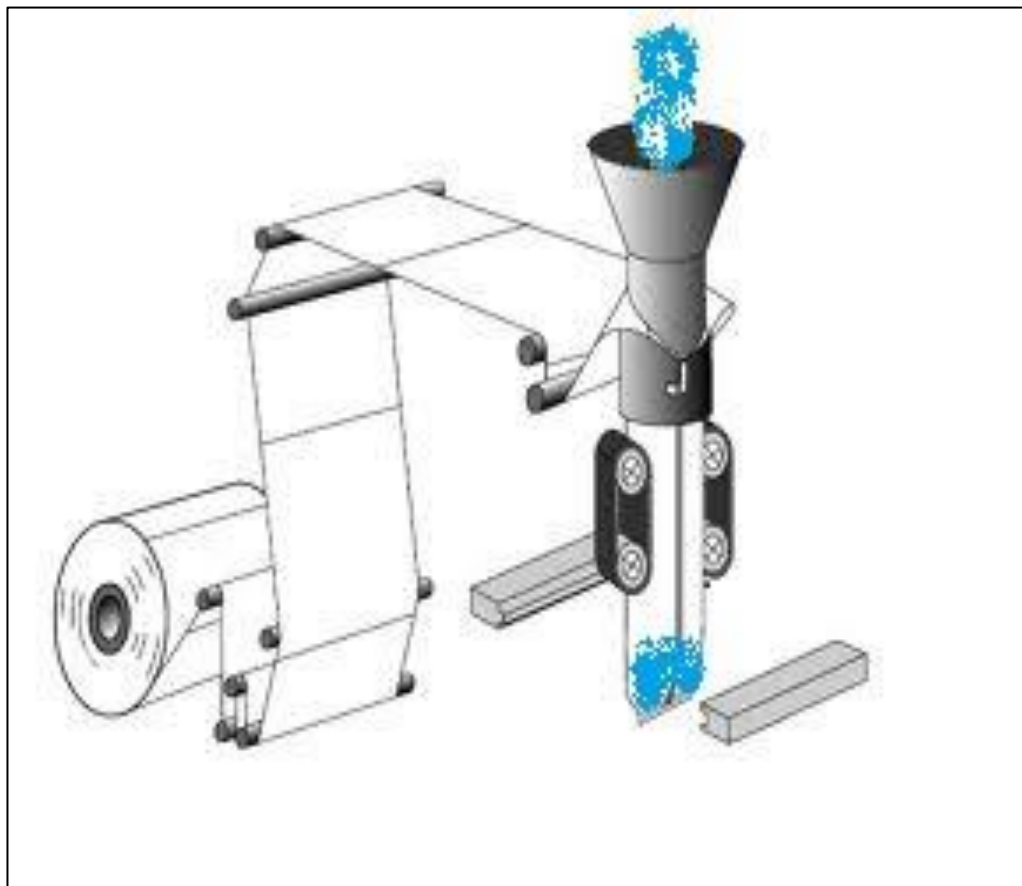
Figura 21. **Formación de bolsa**



Fuente: SALCEDO Hernán. *Manual de procesos de empaque de producto*. p. 52.

Luego el material con las etiquetas pasa por un espacio de guía adaptado para evitar que las etiquetas se desprendan del material durante el proceso de conformación de las bolsas. Para ello, la máquina incluye medios de guiado del material laminar con las etiquetas, adaptados para definir dicho espacio de guía entre dichos medios y el cuello de conformación, cuando el material está dentro del tubo formador hay una bobina vertical la cual se encarga de sellar térmicamente los bordes donde se traslapa la lámina de plástico.

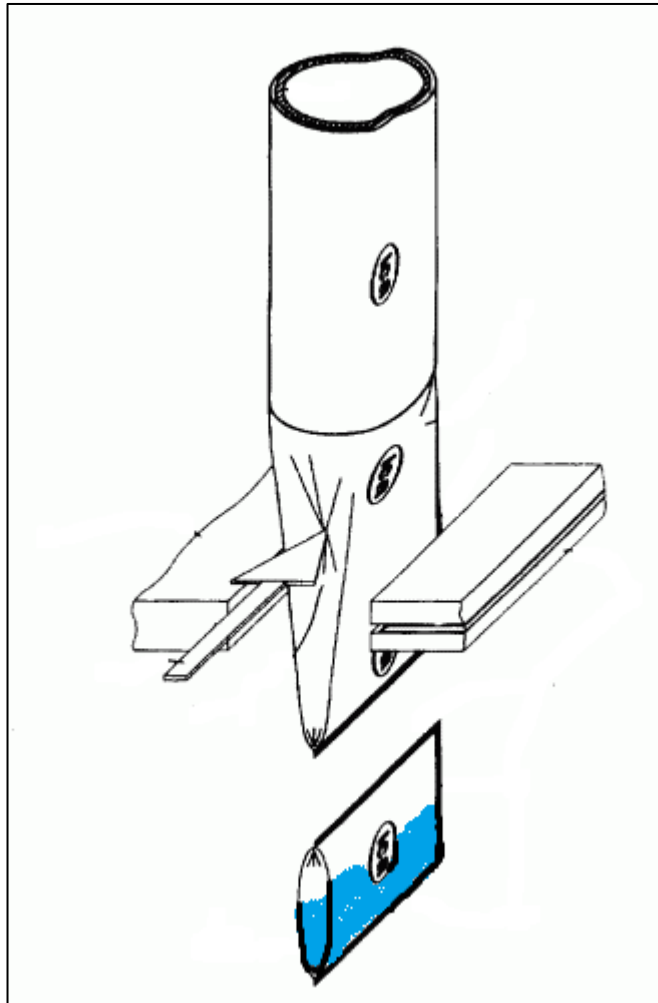
Figura 22. **Llenadora de agua**



Fuente: SALCEDO Hernán. *Manual de procesos de empaque de producto*. p. 54.

Cuando el material plástico sale en forma de tubo entra en juego la llenadora la cual está programada para depositar 500 ml de agua purificada y al mismo tiempo sellar y corta la bolsa de agua por medio de dos bobinas horizontales ancladas a pistones hidráulicos, estas bobinas mencionadas funcionan con calor que es lo que sella la lámina plástica.

Figura 23. **Sellador hermético, bobinas horizontales**



Fuente: SALCEDO Hernán. *Manual de procesos de empaque de producto*. p. 57.

2.1.1. Generación de aire comprimido

La generación de aire comprimido es un tema central e importante para cualquier empresa, ya que la mayoría emplea de este tipo de energía para trabajar la maquinaria, este método se conoce como un medio por el cual se genera energía para un sistema neumático.

Para generar aire comprimido se necesita de un dispositivo que reduzca el volumen del gas para incrementar su presión, este tipo de dispositivo, el cual transmite al sistema energía con aire comprimido, se le conoce como compresor, dentro de la gama de dispositivos está considerado como dispositivo térmico, ya que al comprimir el aire este hace variar la temperatura y densidad; este dispositivo aspira aire atmosférico y lo comprime hasta transferirle una presión superior a la que se encontraba para que este fluya de una manera rápida.

La Distribuidora Méndez la Fuerte cuenta con tres compresores, los cuales son los que le suministran la cantidad de aire comprimido hacia las hidromáticas llenadoras de bolsas de agua. Estos compresores tienen la peculiaridad de ser bastante obsoletos ya que tienen una cantidad de años bastante considerable, en los cuales han sufrido bastante desgaste en cada una de sus piezas que lo conforman.

Estos compresores han tenido dificultad para suministrar la cantidad de CFM necesarios para que las hidromáticas trabajen de una manera correcta y puedan con esto satisfacer la demanda de producción de bolsas de agua.

Figura 24. **Compresor**



Fuente: equipo de la empresa Distribuidora Méndez la Fuerte.

Como se observa en la figura 24 alguno de los compresores ya ni la instrumentación en buenas condiciones tiene, el manómetro es uno de los instrumentos que está dañado por lo que trabajan conforme a la experiencia y el conocimiento de los operadores, todo el compresor está manchado de grasa, lo cual es un indicio de que estos motores tienen fuga y están mal, gastando aceite, lo que hace que sea un alto consumo y costo de aceite.

Estos compresores están compuestos de tres partes:

- Unidad de almacenamiento del aire comprimido
- Motor Eléctrico
- Motor Mecánico

Tabla I. **Datos técnicos de los motores eléctricos**

Motor eléctrico	Marca	Modelo	Potencia (HP)	Velocidad angular (RPM)	Voltaje	Corriente
1	BALDOR	36K839T077	10	1 725	230	20.6
2	BALDOR	36K077W925G1	10	3 500	230	21.5
3	BALDOR	36E022759	5	1 725	115/230	32/16

Fuente: elaboración propia.

Los datos técnicos de los motores fueron sacados de las placas que traen, según lo que dice esta placa a simple vista se pudo constatar que las conexiones de corriente no eran las adecuadas, las conexiones de la instrumentación eran obsoletas, por la falta de cuidado adecuado ya no emiten la cantidad de hp necesarios para no sobrecargar el motor.

2.1.2. Red de distribución de aire comprimido

La red o línea de conducción y distribución del aire comprimido desde los compresores hasta la línea de servicio para las hidromáticas no tiene realmente una estructura como tal, es decir, no tiene una estética la cual facilite la conducción del aire por la tubería, actualmente la distribución está pegada a las orillas de las paredes hasta el lugar de servicio siendo está muy obsoleta causando varias deficiencias en el servicio; entre las cuales se mencionan:

- Pérdidas de presión
- Insuficiente CFM para las hidromáticas
- Aumento de pérdidas por fricción
- Fugas
- Consumo elevado de aire por la baja presión

Esta red actualmente no cumple con su función ya que la tubería utilizada en la red es de diferentes diámetros en diferentes tramos, la razón por la cual se hizo así es porque ese era el material con el que se contaba en ese momento, esto provoca grandes pérdidas de presión y no permite que llegue con la presión que se necesita en la entrada al servicio.

La red de distribución actual está mal diseñada, ya que no cuenta con las llaves de paso necesarias para cortar el paso cuando existe algún problema en la red, el flujo de aire esta directo desde el compresor y desde ahí es que se maneja el paso del aire.

Se observa en la siguiente figura la mala estética de la red de distribución y el deterioro que ha sufrido la misma:

Figura 25. **Red de distribución**



Fuente: parte de la red de distribución de la empresa Efect, S. A.

2.1.3. Línea de suministro de aire para maquinaria

La línea de suministro es aquella por la cual fluye el aire comprimido desde la red de distribución hasta el lugar de servicio o entrada a la maquinaria. La línea de suministro para el servicio a la maquinaria está compuesta de manguera de $\frac{1}{4}$ " aunque la salida de unos compresores es $1\frac{1}{4}$ " y $\frac{3}{4}$ ".

No se cuenta con llaves de paso que ayuden a cortar el flujo de aire cuando se necesita darle servicio a una hidromática, la entrada de aire, como se mencionó es de $\frac{1}{4}$ " pero las hidromáticas tienen entrada de $\frac{1}{2}$ " , se hizo un acople por medio de un niple, esto causa que no llegue el aire necesario para satisfacer la demanda de producción de bolsas de agua.

2.2. Neumática

En una técnica que se dedica al estudio y aplicación del aire comprimido, la neumática es muy usada en la industria, ya que se requieren grandes presiones para realizar algún tipo de movimiento; es aplicado a empaquetado de productos o bien en ensambles de piezas, también se le da movimiento a grandes estructuras.

La neumática ha venido a dar una gran ayuda a los procesos en la industria ya que posibilita hacer grandes fuerzas con simples mecanismos o equipo adaptado, este tipo de sistema ayuda a que se puedan realizar grandes obras de una manera más fácil y rápida.

Esta técnica ha reemplazado mucho la mano de obra, ha tenido dos auges grandes, la primera es que se reducen los empleos y la otra es que se reducen los accidentes en el personal ya que no están en contacto directo con los procesos industriales.

2.2.1. Sistemas neumáticos

Son aquellos sistemas que emplean el aire comprimido como un modo de transmisión de energía, con la cual mueven y hacen funcionar distintos mecanismos, estos sistemas aparte de utilizar aire, también utilizan algún otro gas como medio para transmitir potencia.

Los sistemas neumáticos se usan mucho para controladores automáticos y máquinas automáticas, los sistemas convierten la energía del aire en energía mecánica; este tipo de sistemas es mucho más rápido que los hidráulicos.

Estos tiene la peculiaridad de transmitir una presión bastante elevada con lo que logran una gran potencia para trabajar, los circuitos neumáticos convierten la energía eléctrica en energía mecánica y tienen un gran campo de aplicación por la velocidad que llegan a generar en la reacción de los actuadores y por no necesitar en el sistema un retorno del aire.

Los sistemas neumáticos aprovechan la presión y el volumen del aire comprimido por el compresor, la transformación del aire la hace por medio de dispositivos llamados actuadores en movimientos rectilíneos y de giro, los actuadores son controlados por una serie de válvulas de dirección, control de flujo y de presión.

La sincronización de los actuadores se logra controlándolos por medio de válvulas de controladores eléctricos, neumáticos y electrónicos, un sistema neumático está compuesto por los siguientes elementos:

- Medidor de presión
- Filtro
- Restrictores
- Tuberías
- Botellas de almacenamiento
- Válvula de retención
- Válvula de alivio
- Fuente de aire (compresor)

Figura 26. **Secuencia de los sistemas neumáticos**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. **Aire comprimido**

Es denominado aire comprimido el que se encuentra a una presión mayor que la presión atmosférica, esta condición solo puede ser obtenida por medio de compresores. Tiene la particularidad de transmitir toda su presión a toda la pared con la cual está en contacto esto se debe a que las moléculas del aire no tienen ninguna resistencia.

El aire está compuesto de nitrógeno (78 %), oxígeno (21 %), vapor de agua (0 - 7 %) y otras sustancias (1 %). Tiene la característica de ser comprimido y almacenado para darle un uso posteriormente.

2.2.2.1. Usos del aire comprimido

La compresión sucede en el instante que se eleva la presión de un fluido gaseoso disminuyendo su volumen específico. La forma de hacer este cometido es mediante un compresor que es la máquina encargada de elevar la presión de un fluido. El aire comprimido ha tenido y ha experimentado en los últimos tiempos un gran auge debido a que tiene un alto poder de adaptación a cualquier tipo de proceso o trabajo, lo hace tan único que lo recomiendan para ejecutar actividades que difícilmente se pueden cubrir con otras energías, ya que carecen de la flexibilidad que tiene el aire comprimido. Entre los usos están:

- Distribución y alimentación de procesos industriales
- Procesos de combustión
- Transmisión de potencia
- Elevadores neumáticos
- Armas de aire comprimido
- Motores de aire comprimido
- Equipos de minería
- Destornilladores automáticos
- Tornos
- Talleres mecánicos
- Talleres de chapistas
- Industria textil
- Industria de mueble
- Industria agro alimentaria

2.2.3. Métodos de compresión de aire

Los procesos de compresión, según las leyes de la física, se hace mediante tres formas:

- **Isotérmicamente:** este consiste en aumentar la presión de un gas pero sin provocar cambios en su temperatura, es decir, esta se mantiene constante. Esta es la forma ideal para los fabricantes de compresores pero no ha sido posible llevarla a cabo.
- **Adiabático:** esta parte de la generación de calor en la misma medida o proporción en la que aumenta la presión del gas, esto hace posible la generación de dos tipos de energía que son: térmica y neumática. Este no es el más eficiente, pero si más económico y mecánicamente apto.
- **Politrópico:** esta es una fase intermedia entre la adiabática y la isotérmica, genera compresión con refrigeración, es también la más viable desde el punto de vista mecánico y la más utilizada. La ventaja de este proceso es que genera energía neumática minimizando el consumo de energía generadora, con lo que es más aceptable económicamente.

Existen cuatro métodos con los cuales se comprime un gas, dos de flujo continuo y dos de flujo intermitente que se detallan a continuación:

- Alimentar el gas en un chorro de alta velocidad del mismo o diferente gas y convertir la alta velocidad de la mezcla a presión en un difusor.

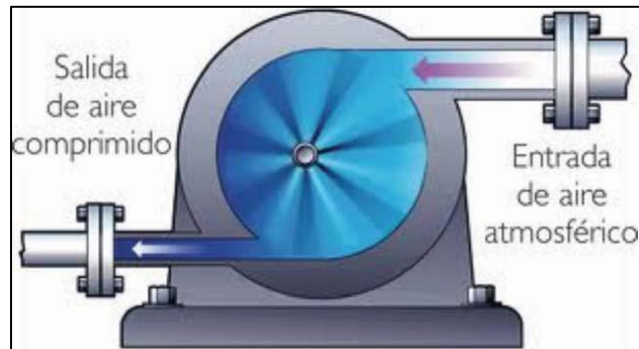
- Comprimir el gas por la acción mecánica de un impulsor o un motor con paletas en rápida rotación, que imparten velocidad y presión al gas que está fluyendo.
- Atrapar cantidades consecutivas de gas en algún tipo de encerramiento, trasladarlo sin cambio de volumen a la descarga y comprimirlo por contra flujo.
- Atrapar cantidades consecutivas de gas en algún tipo de encerramiento, reducir el volumen incrementando la presión para después desalojar el gas del encerramiento.

2.2.3.1. Flujo continuo

El método de flujo continuo comprime el gas mediante una acción mecánica de un rotor con paletas o de un impulsor en rotación rápida, la velocidad aplicada se convierte en presión en las paletas.

Otro de los métodos de flujo continuo es mediante la utilización de un chorro de vapor, el cual arrastra el gas a comprimir para luego convertir la alta velocidad de la mezcla en presión, esto sucede en un difusor localizado más abajo. Los eyectores normalmente operan con una presión de admisión inferior a la atmosférica.

Figura 27. **Flujo continuo**



Fuente: *Diseño de sistemas de aire comprimido.*

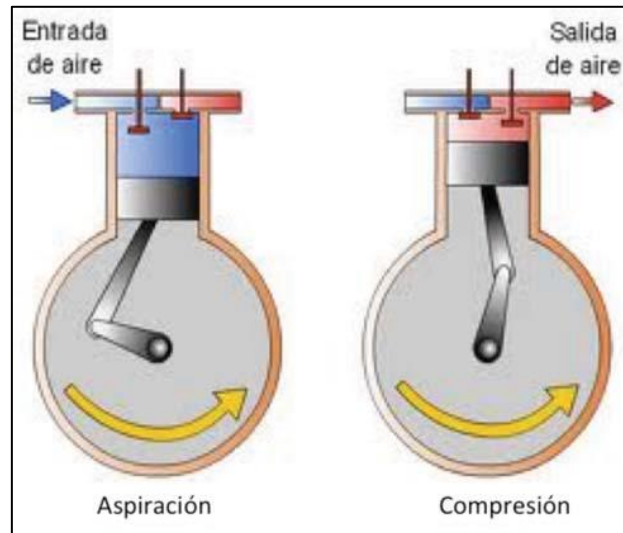
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn201.html>. Consulta: 17 de junio de 2014.

2.2.3.2. Flujo intermitente

El método consiste en atrapar grandes cantidades consecutivas de gas en una cámara, reducir el volumen y empujar luego el gas comprimido fuera de la cámara.

Otro de los métodos radica en atrapar grandes cantidades consecutivas de gas en un espacio cerrado, luego trasladarlo sin un cambio de volumen a la descarga de un sistema de alta presión; comprimir el gas mandando el flujo en sentido contrario al normal y finalmente empujar el gas comprimido fuera de la cámara.

Figura 28. **Flujo Intermitente**



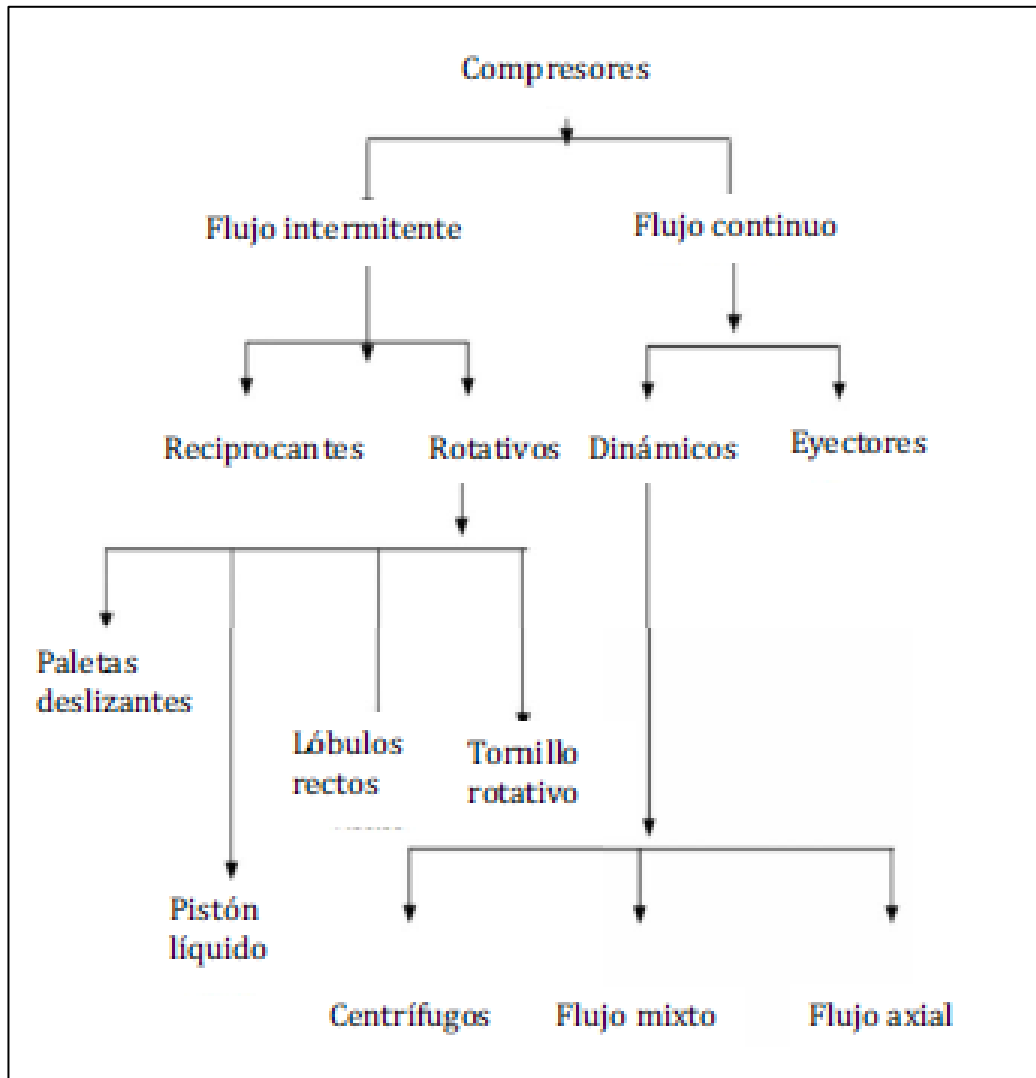
Fuente: *Diseño de sistemas de aire comprimido.*

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn201.html>. Consulta: 17 de junio de 2014.

2.2.4. Tipos de compresores

Estos aparatos son los encargados de generar aire comprimido, los cuales elevan la presión del aire a un valor deseado.

Figura 29. **Clasificación de compresores**



Fuente: ÁVILA, Álvaro. *Manual del profesional del aire comprimido*. p. 1.

2.2.4.1. **Compresores de flujo intermitente**

Este tipo de compresores se caracteriza por los volúmenes cíclicos de gas que son confinados en un espacio reducido en el que se eleva a una mayor presión.

- Compresores reciprocantes: son máquinas que comprimen el gas mediante el desplazamiento de un pistón dentro del cilindro, este movimiento es como los motores de los carros, es un movimiento parecido y la forma de los pistones.

El funcionamiento de estos compresores se describe de la siguiente manera:

- El fluido entra a una cámara cerrada de volumen variable.
- Mediante la entrega de trabajo desde el exterior se reduce el volumen de la cámara, por movimiento de una o más paredes de esta.
- Se extrae el gas con volumen específico reducido, es decir, con mayor presión.

Las generalidades acerca de este tipo de compresores es que la cámara de compresión está compuesta por un cilindro de sección circular que tiene una tapa o cubierta fija y la otra es móvil, tiene válvulas que regulan la admisión y escape del fluido que permiten el acceso del fluido a comprimir y la salida del fluido comprimido.

Esta tiene el motor que hace girar el cigüeñal mediante una biela, entonces el pistón hará un movimiento alternativo en las dos posiciones extremas donde la velocidad siempre será nula, normalmente conocidas como punto muerto inferior y punto muerto superior.

También existen compresores reciprocantes de cilindros de doble efecto, estos contienen cámaras de compresión en ambos lados del pistón, en ambos lados realiza el movimiento de compresión, en este caso la biela está unida a un vástago el cual su movimiento es alternativo, pero siempre axial, la función de tener este vástago es hacer que el volumen desplazado por el pistón en una de las cámaras sea menor que en la otra cámara.

- Compresores rotativos: son máquinas donde la compresión y el desplazamiento se realiza por el movimiento de elementos que están en rotación.

Estos compresores fueron desarrollados con el fin de evitar las aceleraciones y desaceleraciones que en comparación con los reciprocantes necesitan ser dimensionados en las carcazas, bielas, pistones, cojinetes; esto provoca pulsaciones cuando el fluido es descargado a su funcionamiento alternativo.

Tiene la característica principal de tener rotores que con la carcasa delimitan volumen cuando capturan una cierta cantidad de gas y se lleva directo hasta la descarga. Ya que tienen este tipo de funcionamiento no contienen válvulas de admisión ni escape.

- Compresores de pistón líquido: al igual que los otros son máquinas rotativas, la diferencia es que el agua u otro líquido hacen de pistón para comprimir y desplazar el gas el cual se utiliza.

La peculiaridad de este compresor es que tiene un rotor con paletas múltiple que giran en una caja que no es redonda, normalmente la caja se llena con una parte de agua y cuando el rotor empieza a girar lleva el líquido formando con las paletas una serie de bolsas entre ellas; a medida que el líquido sale de la bolsa la paleta se llena de aire y cuando este vuelve a la bolsa, entonces el líquido se comprime.

2.2.4.2. Compresores de flujo continuo

- **Compresores dinámicos:** son máquinas rotativas en las que un impulsor en de rotación rápida acelera el gas que pasa a través de este; la cabeza de velocidad es convertida en presión.

En los compresores dinámicos el aumento de la presión se obtiene entrelazando un flujo de gas y cierta energía cinética se convierte en presión al desacelerar el gas cuando este pasa a través de un difusor.

- **Compresores centrífugos:** son máquinas en los que uno o más impulsores aceleran el gas; se adquiere la energía cinética la cual se transforma en presión en un difusor corriente abajo.

En los compresores centrífugos el desplazamiento del flujo es radial, el funcionamiento de estos se debe cuando un fluido aspirado por el centro de la rueda giratoria es impulsado por los álabes de esta y, debido a la fuerza centrífuga, hacia los canales del difusor.

Luego que la energía cinética es convertida en presión el fluido es conducido hacia el centro del próximo difusor y así sucesivamente se va desarrollando.

Los compresores centrífugos que tienen velocidades próximas a las 20 000 rpm suelen ser muy comunes en la industria aun cuando se fabrican compresores de mayor velocidad. El flujo de la última etapa es el que limita principalmente el caudal mínimo de un compresor centrífugo.

- Compresores axiales: estos son máquinas en las que el gas se acelera y desacelera por el movimiento conjunto de paletas móviles montadas sobre un rotor y paletas fijas montadas sobre un estator; este cambio continuo genera un aumento en la presión.

Estos se caracterizan porque tienen un flujo axial paralelo al eje. El fluido se traslada de forma axial a lo largo del compresor mediante hileras alternadas de paletas, estacionarias y rotativas, estas entrelazan y comunican con una velocidad el fluido o energía para luego transformarla en presión.

Este tipo de compresor es mucho más adecuado para las industriales las cuales emplean grandes caudales de aire.

2.2.5. Redes de distribución del aire comprimido

El objetivo principal de una red de distribución es llevar el aire comprimido a los puntos donde sea necesario, debe ser realizado con una caída de presión mínima, los sistemas de distribución siempre requieren tomar en cuenta modificaciones o expansiones en un futuro de acuerdo a las nuevas necesidades de uso o puntos de servicio.

En las redes de distribución, no solo es importante el correcto dimensionado si no la correcta instalación de esta, el aire comprimido debe distribuirse con un volumen suficiente y de presión adecuada para propulsar de una forma correcta las máquinas que usan aire comprimido.

Existen diversos tipos de sistemas de redes de distribución, se tiene la conexión abierta que se caracteriza porque la presión ingresa por una única dirección lo que genera falta de presión en el extremo opuesto y la red cerrada que se caracteriza por tener una alimentación uniforme cuando el consumo de aire es alto y el aire puede ir en doble dirección.

2.2.5.1. Sistema ramificado

Este tipo de distribución es igual a un sistema de ductos de distribución de aire acondicionado. Una desventaja muy notoria es el desbalance de la carga que causa una mala distribución de aire, será indispensable tomar todas las medidas necesarias para diseñar con mayor cuidado y determinación el tamaño de las líneas de distribución.

Se caracteriza por llevar el fluido de un punto a varios puntos diferentes, este sistema parte de un cabezal principal, del cual se generan los ramales secundarios, hacía los distintos puntos de consumo.

2.2.5.2. Sistema en anillo

Este sistema inicia a partir del cabezal principal, para luego pasar hacia el suministro de aire a los usuarios o destinos finales donde se utilizará uno o varios lazos cerrados, con esto se garantiza que la presión en los diversos puntos de consumo será más constante en cualquier condición. Una desventaja es que se incrementa la cantidad de tubería y se disminuye la capacidad de cada línea, lo que produce caídas de presión.

La ventaja del sistema en anillo es que permite tomar aire de cualquier parte de la rama circular, es mucho más accesible a las tomas de aire, ya que se tiene mucho más cercana a las máquinas de servicio.

2.2.5.3. Red cerrada

Este tipo de red consta de un circuito cerrado, una ventaja principal es que permite trabajar en cualquier sitio con aire, por medio de conexiones longitudinales y transversales de la tubería de aire comprimido. En algún punto de la tubería es bloqueada con válvulas de cierre si no se necesitan o si hay que separarlas para efectuar reparaciones y trabajos de mantenimiento.

2.3. Deficiencias

La deficiencia puede definirse como la falla o desperfecto en un sistema o máquina, es una carencia de alguna propiedad en alguna característica de alguna cosa, las deficiencias presentes en el sistema neumático del aire comprimido, muchas veces, se nota a simple vista, ya que están expuestas a constantes revisiones.

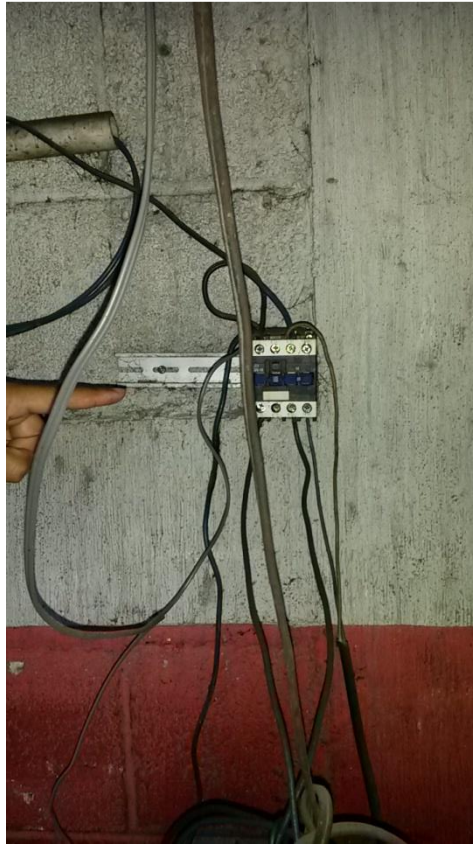
Las deficiencias hacen que nuestros sistemas sean ineficientes y esto provoque bajas en la producción, casi siempre se encontrará una deficiencia si el sistema no es revisado periódicamente; típicamente se categorizan las deficiencias y las más pequeñas se dejan pasar sin tomar en cuenta que conforme pasa el tiempo estas se convierten en más grandes y provocan grandes problemas.

Dentro del sistema neumática de la empresa se encontraron varias deficiencias, las cuales se constatan como: las obsoletas instalaciones de la red de distribución, malas instalaciones eléctricas, falta de instrumentación de mediciones en compresores, falta de estética en las tuberías, mal uso de los diámetros en las tuberías, falta de mantenimientos a los compresores; todas estas fallas o deficiencias hacen que la producción sea baja en comparación a lo que en realidad deberían de estar produciendo las hidromáticas.

2.3.1. Deficiencias de instalación

Las deficiencias de instalación se encuentran presentes en la instalación de energía, ya que el calibre utilizado no es el adecuado, el tipo de calibre en el cable de tendido eléctrico ha provocado que el sistema se esté recalentando y esto haga que se tenga que parar los compresores. La instalación de los motores de los compresores se encuentra a la intemperie, fuera de la caja y esto cause algún accidente.

Figura 30. **Instalación eléctrica de compresores**



Fuente: instalación eléctrica de uno de los compresores.

La instalación de la red de distribución es muy antigua por lo que genera pérdidas de presión y mayor consumo eléctrico, ya que se sobrecargan a los compresores a trabajar mucho más tiempo en horas altas.

La falta de atención a la estética de la red de distribución ha causado que el sistema tenga varias fugas, las cuales hace que se aumente el consumo aire comprimido se pierda cierta cantidad de CFM para las hidromáticas.

2.3.2. Deficiencias de administración de aire

Uno de los grandes problemas que existe en la industria, donde se trabaja con sistemas neumáticos, es la falta de tanques de almacenamiento o comúnmente llamados pulmones que puedan retener parte del aire que se suministra desde los compresores, ya que al no tener estos pulmones se sobrecarga los compresores y esto hace que fallen, siempre y cuando no sean aptos para suministrar la cantidad de CFM que requieren los sistemas en el servicio.

Esta es una deficiencia muy clara en la empresa, ya que se carece de pulmones y los compresores actuales no satisfacen la cantidad necesaria de CFM, por lo que si se tuvieran pulmones llegaría la cantidad de aire necesaria.

Esta deficiencia se debe a la mala asesoría técnica de los proveedores, teniendo un tanque de almacenamiento ayudaría a mantener una presión mucho más estándar en el sistema y evitaría que los compresores trabajen casi todo el tiempo como si estuviera en horas de alto consumo.

Los tanques con los que actualmente cuentan los compresores no cumplen con su función, ya que están muy oxidados y esto hace que se arrastren pequeñas partículas a la red de distribución.

Estos mismos tanques son bastante pequeños los cuales sobrecargan el sistema de trabajo por la falta de contener un volumen bastante alto y poder así suministrar un flujo de aire constante y mucho mayor que el actual.

2.4. Horas productivas

Es la cantidad de horas realmente trabajadas en una jornada de trabajo, son las horas en las que se ha realizado un trabajo laboral dentro de un periodo de referencia concreto. Las horas productivas dentro de la empresa son todas aquellas en las que en el área se está llenando y empacando las bolsas.

El llenado y empaque de bolsas de agua se lleva alrededor de 12 horas para cumplir con la demanda y los pronósticos de producción planteados, muchas veces se recurre a trabajar horas extras, ya que los sistemas de producción de aire comprimido no abastecen lo suficiente como para trabajar a todas horas las hidromáticas.

Las horas productivas causan un gran impacto en el desarrollo de la producción, ya que de estas horas depende la cantidad de bolsas que se llenen y se empaquen, asimismo, dentro de estas horas se toman en cuenta las horas invertidas en el mantenimiento de los tanques que contienen el agua purificada y todo el sistema que se emplea para estos.

2.4.1. Estadísticas de trabajo hora semanal

Los compresores trabajan 12 horas al día, con esta cantidad de horas trabajadas estos compresores deben abastecer 20 CFM por cada hidromática, es decir 60 CFM por las tres máquinas empacadoras y la cantidad de aire que se puede suministrar las hidromáticas tienen un promedio de producción de 55 bolsas/ min, esta cantidad de bolsas empacadas es deficiente, ya que según el manual estas deberían producir 70 bolsas/min.

Las estadísticas de trabajo hora semanal indican que se están trabajando casi las 15 horas diarias debido a las deficiencias antes mencionadas, por lo que en las 12 horas que trabajan las hidromáticas solo se está llenando y en las otras 3 horas se dedican a empacar por cajas y bolsas de 25, 50 y 100 bolsas de agua cada una.

Mientras que si se estuviera en un porcentaje más aceptable de condiciones se realizaría el empaque de los productos mientras las hidromáticas llenan y sellan las bolsas de agua.

3. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.1. Datos estadísticos de costo de energía eléctrica

La producción de electricidad se mide en todos los terminales en una estación, las empresas dedicadas a la generación de electricidad son: generadoras hidroeléctricas, eólicas, solar, maremotriz, undimotriz, gasífera, nuclear, geotérmica, carbonífera, petrolera, fuentes de combustibles renovables y residuos

Actualmente, el costo de energía eléctrica es la cantidad de kilowatt hora consumidos por el precio del kilowatt hora, el costo de energía eléctrica para los proveedores está integrado por: producir, transportar y distribuir la energía a cada uno de los rincones del país, donde sea necesario tener el tendido eléctrico, para los consumidores está integrado por: la cantidad de luminarias, las máquinas de trabajo que posea, equipo de cómputo y todo aquel aparato el cual necesite de energía eléctrica para funcionar; el consumo de todos esos equipos se resumen en la cantidad de kilowatt hora que tienen en el mes.

Cada uno de los equipos que se posee consumen diferente cantidad de energía, esto dependerá de la potencia y del tiempo que sean utilizados, durante la producción o el ocio que se tenga como por ejemplo en las luminarias.

En Guatemala, los datos estadísticos revelan que la distribución de consumo en todo el país es 23,6 % por el sector industrial y agrícola, 22,4 % al sector de comercio, 19,9 % el sector residencial, 12,4 % el sector de servicios y 4,1 % el sector administrativo público; el 17,5 % restante se atribuyen como pérdidas.

El dato tiende a ser un poco variable dependiendo de la cantidad de horas trabajadas en el mes, esta variación se promedia para facilidad de cálculo y análisis.

Los datos estadísticos registrados en los últimos meses ascienden en un aproximado de Q15 000,00 mensuales de consumo de energía eléctrica, dentro de este monto se incluye solo el costo por consumo en el área de llenado y empaque de bolsas de agua, ya que es el lugar donde se realizó la investigación y aplicación de trabajo.

3.1.1. Factor de potencia

Primero se definirá que es el factor de potencia: es un indicador cualitativo y cuantitativo del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. El factor de potencia normalmente se conoce como la relación de la potencia activa entre la potencia aparente, este término es utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

La división de la corriente activa entre la corriente aparente dará un resultado en el que el valor ideal del factor de potencia es 1, pero esto no siempre es así, es raro ver que una empresa tenga ese factor igual a ese número, casi siempre está en decimales, es decir es menor que 1; si este valor es 1 significa que se tiene una optimización del consumo de energía eléctrica.

En lo que refiere a un buen manejo y utilización de la energía se debe tomar muy en cuenta este factor, en Guatemala está regulado este factor, ya que todas las empresas deben mantener este factor de potencia de acuerdo a la potencia del usuario, como se muestra en la tabla II:

Tabla II. **Factor de potencia**

Tipo de usuario	Factor de potencia (valor mínimo)
Usuarios con potencia de hasta 11 Kw	0,85
Usuarios con potencias superiores a 11 Kw	0,9

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Para el control de este factor se realiza una medición en la acometida del usuario, en periodos mínimos de siete días, en los que se registran datos de energía activa y reactiva en intervalos de 15 minutos. El factor de potencia se determina mediante la siguiente fórmula:

$$F_{pot} = \frac{\text{Energía activa}}{\sqrt{(\text{energía activa})^2 + (\text{energía reactiva})^2}}$$

Si los datos del factor de potencia no cumplen con los parámetros de la tabla II es decir, están por debajo de ese valor entonces existirá una sanción o multa que será incluida en el contrato entre el distribuidor y el usuario, donde se considera en los pliegos tarifarios fijados por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

3.1.2. Consumo por equipo

El consumo de energía eléctrica puede calcularse de diferentes maneras, la más fácil es ver la placa del motor eléctrico para verificar los *horsepower* que es, algunos motores traen la cantidad de kilowatt hora que consumen; es importante conocer la distribución en porcentajes o cantidad de kilowatt hora que consumen los equipos para saber si están funcionando bien o si necesitan alguna reparación para mejorar su consumo eléctrico.

Anteriormente se mencionó que la empresa cuenta con 3 compresores los cuales funcionan de forma continua, rara vez se tiene uno en *stand by*, actualmente el consumo es bastante elevado y esto se debe a que no cumplen con la cantidad requerida de CFM y también, por lo bastante obsoletos que son.

El consumo mensual que tienen los compresores se detalla en la tabla III:

Tabla III. Consumo por equipo mensual

No	Hp	Factor de conversión	Horas producción	Días laborados	Conversión a Kw	Total individual Kwh
1	10	745	12	30	1 000	2 682
2	10	745	12	30	1 000	2 682
3	5	745	12	30	1 000	1 341
Total kwh						6 705

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla, el consumo de kilowatt hora es bastante elevado para la cantidad de aire que produce, existen compresores de mayor capacidad que logran la cantidad de aire comprimido con un menor consumo de energía eléctrica.

El consumo de los equipos debe estar siempre en constante monitoreo para llevar un registro del funcionamiento de las máquinas y con ello ir viendo su desempeño a lo largo de su vida útil.

El consumo de energía eléctrica marca una gran diferencia en nuestra producción, ya que es uno de los costos mayores en cualquier proceso industrial, este consumo debe regularse lo más bajo posible para tener mejores resultados.

3.2. Reubicación de compresores

Dentro de la reubicación de compresores lo más esencial es que los equipos de abastecimiento de aire, en este caso los compresores estén, lo más cerca posible de los equipos de servicio para evitar pérdidas por distribución, así como disminuir la cantidad de tubería de distribución utilizada. Lo ideal es tenerlos en un lugar adecuado y amplio con buena ventilación en los que pueda tenerse los compresores, nuevos tanques de almacenamientos, secadores, entre otros.

En la reubicación de compresores debe evaluarse si es mejor cambiarlos de lugar o si es menos costoso hacer reparaciones el lugar actual para instalarlos, los compresores siempre deben ir sobre una cimentación, anclados con perno en forma de L para evitar que se muevan del lugar por las vibraciones que este produce.

La zona de máquinas de la empresa es la adecuada para colocar el nuevo compresor por lo que solo se tendrán costos por reubicar el nuevo compresor. Este lugar ya cuenta con una cimentación adecuada y con los pernos en L para instalarlos; esta zona de máquinas tiene una ventilación muy apropiada, ya que se encuentra por la parte de afuera del área de llenado y empaque, esta techado para cubrirlo de la intemperie, así como de seguridad se provee un portón.

3.2.1. Redistribución de red del aire comprimido

La propuesta de redistribución surge con la necesidad de poder abastecer de aire a cada una de las máquinas y equipos que lo requieran en el área de servicio. La red de conductos debe tenderse desde el compresor, luego pasar por el acondicionamiento del aire, hasta llegar a cada una de las hidromáticas, el diámetro de las tuberías que debe elegirse debe tomarse en cuenta si existe o existirá un aumento de consumo para que la pérdida de presión entre el depósito y el punto de servicio de exceda de 1,5 psi.

Para la redistribución de aire comprimido debe tomarse en cuenta las posibles ampliaciones de las instalaciones en un futuro, así como del posible aumento de consumo, por lo que las tuberías deben diseñarse correctamente para tener previsto todos los posibles cambios futuros.

Cada una de las conducciones necesitan y requieren un mantenimiento periódico, por lo cual estas no deben estar empotradas en las paredes para facilitar el mantenimiento, debe tomarse en cuenta que para favorecer la condensación el conducto debe tener una pendiente de 1 a 2 % en el sentido de la conducción del aire, debe poseer las purgas correspondientes para facilitar la salida del condensado.

Las tomas de servicio deben ir enlazadas con los puntos de consumo siempre por la parte superior de las tuberías, esto se hace para evitar que el agua condensada sea arrastrada en las tomas de aire, este efecto se debe a que el agua posee mayor densidad, entonces el agua circulará por la generatriz inferior de la conducción. Normalmente en las redes de distribución suelen montarse en anillo, con conexiones transversales que permitan trabajar en cualquier punto de la red, en las que se instalan válvulas de paso estratégicamente para poder facilitar el corte de flujo o aislarla totalmente en algún caso de falla o fuga, para que la demás red de distribución pueda continuar trabajando en el resto de la instalación.

Las utilidades que se buscan en esta red de distribución son:

- La finalidad de un sistema de canalización de aire comprimido es distribuido aire comprimido a los puntos en los que se utiliza.
- El aire comprimido debe distribuirse con un volumen suficiente, calidad y presión adecuada.
- Hacer un buen diseño de instalación para reducir costos de instalación y material.
- Facilitar el acceso al aire comprimido para las máquinas.

3.2.2. Instalación de acumuladores de aire

Uno de los factores importantes que no puede faltar en una instalación de sistema neumático son los conocidos acumuladores de aire, que tienen como función almacenar el aire comprimido que proporciona el compresor una vez acondicionado. Su función principal consiste en adaptar el caudal del compresor al consumo de la red de distribución.

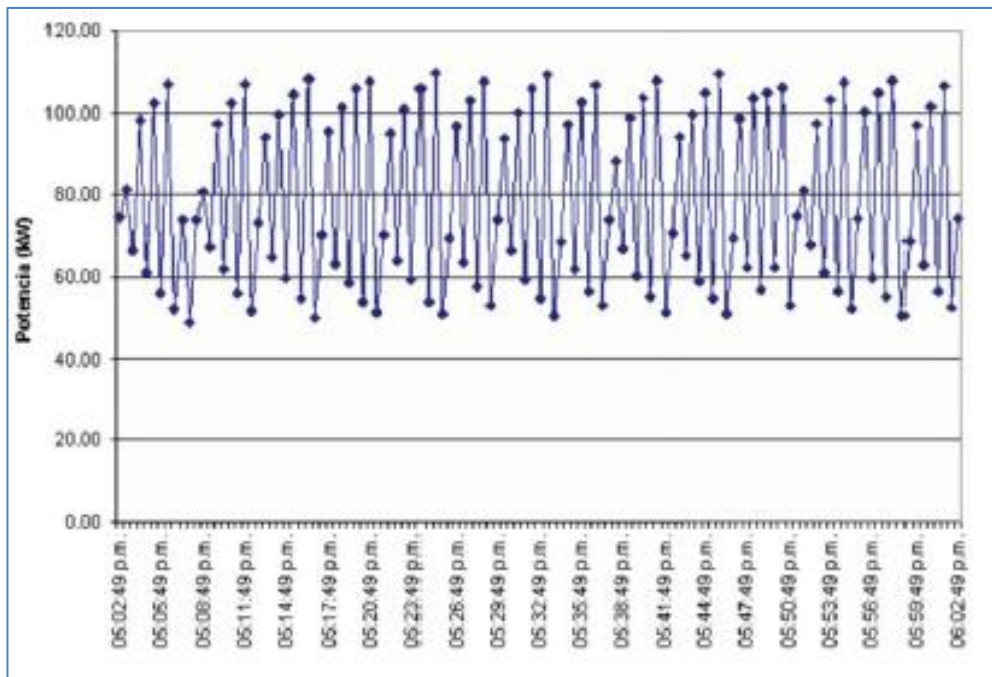
Los acumuladores de aire o tanques de almacenamiento cumplen un papel importante en el sistema de aire comprimido, deben cumplir con las funciones que se mencionan a continuación:

- Disponer de capacidad de almacenamiento que sirve para evitar que los ciclos de operación de un compresor sean cortos, con los cuales se reduce el uso de los compresores y se alarga la vida de este, cuando el compresor se encuentra en modo de vacío, se logra el máximo ahorro energético, ya que se pone fuera de operación al compresor.
- Adaptar el flujo de salida del compresor a la red de suministro.
- Abastecer las demandas altas de flujo sin provocar caídas de presión.

Un acumulador de aire puede abastecer demandas altas durante lapsos cortos o demandas instantáneas, en la industria usualmente se necesita más de un tanque de almacenamiento para satisfacer un ahorro energético necesario que impacte en los costos energéticos. Los compresores que trabajan de forma continua y no cuentan con un tanque de almacenamiento se muestran en la figura 14.

En la figura 31 se puede observar que los picos hacia arriba significa que el compresor está trabajando con carga; en palabras más cortas, comprimiendo y entregando aire; y los picos que están hacia abajo, el compresor está trabajando en vacío, en palabras más cortas, está comprimiendo pero no entregando aire.

Figura 31. **Operación de compresor de forma continua**



Fuente: Airtec Servicios.

El acumulador de aire debe cumplir con ciertos requisitos; entre ellos:

- Disponer de una puerta para inspección interior
- Un grifo de purga
- Un manómetro
- Válvula de seguridad

- Válvula de cierre
- Indicador de temperatura

Este acumulador puede colocarse horizontal o verticalmente, pero es importante que esté alejado de toda fuente calorífica, para facilitar la condensación del vapor de agua procedente del compresor, el motivo por el cual se debe poner un acumulador de aire es para tener una reserva de aire siempre disponible para evitar demandar potencia de los compresores.

Muchas veces la capacidad de un compresor para suministrar aire dependerá del tamaño del pulmón que este posea, entre más grande es el pulmón mayor almacenamiento y menos esfuerzo se tiene cuando existen variaciones en la presión, ya que se instala un equipo de instrumentos que activan el compresor cuando el pulmón bajo el porcentaje en el que debe mantenerse para tener una presión normal o estándar.

3.3. Estandarización de presiones de aire

El nivel de presión del sistema se debe definir a través de los requerimientos de cada una de las máquinas y equipos, los cuales requieren abastecimiento de aire comprimido, normalmente se verifican los manuales para saber las presiones establecidas por los fabricantes, se debe tener una presión que satisfaga la demanda y tome en cuenta las pérdidas por fricción que tendrá en la tubería.

Cada una de las presiones debe estar de acorde al tipo de material que se ponga en las tuberías, tener una presión estándar ayuda a que el compresor no tenga tantas subidas de presión y ayuda a que el compresor trabaje normalmente.

El estandarizar una presión significa que el sistema esté estable en las horas de trabajo y producción, ya que también ayuda a que llegue la cantidad de aire comprimido adecuado a las zonas de servicio, cuando se estandariza una presión se deben hacer las mediciones adecuadas para verificar que todo el sistema esté trabajando adecuadamente bajo esta presión.

La presión estándar de trabajo debe mantenerse y tratar de regularla cada vez que esta se eleva o disminuye, para evitar problemas de sobrecarga en todo el sistema neumático.

3.3.1. Estandarización de presión de salida de compresores

La presión de salida de los compresores debe de estar en 100 psi para que esta pueda abastecer a las hidromáticas y con esto pueda disminuir las fugas, el dato proporcionado en la empresa es que se manejan presiones de 90 psi pero es por la mala instalación y el inadecuado equipo que se tiene, por lo que debe estandarizarse esta presión para evitar las pérdidas y así poder satisfacer la demanda de aire.

Estandarizar la presión en la salida del compresor ayuda a establecer un flujo constante de aire comprimido hacia la tubería, se debe poner la salida correcta de los accesorios para evitar que esta tenga pérdidas por cambios bruscos del diámetro de salida.

3.3.2. Estandarización de presión en acumuladores

Dentro de la estandarización de presión en los acumuladores los accesorios deben ir correctamente ensamblados, esto significa que debe llevar una correlación de presión con la cual se maneja la salida de los compresores, para la presión en los acumuladores se certifica en una entrada de 95 psi de presión para trabajar adecuadamente y evitar muchos contratiempos y problemas de bajas de presión.

Con esta presión se podrá mantener una presión bastante estable y con la cual se puede disponer del aire necesario para satisfacer la demanda del servicio.

3.3.3. Estandarización de suministro de aire a inyectoras

Cuando se habla de inyectoras nos referimos a las hidromáticas, estas deben tener un estándar de 20 CFM como se mencionó anteriormente, lo que implica estandarizar en unos 60 CFM para las 3 inyectoras, teniendo una buena estandarización de suministro de aire se puede levantar la eficiencia de empaque de bolsas hasta 70 bolsas/min, lo que implicaría un aumento de 15 bolsas/min por máquina, 45 bolsas/min en total.

En el inciso 2.4.1. se mencionó que actualmente se estaban produciendo 55 bolsas/ min, por lo que este aumento significaría una mayor cantidad de producción y una mayor cantidad de ventas y generaría mayores ganancias.

3.4. Sectorización

La sectorización puede realizarse por períodos de tiempo no productivos o por presión, para el caso por presión se debe incorporar una válvula reductora de presión en el sector para trabajar a menor presión y por períodos se instalan válvulas de corte que permiten aislar las diferentes áreas de máquinas identificadas de acuerdo a su función de tiempos productivos. Dentro de la sectorización, también cabe mencionar un orden específico para las maquinarias y evitar tenerlas lo más alejadas posible del suministro del aire para evitar fugas y pérdidas por fricción.

Al tener las máquinas alejadas del área de máquinas se incurre en que se tenga un costo mayor de la instalación de la redistribución de la tubería, ya que aumentaría la distancia de abastecimiento y servicio, por lo que las máquinas de servicio se deben poner lo más cercano posible a los generadores de aire comprimido. Se consta que el lugar actual donde se tienen las máquinas es el lugar idóneo para evitar las pérdidas por fricción y de fugas antes mencionadas, así como el alto costo de tubería por la distancia de distribución.

3.4.1. Interrupción del aire en áreas no productivas

Un buen manejo del aire comprende conocer el momento adecuado del uso de este, es por ello que deben tenerse individuales cada una de las estaciones de servicio para hacer más fácil el corte de flujo en ellas.

Se debe instalar una válvula de paso en la salida de los compresores como se mencionó anteriormente, esto con el fin de evitar pérdidas por fuga durante tiempos no productivos; se evitará que el aire almacenado se gaste y se pierda y que el compresor tenga que trabajar extra para producir el aire que se perdió y no se utilizó. Por lo que se debe de tener establecido que tiempos no se trabaja para hacer corte del flujo de aire en la red de distribución.

Asimismo debe de tenerse llaves de paso en cada una de las estaciones de servicio para hacer uso solo de las que en ese momento se encontrarán abasteciendo de aire a las máquinas.

3.5. Eliminación de fugas

Las fugas representan un alto y grave consumo del aire comprimido en un sistema, ya que representa una caída de presión en toda la trayectoria del mismo. Esto también origina varios aspectos o problemas operativos como:

- Trabajo ineficiente del equipo que requiere abastecimiento de aire comprimido por lo que genera una baja productividad.
- Aumento de frecuencia de los ciclos del sistema de compresión, lo que representa una reducción de la vida útil del equipo.
- Aumento de mantenimiento por el uso.
- Paros innecesarios no programados.
- Obliga a elevar la capacidad del sistema neumático, lo que muchas veces ocasiona la compra de más equipo cuando no es necesario.

Normalmente se tiene establecido que las pérdidas por fugas en un sistema debe ser menor al 10 %, si es que este recibe un buen mantenimiento cíclico, de lo contrario llega a excesos en los que el compresor pierde entre 20 y 30 % de su capacidad.

La mayoría de veces las fugas del aire comprimido son prácticamente imposibles de ver, para su localización se emplean diferentes métodos, uno de ellos es mediante un detector acústico ultrasónico, el cual reconoce la alta frecuencia de sonidos y ruidos asociados con las fugas; sin embargo, la compra o alquiler de estos equipos resulta ser muy cara, por lo que el método más simple y sencillo es mediante la utilización de espuma de jabón, debe aplicarse mayormente en los acoples o uniones del sistema.

Las fugas normalmente se encuentran localizadas en acoplamientos, mangueras, desconexiones, reguladores de presión, válvulas fuera de operación, tubos, abiertas de condensados, y juntas en mal estado. En la tubería de distribución puede darse fuga por la corrosión del mismo debido al aire comprimido y la humedad del medio ambiente. En otros casos es por la inadecuada aplicación del sellador.

Eliminar fugas puede ser tan sencillo como el apretar un poco más algo que este flojo o bien el cambio total de una pieza que represente una falla, pero cambiar la pieza completamente genera un costo, el cual es mejor que a no cambiarla y tener un gasto en ese caso. Para eliminar las fugas lo mejor es sectorizar, es decir, poner válvulas que interrumpan el paso o válvulas de aislamiento en los ramales de la tubería más que todo para evitar el flujo en las horas que no se produce.

Se recomienda que, mientras no se utiliza una hidromática, es indispensable realizar una inspección de fugas en ese ramal para aprovechar el tiempo de no producción y evitar paros inoportunos para ello.

3.5.1. Eliminación de fugas estáticas

Las fugas estáticas comprenden a todas aquellas fugas que se encuentren en la red de distribución, es decir, en todo el ramal de la tubería; estas fugas deben eliminarse ya que un pequeño orificio representa un alto gasto de aire como un alto costo. A continuación se presenta un cuadro del grado que representa un orificio en una tubería, la pérdida que se genera en el caudal y en la potencia:

Figura 32. **Cantidad de aire y potencia que se desperdicia por fugas estáticas**

Diámetro del orificio (mm)	Caudal del aire a 90 psi (m ³ /min)	Pérdida de potencia utilizada para su compresión (kW)
1	0.06	0.3
3	0.60	3.1
5	1.60	8.3
10	6.30	33.0

Fuente: CONAE. *Guía para ahorrar energía en sistemas de aire comprimido*. p. 27.

Si se tiene un buen control de fugas estáticas, se torna sencillo y a bajo costo empezar a ahorrar en los sistemas neumáticos, esta es una de las áreas a las que menos atención se le presta y es la que más genera pérdidas de aire. En la siguiente figura se muestra la cantidad de dinero que se puede ahorrar en un año, a una presión de 7 bar cuando el equipo funciona 24 horas diarias por 365 días en el año.

Figura 33. **Costos de fugas estáticas**

Consumo/mi nuto			Nivel de fugas			
m ³	CFT	kW	10%	20%	30%	40%
			\$	\$	\$	\$
10	350	55	10,000	20,000	30,000	40,000
20	700	110	20,000	40,000	60,000	80,000
30	1050	160	30,000	60,000	90,000	120,000
50	1750	250	50,000	100,000	150,000	200,000
75	2650	350	75,000	150,000	225,000	300,000
100	3500	500	100,000	200,000	300,000	400,000

Fuente: Taller promotores de ahorro y eficiencia de energía eléctrica, Agroamérica.

3.5.2. Eliminación de fugas dinámicas

Las fugas dinámicas comprenden todas aquellas fugas que se encuentran en el cilindro o accesorio que está anclado al cilindro del compresor; estas fugas deben eliminarse ya que un pequeño orificio representa un alto gasto de aire así como un desgaste de las piezas, las cuales en un cierto tiempo se tendrán que cambiar por completo y representan un costo elevado de reparación.

Eliminando estas fugas se podrá aprovechar mejor el aire y así se mantendrá una presión estándar, bajarán las fluctuaciones que puedan existir por las fugas en los alrededores del cilindro.

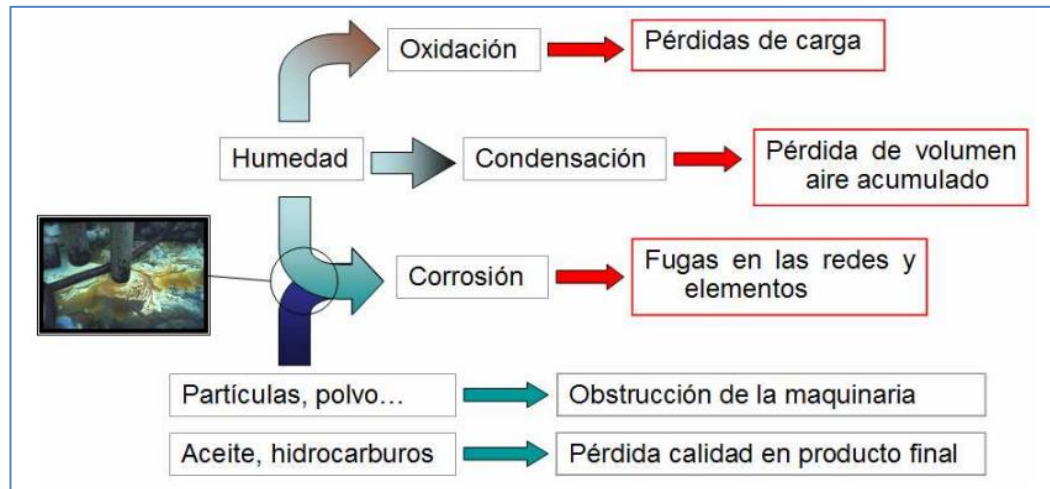
3.6. Calidad del aire

La calidad del aire está representada o determinada por una proporción de humedad y de contaminación en partículas de polvo o aceite que permiten la aplicación final del mismo, normalmente se utilizan 4 tipos de niveles de calidad dependiendo la función o uso que se necesite.

Cuando el aire atmosférico entra en el compresor es sometido a presión (de 4 a 12 kg/cm² normalmente). Cuando se tienen presiones de esa magnitud, la capacidad de portación de humedad en fase vapor disminuye, lo que provoca la aparición de condensado.

El porcentaje o cantidad de agua estará en función de la humedad relativa que contenga el aire aspirado, también su presión de compresión, de su temperatura y del caudal de aire suministrado. De esta cantidad de volumen de líquido solo dos terceras partes son retenidas y drenadas por el compresor, mientras que en el tercio restante, la humedad se incorpora al flujo de aire comprimido entregado.

Figura 34. **Calidad del aire**



Fuente: SANTANA, Edward. *Manual eficiencia energética en las instalaciones de aire comprimido*. p. 42.

Entre los diferentes niveles se pueden encontrar:

- Aire para respiración: totalmente muy puro sin suciedad ni humedad, este se usa para tanques de buceo, hospitales, consultorios dentales, entre otros.
- Aire de proceso: con poca humedad y casi nula suciedad, este es utilizado en la industria farmacéutica, alimenticia, electrónica y química.
- Aire de planta: normalmente está sucio y húmedo, este es empleado para usos generales y neumáticos.

- Aire para instrumentos: con humedad y suciedad muy regulada y moderada, este es usado en sistemas de aplicación de pintura por rocío, controles de climas y laboratorios.

Todas estas calidades se pueden obtener a través de diferentes equipos especiales de secado, para obtener un nivel de humedad adecuado y por filtración para el caso de las partículas de polvo y aceites, a mayor calidad de aire así de elevado será el costo para producirlo, ya que una alta calidad de aire implica equipos adicionales, los que aumentan el costo inicial de inversión, así como del costo de mantenimiento.

3.6.1. Acumulador de fluidos

Diseñado para eliminar el agua condensada en las redes de aire comprimido permitiendo incrementar la vida útil de los componentes de la red como los actuadores y válvulas neumáticas. En los acumuladores de aire comprimido se permite asegurar la disponibilidad del volumen total, pero en la industria un acumulador sin un purgador de condensado, acumulará agua reduciendo su capacidad de almacenaje.

Aumentando la cantidad de volumen de agua si no se posee un filtro este puede provocar grandes problemas, ya que una sola gota que entre en las hidromáticas puede causar una destrucción parcial del equipo en los mecanismos.

Anteriormente se mencionó que las redes de distribución deben llevar una inclinación del 2 % para que el agua condensada fluya hacia los purgadores y sea más fácil extraerlos por medio de una llave de paso que se pone en la punta de la línea.

3.6.2. Secador de aire

Este debe ir junto con los compresores de aire en el cuarto de máquinas, actualmente existen muchos compresores que traen integrados los secadores de aire, los que los hace mucho más completos y competitivos.

Los condensados de vapor de agua que producen los sistemas neumáticos traen efectos negativos, por lo que hace que sea necesaria su eliminación. La cantidad de condensados acumulados hace que la colocación de purgas, tanto en el acumulador como en las líneas de distribución sea totalmente necesaria.

Hay casos donde es necesario utilizar aire comprimido muy depurado y los sistemas con purgas de agua no son suficientes, se emplean métodos especiales de secado con los que se logra reducir el contenido de agua en el aire hasta 0,001 gr/m³. La siguiente imagen muestra el grado de saturación más conocido como punto de rocío en el aire a presión atmosférica a distintas temperaturas.

Figura 35. **Grado de saturación del agua a diferentes temperaturas**

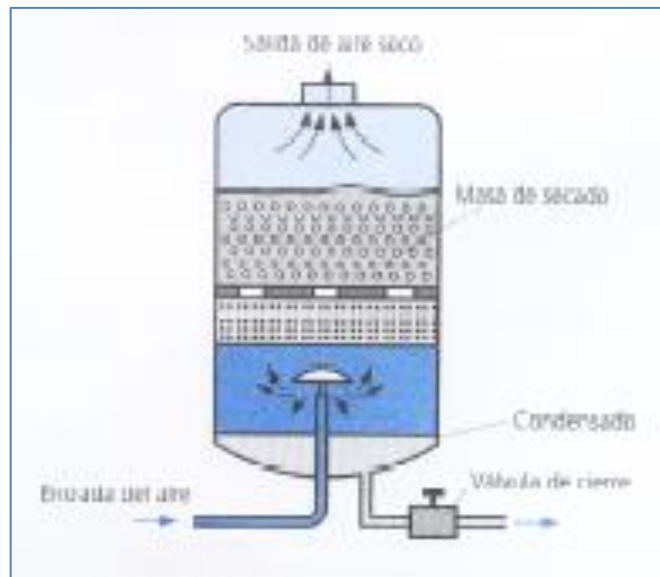
Temperatura ° C	g / m ³ (estandar)	g / m ³ (atmosférico)
- 40	0,15	0,18
- 35	0,25	0,29
- 30	0,40	0,45
- 25	0,64	0,70
- 20	1,00	1,08
- 15	1,52	1,61
- 10	2,28	2,37
- 5	3,36	3,42
0	4,98	4,98
5	6,99	6,86
10	9,86	9,51
15	13,76	13,04
20	18,99	17,69
25	25,94	23,76
30	35,12	31,64
35	47,19	41,83
40	63,03	54,108

Fuente: GONZÁLEZ, Erick. *Manual de tratamiento y distribución del aire comprimido*. p. 2.

Dentro de los diferentes tipos de secado de aire están:

- Secado por absorción: este tipo de secado es puramente químico, el cual se utiliza en pequeñas instalaciones de bajo consumo de aire; el equipo de este proceso se conforma por un depósito que contiene una sustancia que absorbe humedad de la atmósfera más conocida como higroscópica, a través de la cual se hace circular el aire comprimido; el vapor de agua forma una emulsión de agua y sal la cual que se va mezclando hasta el fondo del depósito y se purga fuera de este por medio de una válvula.

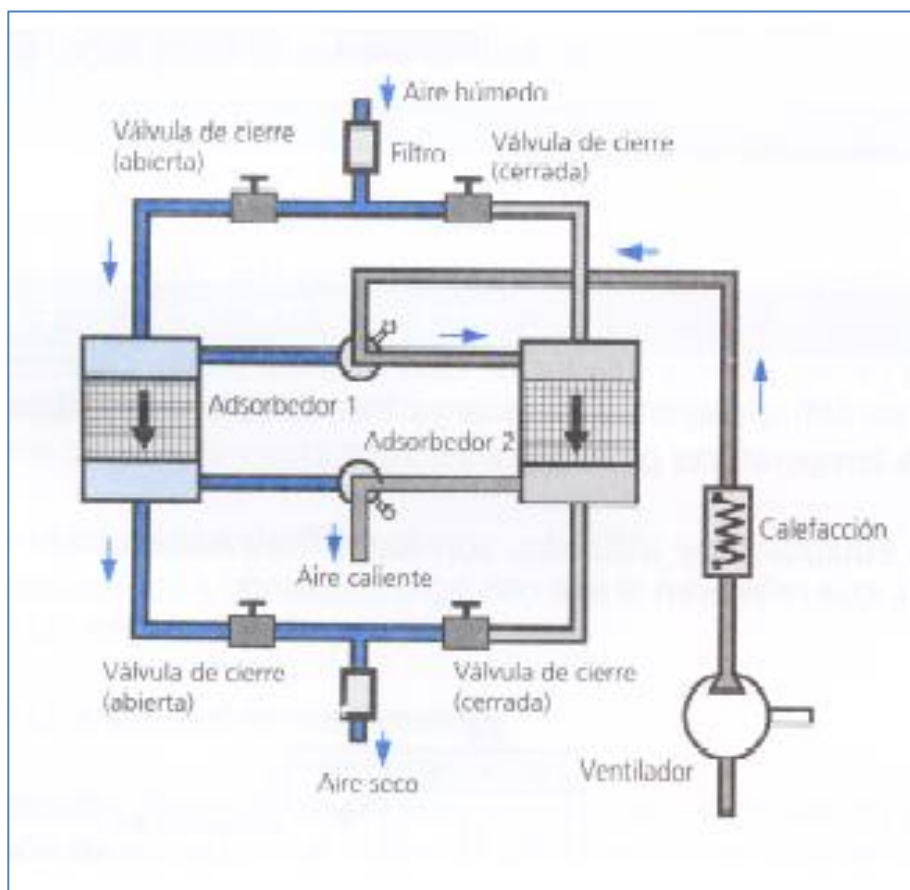
Figura 36. **Secado por absorción**



Fuente: GONZÁLEZ, Erick. *Manual de tratamiento y distribución del aire comprimido*. p. 2.

- Secado por adsorción: se caracteriza porque las moléculas de agua se fijan a las paredes de un elemento poroso compuesto por dióxido de silicio. Como el elemento adsorbente se satura, este método de secado se conforma por dos depósitos, uno de los depósitos se regenera o está secando con aire caliente. En este tipo de secado, no puede entrar aceite, ya que se obstruyen los orificios del elemento poroso y esto haría imposible su regeneración.

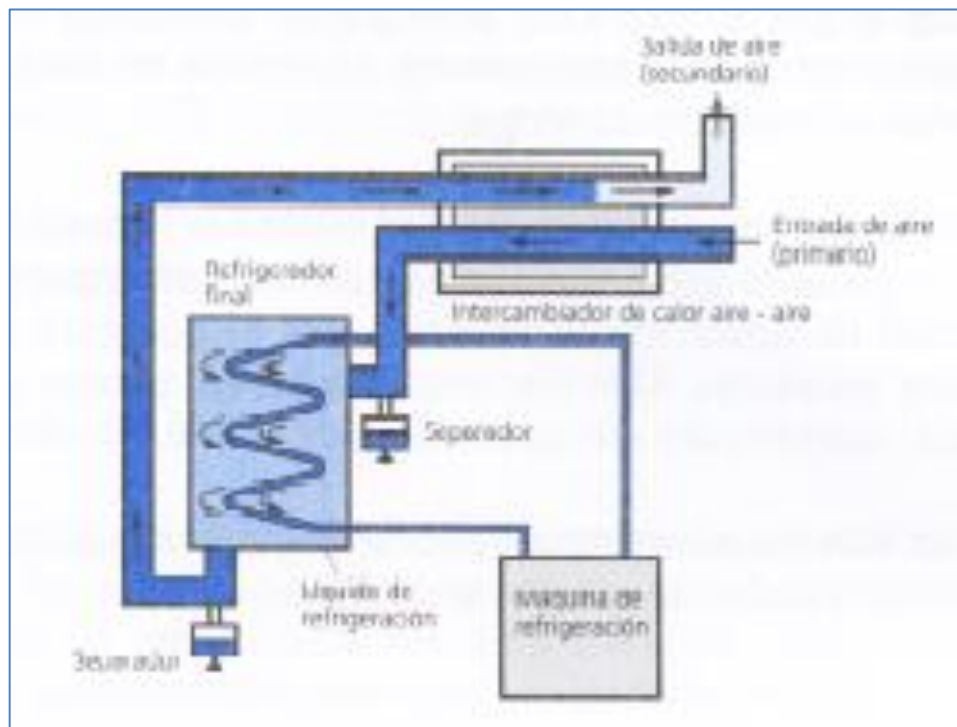
Figura 37. **Secado por adsorción**



Fuente: GONZÁLEZ, Erick. *Manual de tratamiento y distribución del aire comprimido*. p. 3.

- Secado en frío: la característica de este método se da por la separación del agua, la cual se realiza por enfriamiento. El aire entra al equipo por medio de un intercambiador de calor, donde este es preenfriado por el aire frío y seco que sale de la instalación frigorífica. En la cámara frigorífica el aire es enfriado hasta 2°C ; esta temperatura no debe bajarse, ya que a esta temperatura inicia la congelación de los condensados.

Figura 38. **Secado en frío**

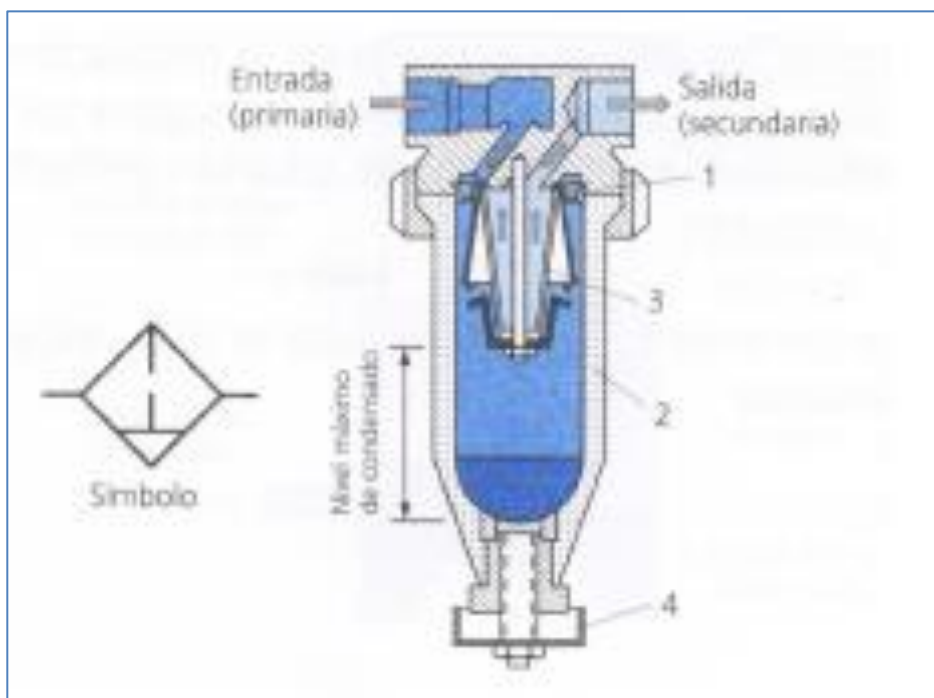


Fuente: GONZÁLEZ, Erick. *Manual de tratamiento y distribución del aire comprimido*. p. 4.

3.6.3. Filtros

Están destinados a eliminar las últimas impurezas que puede llevar el aire, en este recipiente se instala una placa deflectora que provoca el centrifugado del aire; todas las impurezas, tanto líquidas como sólidas se estremecen contra las paredes del recipiente, lo que hace que caigan al fondo y sean evacuadas al exterior a través de una purga, la cual puede ser automática o manual.

Figura 39. Filtro de aire

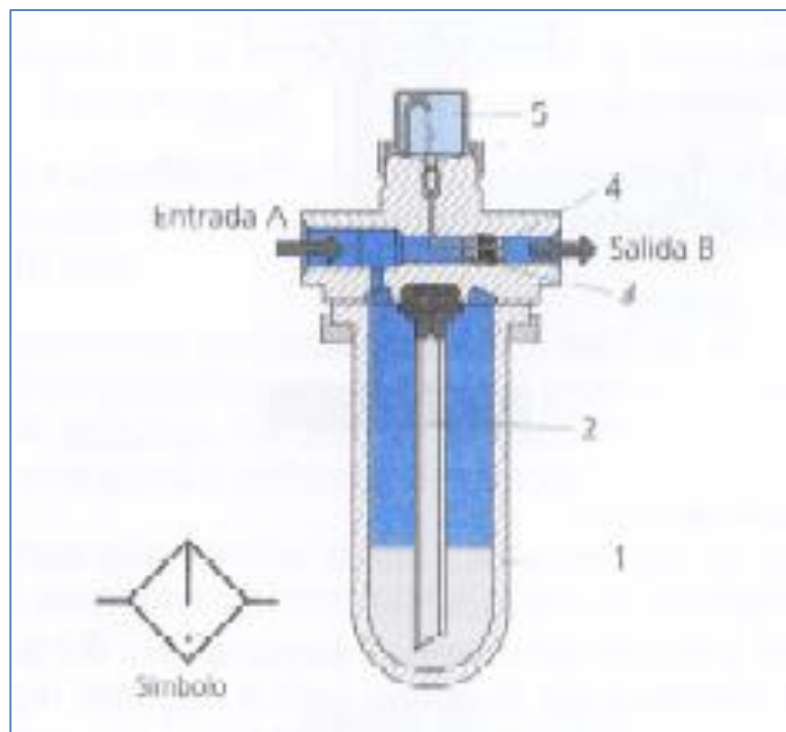


Fuente: GONZÁLEZ, Erick. *Manual de tratamiento y distribución del aire comprimido*. p. 5.

3.6.4. Lubricadores

Los lubricadores son muy importantes en cualquier sistema neumático. Los lubricantes actúan de forma que incorporan al aire comprimido una fina niebla de aceite para mantener lubricadas las partes móviles de los componentes de los sistemas neumáticos. Funciona de tal manera que el aceite asciende a la parte superior del lubricador por un efecto conocido llamado Venturi y cae a la corriente de aire, el cual lo nebuliza y lo transporta en la instalación. Las unidades de mantenimiento deben ser una por cada máquina, las cuales tienen una salida de aire auxiliar, antes del lubricador, para las partes de la instalación que necesiten aire sin lubricar.

Figura 40. Lubricadores



Fuente: GONZÁLEZ, Erick. *Manual de tratamiento y distribución del aire comprimido*. p. 6.

3.7. Instalación eléctrica

Una instalación eléctrica industrial es un conjunto de obras e instalaciones realizadas con el único fin de hacer llegar energía eléctrica a los equipos que requieran de ella.

El equipo y material que se debe disponer para una instalación es el siguiente:

- Equipos de consumo: maquinas, luminarias, entre otros
- Elementos de conducción: alambres o cables
- Elementos complementarios: cajas de conexión
- Elementos de protección: interruptores de seguridad, centros de carga

Es muy importante hacer un análisis sobre la instalación de los equipos eléctricos. Dentro del sector industrial es muy notorio el consumo de energía eléctrica por los motores eléctricos de los compresores de aire; por lo que debe de darle mucha importancia el resaltar e identificar las oportunidades de ahorro. Para este caso se necesita hacer una instalación precisa para un equipo eléctrico, ya que los compresores son accionados por motores eléctricos de corriente alterna de eficiencia superior.

3.7.1. Calibre de cableado eléctrico

Dentro del factor para el tipo de calibre a usar para la instalación de compresores, según el manual del fabricante, se recomienda usar calibre 2 para que este pueda soportar las tensiones altas de los motores eléctricos, se obtienen muchos beneficios al usar este calibre, entre los cuales figuran el no sobrecalentamiento del cableado, resistencias máximas de tensión y buena conducción de energía.

Para una selección de cables se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Fijarse que los cables estén etiquetados
- Consultar tablas para las capacidades del cable
- Verificar la capacidad de corriente

Una buena selección de calibre en el cableado eléctrico ayuda a no hacer gastos innecesarios y tener la confianza que el equipo rara vez fallará, por esas condiciones, si se hizo una buena selección e instalación del tendido eléctrico.

3.7.2. Acometida específica

Es el punto de conexión entre la red de distribución, propiedad de la empresa distribuidora, con el punto de suministro del cliente. Generalmente estos trabajos son llevados a cabo por las empresas distribuidoras de la zona. En la acometida específica hay que asegurarse que la conexión que viene directa desde el cable principal o de suministro hacia la caja central sea la adecuada para evitar desajustes de conexiones y accidentes.

Esta acometida debe llevar los accesorios necesarios para evitar sobrecargas eléctricas en el sistema, se debe colocar equipo que tenga las capacidades necesarias para soportar un cierto rango de intensidad eléctrica.

4. MEJORA CONTINUA/ COSTO DE IMPLEMENTACIÓN

4.1. Cálculo de costos

Para este cálculo es importante tomar cada uno de los costos más importantes o que hacen relevante el proyecto para llegar a tener un parámetro más concreto del rendimiento del dinero con los cambios que se proponen.

En lo que respecta a los costos en los que incurre el trabajo del sistema neumático se describirá en los incisos posteriores; este cálculo representa un papel muy importante dentro de cualquier industria, ya que se necesita saber el costo que genera el operar con sistemas de aire comprimido; es muy importante este término si se pretende trabajar eficientemente, porque es útil saber la eficiencia con la cual se trabaja y con ello tomar parámetros y decisiones sobre cambios o alternativas de maquinaria y procesos.

También es importante considerar los costos de compra e instalación de maquinaria o equipos nuevos; a continuación se presenta los cálculos.

Dentro de los objetivos de los costos se encuentran:

- Servir como recurso que se sacrifica para alcanzar una meta
- Facilitar la toma de decisión
- Controlar eficiencia de operaciones

- Contribuir a la planeación, gestión y control en la empresa
- Mostrar la situación de la empresa
- Ayudar a establecer políticas de mejoras.

4.1.1. Costos de operación

Son llamados también costos de producción, es decir todos los recursos que son necesarios para mantener un proyecto o un equipo en funcionamiento durante un tiempo establecido.

Es importante estimar cuales son los costos de operación de una empresa de acuerdo con el nivel de producción que se tiene anualmente. En este rubro es importante incluir todo lo que afecte de forma directa el producto.

Todas las formas para calcularlos se basa en el balance de masa y energía del proceso, la estimación del personal requerido y los diferentes turnos de horarios requeridos, los cálculos importantes mencionados consisten en proyectar los costos bases de operación a lo largo de los años de vida del proyecto.

Dentro de los costos de operación se incluirán los costos por fugas los cuales se encontraron en varios ramales de la distribución en los que se hizo un conteo aproximado y del tamaño del orificio, para el cálculo del costo de estos hay que observar la figura 32 (inciso 3.5.1.). En la tabla IV se muestra el cálculo del costo en el cual incurren estas fugas.

Tabla IV. **Costo por fugas**

Diámetro de orificio (mm)	Potencia utilizada en kw	Cantidad	horas	Días	costo kwh	Total (quetzales)
1	0,3	2	12	30	1,826	394,42
3	3,1	1	12	30	1,826	2 037,82
TOTAL						2 432,23

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar es un dato bastante elevado con pequeños orificios en red de tuberías que para muchos es pasado por desapercibido, pero es un gasto innecesario que se tiene en la distribución.

Los costos por fugas vienen siendo un porcentaje bastante alto en la generación de aire comprimido, estas fugas equivalen casi a tener un compresor de 5 hp funcionando 12 horas diarias durante un mes, este dinero podría ser invertido en el pago del consumo de energía eléctrica de uno de estos compresores. Este gasto es irre recuperable, ya que no hay una forma de revertir esos hechos.

4.1.1.1. Costos energéticos

Los costos energéticos son un porcentaje bastante alto en los costos de operación de un proceso, estos costos van a depender de la cantidad de consumo energético que se tenga, dependerá del factor de potencia, y del costo del kilowatt hora que se le tenga al usuario.

Como anteriormente se mencionó, la cantidad de kilowatt hora que consumen los equipos, tiene una equivalencia en quetzales, por lo que se procedió a hacer un cálculo de lo que representa cada uno en quetzales al mes y así mismo el total que hacen entre los tres, el cálculo se representó por la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo en quetzales} = \frac{a * b * c * d * e}{f}$$

Donde:

a= # de HP del compresor

b= factor de conversión a watts

c= # de horas producidas al día

d= # de días laborados

e= costo promedio de los últimos meses del kilowatt hora

f= conversión de watt a kilowatt

Tabla V. **Cálculo de consumo en quetzales**

No	Hp	Factor de conversión	Horas producción	Días laborados	Conversión a Kw	Costo Kwh	Total
1	10	745	12	30	1 000	1,826	4 897,33
2	10	745	12	30	1 000	1,826	4 897,33
3	5	745	12	30	1 000	1,826	2 448,67
Total							12 243,33

Fuente: elaboración propia.

El costo del kilowatt hora en Guatemala es muy variado, ya que en muchos lugares depende de la zona, depende también del consumo eléctrico que se tenga en el área.

Para uso del proyecto y facilidad de cálculo se procedió a sacar un promedio de los últimos 5 meses cobrados a la empresa:

Tabla VI. **Promedio del costo por kilowatt hora**

Mes	Costo Kwh
Junio	1,69
Julio	1,72
Agosto	1,90
Noviembre	1,88
Diciembre	1,94
Promedio	1,826

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla VI en diciembre, el costo del kilowatt hora fue de Q 1,94, esto se debe a que en ese mes hubo más producción y, por lo tanto, el consumo de kilowatt hora hora se incrementó y para este cobro también existen parámetros de cobro.

4.1.1.2. Costos de mantenimiento

Es el valor pagado por las acciones realizadas para la conservación de algún equipo; para el costo de mantenimiento se toman en cuenta cada uno de los materiales e insumos utilizados en los mantenimientos diarios y programados.

De conformidad con el Acuerdo Gubernativos No. 470-2014 publicado en el Diario de Centroamérica el 19 de diciembre de 2014, se establece el nuevo salario mínimo que regirá a partir del 2015 el cual es Q 78,72 diarios. Para el cálculo de la mano de obra se debe tomar en cuenta las prestaciones laborales, las cuales se calculan sobre el devengado diario para luego ser sumados y obtener lo que gana realmente al día.

Tabla VII. **Cálculo del costo de mano de obra individual**

COSTOS POR HORA INDIVIDUAL DE LA MANO DE OBRA												
Mínimo agrícola y no agrícola	Séptimo día	Devengado diario	Bonificación Q250.00/30 días	Irtra 1%	Intecap 1%	IGSS patronal 10,67%	Indemnización 8,33%	Vacaciones 4,165%	Bono 14 8,33%	Aguinaldo 8,33%	Total	Costo por hora
Q 78,72	Q 13,12	Q 91,84	Q 8,33	Q 0,92	Q 0,92	Q 9,80	Q 7,65	Q 3,83	Q 7,65	Q 7,65	Q 138,59	Q 17,32

Fuente: elaboración propia.

El costo de mano de obra individual por hora mostrado anteriormente dependerá si existe cualquier cambio otorgado por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, para su cálculo simplemente se toma el devengado diario y se empieza a sacar los porcentajes de las cuotas patronales como se debe recordar, es el 12,67 % , el cual 10,67 % es IGSS, 1 % Irtra y 1 % Intecap; también se debe de tomar en cuenta el porcentaje de la indemnización (8,33 %), vacaciones (4,165 %), aguinaldo (8,33 %) y bono 14 (8,33 %).

Calculados cada uno de estos porcentajes tomando como base el devengado diario para cada uno, se procede simplemente a sumar el devengado diario con cada uno de los datos calculados para obtener un devengado total en este caso de Q 138,59. Para saber el costo por hora simplemente se divide dentro de 8 horas que es lo que establece la ley de Guatemala para la jornada diurna.

Para el pago de la mano de obra se debe cumplir con lo estipulado, ya que si no se rompe la ética profesional que debe de haber en las empresas, porque se estaría sobreexplotando al personal con trabajos que no están en su alcance de hacerlos.

La mano de obra en Guatemala es un factor muy importante, ya que la mayoría de procesos no están automatización en un 100 % , por lo que se debe recurrir a la mano de obra directa humana para poder realizar trabajos.

4.1.1.3. Costo de suministro de repuesto

Dentro del costo de suministro de repuesto hace referencia al acto y consecuencia de suministrar algo que se requiere para el mantenimiento, esto abarca tanto el costo por almacenamiento y el costo de cada repuesto. A continuación se presenta una tabla con alguno de los repuestos usados mensualmente como mantenimiento:

Tabla VIII. **Costos unitarios de repuestos para mantenimiento**

Accesorio	TEE	Codo 90°	Válvulas de paso	Tubo de 4 m
1/2"	Q 4,95	Q 3,90	Q 35,00	Q 54,99
3/4"	Q 5,50	Q 4,5	Q 45,00	Q 80,24
1"	Q 8,00	Q 7,60	Q 55,00	Q 114,85

Fuente: cotización realizada por Efect, S. A. 2014.

Los precios de los accesorios que aparecen en la tabla corresponden a material hg, que es uno de los materiales más utilizados en las instalaciones de aire comprimido

El costo por almacenamiento se estima en un 5 % del valor de los repuestos, luz eléctrica y costos de limpieza (cantidad estimada en unos Q 20,00 mensuales). Se considerará que se cambiará mensualmente 1 accesorio de cada uno, se incurre en un total de Q 169,45. Como imprevisto se dejarán los tubos de 4 metros, ya que estos son menos frecuentes que los accesorios.

Ya teniendo un parámetro del costo por hora de mantenimiento y el costo de repuestos, se puede hacer un cálculo del mismo para dos tipos de mantenimiento, para este trabajo se hará efectivo el mantenimiento programado y el diario. Dentro del costo del mantenimiento diario se incluirá también lo necesario para la limpieza, como el *wipe* el cual cuesta Q 4,50 la libra, el uso de marcadores y otros materiales; por lo que se tiene un total de Q 9,00.

Tabla IX. **Mantenimiento diario**

Mantenimiento diario			
Actividad	Cantidad	Costo	Total
Mano de obra	1	Q 17,32	Q 17,32
Materiales de apoyo	<i>Wipe</i> y otros		Q 9,00
TOTAL			Q 26,32

Fuente: elaboración propia.

El mantenimiento diario debe hacerse de manera responsable para evitar los problemas actuales, como los que se tienen en el sistema neumático, el mantenimiento diario es la vida del equipo para que este funcione lo más adecuado posible, al trabajo para el cual ha sido diseñado.

Para el costo de mantenimiento programado se detalla a continuación:

Tabla X. **Mantenimiento programado**

Mantenimiento programado			
Actividad	Cantidad	Costo	Total
Mano de obra	4	Q 17,32	Q 69,28
Accesorios	Cambios		Q 100,00
Tubería (imprevista)	Diferentes		Q 150,00
TOTAL			Q 319,28

Fuente: elaboración propia.

Conforme a los análisis descritos anteriormente, se puede obtener el total de los costos de operación; el mantenimiento programado suma una cantidad Q 638,56 tomando en cuenta que se hace cada 15 días, es decir, dos veces en el mes se cubre este mantenimiento, de manera similar el costo del mantenimiento diario asciende a una cantidad de Q 789,60 tomando en cuenta el mes como 30 días; el mantenimiento total en el mes es de Q 1 429,16; esto es demasiado alto, ya que se tienen muchos imprevistos muchas veces.

El ahorro de este mantenimiento se considera que con las mejoras el mantenimiento diario se pueda realizar cada 2 días, lo que tendría un ahorro del 50 %, y el mantenimiento programado recaiga solo en el mantenimiento de compresores y ya no de accesorios, lo que resulta a un costo de Q 300,00 mensual incluyendo algún material de apoyo.

4.1.2. Costos de mejoras

Toda mejora conlleva una inversión la cual debe hacerse para complementar todas las consideraciones tomadas anteriormente. Para ponerse en práctica la mejora de eficiencia energética se debe poner especial atención también en todos los equipos y gastos para llevarlo a cabo.

Una de las principales propuestas es la compra de un nuevo compresor con el cual se pretende satisfacer la demanda de aire de las hidromáticas; con este nuevo compresor también se tendrá una reducción de consumo energético el cual es el factor principal de consumo de energía en la empresa; se hicieron las investigaciones respectivas y se llegó a la conclusión que el compresor que satisface las necesidades es el siguiente:

Tabla XI. **Características de nuevo compresor**

Tipo	Compresor de tornillo
Marca	ABAC
Serie	Génesis
Capacidad de tanque	500 L
Suministro de aire L/min	1 771
Hp	20
Kw	15
Bar	10
Db (A)	69
Dimensiones L x W x H (mm)	1 935 x 642 x 1 839
Kg	465
Costo en quetzales	Q 89 000,00

Fuente: cotización departamento de ventas ABAC. 2015.

Este compresor tiene la particularidad que es un multicompresor, es decir, no es necesaria la compra por aparte de filtros, purgadores, secadores de aire y lubricadores, ya que este compresor los trae incorporados. Es la figura 41 se muestra gráficamente lo que integra este tipo de compresor.

Dentro del precio del costo de este compresor incluye la instalación adecuada de los accesorios eléctricos a la caja de energía eléctrica.

Figura 41. **Compresor de tornillo génesis**



Fuente: catálogo de compresores ABAC. p.29.

Este tipo de compresor tiene 6 características esenciales las cuales se presentan a continuación:

- Panel de control de fácil funcionamiento
- Refrigeración eficiente
- Mantenimiento sencillo y económico

- Fiabilidad, eficacia y resistencia
- Menos ruido y más ahorro de energía
- Fácil instalación

Con este tipo de compresor se logra bajar un 20 % de consumo de energía eléctrica lo que es equivalente a un costo de consumo energético de Q 9 794,66 mensuales.

4.1.2.1. Costo de ubicación de compresores

La ubicación de los compresores se pudo constatar que el lugar en el cual se encuentran es adecuado; ya que presenta una buena cimentación, tiene fácil acceso, está lo más cerca posible para hacer la instalación, se encuentra en un lugar muy ventilado, lo cual lo hace apto para ubicarlo; el costo de la ubicación del nuevo compresor asciende a un total de Q 500,00, el cual se cotizó con una empresa de montaje de maquinaria.

La descripción de costo de ubicación refiere a llevarlo a la empresa, bajarlo y montarlo en el área de máquinas, asimismo como la asesoría de instalación de los acoples o accesorios del compresor.

4.1.2.2. Costo de ubicación de máquinas inyectoras

Las máquinas inyectoras son las hidromáticas las cuales son utilizadas en el llenado de las bolsas de agua, dentro del costo de la ubicación de las mismas se incluye: montaje mecánico, eléctrico, neumático, pruebas y puesta en marcha.

Como las hidromáticas ya se encuentran en el área de trabajo solo se hará una revisión mecánica y eléctrica, ya que estas se encuentran en operación; el montaje neumático y las pruebas en marcha se llevarán a cabo ya que es necesario por la puesta de la nueva red de distribución, el costo de cotización para su ubicación de cada una es de Q 1 500,00; por lo que incurre a un total de Q 4 500,00 por las tres hidromáticas.

La ubicación de estas se hará lo más cercana a la red de servicio para que se disminuya el costo de la red de distribución y con esto también disminuir pérdidas por trayectoria.

4.1.2.3. Costo de red de distribución

Teniendo en cuenta que es muy importante para lograr la eficiencia energética en el sistema neumático, renovar la red de distribución de aire, es decir poner una red nueva que satisfaga las necesidades de distribución y servicio.

La red de distribución tiene varios factores positivos de arreglo en la instalación, ya que se mejora la estética de la distribución, se evita la acumulación de agua en la red, se tiene una mejor conducción, por lo que los costos en los que se cae deben llevarse a cabo.

Para la nueva red de distribución se hizo un cálculo con base a muchos parámetros entre ellos: la mayor proximidad desde el compresor hasta las hidromáticas, menor pérdida de conducción, menor utilización de tubería, mayor estética; por lo que se hizo una cotización, la cual se detalla en la tabla XII, de los accesorios a utilizar para la instalación.

Tabla XII. **Costo de red de distribución**

No	Accesorio	Costo	Cantidad	Total
1	Tubería 1/2" de 4 m	Q 54,99	6	Q 329,94
2	Tubería 3/4" de 4 m	Q 80,24	3	Q 240,72
3	Codo 3/4"	Q 4,50	14	Q 63,00
4	TEE 3/4"	Q 5,50	8	Q 44,00
5	Válvula de paso 3/4"	Q 45,00	10	Q 450,00
6	Codo 1/2"	Q 3,90	10	Q 39,00
7	Válvula de paso 1/2"	Q 35,00	6	Q 210,00
8	Rollos de reflon 3/4"	Q 4,50	20	Q 90,00
9	Wipe y otros	Q 10,00	6	Q 60,00
TOTAL				Q 1 526,66

Fuente: elaboración propia.

Para la instalación de la nueva red de distribución no se tiene planeado hacer paro de producción, ya que se puede hacer la instalación mientras se utiliza la red de distribución actual que se tiene, ya no hace estorbo alguno.

4.1.2.4. Costos varios

Después de haber realizado los análisis y calculado los costos correspondientes de las mejoras que se pretenden hacer se debe tomar en cuenta el costo de la mano de obra de la instalación de la nueva red de distribución de aire, para la instalación se necesitan 100 horas de trabajo distribuidas en 4 personas que estarán a cargo; teniendo un costo por hora de trabajo individual de Q 17,32 se estima en un total por todas las horas en Q 1 732,00 es el costo de la mano de obra para dicha instalación.

4.2. Métodos para el cálculo de análisis costo beneficio

Los métodos utilizados para el cálculo del costo beneficio son muy conocidos en cualquier proyecto, ya que son estos a los que se recurre para la toma de decisión.

El cálculo de costo beneficio es importante para tener un parámetro sobre la relación de beneficio que trae el llevar a cabo un proyecto, los diferentes métodos que se utilizan dan diferentes oportunidades de ver el proyecto desde diferentes aspectos o áreas.

Para el cálculo del ahorro, se obtiene mediante las mejoras de eficiencia energética y para su cálculo monetario se utilizarán varios métodos que se detallarán cada uno a continuación.

Mediante índices financieros se puede evaluar la rentabilidad de un proyecto, se puede analizar que parámetro o comportamiento puede optar este en el tiempo, en el que se pueden ver los beneficios o pérdidas según sea el caso de inversión.

Para la evaluación de la rentabilidad de un proyecto es de vital importancia conocer la tasa mínima atractiva de rendimiento más conocida como TMAR, esta tasa de interés afecta tanto a los beneficios como a los costos durante el tiempo del proyecto, la TMAR es el porcentaje mínimo con el cual se desea trabajar en un proyecto, esta tasa se compone de tres tipos que son:

- De ganancia
- De inflación interanual
- Tasa pasiva

Está interpretada de la siguiente forma:

$$\text{TMAR} = i_g + i_i + i_p$$

Donde:

i_g = tasa de ganancia

i_i = tasa de inflación interanual

i_p = tasa pasiva

La tasa de ganancia es interpretada como la oportunidad de generar beneficio al invertir en proyectos, normalmente se toma un valor contenido entre 10 y 15 %, para este caso se usará el intermedio entre ellos, es decir un 12 %.

La tasa de inflación interpretará la variación que tendrán los precios de materiales, este valor se toma respecto a la publicación del banco de Guatemala al mes de febrero de 2015 corresponde 2,44 % por lo que se aproximará a un 2,5 %.

La tasa pasiva es el porcentaje que el banco dará a aquella persona quien deposite en su cuenta bancaria, este porcentaje publicado por el banco de Guatemala febrero de 2015 corresponde 5,45 % por lo que se aproximará a un 5,5 %. Por lo que el dato que corresponde a la TMAR es el siguiente:

$$\text{TMAR} = 12 \% + 2,5 \% + 5,5 \% = 20 \%$$

Eso se interpreta de la siguiente manera, la tasa de interés anual es de 20 % anual, la cual es la que se utilizará para cálculo de la mejora.

4.2.1. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio para este caso se tomará cuando el total de los ingresos incrementados sea igual al costo total, mediante el cálculo del punto de equilibrio, es una de las formas más fáciles para observar el costo beneficio mediante un esfuerzo de mejora. En palabras más simples, el punto de equilibrio es el tiempo que tomaría para que el total de los ingresos incrementados sea igual al costo total, sin embargo, no se toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, por lo que para su cálculo se procede de esta manera:

$$PE = \frac{\text{Costos de inversion}}{\text{Ahorro incrementado anual}}$$

De la fórmula anterior se calculó el punto de equilibrio, el cual es:

Tabla XIII. **Cálculo de punto de equilibrio**

Costo o inversión inicial	Ingresos o ahorro mensual	Ahorro anual	Meses	Aproximado
Q 97 258,66	Q 5 615,26	Q 67 383,14	17,32	18 meses

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XIII, el tiempo en el cual se obtendrá el punto de equilibrio es de 18 meses después de haber hecho la inversión, cabe mencionar de nuevo que en este punto no se toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, por lo que es subjetivo el dato.

4.2.2. Periodo de retorno de inversión

El periodo de retorno de inversión es lo que muchas veces importa más al inversionista, ya que a este le interesa saber en cuánto tiempo recuperará lo que invirtió; normalmente es denominado como el tiempo en el la inversión hecha se recupera y este empieza a generar ganancias, en este momento los costos serán menores que las ganancias.

En la tabla XIV se presenta lo que sucederá con el dinero, tomando en cuenta su valor en el tiempo, cuando el VPN deja de ser negativo es cuando se recupera el dinero invertido.

Tabla XIV. **Periodo de retorno de inversión**

Mes	Inversión Inicial	VPB (+)	VPC(-)	VPN
0	-Q 97 258,66	0,00	0,00	-Q 97 258,66
1	-Q 97 258,66	Q 5 523,03	Q 683,39	-Q 92 419,02
2	-Q 97 258,66	Q 10 955,33	Q 1 355,55	-Q 87 658,87
3	-Q 97 258,66	Q 16 298,41	Q 2 016,67	-Q 82 976,92
4	-Q 97 258,66	Q 21 553,72	Q 2 666,93	-Q 78 371,87
5	-Q 97 258,66	Q 26 722,71	Q 3 306,51	-Q 73 842,46
6	-Q 97 258,66	Q 31 806,80	Q 3 935,59	-Q 69 387,45
7	-Q 97 258,66	Q 36 807,37	Q 4 554,33	-Q 65 005,61
8	-Q 97 258,66	Q 41 725,81	Q 5 162,91	-Q 60 695,75
9	-Q 97 258,66	Q 46 563,46	Q 5 761,49	-Q 56 456,69
10	-Q 97 258,66	Q 51 321,65	Q 6 350,24	-Q 52 287,25
11	-Q 97 258,66	Q 56 001,68	Q 6 929,32	-Q 48 186,30
12	-Q 97 258,66	Q 60 604,84	Q 7 498,89	-Q 44 152,71
13	-Q 97 258,66	Q 65 132,39	Q 8 059,10	-Q 40 185,37
14	-Q 97 258,66	Q 69 585,57	Q 8 610,11	-Q 36 283,20
15	-Q 97 258,66	Q 73 965,61	Q 9 152,07	-Q 32 445,13
16	-Q 97 258,66	Q 78 273,70	Q 9 685,13	-Q 28 670,10
17	-Q 97 258,66	Q 82 511,02	Q 10 209,43	-Q 24 957,07
18	-Q 97 258,66	Q 86 678,75	Q 10 725,13	-Q 21 305,04
19	-Q 97 258,66	Q 90 778,01	Q 11 232,34	-Q 17 712,94
20	-Q 97 258,66	Q 94 809,95	Q 11 731,23	-Q 14 179,94
21	-Q 97 258,66	Q 98 775,66	Q 12 221,93	-Q 10 704,93
22	-Q 97 258,66	Q 102 676,22	Q 12 704,56	-Q 7 287,00
23	-Q 97 258,66	Q 106 512,72	Q 13 179,27	-Q 3 925,21
24	-Q 97 258,66	Q 110 286,20	Q 13 646,18	-Q 618,64
25	-Q 97 258,66	Q 113 997,70	Q 14 105,42	Q 2 633,61
26	-Q 97 258,66	Q 117 648,23	Q 14 557,11	Q 5 832,45

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla XIV cuando se llegue al mes número 25 se empezará a percibir ganancia de las mejoras propuestas, existe un gran contraste de 7 meses comparado con el punto de equilibrio, pero como se mencionó que en él no se tomó en cuenta el valor del dinero en el tiempo por lo que a esto se debe la variación de tiempo.

El período de retorno de inversión es uno de los indicadores más importantes ya que da un parámetro del tiempo en el cual se recuperará parte de la inversión, ayuda a ver cuál es el monto con el cual se cuenta para hacer una nueva inversión o reinversión en el proyecto.

4.2.3. Valor presente neto

Este tipo de método ayuda a tener un criterio de decisión muy eficaz y sencillo a la vez, se debe tomar en cuenta la tasa actualizada, la cual se calculó anteriormente, para que el valor presente neto de un proyecto tenga relevancia y sea agradable para el inversionista, este debe ser igual o mayor a cero.

El valor presente neto es el método usual y más conocido para la evaluación de proyectos a largo plazo; el valor presente neto permite determinar o saber si la inversión aumentará o disminuirá su valor, este es definido como el valor presente del flujo de sus ingresos futuros menos el flujo de sus costos, es decir, es un número de dinero en el presente, el cual generará el proyecto en su vida útil.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$VPN= VPB - VPC$$

Donde:

VPN = valor presente neto

VPB = valor presente de beneficios

VPC = valor presente de costos

Para el cálculo del VPN se requieren anualidades equivalentes. Para conocer su valor en el presente, los factores usados son:

$$P = A(P/A, i, n)$$

$$(P/A, i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Donde:

$(P/A, i, n)$ = factor a multiplicar

P = valor presente

A = valor anual

i = tasa de interés

n = periodo del proyecto

El valor del VPN es importante para la implementación de mejoras de eficiencia energética, para su cálculo se procederá de la siguiente manera:

Cálculo del VPB:

$$VPB = A(P/A, i, n)$$

$$VPB = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right)$$

$$VPB = 67\,383,12 * \left(\frac{(1+0,2)^5 - 1}{(0,2)(1+0,2)^5} \right)$$

$$VPB = 67\,383,12 * (2,99)$$

$$VPB = Q\,201\,475,53$$

Cálculo del VPC:

$$VPC = \text{inversion inicial} + A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right)$$

$$VPC = 97\,258,66 + (8\,337,60) \left(\frac{(1+0,2)^5 - 1}{(0,2)(1+0,2)^5} \right)$$

$$VPC = 97\,258,66 + (8\,337,60)(2,99)$$

$$VPC = Q\,122\,188,08$$

Conforme a lo calculado anteriormente se procede al cálculo del VPN, a continuación el dato que incurre este cálculo:

$$VPN = VPB - VPC$$

$$VPN = Q\,201\,475,53 - Q\,122\,188,08$$

$$VPN = Q\,79\,287,45$$

Como se puede observar, el valor del VPN es un valor mayor a cero, esto indica que la mejora de eficiencia energética es rentable, por lo que se debe proceder a hacerla para obtener resultados.

4.2.4. Tasa interna de retorno

Conocida por su abreviatura TIR es la tasa que iguala el valor presente neto a cero; esta tasa también es conocida como tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia de un proyecto; esta tasa es muy usada y significativa para justificar proyectos, ya que se hace comparación con la tasa de oportunidad para ver el rendimiento de la inversión si es suficiente o no.

Para el cálculo del porcentaje relacionado a esta tasa se determina encontrando un interés con el cual se obtiene un valor presente neto positivo y un valor presente neto negativo, el proyecto debe estar equilibrio, por lo que se rige por la siguiente ecuación:

$$TIR = \frac{(\%mayor - \%menor)(VPN(-))}{VPN(+) + |VPN(-)|} + \%mayor$$

Se debe definir una ecuación la cual será de uso para el cálculo del interés en el cual el VPN sea positivo o negativo, este interés se calcula a prueba y error, por lo que se define de la siguiente manera:

$$VPN = 67\,383,12 \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) - \left(97\,258,66 + (8\,337,60) \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \right)$$

Cálculo a una tasa de interés de 53 % anual:

$$VPN = 67\,383,12 \left(\frac{(1 + 0,53)^5 - 1}{0,53(1 + 0,53)^5} \right) - \left(97\,258,66 + (8\,337,60) \left(\frac{(1 + 0,53)^5 - 1}{0,53(1 + 0,53)^5} \right) \right)$$

$$VPN = Q\,860,16$$

Cálculo a una tasa de interés de 54 % anual:

$$VPN = 67\,383,12 \left(\frac{(1 + 0,54)^5 - 1}{0,54(1 + 0,54)^5} \right) - \left(97\,258,66 + (8\,337,60) \left(\frac{(1 + 0,54)^5 - 1}{0,54(1 + 0,54)^5} \right) \right)$$

$$VPN = Q - 538,89$$

Habiendo calculado los VPN positivo y negativo, entonces ya se puede calcular la TIR con la fórmula antes mencionada y propuesta, el cálculo es el siguiente:

$$TIR = \frac{(54 - 53)(-538,89)}{(860,16 + |-538,89|)} + 54$$

$$TIR = 53,61 \%$$

Este resultado significa que la tasa mínima a la cual debe trabajarse es al 53,61 % anual para que los flujos de beneficio no sean menores que los flujos de costo en la implementaciones mencionadas, es decir para que las implementaciones como proyecto sean viables se debe trabajar como mínimo a esa tasa, esto es lo mismo a decir que se debe trabajar 4,47 % mensual, solo se divide el porcentaje anual dentro de los 12 meses del año.

4.3. Cálculo aproximado de beneficio de ahorro

Este beneficio se tiene previsto que ocurra siempre y cuando se hagan las mejoras propuestas, estas mejoras de implementación en el sistema neumático caerán en un costo el cual se tomará como la inversión inicial; normalmente el ahorro se conoce como la capacidad de juntar dinero en un tiempo establecido, este tipo de ahorro es igual con la única diferencia que se verá el resultado en la factura de consumo eléctrico mes a mes.

El ahorro en el que se incurre está determinado por varios factores, entre los cuales uno notorio es el de las fugas, las cuales generan una gran pérdida de dinero, donde se estará ahorrando Q 2 432,2 mensuales; otro de los ahorros es el mantenimiento, ya que se estará ahorrando Q 734,26 mensuales; este ahorro es porque el mantenimiento ya no se tendrá que hacer tan seguido, debido que el nuevo equipo viene a sustituir equipos obsoletos, descuidados y antiguos.

El ahorro en el gasto energético del equipo de compresores también es de gran impacto y el más importante, ya que se estará haciendo un ahorro de Q 2 448,67 mensuales, ya que este nuevo equipo consume menos kilowatt de energía y satisface la demanda.

A continuación se presenta una tabla con el resumen de costos y ahorros:

Tabla XV. **Resumen de costos y ahorros**

Implementación o actividad inicial	Costos
Compresor	Q 89 000,00
ubicación	Q 500,00
ubicación 2	Q 4 500,00
red	Q 1 526,66
MO	<u>Q 1 732,00</u>
Total	Q 97 258,66
Operación anterior	
Fugas	Q 2 432,23
Energía eléctrica	Q 12 243,33
Mantenimiento	<u>Q 1 429,16</u>
Total	Q 16 104,72
Operación después de mejoras	
Energía eléctrica	Q 9 794,66
Mantenimiento	<u>Q 694,80</u>
Total	<u>Q 10 489,46</u>
Ahorro	Q 5 615,26

Fuente: elaboración propia.

5. RESPONSABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL

Es una parte importante y esencial para cada una de las empresas, las cuales se dedican a producir cualquier producto o prestar algún servicio en Guatemala, la sociedad como tal demanda que las empresas apliquen conciencia colectiva, exigiendo el respeto a las personas y al medio que lo rodea. Toda actividad que se llegue a desarrollar ayudará a la empresa a cumplir y conseguir objetivos y transmitirlos adecuadamente dentro de la sociedad.

La legislación obliga a las empresas a responder por los daños que pudiera causar a los recursos naturales (al medio ambiente) estando obligadas a devolver el recurso dañado a su estado inicial.

Teniendo un marco legislativo se han desarrollado diferentes métodos y estrategias que toman en cuenta las necesidades y especificaciones de las partes involucradas e interesadas, la responsabilidad social debe formar parte del ADN de cualquier empresa.

Cuando se hace mención de cómo puede tener una empresa un impacto positivo en la sociedad, se abre un sinnúmero de interrogantes de las posibles intervenciones a donde se podría llegar, muchos creen que la forma más rápida es donando dinero; aunque es bueno hacer ello no es lo más correcto, ya que no se tienen para el país un salto cualitativo en el desarrollo y calidad de vida.

La responsabilidad social y ambiental empieza desde el rincón más pequeño, para ello existe un orden lógico de intervención que va desde el interior hasta el exterior de la empresa.

- Dimensión interna: lo primero que la empresa debe hacer es basarse en las leyes y ver si en realidad las está cumpliendo, se debe ser responsable de los actos, tanto de la empresa como de los colaboradores, y debe verificar que esté sacando el provecho máximo del capital humano para desarrollarse.
- Dimensión externa: cuando se sale de la empresa se debe trabajar con toda la parte pública más cercana, se debe pensar en la proyección de ayuda a la familia del capital humano para luego pensar en las comunidades aledañas al lugar.

El alcance que tiene la responsabilidad social es muy amplio y no está delimitado por un marco a nivel nacional ni mundial. La responsabilidad social y ambiental debe de abarcar proyecciones sociales en los que se hagan responsables de elementos como reforestación, ornato de las calles y algunas otras actividades en las que se puede crear conciencia social de mejora.

Existe una pirámide de la responsabilidad social, la cual se detalla a continuación:

Figura 42. Pirámide de la responsabilidad social



Fuente: Centro para la Acción de la Responsabilidad Social Empresarial en Guatemala, http://centrarse.org/?page_id=42. Consulta: 12 de marzo de 2015.

5.1. Reducción de decibeles de ruido

Dentro de los parámetros que se deben cumplir con la responsabilidad ambiental está la contaminación de ruidos, también conocida como contaminación sonora o auditiva. El ruido es todo sonido molesto y confuso, el grado de un ruido se mide en decibeles, los decibeles permitidos por la salud humana según estudios está en 70 decibeles en un periodo sin interrupción de 8 horas.

La etimología de la palabra ruido proviene del latín *rugitus* que significa rugido, cuyo significado se ha sacado de la percepción del ruido provocado por animales, incluido el hombre. Los sonidos no ruidos son los que se conocen como comunicación.

Ante muchas razones se describe al ruido como un sonido desagradable al oído; también se denota como sonido indeseable o molesto. Un sonido puede ser música agradable para una persona pero para otra persona puede ser un ruido molesto, es por ello que se saca la denotación de la diferencia entre ruido y sonido que será la intensidad con la que se prolongue o escuche.

Existen diferentes tipos de ruido:

- Ruido transitorio: aquel que es provocado ininterrumpidamente durante un periodo de cinco minutos o menor a este.
- Ruido continuo: aquel que es provocado ininterrumpidamente durante más de diez minutos.

- Ruido subjetivo: aquel provocado por una fuente vibrante o sonora cuyas condiciones de funcionamiento quedan supeditadas al manejo del manipulador o titular de la fuente sonora.
- Ruido de fondo: es el que existe en un ambiente, con un nivel de presión acústica que supera el 90 % de un tiempo de observación suficientemente significativo, en ausencia del ruido objeto de inspección.
- Ruido objetivo: aquel producido por una fuente sonora o vibrante que funciona de manera automática, autónoma o aleatoria, sin que intervenga ninguna persona que pueda variar las condiciones de funcionamiento de la fuente de emisión.

La intensidad de los ruidos se relaciona mucho con la energía que este posee, siempre que se ponga un tipo de maquinaria se debe medir la cantidad de decibeles que este produce y el daño que puede llegar a ocasionar al operador de la máquina, por lo que debe proveerle el equipo de protección personal para contrastar y ayudar a la persona a no sufrir daños en su sistema auditivo.

La Organización Mundial de la Salud indica los siguientes valores críticos de ruido que progresivamente causan daño:

Tabla XVI. **Valores críticos del ruido**

A partir de este valor en decibelios.	Se empieza a sentir estos efectos nocivos.
30	Dificultad de conciliar el sueño
40	Dificultad en la comunicación verbal
45	Probable interrupción del sueño
50	Malestar diurno moderado
55	Malestar diurno fuerte
65	Comunicación verbal extremadamente difícil
75	Pérdida de oído a largo plazo
110 - 140	Pérdida de oído a corto plazo

Fuente: Organización Mundial de la Salud.

La escala de decibeles es de aspecto logarítmica, una exposición de ruido de 95 decibeles el cuerpo humano la percibe como si fuera el doble de intensidad de 85 decibeles; si se mide físicamente, es como decir que la presión del sonido se incrementó 10 veces.

A largo plazo una exposición diaria de 85 decibeles se considera que produce pérdida auditiva, una exposición de 85 decibeles de 8 horas es lo mismo que una exposición de 88 decibeles por 4 horas.

El nuevo equipo emite un ruido equivalente a 69 decibeles, por lo que está debajo de los 90 decibeles que soporta la salud humana; por lo tanto se estaría cumpliendo con este parámetro, ya que no causa molestia alguna.

5.2. Reducción de gases nocivos por condensación

La mejor manera para evitar los gases nocivos por condensación es tener una buena ventilación de los equipos; este parámetro se podrá aplicar con las mejoras, ya que este nuevo equipo trae secadores, los cuales evitan que se forme demasiada humedad y, por lo tanto, evitan que se evaporen los condensados para evitar la formación de gases nocivos a las personas.

Todo esto tiene mucho que ver con la zona o lugar donde se tenga el cuarto de máquinas o de operación de ellas, este lugar debe de ser el adecuado con buena ventilación para evitar que se forme la humedad.

5.3. Manejo de desechos

Por desechos se puede entender: que son todos aquellos materiales que son generados en los procesos de producción, beneficio, extracción, consumo, utilización control, transformación, reparación o tratamiento, los cuales no pueden ser usados nuevamente en el proceso que los generó, pero que si pueden ser objeto de reciclaje, en algunos casos.

Dentro del proceso de manejos de sólidos se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Tener un lugar temporal para hacer una correcta clasificación de los desechos, esto puede hacerse mucho más fácil mediante recipientes para cada tipo de desechos.
- La recolección y clasificación debe hacerse constantemente, para evitar su acumulación y así poder conservar un ambiente de trabajo limpio.

- Contar con un transporte adecuado de estos desechos dentro de la instalación de la planta para evitar contaminaciones terceras.
- Tener una disposición final o paradero de los desechos.

5.4. Reutilización de materias primas

Es el intento por alargar la vida útil de un material. Muy diferente al reciclaje que el desecho se vuelve materia prima para este; reutilizar es importante porque hace que la primera vida útil sea bastante extensa evitando la necesidad de reciclar y con ello ahorrar energía, materiales y dinero.

En este caso, el agua es materia prima cuando se le da mantenimiento a los tanques se quedan estos abiertos y se contamina por el polvo, el agua potable que sirve para el llenado de las bolsas de agua, esta misma en vez de tirarla se podría usar, haciendo una conexión de tubería hacia los sanitarios, se puede usar para el lavado de pisos o el lavado de los suelos, también se podría usar para regar los jardines.

El motivo principal de esta actividad es evitar el desperdicio de algo tan esencial para la población, ya que en muchos lugares se carece de agua.

CONCLUSIONES

1. Mediante un análisis costo beneficio se pudo determinar la viabilidad de las mejoras de eficiencia energética para el sistema neumático de la empresa empacadora de bolsas de agua; se concluyó que la forma de hacer un ahorro como se maneja actualmente el sistema es realizando una renovación de equipo y los accesorios de distribución de aire.
2. Los costos de inversión necesarios para mejorar el sistema neumático ascienden a Q 97 258,66. Dentro de estos está la compra de un sistema nuevo de compresores con tecnología actual, el cual incluye filtros, purgadores, secadores de aire y lubricadores.
3. El ahorro que puede llevarse a cabo realizando cada una de las mejoras es de Q 5 615,26 mensuales, mediante índices financieros se demostró la viabilidad del proyecto, uno de ellos para la toma de decisión es el VPN el cual ayuda a decidir si se lleva a cabo las mejoras o los proyectos, en este caso dio un VPN de Q 79 287,45 lo que hace relevancia de que los cambios son buenos, para ello se necesita hacer una inversión inicial de Q 97 258,66.
4. El consumo de energía eléctrica del sistema neumático es de 6 707 kwh/mes, este es un dato bastante alto, ya que con otro equipo se puede cubrir la misma demanda de aire con un consumo menor de energía que es de 5 364 kwh/mes, si se satisface la demanda de aire con un consumo de energía menor siempre será una opción más retornable monetariamente.

5. Los costos en los cuales se incurre para generar aire comprimido son varios, entre los que se pudieron encontrar están: los costos por consumo de energía eléctrica que ascienden a Q 12 243,33, por fugas Q 2 432,23 y por mantenimiento tienen un monto de Q 1 429,16. El total de costos por generar aire comprimido es de Q 16 104,72 mensuales.
6. El manejo de desechos es un factor muy importante, tanto por ética y estética de la empresa como la amistad con el medio ambiente, se debe constar con un lugar temporal adecuado para el depósito de estos, debe tenerse clasificado para mayor facilidad de movimiento, el transporte debe de ser el adecuado para ir a depositarlo a un paradero de desechos donde no afecte ni sea perjuicio a la comunidad, los residuos o desechos de este proceso no son tóxicos, por lo que resulta más fácil su manejo.
7. Las mejoras de eficiencia energética es que se debe comprar un nuevo compresor el cual consume menos energía eléctrica, hay que mejorar la red de distribución para evitar pérdidas de presión, el tendido eléctrico debe asegurarse que tenga el material adecuado y funcional, las fugas deben eliminarse para evitar pérdidas de aire comprimido y así evitar sobrecargar el compresor.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un constante monitoreo de consumo energético para tener en óptimas condiciones el sistema neumático y con ello reducir al máximo los costos.
2. Tomar en cuenta cada una de las áreas que consumen energía eléctrica para ver qué mejoras o cambios se pueden realizar para tener una medida mayor de ahorro monetario.
3. Analizar siempre el comportamiento de alguna mejora, tanto mecánicamente como financieramente, ya que si no se realiza un estudio previo se puede caer en grandes errores que suelen salir mucho más caro que un simple estudio.
4. Revisar periódicamente las redes de distribución para constatar que no existen fugas, las cuales hacen un gasto alto innecesario y hacen deficiente el sistema.
5. Realizar capacitaciones de eficiencia energética para estar actualizados sobre el tema y ver qué mejoras posibles se pueden llevar a cabo en alguna otra área de la empresa.
6. Tener a un encargado del nuevo equipo, persona que le dé mantenimiento diario para que conozca bien la maquinaria y sepa mantenerla eficientemente.

BIBLIOGRAFÍA

1. CASTAÑER MARTÍNEZ, Juan A. *Estudios Técnicos, Análisis de costo beneficio*. México: 2014. 21 p.
2. Dirección General de Política Regional. Documentos de trabajo metodológicos, Orientación sobre la metodología para realizar análisis costos-beneficios. Documento de trabajo No. 4. COMISIÓN EUROPEA. España: 2006. 23 p.
3. Eficiencia energética. *Soluciones para un futuro rentable y sostenible*. España: FESTO, 2012. 46 p.
4. GIRÓN MOGOLLÓN, Ricardo Javier. Análisis costo beneficio del servicio que prestan las empresas de telecomunicaciones que operan en Guatemala para una empresa dedicada a la distribución y venta de vehículos pesados. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 107 p.
5. GUERRERO SPÍNOLA, Alba Maritza. *Formulación y evaluación de proyectos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.

6. Grupo de Gestión Eficiente de Energía, KAI. Grupo de Investigación en Energías, GIEN. *Eficiencia energética en los sistemas de aire comprimido*. España: 2006. 26 p.
7. HELLRIEGEL, Don; JACKSON, Susan; SLOCUM, John. *Administración, un enfoque basado en competencias*. Mascaró Sacristán, Pilar. 11a ed. México: Cengage, 2010. 627 p.
8. OLMSTEAD ZAMORA, Sergio Estuardo. Propuesta de fabricación de un sistema de aire comprimido estéril para el proceso de llenado de envase en una empresa de bebidas carbonatadas. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 89 p.
9. PERDOMO SALGUERO, Mario Leonel. Análisis e interpretación de estados financieros (contabilidad financiera). 3a ed. Guatemala: Ediciones Contables Administrativas, 2003. 158 p.
10. Sociedad Latinoamericana para la Calidad. *Análisis costo / beneficio*. Chile: 2000. 11 p.

APÉNDICES

Tabla XVII. **Check list** de mantenimiento diario

Fecha: _____

Encargado: _____

No. de compresor: _____

Observaciones primarias:

Check list

DIARIO

No	Actividad	Marque con una X	Cambio realizado	Material utilizado
1	Purgar el agua de condensado			
2	Inspección general de sistema y alrededores de compresor			
3	Verificación de fugas			
4	Verificar que los medidores e indicadores operen normalmente			
5	Observar el nivel de aceite y agregar si hace falta o cambio			
6	Limpieza externa			

FIRMA: _____

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Tabla XVIII. **Referencias de ruidos por ambientes**

Decibeles	Fuente emisora
0	Umbral del oído humano
10	Campo tranquilo
20	Habitación ocupada
30	Biblioteca
40	Dormitorio, área suburbana
50	Sala de estar
60	Conversación corriente
70	Aspiradora
80	Calle con tránsito
90	Interior de un autobús
100	Interior de un tren
110	Máquina textil
120	Martillo neumático
130	Música rock
150	Avión de reacción

Fuente: Organización MARN.

Tabla XIX. **Fuentes principales de ruidos**

Industrial	Maquinaria, silbatos, escapes, golpes de trabajos de construcción
Comercial	Propaganda, comercios, discotecas y lugares de recreo
Doméstico	Radio, televisión, aparatos electrodomésticos, animales, personas
Tránsito	Bocinas, escapes, motores, aviones, ferrocarriles

Fuente: Normas Universales de ruido.