



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD PARA
LA VALIDACIÓN DE REMOZAMIENTO DE TANQUES DE GAS LICUADO DE
PETRÓLEO EN UNA DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLES FÓSILES**

Marcos Gustavo Revolorio Alvarez

Asesorado por el Ing. José Manuel Prado Abularach

Guatemala, junio de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD
PARA LA VALIDACIÓN DE REMOZAMIENTO DE TANQUES DE GAS LICUADO DE
PETRÓLEO EN UNA DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLES FÓSILES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARCOS GUSTAVO REVOLORIO ALVAREZ
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL PRADO ABULARACH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Bran
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD PARA LA VALIDACIÓN DE REMOZAMIENTO DE TANQUES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN UNA DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 20 de marzo de 2018.

Marcos Gustavo Revolorio Alvarez

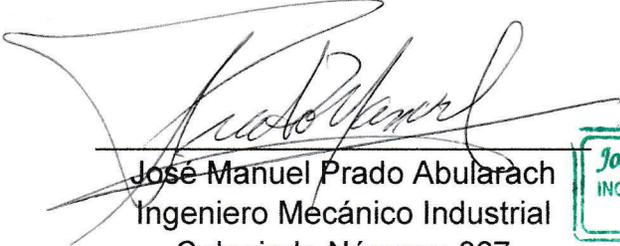
Guatemala, noviembre 20 de 2020

Ingeniero Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente le informo que como asesor del estudiante **Marcos Gustavo Revolorio Alvarez** con Registro Académico No. **2014-04109**, CUI No. **2781624870101**, procedí a revisar los capítulos del trabajo de graduación titulado: "DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD PARA LA VALIDACIÓN DE REMOZAMIENTO DE TANQUES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN UNA DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLES FÓSILES". En tal virtud, **LO DOY APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular,


José Manuel Prado Abularach
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado Número: 867





ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.005.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD PARA LA VALIDACIÓN DE REMOZAMIENTO DE TANQUES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN UNA DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLES FÓSILES**, presentado por el estudiante universitario **Marcos Gustavo Revolorio Alvarez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Renaldo Girón Alvarado
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 5977

Ing. Renaldo Girón Alvarado
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.054.021

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 **DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD PARA LA VALIDACIÓN DE REMOZAMIENTO DE TANQUES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN UNA DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLES FÓSILES**, presentado por el estudiante universitario **Marcos Gustavo Revolorio Alvarez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquiza Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

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

Guatemala, junio de 2021.
/mgp

DTG. 271.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD PARA LA VALIDACIÓN DE REMOZAMIENTO DE TANQUES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN UNA DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLES FÓSILES**, presentado por el estudiante universitario: **Marcos Gustavo Revolorio Alvarez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, junio de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Porque es gracias a su infinito amor y bendiciones que hoy alcanzo esta meta.
Mis padres	Elman Revolorio y Amparo Alvarez. Su incondicional amor será siempre mi inspiración.
Mi hermana	Lissa Revolorio. Por enseñarme lo que es amar y dar la vida por una persona.
Mis abuelos	Anibal Revolorio y Rosalina Valdez. Por su amor y ser de gran ejemplo para mi vida.
Mis tíos	Por demostrar su cariño, cuidado y apoyo a lo largo de mi vida.
Mis primos	Por impulsarme a crecer como persona, gracias a sus ejemplos de vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas de la más grande casa de estudios del país.
Facultad de Ingeniería	Por regalarme tanto conocimiento y enseñarme que el esfuerzo realizado vale la pena.
Mis amigos de la Facultad	Por acompañarme en este camino y ser un gran apoyo.
Mis mejores amigos	Por ser una parte importante a lo largo de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
HIPÓTESIS.....	XX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Empresa GAS Z, S.A.....	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Localización	1
1.1.3. Filosofía de GAS Z	2
1.1.4. Misión	3
1.1.5. Valores éticos	3
1.2. Productos de la empresa y su distribución	4
1.2.1. Productos de la empresa.....	4
1.2.1.1. Suministro en recipientes portátiles	4
1.2.1.2. Suministro en tanques estacionarios	5
1.2.1.3. Gas L.P. Vehicular.....	5
1.2.1.4. Servicio medido en recipientes fijos.....	6
1.2.2. Distribución del producto	6
1.2.2.1. Distribución en hogares	6
1.2.2.2. Distribución industrial.....	7
1.2.2.3. Distribución de GasAuto	7

1.3.	Mantenimiento.....	7
1.3.1.	Definición.....	7
1.3.2.	Tipos de mantenimiento	8
1.3.2.1.	Mantenimiento correctivo	8
1.3.2.2.	Mantenimiento preventivo	9
1.3.2.3.	Pruebas termográficas	10
1.4.	Combustibles fósiles	11
1.4.1.	Definición.....	11
1.4.2.	Origen.....	12
1.4.3.	Clasificación	12
1.4.3.1.	Petróleo	12
1.4.3.2.	Carbón.....	13
1.4.3.3.	Gas natural.....	13
1.4.3.4.	Gas licuado de petróleo	13
1.4.4.	Usos	14
1.5.	Gas licuado de petróleo	14
1.5.1.	Definición.....	14
1.5.2.	Origen del GLP.....	15
1.5.2.1.	Extracción de petróleo y gas natural	15
1.5.2.2.	Refinado de crudo de petróleo	16
1.5.3.	Composición del GLP.....	18
1.5.4.	Historia del GLP	18
1.5.5.	Usos del GLP	19
1.5.5.1.	Agricultura	19
1.5.5.2.	Automoción o automotores.....	19
1.5.5.3.	Recreación	19
1.5.5.4.	Calefacción.....	20
1.5.5.5.	Generación de energía eléctrica	20

1.6.	Tanques para el almacenamiento de gas licuado de petróleo	20
1.6.1.	Recipientes portátiles	21
1.6.2.	Recipientes fijos o tanques estacionarios	21
1.6.3.	Partes de un tanque estacionario	21
1.6.4.	Especificaciones ASME para recipientes a presión no sometidos a la acción de fuego	22
1.6.5.	Operación de almacenamiento de GLP en tanques estacionarios	23
1.7.	Control de calidad	24
1.7.1.	Definición	24
1.7.2.	Calidad en los tanques estacionarios	25
1.8.	Legislación	26
1.8.1.	Ley de comercialización de hidrocarburos	26
1.9.	Seguridad industrial y salud ocupacional	27
1.9.1.	Definición	27
1.9.2.	Seguridad industrial en el manejo de gas licuado de petróleo	28
1.9.2.1.	Riesgos del producto	28
1.9.2.2.	Responsabilidades clave	29
2.	SITUACIÓN ACTUAL	31
2.1.	Descripción del proceso de gestión del mantenimiento	31
2.1.1.	Organización del área de mantenimiento	31
2.1.1.1.	Jefe de área	32
2.1.1.2.	Supervisor de instalaciones y montajes	32
2.1.1.3.	Supervisor de mantenimiento	33
2.1.1.4.	Técnicos	33

2.2.	Inconvenientes actuales.....	33
2.2.1.	Consecuencias a corto plazo	34
2.2.1.1.	Falta de capacidad para la mejora	34
2.2.1.2.	Desviación de la estrategia de la compañía.....	34
2.2.1.3.	Disminución de la rentabilidad.....	35
2.2.1.4.	Incremento de los mantenimientos correctivos	35
2.2.1.5.	Menor rentabilidad en los mantenimientos correctivos.....	35
2.3.	Determinación de las raíces de los problemas.....	35
2.3.1.	Diagrama de árbol.....	36
2.4.	Costos por mantenimiento correctivo	37
2.4.1.	Costos por mano de obra	37
2.4.2.	Costos innecesarios por reparaciones	38
2.5.	Descripción actual del equipo de almacenamiento	38
2.6.	Procesos actuales de mantenimiento.....	38
2.6.1.	Mantenimiento correctivo	39
2.7.	Análisis actual del desempeño de los tanques estacionarios... 40	
2.7.1.	Factores que afectan la eficiencia del mantenimiento.....	40
2.7.1.1.	Ausencia de manuales	40
2.7.1.2.	Principios de administración ausentes.....	41
2.7.1.3.	Posibilidad de reducir costos.....	41
2.8.	Departamento actual de Seguridad Industrial	41
2.8.1.	Señalización industrial.....	41
2.8.2.	Vestimenta industrial	43
2.8.3.	Encaminamientos.....	44

3.	PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD	45
3.1.	Departamento de mantenimiento	45
3.1.1.	Objetivos técnicos.....	45
3.1.1.1.	Objetivo general.....	46
3.1.1.2.	Objetivos específicos.....	46
3.1.1.3.	Misión propuesta	47
3.1.1.4.	Visión propuesta.....	47
3.2.	Capital humano para mantenimiento preventivo	47
3.2.1.	Organigrama.....	47
3.2.2.	Atribuciones de cada puesto.....	48
3.2.2.1.	Jefe de área.....	48
3.2.2.2.	Supervisor de instalaciones y montajes	49
3.2.2.3.	Supervisor de mantenimiento	49
3.2.2.4.	Técnicos	49
3.2.2.5.	Encargado de bodega	49
3.2.3.	Capacitación del personal.....	49
3.3.	Indicadores de desempeño	50
3.3.1.	Índices de disponibilidad.....	50
3.3.1.1.	Porcentaje de disponibilidad total	50
3.3.1.2.	Frecuencia media entre fallas.....	51
3.3.1.3.	MTTR – Tiempo medio de reparación	51
3.4.	Estrategias propuestas para el mantenimiento.....	52
3.4.1.	Mantenimiento preventivo.....	52
3.4.2.	Mantenimiento correctivo.....	53
3.5.	Descripción del nuevo sistema de mantenimiento preventivo	54

3.5.1.	Descripción general.....	54
3.5.2.	Descripción de los procesos.....	55
3.5.2.1.	Pruebas termográficas	55
3.5.2.2.	Esmerilado a tanques.....	55
3.5.2.3.	Soldadura industrial.....	56
3.5.2.4.	Pruebas de presión	57
3.5.2.5.	Pintura electrostática.....	58
3.6.	Planificación de procesos del mantenimiento preventivo	59
3.6.1.	Diagrama de operaciones	59
3.6.2.	Diagrama de flujo	60
3.7.	Planeamiento de equipo para mantenimiento	61
3.8.	Insumos utilizados en el mantenimiento.....	64
3.8.1.	Servicio de energía eléctrica	64
3.8.2.	Servicio de agua.....	65
3.9.	Costos propuestos del mantenimiento preventivo.....	66
3.9.1.	Costos de implementación	69
3.9.2.	Costo de oportunidad	69
3.10.	Gestión de repuestos	70
3.11.	Estructura propuesta para el departamento de mantenimiento.....	71
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	73
4.1.	Creación del departamento de mantenimiento.....	73
4.1.1.	Funciones.....	73
4.2.	Descripción de puestos.....	75
4.3.	Administración del mantenimiento	77
4.3.1.	Planificación de mantenimiento.....	78
4.4.	Plan de mantenimiento preventivo	78
4.4.1.	Mejores rendimientos operativos:.....	79

4.4.2.	Mayor seguridad y protección del entorno de trabajo:.....	80
4.4.3.	Mayor control en los costos del mantenimiento:	80
4.4.4.	Amplia base de datos en el mantenimiento:	81
4.4.5.	Respeto por el medio ambiente:	81
4.5.	Estructura de costos de mantenimiento.....	82
4.5.1.	Costos fijos	84
4.5.2.	Costos variables	85
4.5.3.	Costos financieros	86
4.5.4.	Costos de fallo	86
4.5.5.	Costo total de mantenimiento	88
4.6.	Codificación de equipos.....	89
4.7.	Análisis de criticidad	92
4.7.1.	Método del flujograma	93
4.7.2.	Diagrama de Pareto.....	95
4.7.3.	Equipos críticos	98
4.8.	Estrategias de mantenimiento	99
4.9.	Documentos de mantenimiento	100
4.9.1.	Solicitud de trabajo	100
4.9.2.	Orden de compra.....	101
4.9.3.	Orden de trabajo.....	103
4.10.	Procedimientos.....	105
4.10.1.	Rutinas diarias.....	105
4.10.2.	Mantenimiento programado.....	106
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA.....	109
5.1.	Resultados obtenidos	109
5.1.1.	Jornada de trabajo.....	109
5.1.2.	Tamaño de la empresa.....	109

5.1.3.	Tipo de proceso.....	110
5.1.4.	Ritmo de la actividad	110
5.1.5.	Grado de automatización	110
5.1.6.	Inversión.....	110
5.1.7.	Interpretación de los resultados	111
5.1.8.	Aplicación real	113
5.2.	Relación beneficio costo	114
5.2.1.	Cuantificación del beneficio.....	114
5.3.	Auditorías	115
5.3.1.	Auditoría interna	116
5.3.2.	Auditoría externa	116
5.4.	Programa de adiestramiento para uso y cuidado de los tanques	116
5.4.1.	Condiciones para almacenamiento en tanques de GLP	117
5.4.2.	Almacenamiento de gas propano en tanques	118
5.5.	Estadísticas.....	121
5.5.1.	Nivel de satisfacción en los clientes	121
5.5.2.	Mejora de la calidad del producto.....	122
5.5.3.	Índices para la gestión de recursos.....	123
5.5.4.	Distribución de gastos de mantenimiento.....	123
5.5.4.1.	Índice de costo (IC)	123
5.5.4.2.	Eficiencia del mantenimiento (EM)	123
5.5.4.3.	Uso racional de recursos (URR).....	124
5.5.4.4.	Gestión de recurso humano	124
5.6.	Acciones correctivas de acuerdo con resultados obtenidos...	124
5.7.	Acciones recomendadas	126
5.7.1.	Control de órdenes de trabajo y atención de emergencias.....	127

5.7.1.1.	Efectividad en atención de trabajos (EAT):	128
5.7.1.2.	Atención de emergencias (ADE):.....	128
CONCLUSIONES		129
RECOMENDACIONES.....		131
BIBLIOGRAFÍA.....		133
APÉNDICES		137
ANEXOS		145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cámara infrarroja	11
2.	Cracking de petróleo	17
3.	Partes de un tanque estacionario.....	22
4.	Organigrama área de mantenimiento.....	32
5.	Raíces de los problemas.....	36
6.	Señalización industrial equipo protección personal.....	42
7.	Señalización industrial paso peatonal	43
8.	Vestimenta industrial	43
9.	Encaminamientos.....	44
10.	Organigrama por sector en base al jefe de área	48
11.	Diagrama de operaciones de mantenimiento preventivo	60
12.	Diagrama de flujo	61
13.	Estructura organizacional propuesta	71
14.	Organigrama departamento de mantenimiento.....	74
15.	Estructura organizacional del área de mantenimiento electromecánico	77
16.	Costos de mantenimiento.....	83
17.	Flujograma de criticidad	94
18.	Diagrama 80-20	98
19.	Formato de orden de compra.....	102
20.	Formato de orden de trabajo.....	104
21.	Representación gráfica del costo beneficio.....	115
22.	Cálculo de lugar de almacenamiento	119

23.	Frecuencia de pedidos de GLP	122
24.	Señalización en área de tanques de GLP	127
25.	Procedimiento en caso de incendio	151
26.	Procedimiento en caso de escape o fuga de glp	152

TABLAS

I.	Costo por mano de obra	37
II.	Hoja técnica de mantenimiento preventivo	53
III.	Listado de equipos	62
IV.	Clasificación de la información para las fichas técnicas	64
V.	Listado de equipos y frecuencia de mantenimiento	67
VI.	Costos estimados para la impresión y distribución del documento de implementación de mantenimiento	69
VII.	Distribución de tiempo de mantenimiento por rutina	76
VIII.	Detalle de costo total por puesto	85
IX.	Detalle de costo total de mantenimiento	89
X.	Codificación de plantas	90
XI.	Codificación de áreas	90
XII.	Codificación de equipos	91
XIII.	Codificación propuesta	91
XIV.	Costos asociados por equipo	97
XV.	Índices de evaluación de aspectos organizativos de la empresa	111
XVI.	Evaluación organizacional para la planta de envasado de Gas Zeta	112

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
°C	Grados Celsius
h	Hora
Kg	Kilogramo
psi	Libra por pulgada cuadrada
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
t	Tonelada

GLOSARIO

Especificación técnica	Documento que establece características de los productos o servicios tales como niveles de calidad, rendimiento, seguridad o dimensiones.
Gas licuado de petróleo	Mezcla formada por hidrocarburos de tres (3) y cuatro (4) átomos de Carbono, predominantemente propano o butano, o ambos.
Inspección	Actividad mediante la cual se comprueba si el producto cumple con los parámetros establecidos durante el proceso de fabricación.
Planta	Espacio físico destinado al almacenamiento, transformación de materiales o construcción de objetos de una misma característica.
DGH	Dirección General de Hidrocarburos.
GLP	Gas Licuado de Petróleo.
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
ASME	Siglas en inglés de la Sociedad Americana de Ingenieros.

API

Siglas en inglés del Instituto Americano del Petróleo.

SAT

Superintendencia de Administración Tributaria

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado a través de la elaboración de tesis de grado, con la finalidad de evaluar los procedimientos de gestión de programas operacionales de mantenimiento y calidad para la validación de remozamiento de tanques de gas licuado de petróleo en una distribuidora de combustibles fósiles de las plantas de almacenamiento y envasado de GLP (gas licuado de petróleo) que actualmente utiliza Gas Zeta.

El propósito del trabajo es elaborar el diagnóstico e identificar las deficiencias, ya sean por equipo, personal o procedimientos, que actualmente se tienen en Gas Zeta, sobre la falta de supervisión de los programas de mantenimiento de las plantas de llenado de GLP. Debido a las características físicas y químicas de este producto es necesario que cuenten con programas de mantenimiento que les permitan realizar de mejor manera sus actividades, así como reducir el riesgo de accidentes en sus instalaciones.

Para cumplir con este propósito se utilizaron las herramientas de ingeniería adecuadas y, se espera que el presente documento sea utilizado como material de consulta y apoyo por estudiantes, profesionales e interesados en el tema.

OBJETIVOS

General

Gestionar un programa de mantenimiento para plantas de llenado y/o envasado en Gas Zeta.

Específicos

1. Describir la operación y el equipo con que cuentan las plantas de envasado de GLP evaluadas.
2. Identificar la legislación y regulaciones existentes a nivel nacional aplicables a las empresas de llenado y envasado de GLP.
3. Realizar un diagnóstico de las actividades y procesos de mantenimiento de las plantas de envasado de GLP
4. Referir y establecer los pasos que permitan a Gas Zeta implementar los programas de mantenimiento pertinentes a las empresas que se dedican al tratado, llenado, envasado y distribución de GLP en Guatemala

Hipótesis

El análisis, diseño, desarrollo e implementación de un Sistema de Mantenimiento para el control, seguimiento y mejora de todo lo relacionado a los tanques o cilindros de GLP, mediante el uso de una metodología ágil, influyen en el adecuado servicio de calidad al consumidor final de la Planta Gas Zeta.

Hipótesis nula:

Las plantas de llenado y envasado de GLP exhiben una mayor tasa de crecimiento en lo relativo a los percances de seguridad en comparación con otras industrias en Guatemala.

Hipótesis alternativa:

El diseño de un sistema de mantenimiento en la planta de llenado y envasado de Gas Zeta, es parte de la metodología existente para el aplacamiento de las medidas de seguridad y de control de calidad del producto.

INTRODUCCIÓN

Debido a las características del Gas Licuado de Petróleo es necesario que las plantas de llenado y envasado que operan en Guatemala cumplan con una serie de requisitos para poder iniciar actividades o renovar la licencia de operación; supervisión que actualmente realiza el Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Hidrocarburos.

Por medio de la realización de un diagnóstico de los procedimientos actuales de supervisión, así como visitas a plantas ubicadas en el área metropolitana del departamento de Guatemala, se logró recabar la información que permitió elaborar una propuesta sobre el control de los programas de mantenimiento de Gas Zeta.

En el capítulo de antecedentes generales, se presenta información básica y consideraciones legales de la empresa Gas Zeta, S.A.; se desarrolla el marco teórico de la investigación con referencias sobre el Gas Licuado de Petróleo, programas de mantenimiento en las plantas de llenado y envasado. El capítulo de Situación Actual contiene el diagnóstico existente del mantenimiento que realiza la empresa a los cilindros de GLP y los procedimientos de supervisión.

El capítulo de propuesta para el diseño de un sistema operacional de mantenimiento y calidad, circunscribe la metodología para la implementación de la propuesta realizada, incluyendo aspectos teóricos y prácticos para su implementación. Dentro del capítulo de implementación de la propuesta se definen las acciones de ejecución a la proposición presentada, así como los indicadores sugeridos para su evaluación; el capítulo de seguimiento o mejora

contiene los procedimientos y lineamientos correspondientes a la mejora y supervisión de estos, así como la creación del departamento de mantenimiento.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Empresa GAS Z, S.A.

La empresa Gas Z, S.A. se dedica a la producción y venta de gas licuado de petróleo en el territorio guatemalteco.

1.1.1. Reseña histórica

Este grupo fue fundado en el norte de México en 1946, ya afianzada en los años 70 comienza a operar en los mercados internacionales.

El G.L.P actualmente abarca el mercado de aproximadamente cuatro millones de hogares, a través de recipientes fijos y portátiles; además la empresa es un importante proveedor de la industria y el comercio gracias al nivel de confiabilidad que tiene su servicio a granel y estaciones para proveer gas para carburación GASAUTO.

En Guatemala, existe un conglomerado de empresas de capital 100 % mexicano, líder en la distribución de Gas L.P., con más del 14 % del mercado nacional y con operaciones en diversos países.

1.1.2. Localización

La empresa Gas Z, S.A. se encuentra en el municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala, exactamente en el kilómetro 19 carretera al pacífico.

Según el Gobierno de Guatemala, “Villa nueva es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala. Se encuentra en la parte sur del mismo y su extensión territorial abarca 114 kilómetros cuadrados, en una parte se encuentra la cuenca del Lago de Amatitlán. Cuenta con una población de 355 907 habitantes según el último censo realizado.”¹

1.1.3. Filosofía de GAS Z

La satisfacción total de sus clientes, tanto internos como externos.

Las personas que conforman la empresa son su mejor riqueza y siempre serán tomadas en cuenta.

Son una empresa con reacciones inmediatas a los cambios rápidos del mundo moderno.

Apoyan el desarrollo de sus empleados a través de programas de capacitación y sistemas educativos orientados a la mejora de sus habilidades y conocimientos.

Buscan mejorar el desempeño de su trabajo y, en consecuencia, su crecimiento personal y el bienestar en cada familia.

Practican el trabajo en equipo, pues están convencidos que es la base del éxito.

¹ Municipalidad de Villa Nueva. *Ubicación geográfica.*
<https://www.villanueva.gob.gt/ubicacion-geografica-de-villa-nueva-guatemala/>.

1.1.4. Misión

La misión de Gas Z, basada en el espíritu de servicio y sostenibilidad, es:

“Ser líderes en nuestros productos y servicios, principalmente en la comercialización del Gas L.P., mediante la satisfacción y seguridad de nuestros clientes.

Apoyar el crecimiento y desarrollo de la comunidad. Participar en la conservación y mejoramiento del medio ambiente.

Generar un rendimiento económico superior que garantice el crecimiento continuo y que compense la inversión y confianza de nuestros accionistas.

Dirigir todos nuestros esfuerzos al logro de la excelencia.”²

1.1.5. Valores éticos

Según la página web de Gas Zeta, S.A. en Guatemala, los valores éticos que promueven son:

“Con la participación y apoyo entusiasta de más de siete mil empleados, estamos listos para cumplir y surtir de forma oportuna y segura el Gas L.P. que su negocio o industria necesita.

En Grupo Zeta encaminamos nuestras acciones y de nuestro personal en base a los siguientes valores: honradez, servicio, responsabilidad, lealtad,

² Grupo Zeta Gas. *Nosotros: misión.* <https://grupozetagas.com.gt/nosotros-lideres-en-productos-servicios-gas/>.

compañerismo, excelencia, trabajo en equipo, puntualidad, organización, superación y entusiasmo.”³

1.2. Productos de la empresa y su distribución

El producto de venta fundamental de Gas Z, S.A. es el gas propano, que de acuerdo con el tipo de consumidor se vende en distintas presentaciones:

1.2.1. Productos de la empresa

La empresa Gas Z, S.A. ofrece distintas presentaciones para la distribución de sus productos, las cuales son:

1.2.1.1. Suministro en recipientes portátiles

Así como hay medios de transporte adecuados para llevar agua, petróleo, madera, entre otros; existen medios especiales para transportar el Gas L.P. desde las plantas de almacenamiento hasta el usuario que lo recibe en su casa. El producto se vende en pequeños tanques, que se diferencian por su capacidad en libras, siendo estas capacidades de 100, 60, 35 y 25 libras de presión.

En Gas Zeta, se cuenta con camiones de distribución en excelente estado, que cumplen con todas las normas para la distribución de Gas L.P. los vehículos están debidamente identificados con el logotipo de Gas Z, lo que es un sinónimo de garantía de calidad en el servicio.

³ Grupo Zeta Gas. *Nosotros: valores éticos.* <https://grupozetagas.com.gt/nosotros-lideres-en-productos-servicios-gas/>.

1.2.1.2. Suministro en tanques estacionarios

Para la mayoría de los clientes residenciales, comerciales e industriales, los depósitos en tanques estacionarios son una excelente opción ya que representa un esquema muy cómodo que permite programar el surtido anticipadamente y en base a las necesidades de consumo. Sus volúmenes van desde 100 hasta 1 000 galones.

1.2.1.3. Gas L.P. Vehicular

El mundo moderno requiere velocidad, dinamismo y alternativas que reduzcan considerablemente costos de mantenimiento y operación en vehículos automotores de gasolina. Este servicio se inició en Guatemala, a principios de la década de 1980.

Cada vez son más las exigencias del público consumidor y se puede aumentar el rendimiento económico de los vehículos al utilizar Gas L.P. en ellos. El precio del galón de Gas L.P. es menor que el galón de gasolina o diésel, aunque la eficiencia del motor disminuye en proporción menor, lo cual hace rentable la inversión en el equipo de Gas L.P. vehicular.

El uso de gas es cada vez mayor en múltiples actividades, por ejemplo, en su manejo como carburante en vehículos automotores es garantía de buen funcionamiento, limpieza, mejor respuesta económica y mayor preservación del entorno ecológico.

GasAuto puede ser usado en todo tipo de vehículos: flotillas gubernamentales, flotillas de transporte público, flotillas privadas, vehículos y camionetas particulares.

1.2.1.4. Servicio medido en recipientes fijos

El servicio medido es un sistema basado en la colocación de un medidor volumétrico en la línea de servicio de un tanque estacionario.

Una vez operando el servicio, se determina su pronóstico para suministrar GLP al tanque estacionario, periódicamente y de forma programada, el suministro de Gas L.P. se realiza bajo la responsabilidad exclusiva de Zeta Gas a través de un pronóstico programado. Después de la contratación del Servicio Medido, el cliente solo paga mensualmente por lo consumido en el periodo señalado entre cada lectura de su medidor.

1.2.2. Distribución del producto

El gas licuado de petróleo se vende para diferentes tipos de cliente, dependiendo de las necesidades de cada uno:

1.2.2.1. Distribución en hogares

Existen dos formas de distribución de GLP en recipientes portátiles:

La primera de ellas es el servicio a domicilio, que, por medio de una llamada telefónica o correo electrónico, la empresa recibe el pedido y lo canalizan a su fuerza de ventas, que ejecuta la entrega y el cobro del cilindro de acuerdo con su capacidad en libras contenida.

La segunda manera es por medio de expendios, a los que los clientes pueden llevar directamente su cilindro vacío y adquirir otro lleno.

1.2.2.2. Distribución industrial

El suministro se realiza a través de autotanques. Un autotanque es un vehículo que en su chasis tiene instalado en forma permanente uno o más recipientes para contener GLP, utilizado para el transporte o distribución de dicho combustible a través de un sistema de trasiego.

Los autotanques están en excelentes condiciones y siguen los lineamientos de la norma NOM-010-SEDG-2000, dedicada a la valoración de las condiciones de seguridad de los vehículos que transportan, suministran y distribuyen GLP.

1.2.2.3. Distribución de GasAuto

El GasAuto es distribuido en las estaciones o expendios, en los que los clientes llegan para comprar el GLP por galón, para su vehículo como si se tratase de combustible convencional.

1.3. Mantenimiento

A continuación, se definirán los diferentes tipos de mantenimiento que se utilizan actualmente en la empresa en estudio.

1.3.1. Definición

Se considera que mantenimiento son las acciones necesarias o serie de trabajos que se deben ejecutar en un componente, equipo, familia de equipos, planta o método con el fin de conservarlo para que pueda mantenerse de acuerdo con una condición especificada y así brindar el servicio para el cual fue diseñado.

En los inicios de la industria, el mantenimiento se centraba únicamente en reparar los equipos o máquinas que dejaban de funcionar; posteriormente, a estas acciones se les dio el nombre de “mantenimiento correctivo”. Actualmente, el principal objetivo del mantenimiento es evitar que se produzcan fallas o averías, y a esto se le conoce como “mantenimiento preventivo”.

El mantenimiento no se trata solamente de sustituir alguna pieza, realizar algún cambio de aceite, engrasar piezas, entre otros. Se debe llevar un control para saber cuándo es necesario realizar cada una de estas operaciones, a esto se le llama “gestión de mantenimiento”. También se puede definir como un conjunto de elementos que están relacionados para conformar un marco de referencia y así permitir que un elemento, máquina, equipo, entre otros. Sea conservado para cumplir la función específica para la cual fue creado.

1.3.2. Tipos de mantenimiento

Para este trabajo de graduación, es necesario tratar acerca de los tipos de mantenimiento que se van a utilizar dentro de la empresa interesada. Se analizará si son los correctos para el uso que se les va a dar. Los tipos de mantenimiento a definir según la norma X 60 010 de AFNOR son:

1.3.2.1. Mantenimiento correctivo

Según la norma X 60 010 de AFNOR, se define como “el conjunto de actividades realizadas después del fallo de un bien, o deterioro de su función, para permitir que cumpla con su aplicación, al menos de forma provisional”⁴.

⁴ AFNOR. *Norma X 60 010*. p. 3.

Es decir, el mantenimiento correctivo es el que se realiza a medida que las fallas se van produciendo. Cabe destacar que este tipo de mantenimiento no es recomendable ya que no evita que los daños se produzcan y esto conlleva pérdidas económicas por tiempo perdido y por el mismo daño que debe ser reparado. No obstante, el mantenimiento correctivo siempre va a estar presente porque es imposible que las previsiones se cumplan al cien por cien, siempre existirán fallas, aunque sean mínimas.

Dentro del mantenimiento correctivo se puede hacer una diferenciación entre el mantenimiento paliativo y el mantenimiento curativo. El primero de ellos consiste en realizar una acción para restablecer la funcionalidad del equipo, pero que no resuelve totalmente el problema ya que deberá realizarse una intervención posterior en el equipo que sea de carácter definitivo. Se puede concluir que en el mantenimiento paliativo se le da mayor importancia a poner en funcionamiento el equipo que a reparar el daño. Por otro lado, el mantenimiento curativo tiene como objetivo reparar de forma definitiva el daño presente y así restablecer las actividades en el menor tiempo posible. Esto nos lleva a la conclusión de que la aplicación de acciones de carácter definitivo evita a la larga, mayores daños que resultan en gastos innecesarios.

1.3.2.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se define como un conjunto de actividades establecidas que se deben realizar para reducir o eliminar la probabilidad de fallo de algún equipo. El mantenimiento preventivo busca aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Como su nombre lo indica, este mantenimiento se debe ejecutar antes que sea necesario realizar una reparación a causa de fallas o averías.

Para poder llevar a cabo un mantenimiento preventivo exitoso debe conocerse sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menor impacto en la producción, todas aquellas acciones que se realizarán para tratar de eliminar las fallas que producen interrupciones.

En el caso de la empresa Gas Zeta, las acciones que se van a realizar en la empresa a fin de brindar un mantenimiento preventivo correcto a los tanques estacionarios utilizados para contener el gas licuado de petróleo, se realizan las pruebas termográficas.

1.3.2.3. Pruebas termográficas

Las pruebas de termografía infrarroja basan su funcionamiento en la medición de las diferentes temperaturas que emanan los colores de un prisma cuando pasa luz solar a través de él. La temperatura es menor en los componentes azules y va aumentando a medida que se van midiendo los componentes rojos, y al medir más allá de los componentes rojos, en una región en la que no hay luz, se descubre que la temperatura es aún mayor, por lo que a este rango se le conoce como luz infrarroja.

Se puede definir entonces a la termografía infrarroja como un ensayo no destructivo que obtiene la información térmica de un objeto a través de captar la radiación infrarroja que emite, mediante un dispositivo de adquisición de imágenes térmicas a distancia.

A continuación, se muestra una cámara infrarroja que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto que se desea estudiar, mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro

electromagnético. Esta cámara permite convertir la energía radiada en información sobre temperatura.

Figura 1. **Cámara infrarroja**



Fuente: Inst. PCE. Cámara infrarroja. <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-temperatura/camara-infrarroja-s80hf.htm>. Consulta: 02 de enero de 2018.

1.4. **Combustibles fósiles**

En esta sección se definirá el concepto de combustible fósil, su origen, clasificación y diferentes usos.

1.4.1. **Definición**

Se conoce como combustibles fósiles a todos aquellos productos que gracias a sus características químicas se pueden emplear como fuente de energía. Los combustibles fósiles abastecen el mayor porcentaje de la demanda de energía que se utiliza en todo el mundo. Cada uno de estos combustibles es considerado no renovable, debido a que es necesario que transcurran millones de años para que estos se formen debajo de la tierra.

1.4.2. Origen

Los combustibles se formaron hace millones de años, por la acción conjunta de bacterias y de la presión en el interior de la tierra sobre los organismos que vivieron en esa época. Estos organismos almacenaron la energía del sol en forma de energía química por medio de la fotosíntesis. Estos fueron sepultados capa tras capa de sedimento. Los cuerpos sepultados de los diferentes seres vivos, al pasar los años y con la ayuda de la presión ejercida por el peso y el calor constante, fueron transformándose en fuente de energía a través de reacciones químicas. A la era en la que todos estos cuerpos quedaron sepultados bajo muchas capas de tierra se le conoce como “era carbonífera” y es famosa por las grandes cantidades de carbón que se depositaban debajo de la superficie terrestre.

La historia de la formación del petróleo y del gas natural también empezó hace millones de años, cuando la energía solar se almacenó en organismos marinos como algas y plancton. Estos no se degradaban al morir, sino que se quedaron enterrados bajo capas de sedimento, como arena y sal, con muy poco oxígeno.

1.4.3. Clasificación

Existen cuatro combustibles fósiles: petróleo, carbón, gas natural y gas licuado de petróleo.

1.4.3.1. Petróleo

El petróleo es un líquido oleoso que se compone a base de carbono e hidrógeno. Se le puede encontrar a diferentes profundidades en la corteza

terrestre, las cuales varían entre los 600 y 5 000 metros. El petróleo tiene un poder calorífico de 40 895 KJ/Kg.

1.4.3.2. Carbón

Este combustible fósil es un mineral que se formó de los restos vegetales de la prehistoria. El carbón tiene un poder energético bastante alto y se le utiliza como materia prima para fabricar una extensa variedad de artículos. El poder calorífico del carbón es de 30 500 – 34 200 KJ/Kg.

1.4.3.3. Gas natural

Este gas se encuentra bajo tierra. La forma de extraerse es mediante tuberías y luego se almacena en grandes contenedores hechos de aluminio. Según Carlos López: “el metano es el principal componente del gas natural, aunque también contiene otros hidrocarburos ligeros como el etano, el propano, el butano, o el pentano. Su poder calorífico es de 39 900 KJ/Kg.”⁵

Su distribución para la venta para consumo doméstico se realiza por medio de redes subterráneas con un medidor de consumo en cada casa, en muchas ciudades de todos los continentes.

1.4.3.4. Gas licuado de petróleo

Este gas está compuesto de una mezcla de propano y butano. Se ampliará más acerca de esta fuente de energía en el siguiente tema de este capítulo.

⁵ LÓPEZ JIMENO, Carlos. *El gas natural, el recorrido de la energía*. <http://www.madrid.org>.

1.4.4. Usos

Dentro de los usos más importantes que se les da a los combustibles fósiles se encuentra el uso del carbón en las centrales térmicas para generar energía eléctrica y también en la industria siderúrgica y metalúrgica para producir acero. También se utiliza en las calderas como combustible. El petróleo se utiliza para producir combustibles como los gases butano y propano, gasolinas, gasóleos, aceites, asfaltos, entre otros. El gas natural se aplica en la combustión de manera similar que el carbón y el petróleo, destacando como combustible para hornos, calderas y uso doméstico.

1.5. Gas licuado de petróleo

Este gas es uno de los productos que se obtiene al realizar un proceso de extracción o refinado al petróleo, en esta sección se amplía acerca del mismo.

1.5.1. Definición

“El gas licuado de petróleo es un combustible eficiente que se forma principalmente de propano y butano, con pequeños porcentajes de otros compuestos químicos. Este combustible es incoloro, inodoro, limpio y seguro. En condiciones normales se encuentra en estado gaseoso, pero al ser sometido a un tratamiento de presión puede cambiar a estado líquido y así facilitar su almacenaje y transporte.”⁶

⁶ Asociación colombiana del GLP: GASNOVA. *¿Qué es el GLP?*
<http://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>.

1.5.2. Origen del GLP

Son un pequeño número de hidrocarburos derivados del petróleo, que estando a temperatura ambiente y a la presión atmosférica se encuentran en estado gaseoso, pero tienen la propiedad de poder pasar al estado líquido.

Existen dos formas de obtener el gas licuado de petróleo. La primera de ellas se produce durante la extracción de gas natural y petróleo del suelo, ésta aporta el 60 % de la producción de GLP. El segundo método de obtención es durante el refinado de crudo de petróleo y aporta el 40 % restante.

Existen dos maneras de obtener gas LP o GLP o gas licuado a presión:

1.5.2.1. Extracción de petróleo y gas natural

El gas natural de propano y butano que pueden ser extraídos por procesos consistentes en la reducción de la temperatura del gas hasta que estos componentes y otros más pesados se condensen. Los procesos usan refrigeración o turboexpansores para lograr temperaturas menores de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ necesarias para recuperar el propano. Subsecuentemente estos líquidos son sometidos a un proceso de purificación usando trenes de destilación para producir propano y butano líquido o directamente GLP.

El GLP se caracteriza por tener un poder calorífico alto y una densidad mayor que la del aire. La extracción consta de dos fases: la búsqueda del yacimiento y la perforación.

En la búsqueda del yacimiento lo que se hace es precisamente buscar mediante métodos de exploración superficiales y métodos en profundidad,

aquellos lugares en los que existe suficiente de estos productos para realizar la extracción. Dentro de los métodos de exploración superficiales se utiliza la gravimetría, magnetometría y sismográfica. Por parte de los métodos de exploración en profundidad, se realiza la perforación de pozos en zonas donde las características geológicas pronostican alta probabilidad de encontrarlos, en el cual se analizan muestras de terreno a diferentes profundidades.

En la fase de perforación se utiliza toda una metodología de la ingeniería geotécnica y estudios de mecánica de suelos, que son los que darán la pauta para saber cuál de los métodos existentes se debe utilizar para perforar el suelo en el lugar que se desea. Hay que tomar en cuenta condiciones climáticas, condiciones del suelo y posibles efectos secundarios para los alrededores.

1.5.2.2. Refinado de crudo de petróleo

Se inicia cuando el petróleo crudo procedente de los pozos petroleros llega a una refinación primaria, donde se obtienen diferentes destilados, entre los cuales se tienen gas húmedo, naftas o gasolinas, queroseno, gasóleos atmosféricos o diésel y gasóleos de vacío.

Estos últimos (gasóleos) de vacío son la materia prima para la producción de gasolinas en los procesos de craqueo catalítico. El proceso se inicia cuando estos se llevan a una planta FCC y, mediante un reactor primario a base de un catalizador a alta temperatura, se obtiene el GLP, gasolinas y otros productos más pesados. Esa mezcla luego se separa en trenes de destilación.

El proceso de refinado se realiza en una refinería, aquí, el petróleo que se compone de miles de hidrocarburos es tratado para extraer fracciones de este, que tiene propiedades aproximadamente constantes y así se someten a

transformaciones químicas para producir derivados comerciales. Los productos principales que se obtienen son naftas, querosenos, GLP y diésel.

En este proceso, los gases que componen el gas licuado de petróleo son los primeros productos que se desprenden a lo largo del proceso de preparación de combustibles de mayor peso específico. Aproximadamente un 3 % del contenido de un barril de crudo se refina para producir GLP, aunque es posible transformar hasta el 40 %.

En este método se utiliza lo que se conoce como craqueo o cracking, el cual es un proceso químico en el que se quiebran las moléculas del petróleo, en este caso, para producir compuestos más simples.

Figura 2. **Cracking de petróleo**



Fuente: Polímeros, ciencia y más ciencia. Destilación del petróleo.
<https://somechemistry.wordpress.com/about/>. Consulta: 02 de enero de 2018.

1.5.3. Composición del GLP

El GLP se compone principalmente de propano, que es un gas incoloro e inodoro del cual se aprovecha su energía para utilizarlo como combustible; y butano, que también se utiliza como combustible doméstico, es por esta razón que pueden ser fusionados estos dos gases para aprovechar de mejor manera sus propiedades. Además de estos componentes, también posee cantidad pequeñas de olefinas, pentano y etileno. El valor calorífico del GLP varía desde los 10 000 hasta los 12 000 Kcal/Kg. Al gas natural se le agrega un odorizante químico llamado mercaptano, el cual tiene un olor característico para que pueda ser detectado fácilmente en caso de fuga.

1.5.4. Historia del GLP

El desarrollo del GLP data del siglo XX, en ese entonces la gasolina que se producía presentaba el problema de evaporarse rápidamente cuando se encontraba almacenada. El químico norteamericano Walter Serling descubrió que esto se presentaba debido a la presencia de butano y propano en la gasolina, por lo que ideó un método para separarlo, sin saber que así estaría creando un nuevo combustible. No obstante, su uso no fue inmediatamente descubierto, ya que se esperó hasta la década de los años 20 para descubrir su primera aplicación. Su uso generalizado empezó a ser mayor hasta la década de los 40 y los 60.

En la actualidad, el GLP se utiliza de muchas maneras. Millones de personas lo utilizan y depende de él para aplicaciones en la industria, transporte, agricultura, recreación, cocina, generación de energía, combustible de calefacción, entre otros.

1.5.5. Usos del GLP

Es importante considerar que el uso del GLP requiere que todas las instalaciones cumplan con sus especificaciones de eficiencia y seguridad, para que el manejo y uso del combustible esté libre de accidentes.

1.5.5.1. Agricultura

El GLP es utilizado en la agricultura para el proceso de desecación térmica, secado de cultivos, combustible de vehículos agrícolas y también como repelente de insectos.

1.5.5.2. Automoción o automotores

Después de la gasolina y el diésel, el GLP es el carburante alternativo más utilizado en el sector de automoción. Esta creciente utilización de este combustible se debe a que brinda un valor agregado, el cual es que genera menos emisiones de contaminantes que otros combustibles fósiles, lo cual ayuda a disminuir el impacto negativo en el medio ambiente y en la salud de los humanos.

1.5.5.3. Recreación

Para actividades recreativas terrestres, el GLP se adapta perfectamente, debido a que ofrece ventajas importantes en la reducción de emisiones nocivas y puede ser transportado con facilidad, lo que lo hace una excelente opción para disfrutar de la naturaleza y realizar actividades al aire libre.

También en aplicaciones náuticas, el GLP se utiliza como combustible para embarcaciones de recreación, ya que tiene un impacto negativo insignificante en el agua y gracias a esto permite la recreación en ríos y lagos sin contaminar los mismos.

1.5.5.4. Calefacción

En las viviendas se necesita contar con una fuente de energía confiable que se utiliza en aplicaciones como calefacción, calentadores de agua, climatización de piscinas e incluso aire acondicionado. El GLP tiene las propiedades que lo acreditan para cumplir con todas estas necesidades.

1.5.5.5. Generación de energía eléctrica

El GLP es una fuente de energía limpia, con bajo contenido de carbono, eficiente e innovadora. Al tratarse de una de las fuentes de energía más limpias, puede ser utilizado como complemento en fuentes y tecnologías renovables que requieren luz solar o condiciones meteorológicas determinadas.

1.6. Tanques para el almacenamiento de gas licuado de petróleo

Los recipientes o tanques que se utilizan para almacenar y transportar gas licuado de petróleo son diseñados para prevenir la pérdida de gases a través de la evaporación de estos, por lo que son tanques completamente sellados y presurizados. Existen dos tipos de recipientes, los portátiles que son de dimensiones pequeñas para almacenamiento de cantidades menores y los tanques estacionarios que son hechos para almacenar grandes cantidades de GLP.

1.6.1. Recipientes portátiles

Este tipo de recipiente se conoce también como cilindro y varía su capacidad desde los 10 a los 45 kilogramos. En Guatemala, se comercializa en capacidad en libras de 25, 35 y 100.

Comúnmente se utilizan en el mercado residencial, pero también son requeridos por clientes comerciales o industriales con necesidades especiales de movilidad.

1.6.2. Recipientes fijos o tanques estacionarios

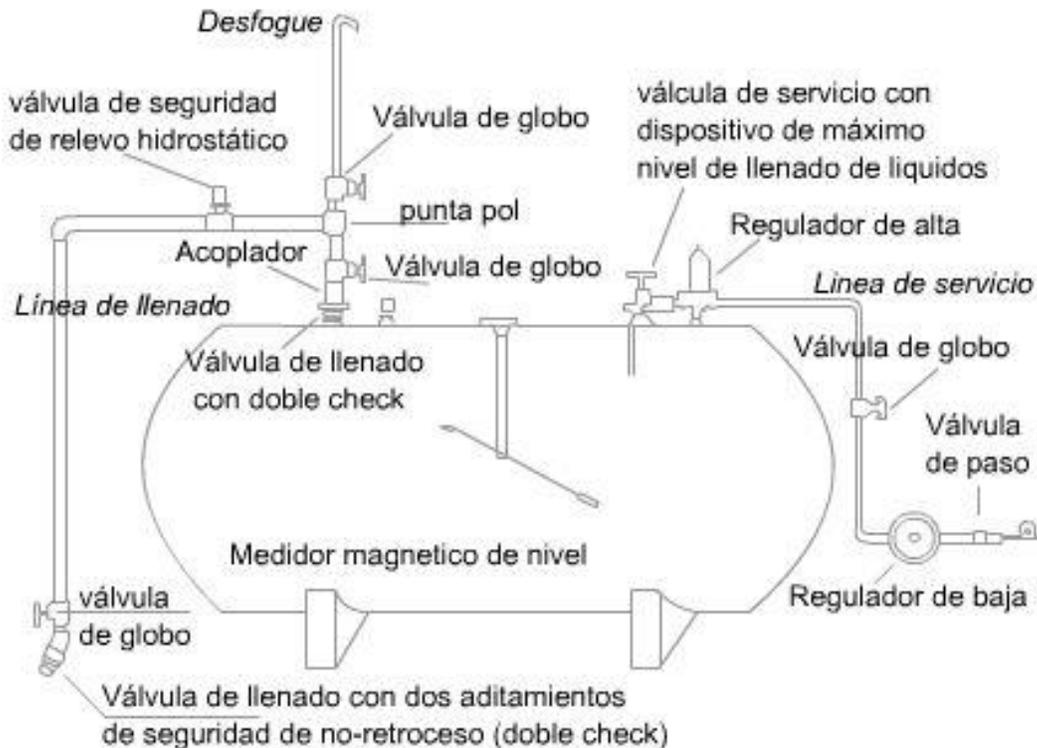
En este trabajo de graduación, el principal tema de estudio está basado en los recipientes fijos de la empresa Gas Z, S.A. La capacidad de los recipientes fijos o estacionarios puede ir de 120 a 40 000 litros. Para la mayoría de los clientes residenciales, comerciales e industriales es una excelente opción ya que representa un esquema muy cómodo que permite programar su surtido anticipadamente y en base a las necesidades de consumo.

Los tanques estacionarios son recipientes de grandes volúmenes, fabricados de acero, cuya finalidad es almacenar gas en estado líquido, de una manera segura y eficiente para el consumidor. Estos tanques pueden clasificarse de acuerdo con la manera en la que son instalados, por ejemplo, enterrados, soterrados o monticulados.

1.6.3. Partes de un tanque estacionario

Las partes de un tanque estacionario se muestran a continuación:

Figura 3. Partes de un tanque estacionario



Fuente: Blog sobre la industria del petróleo y gas natural. Partes de un tanque estacionario. <http://www.ingenieriadepetroleo.com/tanques-almacenamiento-glp/>. Consulta: 03 de enero de 2018.

1.6.4. Especificaciones ASME para recipientes a presión no sometidos a la acción de fuego

El código para calderas y recipientes a presión emitido por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), surge debido a la necesidad de brindar protección y seguridad a la sociedad contra explosiones de calderas y recipientes que pudieran darse.

La sección VIII Div.1 del código ASME define un recipiente a presión como un contenedor completamente sellado capaz de almacenar un fluido a presión

manométrica, sea interna o externa. El código está a cargo de la regulación de recipientes a presión y abarca el diseño, fabricación e inspección de recipientes a presión y las pruebas en el taller de fabricación.

Usualmente se asume que el único material que puede utilizarse para la construcción de los recipientes es el que está aprobado por el código, pero se permite el uso de materiales que no hayan sido completamente identificados, siempre y cuando cumplan con los requisitos de seguridad.

También se cubre la fabricación de partes de presión misceláneas como partes de presión estándar fundidas, forjadas, enrolladas o formadas, accesorios de tubería, bridas, entre otros.

1.6.5. Operación de almacenamiento de GLP en tanques estacionarios

Esta se divide en dos fases: la operación de llenado del recipiente y la operación de extracción de líquido y vapor del recipiente.

En la operación de llenado, basta con saber que la cantidad máxima que puede contener un tanque depende de su tamaño, ubicación (si es encima o debajo del suelo), de la densidad y temperatura del GLP. La manera en que se llena el tanque es únicamente abrir la válvula de globo de la línea de llenado, luego abrir la válvula de seguridad de relevo hidrostático y por último la válvula de globo para dejar pasar el líquido dentro del tanque.

Para la operación de extracción de líquido y vapor se debe realizar con una bomba o compresor específico para GLP. Estas deben ser diseñadas, instaladas

y mantenidas para que el líquido se mantenga únicamente en las bombas y el vapor en los compresores.

1.7. Control de calidad

El control de calidad es una parte fundamental en todas las áreas de un proceso productivo o de un servicio, y mantener una calidad alta en los tanques estacionarios es imperante para garantizar que el GLP almacenado y transportado dentro de ellos sea de la mayor calidad posible y que esté libre de cualquier peligro.

1.7.1. Definición

El Control de Calidad hace referencia a técnicas y actividades de carácter operacional. Se orienta a mantener bajo control los procesos y eliminar las causas que generan comportamientos insatisfactorios en etapas importantes del ciclo de calidad, para conseguir mejores resultados económicos. Método de aseguramiento de la calidad en una metodología de desarrollo de Software. *Ingeniare, revista chilena de ingeniería. Chile.*

Es decir, todos los miembros de una empresa son responsables de la calidad de los productos o servicios, todas sus acciones deben ir acorde a lo que se ha establecido para cumplir con una calidad total.

La calidad en combustibles está definida por las normas establecidas para cada uno en particular en el caso del GLP, es la Ley y el Reglamento de Comercialización de Hidrocarburos Decreto 109-97 y Acuerdo Gubernativo 522-99.

1.7.2. Calidad en los tanques estacionarios

Los tanques estacionarios, al igual que cualquier otro artefacto utilizado en una empresa o lugar de trabajo, deben cumplir con ciertas especificaciones. Estas especificaciones de construcción, mantenimiento e instalación se encuentran reguladas por el código ASME. Para cumplir con una calidad alta en estos tanques de almacenamiento es necesario obedecer este código.

La calidad de los tanques estacionarios se mide de acuerdo con la calidad del producto que estos entregan luego de ser almacenados en ellos. Es decir, un tanque que posee buenas condiciones es capaz de ofrecer un producto con buena calidad. Los tanques para cumplir con estas condiciones deben ser completamente sellados y estar libres de óxido exterior. Los tanques con fugas y oxidados deben ser dados de baja inmediatamente y someterse a mantenimiento.

El monitoreo del Ministerio de Energía y Minas (MEM), sobre fabricación de cilindros consiste en tomar muestras periódicas de los cilindros (de acuerdo con el tamaño del lote), luego es trasladada hacia las instalaciones del Laboratorio de Ensayos No Destructivos (24 calle 21-12, zona 12), para evaluar si cumplen con las normas de fabricación. Luego se elabora un informe que se entrega a la Dirección General de Hidrocarburos que posteriormente entrega a las empresas a las que se les hace el análisis.

Durante muchos años, se utilizó la Norma COGUANOR NGO 51 009, sin embargo, desde el 2006 entró en vigor el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05, el cual ha sido creado con la finalidad de mejorar la calidad de los cilindros de la región.

1.8. Legislación

En Guatemala existen regulaciones que el Estado realiza con el fin de orientar la comercialización de los productos petroleros importados o producidos dentro del país, para consumo nacional. Es debido a esto que existe la ley de comercialización de hidrocarburos, decreto número 109-97 y su reglamento, acuerdo gubernativo 522-99.

1.8.1. Ley de comercialización de hidrocarburos

En su artículo 1, esta ley dicta los siguientes objetos:

- Propiciar el establecimiento de un mercado de libre competencia en materia de petróleo y productos petroleros, que provea beneficios máximos a los consumidores y a la economía nacional.
- Agilizar los procedimientos relativos a las autorizaciones y funcionamiento de las diversas actividades que conllevan la refinación, transformación y la comercialización de petróleo y productos petroleros.
- Velar por el cumplimiento de normas que fomenten y aseguren la comercialización, evitando las conductas contrarias a la libre y justa competencia.
- Velar por el cumplimiento de normas que protejan la integridad física de las personas, sus bienes y el medio ambiente; y.
- Establecer parámetros para garantizar la calidad, así como el despacho de la cantidad exacta del petróleo y productos petroleros.

1.9. Seguridad industrial y salud ocupacional

Este es un tema de gran importancia en cualquier tipo de industria, ya que es gracias a la seguridad industrial y salud ocupacional que se le da el valor adecuado al recurso humano.

1.9.1. Definición

“La seguridad industrial es una ciencia que persigue el objetivo fundamental de evitar daños, o mitigar las consecuencias de éstos, cuando van asociados a un determinado tipo de riesgo.”⁷

Es decir, es la encargada de identificar y eliminar o reducir a niveles mínimos los riesgos en los puestos de trabajo, su fundamento está en normas, leyes, criterios y principios que exigen brindar al empleado un lugar seguro en el cual pueda desempeñar normalmente sus actividades.

La salud ocupacional es una actividad multidisciplinaria que promueve y protege la salud del trabajador mediante la prevención de accidentes, el control de enfermedades y plagas, reducción de accidentes, eliminación de riesgos y seguridad en el trabajo. Para lograrlo se auxilia de la ergonomía en los puestos, la economía, psicología, medicina laboral, higiene y seguridad industrial.

⁷ MUÑOZ, Antonio. *La seguridad industrial fundamentos y aplicaciones*. http://www.f2i2.net/web/publicaciones/libro_seguridad_industrial/lisi.pdf.

1.9.2. Seguridad industrial en el manejo de gas licuado de petróleo

Como se mencionó anteriormente, el tema de seguridad industrial es de gran importancia en cualquier industria, y el manejo de gas licuado de petróleo conlleva algunos riesgos, por lo cual se hace necesario ampliar el tema.

1.9.2.1. Riesgos del producto

Al igual que cualquier fuente de energía, el uso del GLP representa situaciones de riesgo debido a sus características fisicoquímicas.

El principal peligro potencial del GLP es el fuego. Se sabe que el butano y el propano son altamente inflamables y al combinarse con una presión muy elevada conduce a un fenómeno llamado BLEVE (Explosión de Vapores de Expansión y Líquidos de Ebullición).

El GLP en estado líquido, al ponerse en contacto con la piel puede causar quemaduras, mientras que, en estado gaseoso, el peligro que representa es la acumulación del gas en espacios reducidos debido a su densidad mayor a la del aire.

Para evitar explosiones de los recipientes, se debe dejar un espacio vacío en el mismo que permita la expansión del gas dentro de este, ya que el GLP tiene un coeficiente alto de expansión térmica, lo que significa que, al incrementar la temperatura, se expande. Al gas natural se le agrega un odorizante químico llamado mercaptano, el cual tiene un olor característico para que pueda ser detectado fácilmente en caso de fuga.

1.9.2.2. Responsabilidades clave

La empresa comercializadora es responsable de la calidad del GLP que suministra según especificaciones y de la cantidad. También es propietaria de los depósitos y envases en los que suministra el GLP, por lo que debe asegurar que se cumplan las normativas de diseño y fabricación.

Los fabricantes de equipos y aparatos como tanques estacionarios y cilindros, envases, reguladores, medidores, válvulas, entre otros. Deben garantizar buena calidad en los equipos que suministran para el fin que pretenden.

El instalador debe ser competente y estar completamente capacitado para llevar a cabo las instalaciones.

Los usuarios que poseen tanques estacionarios deben contratar un seguro de responsabilidad civil, exigido por las normativas del Ministerio de Energía y Minas con una aseguradora nacional con un monto de Q.50 000 en adelante, según sea el caso.

2. SITUACIÓN ACTUAL

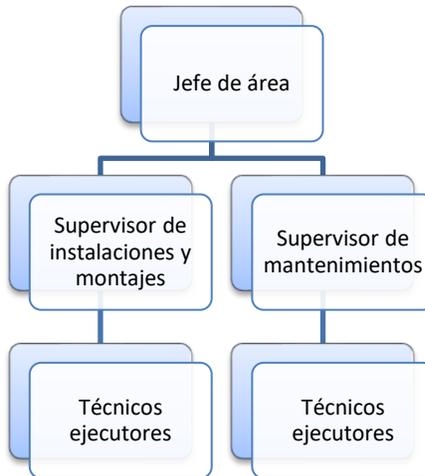
2.1. Descripción del proceso de gestión del mantenimiento

En la actualidad, Gas Zeta, S.A., implementa un programa de mantenimiento correctivo en el que básicamente se realizan operaciones provisionales cuando el equipo de almacenaje lo requiere por fallas o averías que se presentan por el uso, a veces, inadecuado del mismo. En este caso no se sigue un plan estructurado de mantenimiento en el que se detallen el momento y situación en los cuales se debe realizar un mantenimiento correcto, lo que trae como consecuencia que no haya precisión en cuanto a las fallas recurrentes, para poder hallar las causas y darles solución.

2.1.1. Organización del área de mantenimiento

A pesar de que no se encuentran a detalle las funciones del departamento de mantenimiento en Gas Zeta se encuentra integrado según el siguiente organigrama, información que fue proporcionada por la empresa:

Figura 4. **Organigrama área de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.1. Jefe de área

El jefe del área de mantenimiento está encargado de tomar las decisiones estratégicas, planificar y programar órdenes de trabajo relativas a mantener la maquinaria y equipo en estado óptimo para brindar el servicio de manera correcta. Esta persona es la encargada de realizar los planes de mantenimiento dentro de la empresa, que, por algún motivo, no existen.

2.1.1.2. Supervisor de instalaciones y montajes

Encargado de llevar a cabo las actividades de supervisión de instalaciones y montajes de tanques de almacenamiento, líneas de llenado, entre otros. En ocasiones puede sustituir o apoyar al supervisor de mantenimiento.

2.1.1.3. Supervisor de mantenimiento

Encargado de la supervisión y control de los mantenimientos correctivos y actualizaciones o modernizaciones de equipos. Puede apoyar las actividades de instalación y montaje.

2.1.1.4. Técnicos

Todos aquellos colaboradores encargados de llevar a cabo los trabajos mencionados anteriormente, como instalación, mantenimiento, entre otros. Realizan sus labores dentro de las instalaciones de Gas Zeta, al instalar y cambiar tanques en las fábricas de los clientes. a solicitud de los clientes que tienen tanques estacionarios de GLP, hacen revisiones en sus instalaciones por razones de seguridad o mantenimiento correctivo o preventivo.

2.2. Inconvenientes actuales

El proceso que se debe seguir para realizar una intervención de mantenimiento correctivo o preventivo es similar. Para identificar los problemas actuales es necesario conocer este proceso. Inicia con una solicitud de parte del área que necesita alguna reparación, se procede a realizar la inspección del equipo y se elabora un presupuesto en base a la planificación de materiales, herramientas y personal necesario para proveer el trabajo de mantenimiento. Cuando este presupuesto es aceptado se genera una orden de trabajo, se ejecuta el trabajo y luego se realiza una prueba de funcionamiento. Si la prueba es satisfactoria, se entrega el equipo o maquinaria junto con un informe de aprobación del trabajo que especifique los trabajos y actividades desarrolladas en el servicio.

La empresa cuenta con tanques estacionarios dentro de sus instalaciones, los cuales son utilizados en el área de almacenaje para luego transportar el Gas L.P. a los lugares donde es requerido.

Los problemas actuales en la empresa se dan debido a la falta de seguimiento del proceso para realizar un mantenimiento. No se cuenta con órdenes de trabajo correctivas, sino que el mantenimiento es realizado únicamente cuando el equipo falla, sin dejar constancia de qué se realizó, ni cómo se hizo. Esto ha creado una insatisfacción en el área de mantenimiento y de gerencia debido a los altos costos en los que se ha incurrido por pérdidas en producción por el mal estado del equipo.

2.2.1. Consecuencias a corto plazo

La falta de un proceso establecido ocasiona las siguientes consecuencias:

2.2.1.1. Falta de capacidad para la mejora

No se puede mejorar debido a que no se cuenta con políticas ni objetivos claros, así como se carece de indicadores de desempeño, lo que dificulta que las actividades y procesos puedan ser evaluados para tomar decisiones que puedan mejorar su calidad.

2.2.1.2. Desviación de la estrategia de la compañía

Al no contar con una estrategia, ni procesos completamente definidos en el área de mantenimiento, no se puede contribuir con la estrategia institucional; debilitando la capacidad de mejoramiento y el nivel competitivo general.

2.2.1.3. Disminución de la rentabilidad

Este gran problema se presenta como una consecuencia de la disminución en la participación de mercado, por no poder mejorar el desempeño. La pérdida de clientes ocasiona que una empresa no sea rentable o que económicamente no pueda mantenerse estable en el futuro.

2.2.1.4. Incremento de los mantenimientos correctivos

La falta de mejora en la disponibilidad de los equipos solo significa que se está empeorando en la aplicación del mantenimiento de forma correcta y eficiente, lo que provoca que el número de mantenimientos correctivos por fallas en el equipo aumente y a su vez hace incrementar los gastos innecesarios afectando la rentabilidad.

2.2.1.5. Menor rentabilidad en los mantenimientos correctivos

Mantener un plan de mantenimiento correctivo, en pocas ocasiones es estable, debido a que hay factores que hacen que no sea la mejor opción cuando se trabaja con equipo sofisticado. Estos factores son la débil planificación de recursos, ausencia de registros de mantenimientos, inadecuada reparación provisional, demora en presentación de informes técnicos.

2.3. Determinación de las raíces de los problemas

Uno de los problemas más importantes es el de la disminución de la rentabilidad de la empresa, este se desencadena directamente de no realizar los

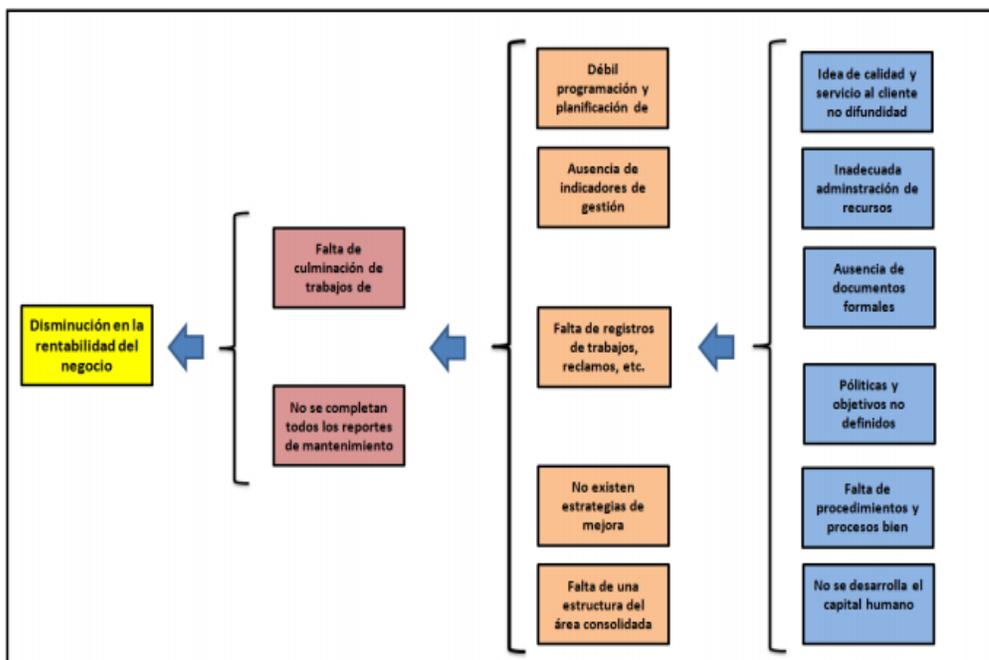
trabajos de mantenimiento o realizarlos mal. Estos hechos tienen orígenes como la falta de registros de trabajos ejecutados, datos técnicos, plan de revisiones, plan de seguimiento, entre otros.

Esto se da gracias a la ausencia de indicadores y evaluaciones de calidad, debilitando la posibilidad de mejorar y solucionar los problemas.

2.3.1. Diagrama de árbol

Este diagrama muestra los problemas y sus causas en una relación causa-efecto. A continuación, vemos por qué se van formando los problemas en la empresa.

Figura 5. Raíces de los problemas



Fuente: elaboración propia.

2.4. Costos por mantenimiento correctivo

El análisis de costos nos ayuda a conocer la cantidad de dinero invertida en mano de obra, reparaciones, repuestos, entre otros. Nos permite aplicar alternativas que busquen la reducción de estos costos.

En la actualidad, como se mencionó anteriormente, el único mantenimiento que recibe el equipo es el correctivo, este puede ser paliativo o curativo dependiendo de la urgencia y circunstancias en las que se presente la falla. Realizar este tipo de mantenimiento tiene como consecuencia gastar más recursos que los necesarios o que los que se gastarían al tener un plan de mantenimiento preventivo.

2.4.1. Costos por mano de obra

El departamento de mantenimiento está compuesto como se mencionó anteriormente. Los costos por pago de sueldos están conformados de la siguiente manera:

Tabla I. Costo por mano de obra

Puesto	Cantidad	Sueldo	Total
Jefe de área	1	Q. 8 000,00	Q. 8 000,00
Supervisor	2	Q. 4 300,00	Q. 8 600,00
Técnicos	6	Q. 3 000,00	Q. 18 000,00

Fuente: elaboración propia.

Los costos por mano de obra y operativos del área de mantenimiento ascienden a Q.34 600,00 por mes, esto debido a que dentro de la misma se encuentran diferentes atribuciones y horarios. Al tener un plan estructurado de

mantenimiento preventivo se readecuarían las atribuciones para evitar en un algún momento un cuello de botella en lo que respecta al diagrama de operaciones y de encontrarse puntos críticos en los tiempos necesarios para la correcta producción en la planta.

2.4.2. Costos innecesarios por reparaciones

Las reparaciones por fallas o averías van siendo cada vez más necesarias, no solo por el uso del equipo, sino porque el mantenimiento correctivo que se les da no brinda garantía y al poco tiempo vuelven a fallar.

Se gasta un aproximado del 12 % del presupuesto mensual de la empresa en reparaciones y mantenimiento necesario e innecesario, cuando lo óptimo que se debe invertir en mantenimiento es del 5 al 10 % del mismo.

2.5. Descripción actual del equipo de almacenamiento

La institución cuenta con un área en la cual el GLP es almacenado dentro de tanques estacionarios construidos para cumplir con este objetivo. actualmente, los tanques con los que cuentan varían de capacidad entre los 10 000 y 30 000 litros.

2.6. Procesos actuales de mantenimiento

Las reparaciones más comunes en los tanques estacionarios son en el área de válvulas que tienen fugas, también se ha encontrado cierta regularidad en las fallas en la superficie de los tanques, estos se rajan y causan fugas de gas. Las reparaciones que se hacen son solo para enmendar la falla y continuar el uso

descontrolado, poniendo en peligro la integridad física de los trabajadores y también del establecimiento.

2.6.1. Mantenimiento correctivo

En esta institución el mantenimiento correctivo tiene dos funciones específicas, las cuales son:

Corregir averías que se van presentando en los tanques estacionarios o en otros equipos, llegando incluso al cambio de partes del tanque o simplemente realizando reparaciones provisionales, únicamente para no parar la producción.

La segunda función es la de reacondicionar el equipo que por su uso ya está en condiciones que hacen difícil conseguir una marcha correcta o mantener una calidad que exige producción o el cliente.

Entre las funciones secundarias que se le han asignado al departamento de mantenimiento, están la de brindar servicios generales a la empresa, velar por la existencia de repuestos y materiales y velar por la seguridad.

En cuanto a la existencia de repuestos y materiales, existe el inconveniente de no tener claro cuáles son los repuestos que deben mantener en bodega, problema que se da por no tener un plan de mantenimiento estructurado, es debido a esto que en muchas ocasiones deben esperar varios días o hasta semanas para poder conseguir el repuesto que se necesita para hacer las reparaciones pertinentes.

2.7. Análisis actual del desempeño de los tanques estacionarios

A continuación, se explicará algunos factores que afectan la eficiencia del mantenimiento dentro de la empresa.

2.7.1. Factores que afectan la eficiencia del mantenimiento

Hay ciertos factores y actitudes que deben mejorarse respecto al mantenimiento dentro de la institución. Es normal que en las empresas se piense del área de mantenimiento como un área no importante, sin saber que en realidad debe dársele suma importancia porque de ésta depende que el equipo y la maquinaria esté en óptimas condiciones para poder brindar el servicio, para el cual fueron creados, de manera óptima y con total calidad.

2.7.1.1. Ausencia de manuales

Los manuales son una herramienta poderosa que el fabricante brinda a los compradores de sus máquinas y equipos para saber el momento en que debe realizarse un mantenimiento adecuado.

En la institución, los manuales no fueron tomados con importancia, lo que ha creado una actitud de rechazo hacia los mismos, por consiguiente, el mantenimiento ha sido deficiente, aumentando la inseguridad en el área de trabajo. Los manuales internos y estadísticas de mantenimiento, deben realizarlos la supervisión de mantenimiento, por un ingeniero, en caso contrario el mismo debe ser asistido por un ingeniero de otro departamento por ejemplo de seguridad industrial.

2.7.1.2. Principios de administración ausentes

Se encontró que los programas de mantenimiento de la empresa están al margen de los principios de administración. No se toman en cuenta dentro de la planificación orgánica, no existen procedimientos escritos o una manera de medir el desempeño formal, no hay programas de adiestramiento para perseguir una mejora de la mano de obra.

2.7.1.3. Posibilidad de reducir costos

La posibilidad de disminuir costos de operación en el mantenimiento se ve limitada en virtud del menosprecio con que se ve a la función del mantenimiento y la falta de control de costos. Estos podrían disminuirse a través de reducción de labores innecesarias por acciones preventivas, mejores métodos y herramientas, mayor productividad de la mano de obra por programación y medida del desempeño y mejor control de costos extraordinarios como el tiempo adicional de trabajo.

2.8. Departamento actual de Seguridad Industrial

La seguridad industrial es tomada con mucha importancia dentro de esta institución, existe un departamento que se conforma de un jefe de seguridad industrial y dos personas encargadas de realizar las instalaciones de seguridad y velar por que se cumplan todas las normas establecidas

2.8.1. Señalización industrial

Existe en toda la empresa señalización industrial, esta se ha colocado en puntos estratégicos para que cualquier persona que ingrese al área pueda

conocer y obedecer las normas que están establecidas. Las señales son sencillas de entender para que el personal comprenda lo que se les desea comunicar.

Figura 6. **Señalización industrial equipo protección personal**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en las instalaciones de la empresa.

Figura 7. **Señalización industrial paso peatonal**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en las instalaciones de la empresa.

2.8.2. Vestimenta industrial

Para ingresar a la empresa se tiene un código específico de vestimenta, es obligatorio utilizar botas industriales, casco de seguridad y lentes. Los trabajadores deben utilizar un overol de color azul y un chaleco con reflectores.

Figura 8. **Vestimenta industrial**



Fuente: Gas Zeta. Vestimenta industrial Zeta Gas. <https://grupozetagas.com.gt/nosotros-lideres-en-productos-servicios-gas/>. Consulta: enero de 2021.

2.8.3. Encaminamientos

A la empresa ingresan camiones, vehículos livianos y montacargas, lo que hace necesario brindar un espacio seguro a los peatones para poderse trasladar de un lugar a otro, es para esto que existen los encaminamientos, los cuales deben ser respetados por los peatones, así como por los pilotos de los vehículos.

Figura 9. Encaminamientos



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en instalaciones de la empresa.

3. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD

3.1. Departamento de mantenimiento

La propuesta para un rediseño del departamento de mantenimiento incluye varios aspectos, tanto administrativos, como lo son: creación de perfiles de puestos, creación de organigramas, asignación de tareas específicas, entre otros. Como también aspectos operativos de mantenimiento: descripción de procesos, seguridad industrial, creación de diagrama de operaciones, entre otros.

A continuación, se presenta la propuesta para la creación de un departamento de mantenimiento funcional, con el que se asegura una mejor gestión del mantenimiento, siempre y cuando la operación de este sea la correcta, basándose en cumplir con los siguientes objetivos:

3.1.1. Objetivos técnicos

La creación de objetivos es un tema ligeramente complicado, puesto que no existe información alguna tangible que permita proponer objetivos cuantificables. Los objetivos están directamente relacionados al departamento de mantenimiento, ya que es dicho departamento en el cual se está trabajando, no obstante, están también relacionados a toda la empresa, tomando a la misma como un ente en busca de un fin común: la mejora continua, no dejando de lado o rezagado a ninguno de sus departamentos.

Los objetivos de la mejora al departamento de mantenimiento deberán ser evaluados con indicadores que permitan saber si se están cumpliendo los mismos. A continuación, se detallan los objetivos técnicos:

3.1.1.1. Objetivo general

Proporcionar oportuna, periódica y eficientemente los servicios de mantenimiento correctivo y preventivo requeridos, para garantizar que el equipo, maquinaria y producto se conserven siempre en estado óptimo de utilización; brindando así una mayor utilidad a la empresa, gracias a la disminución de costos que esto conlleva.

3.1.1.2. Objetivos específicos

- Maximizar la disponibilidad de unidades en estado óptimo, de manera que se pueda almacenar y distribuir la cantidad de producto solicitada por parte del cliente.
- Aumentar el tiempo de vida útil de los equipos de manera que se reduzcan los recursos utilizados en las operaciones de mantenimiento.
- Aumentar la eficiencia del servicio a través de la disminución de tiempos muertos de trabajo, haciendo uso de una correcta programación de los servicios, y así optimizar los planes de trabajo de mantenimiento de manera que se pueda brindar un nivel alto de confiabilidad en el servicio prestado.

3.1.1.3. Misión propuesta

Ser el departamento de mantenimiento de la empresa que proporcione satisfacción a nuestros clientes internos como externos con nuestras labores. El éxito de nuestra misión está asegurado por la calidad de nuestra gente y será corroborado por nuestros clientes.

3.1.1.4. Visión propuesta

Ser un departamento que brinde mantenimiento de clase mundial, reconocido por el profesionalismo de los colaboradores del departamento y el valor agregado que genera a la organización, aumentando la competitividad de la organización y la eficiencia de los recursos.

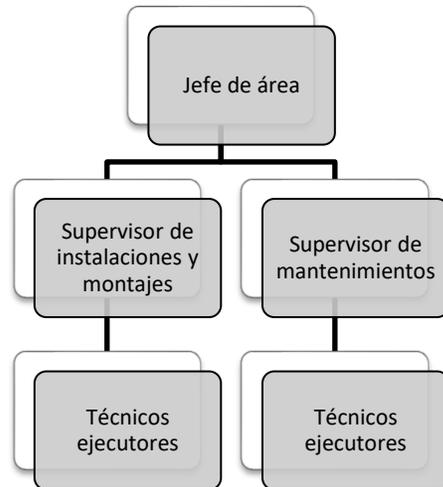
3.2. Capital humano para mantenimiento preventivo

Con el fin de que el departamento de mantenimiento sea productivo y eficiente, es necesario contar con personal capacitado en cada uno de los puestos de trabajo asignados. El personal y las competencias necesarias en cada puesto de trabajo se detallan en los siguientes puntos:

3.2.1. Organigrama

Se presenta a continuación.

Figura 10. **Organigrama por sector en base al jefe de área**



Fuente: elaboración propia

3.2.2. Atribuciones de cada puesto

Según el organigrama propuesto en el inciso anterior, las atribuciones para cada puesto son las siguientes.

3.2.2.1. Jefe de área

El jefe del área de mantenimiento está encargado de tomar las decisiones estratégicas, planificar y programar órdenes de trabajo relativas a mantener la maquinaria y equipo en estado óptimo para brindar el servicio de manera correcta. Esta persona es la encargada de realizar los planes de mantenimiento dentro de la empresa, que, por algún motivo, no existen.

3.2.2.2. Supervisor de instalaciones y montajes

Encargado de llevar a cabo las actividades de supervisión de instalaciones y montajes de tanques de almacenamiento, líneas de llenado, etc. En ocasiones puede sustituir o apoyar al supervisor de mantenimiento.

3.2.2.3. Supervisor de mantenimiento

Encargado de la supervisión y control de los mantenimientos correctivos y actualizaciones o modernizaciones de equipos. Puede apoyar las actividades de instalación y montaje.

3.2.2.4. Técnicos

Todos aquellos colaboradores encargados de llevar a cabo los trabajos mencionados anteriormente, como instalación, mantenimiento, entre otros.

3.2.2.5. Encargado de bodega

Aunque no esté incluido dentro del organigrama, ni pertenezca directamente al departamento de mantenimiento, es muy importante que exista un encargado de bodega, el cual vele por el inventario de repuestos necesarios, creando un stock mínimo necesario en caso de que se requiera cubrir cualquier emergencia.

3.2.3. Capacitación del personal

La capacitación del personal dentro de la empresa es de suma importancia, ya que es gracias a ella que se puede garantizar un trabajo terminado y bien

hecho, a través de acciones formativas que ayudan a ampliar los conocimientos, habilidades, aptitudes y conducta de los trabajadores. Cabe mencionar que, las capacitaciones deben incluir también temas de suma importancia como SSO (seguridad y salud ocupacional); así mismo, planes de contingencia en caso de accidentes o desastres inesperados.

Las capacitaciones se deben programar con un tiempo de anticipación prudente para que se pueda contar con la mayor participación de personal posible, ya que en industrias de este tipo es usual encontrarse con que el personal de mantenimiento siempre tiene tareas asignadas.

3.3. Indicadores de desempeño

Se implementarán los siguientes indicadores para medir el desempeño de la maquinaria.

3.3.1. Índices de disponibilidad

A continuación, se presentan algunos índices que reflejarán el nivel de utilización que se le puede dar a la maquinaria disponible.

3.3.1.1. Porcentaje de disponibilidad total

Como su nombre lo indica, este índice nos brinda un dato real acerca del nivel de disponibilidad de la maquinaria y equipo. Este dato se obtiene de la división entre el número real de unidades que se encuentran disponibles y el número teórico de unidades que deberían estar en uso.

$$DT = \frac{\text{Unidades disponibles (dato real)}}{\text{Unidades disponibles (dato teórico)}} * 100$$

$$DT = \frac{17}{25} * 100 = 68 \% \text{ de disponibilidad}$$

3.3.1.2. Frecuencia media entre fallas

Este indicador nos da información específica acerca de la cantidad de fallas que se tienen por cierta cantidad de unidades disponibles, se puede interpretar este dato como la frecuencia con la que se presenta una avería en los equipos.

$$\text{Frecuencia de fallas} = \frac{DT \text{ (Disponibilidad total)}}{\text{No. de unidades con falla}}$$

$$\text{Frecuencia de fallas} = \frac{68}{8} = 8,5 \text{ fallas por 25 unidades disponibles}$$

3.3.1.3. MTTR – Tiempo medio de reparación

Especifica el tiempo medio que toma reparar una unidad con falla o avería.

$$MTTR = \frac{\text{No. de horas de paro por avería}}{\text{No. de averías}}$$

$$MTTR = \frac{3,5}{1} = 3,5 \text{ horas de paro por avería}$$

3.4. Estrategias propuestas para el mantenimiento

A continuación, se describen las estrategias.

3.4.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo, conlleva el haber realizado un cronograma o plan de mantenimiento con anterioridad, de manera que se debe efectuar cuando dicho plan, así lo indique. Para realizar un mantenimiento preventivo exitoso se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos o pasos:

- La tarea de mantenimiento debe estar programada dentro del plan.
- Se debe hacer efectiva la coordinación con los departamentos involucrados, o bien, con el cliente al que se le prestará el servicio.
- Tener planificados los materiales, equipo y personal para la tarea.

A continuación, se presenta una hoja técnica en la que se detalla la estructura para realizar un mantenimiento preventivo exitoso. Esta hoja es de utilidad en el departamento debido a que brinda un detalle acerca de las actividades que se deben realizar en un tanque de GLP, su periodicidad y nombres de las personas responsables de realizar la tarea, así como de supervisar y aprobar la misma.

Tabla II. **Hoja técnica de mantenimiento preventivo**

Plan de Mantenimiento Preventivo						Página 1 de 1
Equipo:	Bomba de GLP	Código	GZ-0001	Planta:	Villa Nueva	
Actividad	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Estado del equipo	Medidas de seguridad

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. **Mantenimiento correctivo**

Como se ha indicado anteriormente, el mantenimiento correctivo se llevará a cabo cuando así sea necesario, es decir, cuando un tanque o contenedor requiera alguna reparación, debido a alguna falla inesperada en el mismo. Es importante resaltar que si bien, estas reparaciones son inesperadas, también son de suma importancia dentro de la planificación de un programa de mantenimiento, ya que es imposible contar con un proceso en el cual no se presenten fallas inesperadas, las cuales pueden ser el resultado de un mal manejo del equipo, negligencia en cuanto a mantenimiento aplicado anteriormente, antigüedad de la máquina, o simplemente por razones de fabricación.

Dentro de este proceso, es de vital importancia contar con un récord o histórico de los trabajos que se han realizado o se vayan a realizar, es por eso que se presenta a continuación una hoja técnica, en la cual se detalla con especificidad varios aspectos importantes: nombre del técnico, nombre del supervisor, trabajo a realizar, tiempo empleado en el trabajo, herramientas utilizadas; el objetivo de una hoja de este tipo es llevar un archivo para futuras referencias, de manera que facilite futuras inspecciones, reparaciones, y es útil para realizar un programa de mantenimiento preventivo correcto.

3.5. Descripción del nuevo sistema de mantenimiento preventivo

A continuación, se dará a conocer el sistema propuesto de mantenimiento preventivo.

3.5.1. Descripción general

El nuevo programa de mantenimiento preventivo que se propone contiene dentro de su estructura algunos objetivos clave, que de ser cumplidos suponen una mejora significativa en la eficiencia operativa dentro de los procesos que se emplean en la empresa; además, se verá beneficiada el área financiera, ya que una gestión correcta conllevará la reducción de gastos innecesarios, y brindará la información necesaria para poder realizar presupuestos periódicamente, en los que se detallen la cantidad de recursos que se desea invertir en el área. Para poder medir el cumplimiento del plan y sus objetivos, se establecieron algunos indicadores que reflejarán la manera en la que se está cumpliendo cada objetivo específico. El programa de mantenimiento también detalla un organigrama en el que se representa la manera en la que estará organizado el departamento y las responsabilidades de cada uno de los colaboradores.

El programa de mantenimiento contiene información de los diferentes procesos que se deben realizar en la correcta aplicación del mantenimiento a los tanques de GLP, se detalla así mismo un diagrama de flujo el cual contiene con exactitud las tareas a realizar. Por último, se detallan todos los insumos y activos que se necesitarán para llevar a cabo la tarea, tales como herramientas y recurso económico para la adquisición de estas.

3.5.2. Descripción de los procesos

A continuación, se encuentra la descripción de cada uno de los procedimientos que se realizarán en los tanques.

3.5.2.1. Pruebas termográficas

La termografía infrarroja es un ensayo no destructivo (END) ya que refleja información acerca del equipo o muestra en estudio sin dañar la integridad física de esta. La información obtenida es de importancia mayor porque en ella radica la decisión de intervenir en el momento la máquina o bien, posponer la intervención, ya que no es necesario al estar la misma funcionando en buenas condiciones, lo cual reduce en gran manera los costos del área. Además, la prueba termográfica garantiza la disponibilidad operacional de los equipos, al ser un proceso que no requiere de un paro en la producción o procesos de producción.

3.5.2.2. Esmerilado a tanques

El esmerilado es una operación con la que se trata de conseguir unas superficies con irregularidades superficiales muy bajas, es decir, con rugosidad muy reducida. El esmerilado de superficies planas se efectúa sobre unos planos apropiados llamados esmeriladores, sobre los cuales se distribuyen polvos abrasivos mezclados con aceite mineral; las superficies a mecanizar se frotan contra los planos esmeriladores, variando continuamente la dirección y el sentido del movimiento hasta obtener el efecto deseado. El plano de trabajo está constituido generalmente por fundición y en la práctica es un mármol con acanaladuras en las cuales se recoge el exceso de abrasivo. En función del tipo de abrasivo empleado pueden obtenerse superficies rectificadas, pulidas o

simplemente desbastadas. Este proceso se realiza en los tanques para lograr evitar una corrosión o lograr corregir imperfecciones.

3.5.2.3. Soldadura industrial

La búsqueda constante de eficiencia en el proceso de fabricación y la garantía de la calidad del producto que contienen ha impuesto la aplicación de normas estrictas que hoy rigen la construcción de tanques de almacenamiento, dictadas por dos entidades de alcance mundial: el Instituto Estadounidense del Petróleo y la Sociedad Estadounidense de Soldadura (respectivamente, API y AWS, por sus siglas en inglés).

La intervención reguladora de la AWS obedece al hecho de que la construcción de los tanques de almacenamiento implica diversos procesos de soldadura, que en virtud de la normativa 650 del API desplazan la vieja técnica de unión por remaches, actualmente en desuso. Esto es porque, debido al tamaño de los tanques, no existen placas metálicas con las dimensiones requeridas para conformar una sola pieza, por lo cual deben usarse varias placas de gran tamaño que se van soldando entre sí hasta armar el tanque completo. Por lo tanto, es claro que la automatización y la experiencia en soldadura de tanques en campo se va imponiendo cada vez más, en vista de sus numerosas ventajas frente a la soldadura manual tradicional.

El material usado para la construcción de estos tanques metálicos consiste en grandes placas de acero y sus variantes, como acero galvanizado, acero inoxidable y acero de níquel. Cada uno tendrá una aplicación diferente, ya que por ejemplo el acero inoxidable es resistente a la corrosión, mientras que el acero de níquel confiere ductilidad e integridad estructural suficiente a temperaturas extremas bajo cero.

El cuerpo del tanque está formado por una serie de anillos soldados entre sí (conocidos como “virolas”), y dependiendo de la aplicación puede constar de una o dos paredes. Así, los cuerpos más comunes y usados son los de una sola pared, mientras que los de pared doble se emplean en aplicaciones en las que se requiere el almacenamiento a baja temperatura o alta presión. El caso de los tanques criogénicos que almacenan gas natural licuado a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ es el más representativo de los tanques de pared doble, en donde la pared interna es de acero de níquel y la pared externa es de acero y hormigón pretensado.

Los tanques pueden construirse por encima o por debajo del nivel del suelo, su orientación puede ser vertical u horizontal, y el techo puede adquirir diversas formas, por ejemplo, puede ser cónico, en forma de domo o de tipo flotante, todo en función de las necesidades y aplicaciones reales.

Los tres componentes de un tanque requieren la soldadura de las chapas de acero, ya sea entre fondo y cuerpo, entre cuerpo y techo, así como entre las propias chapas que conforman el fondo, el cuerpo o el techo.

3.5.2.4. Pruebas de presión

Una de las cuestiones de seguridad más importantes que hay respecto del uso de cualquier gas combustible o tóxico es el asegurarse de que no haya una fuga. Por desgracia, los gases son invisibles; a diferencia de lo que sucede con el agua, no es fácil ver de dónde sale un gas. Si bien el gas natural tiene un fuerte olor característico, resulta muy poco práctico tratar de ubicarlas mediante el mero olfato, además de que inhalar el gas puede ser peligroso.

Esta prueba nos permite detectar una fuga en una red completa de tuberías y accesorios de gas. Consiste en introducir un gas (que puede ser incluso aire) a

presión a toda la instalación; por un extremo se introduce el aire, y por el otro se hace la medición con un manómetro. Tras un tiempo, se revisa si la tubería lo contiene eficientemente, puesto que, en un entorno cerrado, la presión se acumula, no se libera. Si hay una disminución en la medición, implica que el aire se fuga por algún punto, a partir de lo cual se realiza una prueba diferente para localizar la fuga. Si no hay un cambio, entonces la instalación está libre de filtraciones y es totalmente segura. Esta prueba no debe realizarse con agua nunca, pues las tuberías de gas no están hechas para llevar el líquido y pueden oxidarse.

3.5.2.5. Pintura electrostática

La pintura electrostática, o lacado pintuco, en muchos países llamada también pintura en polvo, es un tipo de recubrimiento que se aplica como un fluido, de polvo seco, que suele ser utilizado para crear un acabado duro que es más resistente que la pintura convencional. El proceso se lleva a cabo en instalaciones equipadas que proporcionen un horno de curado, cabinas para la aplicación con pistolas electrostáticas y por lo general una cadena de transporte aéreo, donde se cuelgan las piezas.

Se consiguen excelentes resultados tanto en términos de acabado y sellado hermético. En la industria manufacturera se encuentra una amplia aplicación, de hecho, desde un punto de vista cualitativo, es más fácil de aplicar, y desde un punto de vista ecológico, no crea ningún problema para los operadores y el medio ambiente.

Se puede aplicar a los siguientes materiales tales como el acero, aluminio y metales galvanizados. Con los colorantes se pueden obtener todos los matices de color, incluso la gama de RAL 7032.

En el proceso de pintura en las plantas de gas fósil, se tiene mucho cuidado al momento de realizarlo, ya que se debe realizar en los tanques sin producto, esto debido a que el contenido de estos es ligeramente propano.

3.6. Planificación de procesos del mantenimiento preventivo

A continuación, se da a conocer los diagramas de operaciones y de flujo que se van a utilizar en el nuevo departamento.

3.6.1. Diagrama de operaciones

El modelo describe cómo debe operar el departamento de mantenimiento en la organización, las normas y reglamentos enmarcan todas las actividades que se desarrollan en la organización. Posteriormente los objetivos, misión, visión y expectativas de Gas Zeta lideran las demás actividades, por esta razón están sobre los clientes y sobre el departamento de mantenimiento.

Los requisitos que tienen las partes interesadas en el mantenimiento son las entradas para el proceso de planificación, donde serán, junto con la misión, visión y objetivos del departamento, la base para programar las actividades de mantenimiento. La planificación es el primer proceso que debe llevarse a cabo en el departamento, posteriormente se gestionan los recursos de la forma en la que se detalló y luego se ejecutan las actividades.

Tanto la planificación, como la gestión de recursos y la ejecución y supervisión se enlazarán mediante un sistema de información y el sistema será la fuente primaria de información para los procesos de control y mejora.

Figura 11. **Diagrama de operaciones de mantenimiento preventivo**

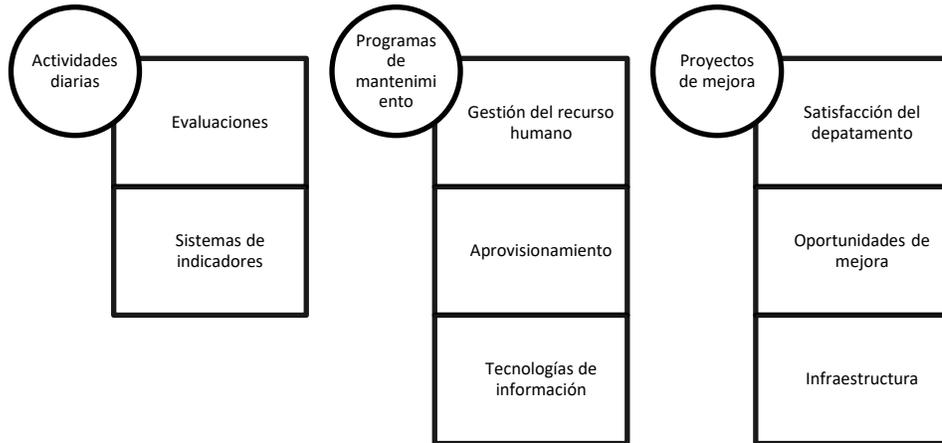


Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Diagrama de flujo

Se muestra a continuación el diagrama de flujo de las operaciones a seguir en el departamento:

Figura 12. Diagrama de flujo



Fuente: elaboración propia.

3.7. Planeamiento de equipo para mantenimiento

Para realizar la lista de equipos se utilizarán los primeros niveles de la estructura arbórea, es decir, la planta, el área, el equipo y los sistemas que posee cada uno de estos. No se especificarán los componentes y los elementos para no volver la lista muy compleja, porque no volvería funcional el sistema por estar en una etapa tan incipiente.

Tabla III. **Listado de equipos**

Área	Equipo	Sistema
Cuartos de equipos	Bombas	Tubería de succión y descarga
		Elementos mecánicos
		Instrumentación
		Sistema eléctrico
		Control
	Compresores de aire	Sistema de lubricación
		Sistema de admisión y descarga de aire
		Sistema de transmisión
		Instrumentación
		Sistema eléctrico
	Planta eléctrica	Componentes estructurales
		Sistema de generación
		Sistema de arranque
		Sistema de alimentación de combustible
		Sistema de control
Cuarto equipo contra incendios	Equipo contra incendios	Sistema de almacenamiento de agua
		Sistema de bombeo
		Sistema eléctrico
	Red de agua contra incendios	Sistema de bocas de incendio equipadas
		Sistema de detección
		Sistema de hidrantes
Andén	Llenadoras mecánicas y automáticas	Válvulas
		Tuberías
		Elementos estáticos
		Elementos de medición
	Red de aire comprimido	Instrumentación
		Válvulas
		Tuberías

Continuación tabla III.

Zona de descarga de cisterna	Básculas electrónicas	Instrumentación
		Elementos estáticos
		Indicador de peso
		Alimentación eléctrica
	Bomba GLP	Tubería de succión y descarga
		Sistema de transmisión
		Instrumentación
		Sistema eléctrico
		Componentes estructurales
		Control
	Compresor de GLP	Sistema de lubricación
		Sistema de transmisión
		Sistema de admisión y descarga
		Componentes estructurales
		Instrumentación
Red para GLP Líquido	Sistema eléctrico	
	Tuberías	
	Válvulas	
Red para GLP Gaseoso	Instrumentación	
	Tuberías	
	Válvulas	
Patio de trasiego y dique	Red de trasiego de GLP	Instrumentación
		Válvulas
		Tuberías y almacenamiento
	Redes para carga y descarga	Instrumentación
		Válvulas
		Tuberías

Fuente: elaboración propia.

Para facilitar el manejo la información, los datos más generales de los equipos se agruparán por las clasificaciones que se resumen en la siguiente tabla y se adaptarán para cada equipo.

Tabla IV. **Clasificación de la información para las fichas técnicas**

Clasificación	Características	Clasificación	Características
Datos generales	Marca Modelo Serie Ubicación Cantidad	Detalles de funcionamiento	Valores de operación normal para las variables del equipo (caudal, presión, tensión)
Motor eléctrico	Marca Serie Potencia Carcasa Factor de servicio Velocidad Corriente Voltaje Fases Conexión	Partes del equipo	Diagrama donde se muestren las partes principales de los equipos.
Sistema de transmisión		Rodamientos Diámetro de las poleas Diámetro de los ejes Tipo de faja	

Fuente: elaboración propia.

3.8. Insumos utilizados en el mantenimiento

Para realizar el mantenimiento es necesario contar con los siguientes servicios.

3.8.1. Servicio de energía eléctrica

Constituye un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos y una calidad de servicio acorde a las necesidades de la empresa, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

Asimismo, el sistema de energía eléctrica requiere de un tratamiento, en relación con diferentes voltajes que se producen dentro de la planta, los cuales requieren a su vez un mantenimiento constante para regular el buen funcionamiento de estos.

El sistema de energía eléctrica es proporcionado por la Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima, regulada en gran parte por sistemas propios de Gas Zeta, en relación con la correcta administración del suministro de corriente eléctrica.

3.8.2. Servicio de agua

El agua es un bien fundamental para todas las formas de vida. Debido a la creciente población mundial, se ha vuelto escaso y es fundamental e imprescindible su ahorro. Piense que el ahorro de agua significa ahorro energético y defensa del medio ambiente.

A continuación, se detalla una serie de recomendaciones que es importante seguir para un mantenimiento seguro:

- Vigilar el estado de todos los materiales, equipos y componentes que forman la instalación de agua: grifería, llaves, conexiones, equipos sanitarios, entre otros.
- Periódicamente, llamar a su instalador habilitado para que revise su grifería. Tener presente que la grifería se desgasta con el uso. Se evitará de esta forma el goteo de los grifos y ahorrará agua.

- Leer atentamente las instrucciones de uso y mantenimiento que le fueron entregadas con los aparatos de consumo.

3.9. Costos propuestos del mantenimiento preventivo

Para tener una aproximación del impacto económico que genera el mantenimiento en la organización se realizará una aproximación de los costos anuales asociados a cada equipo. La aproximación considerará el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio entre reparación dados por el técnico, en la aplicación del método del flujograma. Por medio de estos tiempos se estimarán los costos de mano de obra, tanto de mantenimiento como de operaciones, además, el costo de repuestos y la pérdida de producción.

Además del tiempo medio de reparación se va a considerar el máximo plazo de entrega que puedan tener los repuestos, así como el tiempo que tardan los técnicos en trasladarse para comprar los mismos. Este tiempo se sumará al tiempo medio de reparación y esta suma representará el tiempo total asociado a la ocurrencia de la falla o al mantenimiento que se da a los equipos.

Para estimar las pérdidas de producción se utilizará un estudio de tiempos. La variación de tiempos de llenado obedece a la distribución de la tubería, por lo que las llenadoras que están más alejadas se verán afectadas por una caída de presión mayor, lo que se traduce en más tiempo de llenado y menor cantidad de cilindros envasados por hora; también influyen otras variables como la temperatura ambiente, ya que la temperatura y presión del GLP en el tanque principal están en función de la temperatura ambiente y de esto depende el funcionamiento de la bomba de GLP. Por otro lado, cuando se están llenando graneleras la caída de presión en el *manifold* es mayor y aumenta el tiempo de llenado.

Además, se considerarán los escenarios más críticos, es decir, los que generan mayores consecuencias a la organización en caso de que sucedan, debido a que el objetivo de este diagrama de Pareto es identificar cuáles implican mayores costos para la organización y, junto con el método del flujograma, identificar cuáles son los más críticos para enfocar el plan piloto del programa de mantenimiento hacia estos.

Tabla V. **Listado de equipos y frecuencia de mantenimiento**

Equipo	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta
Bomba GLP	66,22	66,22
Compresor GLP	32,62	98,83
Compresores neumáticos	0,77	99,95
Quemador industrial	0,31	99,14
Llenadoras mecánicas	0,04	99,18
Llenadoras automáticas	0,04	99,99
Planta eléctrica	0,00	100,00
Bomba pozo profundo	0,00	100,00

Fuente: elaboración propia.

La frecuencia de mantenimiento se encuentra ligada en mayor parte a la bomba de GLP y al compresor GLP, el cual tiene una frecuencia relativa de 66,22 y 32,62 respectivamente, lo que indica que son las más susceptibles e importantes al momento de realizar el proceso productivo, ya que sin estos no se podría seguir con el funcionamiento correcto de la planta.

Entonces, los equipos en los que se van a enfocar las rutinas y los programas de mantenimiento son: los equipos del sistema de protección contra incendio, los extintores portátiles, los compresores neumáticos, la bomba de

GLP, el transformador de baja y las llenadoras. Además, se debe considerar la planta eléctrica y el compresor de GLP, ya que fueron clasificados, mediante el método del flujograma, como importantes.

Como se espera, el equipo de protección contra incendio es muy crítico en el proceso por la peligrosidad asociada a la planta relacionada con el manejo de una sustancia inflamable. Y el resto del equipo clasificados como críticos, en su mayoría, son los que se relacionan con el trasiego de la sustancia y que, por ende, ante una anomalía en su funcionamiento, afectarían el proceso productivo.

Tomando en cuenta que lo que se desea implementar es un mantenimiento preventivo y como se mencionó anteriormente, lo ideal para este departamento es tener de un 5 a 10 % del presupuesto de la empresa asignado. Sin embargo, se desea obtener un valor real actual aproximado del costo de mantenimiento correctivo, el cual se obtendrá a partir de atacar principalmente las áreas en donde se tienen más fallos. Partiendo de esta información, tenemos que la frecuencia de fallas actualmente es de 8,5 fallas por cada 25 unidades disponibles, lo que resulta en una falla cada 88 horas, el tiempo medio de reparación es de 3,5 horas, mismo tiempo en que se deja de utilizar un equipo para almacenar/producir el producto en cuestión. Esta pérdida supone un aproximado de Q 13 000,00 quetzales por fallo, dando como resultado un total de Q 110 500,00 quetzales de pérdidas de producción por paros no programados debido a fallas en los equipos. A este valor se le debe sumar los costos fijos, costos por pérdida de producción, costos por repuestos, costos de energía, lo que asciende. Resultando en un valor de aproximadamente Q. 250 000,00 mensuales.

Al contrario, si se utilizara el mantenimiento preventivo, los costos mensuales son de Q. 169 250,00 valor que se explica en el capítulo 4,4 “Estructura de costos de mantenimiento”.

3.9.1. Costos de implementación

La implementación consiste en la elaboración de una campaña de divulgación sobre las nuevas disposiciones a seguir. Para esto es necesaria la redacción de un documento informativo el cual será entregado a cada planta de almacenaje y envasado de GLP.

Para la redacción de la documentación para informar a los encargados de las plantas, el costo aproximado es de Q 3,00 por cada documento, con tiempo de 2 meses para unir toda la información obtenida y redactarla que presentamos a continuación.

Tabla VI. **Costos estimados para la impresión y distribución del documento de implementación de mantenimiento**

Insumos	Cantidad	Precio unitario	Total
Hojas	150	Q.0,10	Q.15,00
Impresiones	150	Q.2,50	Q.37,50
Folders	150	Q.1,50	Q.225,00
TOTAL			Q.277,50

Fuente: elaboración propia.

3.9.2. Costo de oportunidad

Los costos de oportunidad son aquellos que se tienen por la realización del proyecto, y que se pudieran invertir en otra situación. El costo de oportunidad para la gestión de un programa de mantenimiento conlleva las pérdidas resultantes de la no adaptación a las nuevas disposiciones, así como los

beneficios para las empresas de tener un mantenimiento preventivo por lo cual el Ministerio de Energía y Minas se vería en la incapacidad de evaluar estos resultados.

Realizando una comparación entre los costos actuales de mantenimiento correctivo y el costo propuesto de mantenimiento preventivo:

$$\begin{aligned} \text{costo de oportunidad} &= \text{costo manto.correctivo} - \text{costo manto.preventivo} \\ \text{costo de oportunidad} &= 250,000 - 169,250 = 80,750 \end{aligned}$$

El costo de oportunidad es de Q. 80 750,00 mensuales, cantidad que podría invertirse en otros proyectos.

3.10. Gestión de repuestos

El objetivo de seleccionar un *stock* de repuestos es mantener un balance entre el impacto que representa para la empresa mantener un presupuesto inmóvil y la disminución de disponibilidad de las instalaciones por no mantener un *stock* de repuestos críticos.

Existen cinco aspectos que debemos tener en cuenta a la hora de seleccionar el *stock* de repuesto la criticidad de los equipos en que están situados, su consumo, el coste de la pieza, el coste de la pérdida en producción en caso de fallo y el plazo de aprovisionamiento.

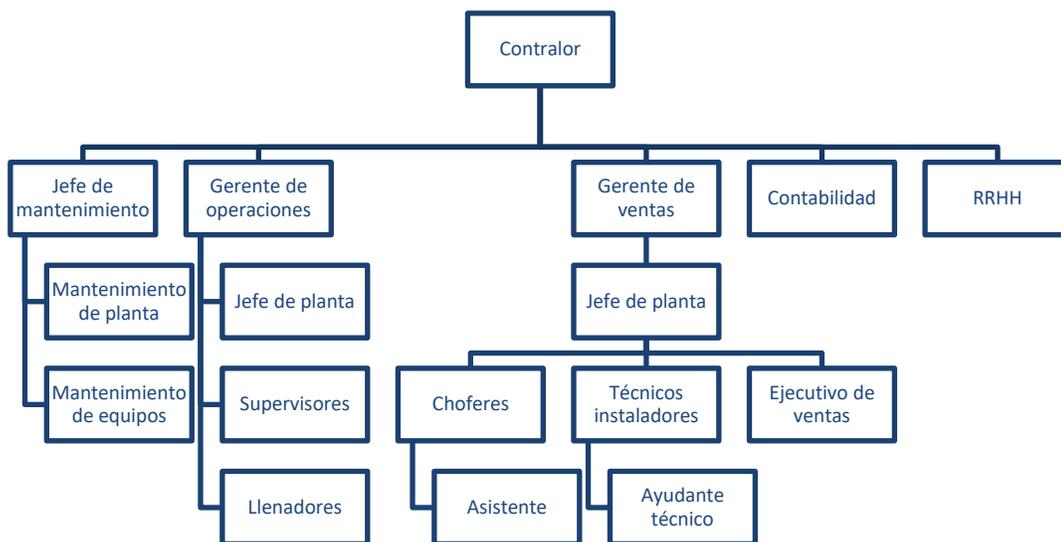
Algunos elementos como las fajas se consideran como importantes porque mediante las inspecciones de rutina se puede identificar cuando ya requieran cambio. El tiempo de entrega es el obtenido por medio de las cotizaciones, donde se muestra que todos tienen entrega inmediata, excepto el kit de reparación de

la bomba de GLP y los kits de reparación de las válvulas de admisión y descarga del compresor de GLP, que pueden tardar hasta 8 semanas para estar disponibles para la venta. En cuanto al criterio de medidas provisionales, no existen equipos duplicados, por lo que no se pueden tomar medidas alternas para continuar el proceso productivo si algún equipo falla.

3.11. Estructura propuesta para el departamento de mantenimiento

A continuación, se muestra una gráfica de la nueva estructura organizacional que se propone para el departamento de mantenimiento:

Figura 13. Estructura organizacional propuesta



Fuente: elaboración propia.

Una estructura centralizada para el departamento de mantenimiento para separar las funciones del departamento de operaciones de las del departamento de mantenimiento para facilitar la normalización y estandarización de tareas y trascenderlos a las otras plantas, así como facilitar la supervisión de labores y

brindar mayor flexibilidad para disponer de personal y recursos ante la ocurrencia de un mantenimiento de emergencia. De esta forma, el departamento de mantenimiento tiene la responsabilidad total del servicio que brinda.

Esta estructura proporciona mayor autonomía al departamento, por lo que convierte la toma de decisiones más expedita y facilita el control, manejo y reposición del stock de repuestos. Al tener mayor autonomía, también la planificación y la asignación de responsabilidades es más efectiva, porque se dispone de recursos propios para el departamento.

A pesar de que el departamento de mantenimiento estará separado del departamento de operaciones, la comunicación entre los departamentos se mantendría fluida y siempre se deberá mantener la concordancia entre los requerimientos del departamento de operaciones y la planificación de las tareas de mantenimiento.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Creación del departamento de mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento se encarga de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que requiera la planta en materia de mantenimiento preventivo y correctivo.

4.1.1. Funciones

Coadyuvar en la formulación del plan de distribución anual del presupuesto para gasto corriente e inversión física para su aprobación, así como participar en la elaboración del Programa Anual de Obras e Infraestructura, contribuyendo en la definición de criterios y prioridades de asignación de recursos para el correcto desempeño de las labores de mantenimiento preventivo y correctivo.

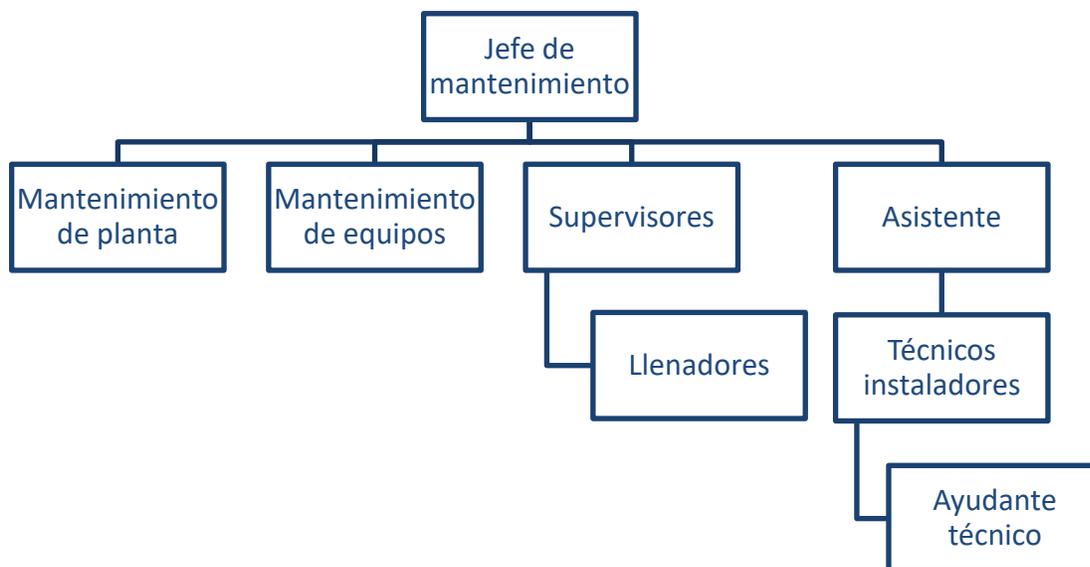
Verificar que la contratación de la obra pública y los servicios relacionados con la misma, se realicen con estricto apego a lo dispuesto en las normas internas de la planta de Gas Zeta.

Elaborar el programa anual de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones, así como de la contratación de la obra pública necesaria para el fortalecimiento y desarrollo de las instalaciones físicas de los inmuebles de la planta.

Realizar visitas de supervisión a las instalaciones para detectar necesidades de mantenimiento preventivo, correctivo o adaptación.

Proporcionar o en su caso contratar los servicios de colocación de nuevas instalaciones para alumbrado y tendido de líneas, suministro de energía de emergencia ininterrumpida, mantenimiento preventivo correctivo a subestaciones eléctricas y todo tipo de reparaciones de este género.

Figura 14. **Organigrama departamento de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia

Se propone una estructura centralizada para el departamento de mantenimiento para separar las funciones del departamento de operaciones de las del departamento de mantenimiento para facilitar la normalización y estandarización de tareas y trascenderlos a las otras plantas, así como facilitar la supervisión de labores y brindar mayor flexibilidad para disponer de personal y recursos ante la ocurrencia de un mantenimiento de emergencia. De esta forma,

el departamento de mantenimiento tiene la responsabilidad total del servicio que brinda.

Esta estructura proporciona mayor autonomía al departamento, por lo que convierte la toma de decisiones más expedita y facilita el control, manejo y reparación de maquinaria. Al tener mayor autonomía, también la planificación y la asignación de responsabilidades es más efectiva, porque se dispone de recursos propios para el departamento.

A pesar de que el departamento de mantenimiento estará separado del departamento de operaciones, la planta es de tamaño grande, por lo que la comunicación entre los departamentos se mantendría fluida y siempre se deberá mantener la concordancia entre los requerimientos del departamento de operaciones y la planificación de las tareas de mantenimiento.

4.2. Descripción de puestos

Para estimar los requerimientos de mano de obra, se estimó una duración promedio por actividad. Para cada uno de los programas se agruparon las tareas según la frecuencia y se asignaron a cada colaborador responsable, el cual también está especificado en cada plan. Para hacer el cálculo se hizo una estimación mensual, por lo que las frecuencias diarias se calcularon por cinco días a la semana, ya que se realizan de lunes a viernes, se multiplicaron por cuatro semanas para obtener el tiempo requerido por mes. De forma análoga se realizó el cálculo según la frecuencia de las actividades de cada programa. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos, los cuales representan el tiempo requerido por tipo de colaborador.

Tabla VII. **Distribución de tiempo de mantenimiento por rutina**

Frecuencia / Rutina	Duración (minutos)						
	Diario	Semanal	Quincenal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Técnico							
RE-01-PC	2						
MA-01-PC			2	15	60		
MA-02-PC		10		19		40	2
MA-03-PC		14	4	40	60		
MA-05-PC		38	7	65			27
MA-06-PC		10					
MA-07-PC							30
Encargado mantenimiento de planta							
MA-07-PC		30	2 100	120		1 470	11 790

Fuente: elaboración propia.

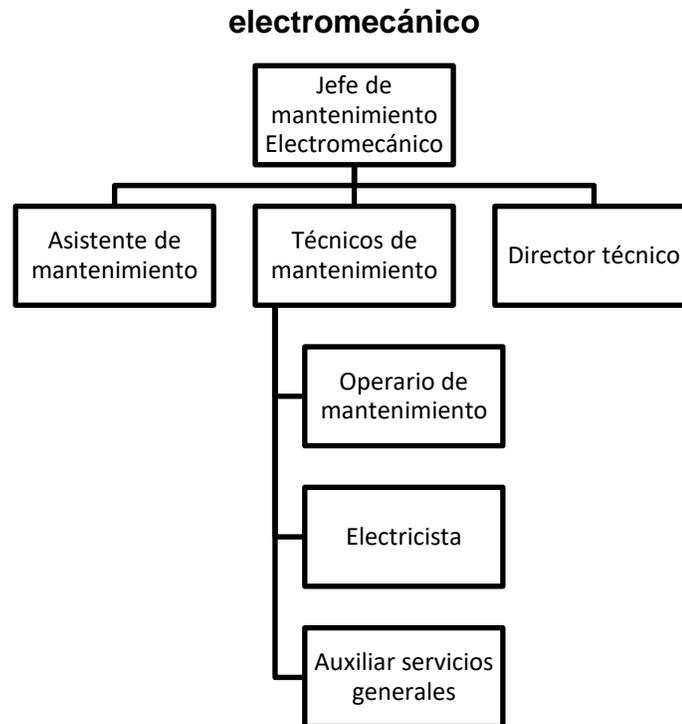
Con estos tiempos por frecuencia, se estimó el requerimiento de mano de obra del técnico para las rutinas propuestas. La rutina diaria se multiplicó por los cinco días de la semana durante las cuatro semanas del mes, el tiempo semanal se multiplicó por cuatro, la rutina quincenal por dos y así sucesivamente según la frecuencia.

El técnico labora de lunes a viernes de 8:00 a.m. a 5:00 p.m. y los sábados de 8:00 a.m. a 12:00 p.m. por lo que al mes labora 9 360 minutos, lo que implica que el tiempo máximo de mano de obra requerida representa solo el 22,5 % del tiempo total laborado, por lo que cuenta con tiempo para atender las tareas que surjan de improviso. El encargado de mantenimiento de la planta requiere 84 780 minutos, labora en el mismo horario que el técnico y el tiempo requerido para el mantenimiento de la planta representa el 75 % del tiempo laborado, sin

embargo, él no debe atender fallas en los equipos y aún tiene un 25 % de tiempo disponible para realizar reparaciones que se requieran.

A la vez, dentro de la estructura organizacional se hace distinción del área locativa y del área electromecánica, esta área es la que se encarga del mantenimiento de equipos.

Figura 15. **Estructura organizacional del área de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

4.3. Administración del mantenimiento

El jefe de mantenimiento es el encargado de las funciones administrativas, las funciones operativas son manejadas por el Técnico de Mantenimiento, quien se encarga de separar las tareas a realizar en tres tipos, de mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico y mantenimiento electrónico, cada una de las

cuales son entregadas a los Operarios de mantenimiento y Electricista para que realicen el trabajo. Llevar un registro diario de las tareas de mantenimiento ejecutadas, que son en su mayoría correctivas, son registradas algunas dentro de los formatos de hoja de vida que se han realizado para algunos equipos, realizar las gestiones con la orden de trabajo y colocarla en las fichas técnicas de algunos equipos, entre otros.

4.3.1. Planificación de mantenimiento

El plan de mantenimiento define la mayor parte de las acciones las cuales en su mayoría son correctivas. Algunas maquinas se encuentran dentro de un plan de mantenimiento periódico, donde son ejecutadas las tareas de mantenimiento con visión reparadora de acuerdo con horas de funcionamiento y no por condición del equipo.

4.4. Plan de mantenimiento preventivo

La fiabilidad y la disponibilidad de una empresa dependen del diseño y la calidad de su montaje, en el cual influyen las técnicas utilizadas para su ejecución. Dependen de la forma y buenas costumbres del personal de producción, el personal que opera en las instalaciones y por último dependen del mantenimiento que se realice. Debemos tener en cuenta que los efectos de las acciones hechas en mantenimiento no tienen su efecto de forma inmediata, sino que se ve varios meses después.

Cuando una empresa no posee un plan de mantenimiento es inevitable que sean las averías las que dirijan la actividad de mantenimiento. Normalmente se presta mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales, haciendo a un lado el mantenimiento de los equipos auxiliares; esto representa un grave

error pues uno de esos equipos al presentar una falla puede parar la producción de la empresa y ocasionar un daño en un equipo más costoso. Conviene entonces prestar atención también a aquellos equipos capaces de provocar fallos críticos. Para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la empresa.

Los beneficios que conlleva tener un plan de mantenimiento preventivo son muy grandes. Estos permiten detectar fallos repetitivos, disminuir los lapsos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir los costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, entre otros.

El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Cuando el mantenimiento es aplicado correctamente, produce los siguientes beneficios:

4.4.1. Mejores rendimientos operativos:

Esto se debe a:

- Intervalos de tiempo más largos entre las revisiones.
- Mayor énfasis en el mantenimiento de equipos y componentes críticos.

- Eliminación de las fallas en los equipos y componentes poco fiables.
- Diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia de los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Además de eso obtenemos un conocimiento sistemático acerca de la operación a realizar.
- Mejora en la utilización de los recursos.

4.4.2. Mayor seguridad y protección del entorno de trabajo:

Debido a:

- Mejoras en las estrategias para prevenir las fallas antes de que puedan afectar la seguridad e integridad de los operarios.
- Mejora e implementación de nuevos dispositivos de seguridad.
- Actualización y capacitación permanente de los operarios, para un buen desempeño a la hora de ejecutar el mantenimiento, con sus respectivos elementos de protección personal.

4.4.3. Mayor control en los costos del mantenimiento:

Debido a:

- Ahorro a mediano y largo plazo, debido a que este tipo de mantenimiento se programa para realizar inspecciones periódicas.

- Prevención y eliminación de fallas costosas.
- Mucha menor necesidad de utilizar expertos en la materia, debido a que el personal es capacitado y por lo tanto está en la capacidad de realizar las operaciones de mantenimiento requerido.
- Incrementa la vida útil de los equipos.

4.4.4. Amplia base de datos en el mantenimiento:

Esto se debe a:

- Debido a las revisiones periódicas que se realizan, se crean manuales más exactos a la hora de implementar el mantenimiento.
- Se provee de un conocimiento más profundo de las instalaciones y equipos que intervienen en la fábrica.
- Reduce la rotación del personal, y por lo tanto la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia en el campo de acción.

4.4.5. Respeto por el medio ambiente:

Esto se debe a:

- La implementación de procesos adecuados para el correcto desecho de residuos que sobran en la fabricación de la maquinaria y los procesos que se derivan de ello.

Esta propuesta de mantenimiento en la empresa GAS ZETA se realizó con el fin de prevenir al máximo las fallas en la maquinaria y preservar los equipos en un óptimo estado de funcionamiento. Con este plan de mantenimiento se busca seguir un procedimiento adecuado a la hora de realizar cualquier tipo de actividad en los equipos que intervienen en el proceso productivo de la empresa.

Se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos al implementar dicho plan de mantenimiento, es compromiso de la empresa; de ellos depende una mejora sustancial en la línea de producción, la calidad de los productos, la seguridad y el respeto al medio ambiente.

Los pasos bajo los cuales se desarrolló dicho plan fueron:

- Codificación.
- Diseño de Indicadores de Gestión (en donde se incluye la criticidad de los equipos y la forma de planificación de mantenimiento).

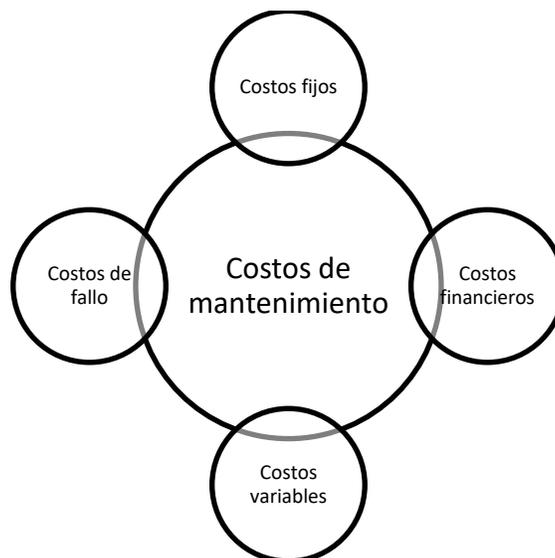
4.5. Estructura de costos de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento siempre van a representar un gasto para la organización, pero el porcentaje que representen dentro del total de gastos va en función de la gestión que el departamento de mantenimiento les dé a los recursos que recibe. Por lo que es deseable que el sistema de gestión de mantenimiento tenga conocimiento de cuáles son esos costos y los controle, ya que se busca que sean lo mínimo posible, es decir, que represente el menor porcentaje posible dentro del total de gastos de la organización.

Se adoptará la estructura de costos propuesta por los autores Navarro, Pastor, & Mugaburu que destacan que los costos de mantenimiento poseen dos características importantes: “La primera es que, a diferencia de otras partidas como la materia prima, es un coste que lo fija o controla la propia empresa, pudiendo destinar mayores o menores recursos. La segunda es que genera un gasto que obliga a una cierta liquidez que no se recupera (como el coste de la materia prima que se puede ir compensando con las ventas)”⁸.

Es importante dar énfasis a estas características, porque los recursos de mantenimiento por lo general son limitados, razón por la que es vital la buena gestión para cumplir con los objetivos del departamento al menor costo. Se adaptará la estructura de costos propuesta por los autores mencionados, la cual se especifica en la siguiente figura.

Figura 16. **Costos de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

⁸ NAVARRO ELOLA, Luis. *Gestión integral de mantenimiento*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=207846>.

Para Gas Zeta esta estructura de costos se adapta a la realidad actual en la organización, donde no se tienen indicadores ni se manejan registros, por lo que una clasificación más minuciosa podría hacer el proceso de control de costos más engorroso y probablemente la información que genere no podría ser analizada y ser considerada de forma oportuna en la toma de decisiones. A continuación, se especificarán las características de cada tipo de costos para facilitar su identificación.

4.5.1. Costos fijos

Los costos fijos de mantenimiento son aquellos que no están en función del tamaño de la producción, es decir, aunque la producción sea casi nula, los gastos fijos van a ser los mismos. Este tipo de costos incluyen principalmente la mano de obra y los recursos que se requieran para llevar a cabo las actividades de mantenimiento programado. Dentro de esta categoría también se clasifican el pago de alquileres, como el alquiler de un equipo de medición, por ejemplo.

Estos costos garantizan que se puedan llevar a cabo las actividades programadas por el departamento de mantenimiento, se traduce en la garantía de que las condiciones de las instalaciones se van a mantener en el mediano y largo plazo. La reducción de los costos fijos podría generar el deterioro de las instalaciones y de la capacidad productiva el mediano y largo plazo.

Los costos fijos mensuales para este proyecto se obtienen de la suma de sueldos del personal asignado a esta área, dando como resultado Q98 000 mensuales.

Se necesitará 4 supervisores, debido a los turnos rotativos, así mismo de 10 técnicos, para cubrir los turnos.

Tabla VIII. **Detalle de costo total por puesto**

Item	Cantidad	Precio unitario	Total
Jefe mantenimiento	1	Q.15 000,00	Q.15 000,00
Supervisor mantenimiento de planta	2	Q. 9 500,00	Q.19 000,00
Supervisor mantenimiento de equipo	2	Q. 9 500,00	Q. 19 000,00
Técnicos mantenimiento	10	Q. 4 500,00	Q. 45 000,00
TOTAL			Q. 98 000,00 mensual

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. **Costos variables**

Contrario a los costos fijos, los costos variables responden al nivel de producción, como su nombre lo indica no son constantes. Para el departamento de mantenimiento, por lo general los costos variables van a estar asociados con el costo de mano de obra y de materiales y repuestos que implique la realización de un mantenimiento correctivo, también se incluye el costo que tengan reparaciones que sean solicitadas al departamento.

Se debe procurar reducir estos gastos al mínimo posible, mediante el ajuste de las estrategias de mantenimiento utilizadas para disminuir la ocurrencia de fallos. Se asocia el mantenimiento correctivo a los costos variables, ya que entre más horas de operación tenga el equipo, mayor será la probabilidad de que surja una falla.

Dado que lo que se desea en esta empresa es reducir al mínimo las intervenciones por mantenimiento correctivo, se asignará un valor de costos variables en virtud de la utilización de repuestos e insumos para una intervención

de este tipo, tomando en cuenta que la frecuencia de falla es de 8.5 unidades por mes por cada 25 unidades disponibles, y asignando un valor de Q 2 500,00 por cada falla, tendríamos como resultado un total de Q 21 250,00 en costos variables por mes.

4.5.3. Costos financieros

Se refiere a costos financieros, aquellos costos del inventario almacenado en la bodega, que se supone no deben tardar mucho tiempo en ser utilizados para no incurrir en gastos innecesarios por almacenamiento y eventual deterioro, por esta razón es necesario identificar los que son críticos para mantener almacenados únicamente estos. También es necesario poseer un control de estas existencias para que cuando sean utilizadas, sean reemplazadas y de esta forma, garantizar la disponibilidad de los equipos productivos.

Por otro lado, también entra en esta categoría la depreciación y gastos relacionados con la duplicidad de equipos, cuando se haya demostrado que, es más económico mantener un equipo duplicado por la criticidad del mismo en el proceso.

Tomando en cuenta el *stock* mínimo de repuestos e insumos que actualmente se tiene en bodega dentro de planta, la suma asciende a un total de Q. 50 000,00.

4.5.4. Costos de fallo

Se refiere a costos relacionados con mantenimiento, pero no con la función principal de mantenimiento y suelen ser despreciados porque se ha considerado

que los que tienen mayor impacto son los tres primeros mencionados. Para empresas productivas, los costos de fallo son:

- Pérdidas de materia prima.
- Descenso de la productividad de la mano de obra del personal de producción, mientras se realizan las reparaciones.
- Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas, fugas de vapor, aislamientos térmicos defectuosos, entre otras.
- Rechazo de productos por falta de calidad.
- Producción perdida durante la reparación, menores ventas, menores beneficios.
- Averías medioambientales que pueden suponer desembolsos importantes para la empresa, fugas de productos, entre otros.
- Averías que puedan suponer riesgo para las personas o para la instalación, daños humanos, primas de seguro, imagen, entre otros.
- Costes indirectos, amortizaciones, entre otros.
- Pérdida de imagen, ventas, entre otros.

En el proceso de envasado es importante considerar este tipo de costos que se pueden producir por fugas en las tuberías, accesorios o boquillas para llenado, ya que estos generan pérdidas por el desperdicio de producto. También

es importante considerar el aislamiento del quemador industrial, el cual se encuentra deteriorado, ya que entre mayor sea la transferencia de calor, el aire va a llegar a una menor temperatura, lo que se traduce en un mayor tiempo para calentar el sello termo adherible que se coloca en la válvula de los cilindros. Asimismo, los costos de fallo incluirían el costo de la producción que se habría dado en los tiempos en los que se tienen paros.

4.5.5. Costo total de mantenimiento

De acuerdo con la clasificación anterior, el costo total de mantenimiento es la suma de los costos fijos, los costos variables, los costos financieros y los costos de fallo. Es importante considerar todos los costos que se asocien al departamento de mantenimiento, ya que como se mencionó, los costos de fallo no son por actividades de mantenimiento, pero son costos que con una adecuada gestión se pueden reducir.

Para demostrar el verdadero impacto que tiene mantenimiento en la organización, se debe hacer con el costo total de mantenimiento, ya que con una sola clasificación, solo se tendría una visión parcial de los costos implicados ante una eventual falla y podría conducir a decisiones incorrectas, como recortar el presupuesto que le asigna la organización al departamento y esto conlleva al incumplimiento de los programas de mantenimiento, lo que se traduce en atentar contra la disponibilidad de los equipos e impactar negativamente las ventas y así ocasionar mayores gastos.

El costo total de mantenimiento reflejaría la siguiente cantidad, sin tomar en cuenta los costos de fallo, ya que estos se reflejarían una vez ya esté implementado el sistema.

Tabla IX. **Detalle de costo total de mantenimiento**

Item	Cantidad	Total
Costos fijos	1	Q. 98 000,00
Costos variables	1	Q. 21 250,00
Costos financieros	1	Q. 50 000,00
Costos de fallo	1	-
TOTAL		Q. 169 250,00

Fuente: elaboración propia.

4.6. Codificación de equipos

Antes de realizar la codificación es necesario realizar un ordenamiento e inventario de los equipos, no se trata de incluir toda la planta hasta el más mínimo elemento, se debe encontrar el equilibrio práctico de detalle de gestión que interesa a cada planta en particular. Para realizar un inventario y codificación adecuados es necesario identificar cada una de las zonas o secciones que comprende la planta a partir de su función dentro del proceso y determinar una denominación para cada uno de los equipos que allí se encuentran. Determinada esta nomenclatura, se realiza la codificación de los equipos, caracterizándolos con una letra que indique su nombre o función, teniendo en cuenta la sección a la que pertenecen, la secuencia con números según la cantidad de equipos de la misma especie que se encuentren y el número de inventario asignado al equipo por el departamento contable de la empresa. Es importante diferenciar entre equipo y componente, definiendo el componente como un elemento que cumple una función técnica específica indispensable.

La codificación que se propone para los equipos es la codificación significativa, que proporciona datos sobre la ubicación de la planta y, por ende, la función que cumple dentro de la misma porque la lista de equipos no

proporciona una información fácil de manejar en toda la gestión del mantenimiento.

La codificación propuesta va a estar compuesta por cuatro partes. La primera parte va a estar compuesta por dos letras, que indican la planta en la que se ubica el equipo, se van a incluir las otras dos para dar oportunidad de trascender el mismo sistema hacia las otras plantas. La segunda parte proporcionará información sobre el área de la planta donde se encuentra el equipo, las cuales van a estar representadas por dos números, posteriormente se designará un número a cada área. La tercera y cuarta parte refieren propiamente a los equipos, la tercera parte va a estar representada por dos letras que indican el equipo que se está codificando y la cuarta parte es el número consecutivo, el cual depende del área donde se ubique el equipo, es decir, es independiente el consecutivo para cada área. En las siguientes tablas se mostrará el código que se utilizará para cada parte que compone la codificación.

Tabla X. **Codificación de plantas**

Planta	Código
Planta 1	PC
Planta 2	PA
Planta 3	PL

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Codificación de áreas**

ÁREA	Código
cuartos de equipos	01
SISTEMA CONTRA INCENDIOS	02
ANDÉN	03
DESCARGA DE CISTERNAS	04
PATIO DE TRASIEGO Y DIQUE	05
TALLER	06

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Codificación de equipos**

EQUIPOS	Código
BOMBA	BO
COMPRESOR	CO
GENERADOR ELÉCTRICO	GE
TRANSFORMADOR	TR
LLENADORA MECÁNICA	LM
LLENADORA MECÁNICA	LP
PUNTA POL	
LLENADORA AUTOMÁTICA	LA
QUEMADOR INDUSTRIAL	QI
ROMANA ELECTRÓNICA	RO
PATIO DE TRASIEGO Y	PI
PINGÜINO	
TANQUE PRINCIPAL	TP
BÁSCULA ELECTRÓNICA	BE
MOTOR	MO

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra un resumen que integra todos los elementos anteriores y la codificación para cada uno de los equipos existentes en la planta, no se incluyen los equipos que se encuentran en el taller porque este proyecto se limita a la sección de operaciones, no incluye al taller automotriz, sin embargo, se incluye para que posteriormente también se expanda el sistema de codificación hacia esta área.

Tabla XIII. **Codificación propuesta**

Área	Equipo	Codificación propuesta
Cuartos de equipos	Bomba pozo profundo	PC-01-BO-01
	Bomba agua potable	PC-01-BO-02
	Compresor neumático	PC-01-CO-01
	Compresor neumático	PC-01-CO-02
	Planta eléctrica	PC-01-GE-01
	Bomba de agua no potable	PC-01-BO-03
	Transformador de baja	PC-01-TR-01
Cuarto de equipos contra incendios	Bomba Jockey	PC-02-BO-01
	Bomba contra incendio	PC-02-BO-02

Continuación tabla XIII.

Andén	Llenadora mecánica	PC-03-LM-01
	Llenadora mecánica	PC-03-LM-02
	Llenadora mecánica	PC-03-LM-03
	Llenadora mecánica	PC-03-LM-04
	Llenadora mecánica	PC-03-LM-05
	Llenadora mecánica	PC-03-LM-06
	Llenadora mecánica	PC-03-LM-07
	Llenadora mecánica	PC-03-LM-08
	Llenadora mecánica punta pol	PC-03-LP-01
	Llenadora mecánica punta pol	PC-03-LP-02
	Llenadora mecánica punta pol	PC-03-LP-03
	Llenadora mecánica punta pol	PC-03-LP-04
	Llenadora automática	PC-03-LA-01
	Llenadora automática	PC-03-LA-02
	Llenadora automática	PC-03-LA-03
	Llenadora automática	PC-03-LA-04
	Quemador industrial	PC-03-QI-01
	Báscula electrónica	PC-03-BE-01
	Báscula electrónica	PC-03-BE-02
	Zona de descarga de cisterna	Bomba GLP
Motor de bomba GLP		PC-04-MO-01
Compresor GLP		PC-04-CO-01
Motor de compresor GLP		PC-04-CO-02
Patio de trasiego y dique	Patio trasiego y pingüino	PC-05-PI-01
	Tanque principal	PC-05-TP-01

Fuente: elaboración propia.

4.7. Análisis de criticidad

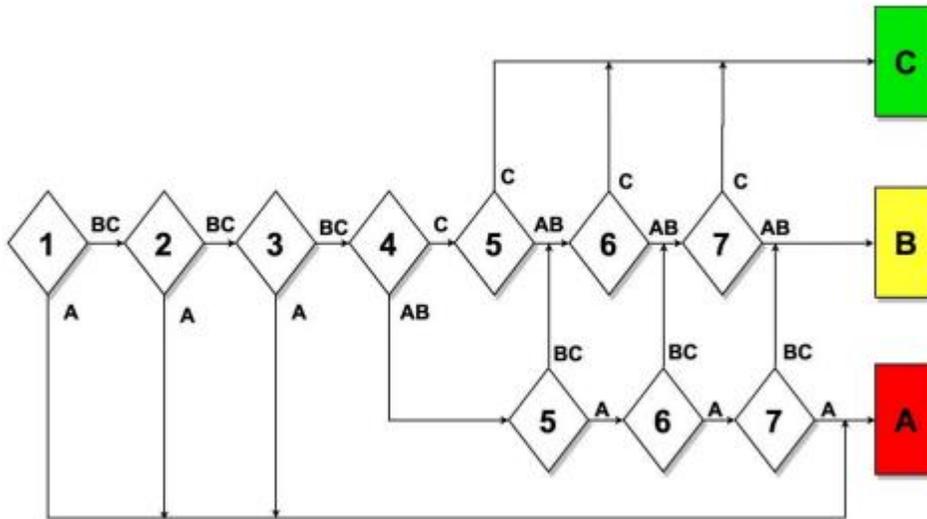
Este análisis nos permitirá establecer prioridades con base en la importancia que los equipos tienen en el proceso.

4.7.1. Método del flujograma

Antes de seleccionar una estrategia de mantenimiento para la planta se debe analizar cuáles son los equipos que tienen un alto impacto en el proceso productivo, para enfocar la estrategia hacia estos. Como se indicó en el marco teórico, ante la escasez de datos es imposible utilizar un método cuantitativo, por lo que se utilizará el método del flujograma. A pesar de que este método es llamado por los autores como cualitativo, en las dos últimas etapas de evaluación se requiere conocer frecuencias de fallo y tiempo promedio de la reparación.

Para aplicar el método, se debe seguir la secuencia del flujograma, se debe evaluar el equipo por cada etapa y clasificarla en A, B o C, según el criterio de cada etapa. Las etapas que componen el método son: medioambiente, seguridad, calidad, el tiempo de trabajo de un activo, entrega, fiabilidad y mantenibilidad. En la siguiente figura se muestra el flujograma que debe seguirse para clasificar los equipos.

Figura 17. **Flujograma de criticidad**



- 1 Medio ambiente
- 2 Seguridad
- 3 Calidad
- 4 Tiempo de trabajo
- 5 Entrega
- 6 Flexibilidad
- 7 Mantenibilidad

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura, al evaluar cada etapa se debe llegar a una clasificación A, B o C, donde A va a estar representado por los equipos más críticos y C por los equipos menos críticos, como se muestra también con los colores. Los criterios para la clasificación de los equipos se encuentran en una tabla adjunta en los anexos.

El aspecto medioambiente evalúa la capacidad que tiene un equipo de afectar al medio ambiente y a la salud de las personas en caso de que falle, la seguridad evalúa la fatalidad de los accidentes que puede provocar la falla de un equipo, la calidad se puntúa según el daño en la calidad del producto de la

organización que puede producir una falla en el equipo. El tiempo de trabajo alude al tiempo de funcionamiento diario del equipo, la entrega evalúa el alcance del paro que puede producir una falla en el equipo, la fiabilidad se refiere al tiempo promedio entre cada falla y la mantenibilidad al tiempo promedio que tarda la reparación de una falla.

De acuerdo con los autores del método, la evaluación de la fiabilidad se debe hacer por medio de tiempos, sin embargo, también hacen una excepción y permiten clasificar los activos según la frecuencia de fallas, en categoría A los que representan el 20 % sobre el 30 % que se clasifican como B y el 50 % restante se clasifica en categoría C.

4.7.2. Diagrama de Pareto

Para tener una aproximación del impacto económico que genera el mantenimiento en Gas Zeta se realizará una aproximación de los costos anuales asociados a cada equipo. La aproximación considerará el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio entre reparación dados por el técnico, en la aplicación del método del flujograma. Por medio de estos tiempos se estimarán los costos de mano de obra, tanto de mantenimiento como de operaciones, además, el costo de repuestos y la pérdida de producción.

Además del tiempo medio de reparación se va a considerar el máximo plazo de entrega que puedan tener los repuestos, así como el tiempo que tardan los técnicos en trasladarse para comprar los mismos. Este tiempo se sumará al tiempo medio de reparación y esta suma representará el tiempo total asociado a la ocurrencia de la falla o al mantenimiento que se da a los equipos.

Para estimar las pérdidas de producción se utilizará un estudio de tiempos realizado por la ingeniera de procesos de la planta, Ing. Lady Ramírez. La variación de tiempos de llenado obedece a la distribución de la tubería, por lo que las llenadoras que están más alejadas se verán afectadas por una caída de presión mayor, lo que se traduce en más tiempo de llenado y menor cantidad de cilindros envasados por hora; también influyen otras variables como la temperatura ambiente, ya que la temperatura y presión del GLP en el tanque principal están en función de la temperatura ambiente y de esto depende el funcionamiento de la bomba de GLP. Por otro lado, cuando se están llenando graneleras la caída de presión en el *manifold* es mayor y aumenta el tiempo de llenado.

De acuerdo con lo anterior, es muy complejo realizar un estudio que involucre todas las variables que se mencionaron y sería aún más complejo si se toman en cuenta todas las capacidades de cilindros que se envasan. Por esta razón se utilizará el estudio de tiempos mencionado, el cual representa un promedio de cilindros llenados por hora para cada romana y está basado en el llenado de cilindros de 25 lb, ya que la mayoría de los cilindros que se envasan son de esta capacidad. El precio varía constantemente durante el año, para esta aproximación se considerará un promedio del precio que tuvo el GLP durante todos los meses del año anterior.

Además, se considerarán los escenarios más críticos, es decir, los que generan mayores consecuencias a la organización en caso de que sucedan, debido a que el objetivo de este diagrama de Pareto es identificar cuáles implican mayores costos para la organización y, junto con el método del flujograma, identificar cuáles son los más críticos para enfocar el plan piloto del programa de mantenimiento hacia estos.

Algunos repuestos no se pudieron cotizar debido a que no se tienen las especificaciones ya que están internos en los equipos. No todas las llenadoras se consideraron para el estudio porque es muy poco probable que todas fallen simultáneamente. En las pérdidas de producción no se consideró el llenado de graneleras, solo se estimó las pérdidas de producción de envasado de cilindros.

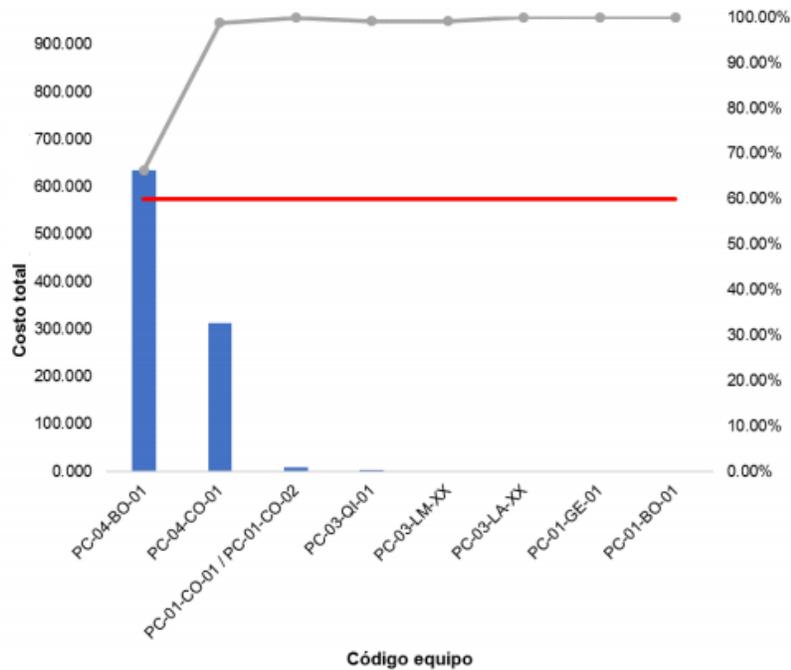
Para el diagrama de Pareto algunos equipos son insignificantes comparados con los costos totales, por lo que se omiten para en el gráfico ya que no pertenecen al grupo de los poco vitales. A continuación, se muestra la tabla resumen con los costos asociados a cada equipo y el diagrama de Pareto resultante, con un límite del 40 % para determinar los poco vitales.

Tabla XIV. **Costos asociados por equipo**

Equipo	Costo en miles de Quetzales	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada (%)
PC-04-BO-01	633,86	66,20	66,20
PC-04-CO-01	312,21	32,61	98,81
PC-01-CO-01	7,38	0,77	99,58
PC-03-QI-01	2,96	0,31	99,89
PC-03-LM-01	0,39	0,05	99,94
PC-03-LA-01	0,39	0,05	99,99
PC-01-GE-01	0,12	0,005	99,995
PC-01-BO-01	0,12	0,005	100,00
COSTO TOTAL	957,43		

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama 80-20



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el diagrama y en la tabla anterior, de acuerdo con Pareto, el equipo que corresponde a los pocos vitales es la bomba de GLP. Esto se debe a que dos veces al año se deben reemplazar el impulsor, los rodamientos y los sellos.

4.7.3. Equipos críticos

El mantenimiento debe garantizar la integridad mecánica de los sistemas de GLP, según el método de criticidad del flujograma, son equipos críticos o prioritarios el sistema de protección contra incendios, los compresores neumáticos, el transformador de baja, la bomba de GLP y las llenadoras, tanto las mecánicas como las automáticas. Según el mismo método, también son relevantes la planta eléctrica y el compresor de GLP.

Mediante el diagrama de Pareto, se demostró que el equipo que más impacto tiene en los costos asociados a mantenimiento es la bomba de GLP. A pesar de que solo este es el que impacta en mayor medida los costos, se considerarán todos los demás críticos determinados por el método del flujograma que este considera otros aspectos cualitativos que son relevantes en el proceso, como la calidad y la seguridad.

Entonces, los equipos críticos, es decir, en los que se van a enfocar las rutinas y los programas de mantenimiento son: los equipos del sistema de protección contra incendio, los extintores portátiles, los compresores neumáticos, la bomba de GLP, el transformador de baja y las llenadoras. Además, se debe considerar la planta eléctrica y el compresor de GLP, ya que fueron clasificados, mediante el método del flujograma, como importantes.

El equipo de protección contra incendio es muy crítico en el proceso por la peligrosidad asociada a la planta relacionada con el manejo de una sustancia inflamable. Y el resto de los equipos, clasificados como críticos, en su mayoría son los que se relacionan con el trasiego de la sustancia y que, por ende, ante una anomalía en su funcionamiento, afectarían el proceso productivo.

4.8. Estrategias de mantenimiento

Una vez clasificados los equipos según la criticidad, surge la interrogante de cuál tipo de mantenimiento utilizar, para hacer una buena selección del tipo de mantenimiento adecuado. Existen cuatro modelos de mantenimiento, todos los modelos incluyen las inspecciones visuales y la lubricación ya que esta inspección nos permitirá detectar averías de manera precoz, y su resolución generalmente será más barata cuanto antes detectemos el problema. La

lubricación siempre es rentable. Aunque sí represente un coste en general es tan bajo que está sobradamente justificado.

Las inspecciones son tareas muy sencillas, de corta duración y, por medio de ellas, el personal de mantenimiento puede detectar condiciones anómalas de operación y que si se corrigen con prontitud evitan los costos asociados a una falla.

4.9. Documentos de mantenimiento

El tipo de documento se refiere a si es un registro, un procedimiento o un manual, para los registros se utilizarán las letras RE, PR para procedimientos y para los manuales MA. El número consecutivo es asignado en la medida que se diseñan los documentos. El código de planta es el mismo que se asignó en la codificación de equipos. Los tres últimos campos representan al departamento al que pertenece el documento, las siglas OPE se utilizan cuando el documento es del departamento de operaciones y para los documentos de mantenimiento se utilizará MTO.

Además de la importancia que tienen los datos para mejorar continuamente el sistema de gestión de mantenimiento una vez implementado, también debe existir registros, estar disponibles para las autoridades competentes y mantenerse durante toda la vida útil de los equipos.

4.9.1. Solicitud de trabajo

La solicitud de trabajo debe estar disponible para todos los colaboradores de la planta, ya que cuando requieran un trabajo del departamento de mantenimiento lo deben solicitar por medio de este documento. Se debe tener un

block de solicitudes de trabajo, numeradas de forma consecutiva, cada solicitud debe tener una copia, las mismas se utilizarán en los procedimientos de mantenimiento correctivo y cualquier actividad no planeada por el departamento de mantenimiento, realizando un estudio previo de la realización del trabajo.

Los datos que se deben llenar son: fecha, nombre del solicitante, zona que requiere la intervención; la descripción detallada del trabajo requerido y la firma del solicitante. En la parte inferior, se selecciona si la solicitud es urgente o no.

4.9.2. Orden de compra

Para cualquier intervención es necesario adquirir los insumos que se requieren actualmente, cuando el técnico requiere hacer una intervención solicita una cotización al proveedor, la entrega al contralor para que él la firme y apruebe la compra. Luego, la cajera otorga el efectivo que corresponde al monto aprobado en la cotización y el técnico va a realizar la compra. Una vez que se ha hecho la compra, el contralor firma la factura de compra para que el técnico la entregue al departamento de contabilidad y se haga el respectivo registro.

4.9.3. Orden de trabajo

Por medio de este documento se delegarán las actividades programadas previamente en los manuales o las solicitadas mediante la solicitud de trabajo. En la parte superior se debe indicar el número de la zona donde se encuentra el equipo, el código del equipo, el nombre del sistema y el elemento o elementos a intervenir. En el espacio de solicitante debe indicarse el consecutivo de la solicitud o mantenimiento programado si es parte de una rutina.

En el espacio “Descripción del trabajo a realizar” se escribe con detalle lo que el técnico debe hacer, en la parte de evaluación se describen las medidas de seguridad se indican en el siguiente espacio, luego los insumos y herramientas con las respectivas cantidades. Toda la información que se requiere hasta aquí la debe completar el jefe de mantenimiento, que es la persona que delega la responsabilidad. Cuando el técnico ejecuta el trabajo debe anotar el tiempo que tardó en hacerlo y en el espacio de observaciones escribe detalles de lo que haya surgido durante la intervención, por ejemplo, retrasos, alguna evidencia de una condición anómala, para que esta información sea tomada en cuenta para la retroalimentación y el mejoramiento continuo.

Figura 20. Formato de orden de trabajo

GAS ZETA, S.A.

Km. 19 Carretera al Pacífico, VN, Guatemala

P. Mantenimiento / Form. 6.UA

Correlativo **XX**

SOLICITUD ORDEN DE TRABAJO

A Jefe Unidad de Mantenimiento:

Fecha:
dd/mm/aa

Solicitante:

E-mail: Anexo:

Unidad:

Descripción del trabajo:

Prioridad del trabajo: Tipo de Trabajo:

Evaluación: *(Uso Mantenimiento y Unidad de Administración)*

Valor de los materiales: con cargo a:

Responsable de los trabajos:

Fecha Inicio: Fecha Término:
dd/mm/aa *dd/mm/aa*

Trabajos Taller Mecánico (10%)

Fuente: elaboración propia.

4.10. Procedimientos

Debido a que el proceso productivo está regulado por la peligrosidad de la sustancia. Los procedimientos de mantenimiento escritos deben ser la base para mantener la integridad mecánica de los sistemas de Gas-LP. El personal de mantenimiento debe tener capacitación sobre los riesgos, los procedimientos de mantenimiento y los procedimientos de prueba y cualquier contratista debe tener la misma capacitación, o al menos, ser supervisado por un colaborador que esté capacitado.

Los procedimientos deben incluir, siempre que sean aplicables, los siguientes requisitos: control de la corrosión, protección física, mangueras, tuberías, accesorios, recipientes, cilindros y recipientes enterrados.

Estos procedimientos deben ser conocidos por los colaboradores del departamento de mantenimiento antes de implementar los programas de mantenimiento. Por esta razón se proponen tres procedimientos, el primero relacionado con el control de la corrosión, el segundo relacionado con la inspección de mangueras y el tercero relacionado con tuberías, accesorios y cilindros.

Los manuales de mantenimiento deben estar disponibles en la planta para todo el personal de mantenimiento y deben incluir las inspecciones de rutina, los procedimientos y los programas de mantenimiento preventivo.

4.10.1. Rutinas diarias

El departamento de operaciones debe contar con un formato para realizar una inspección cualitativa semanalmente, la frecuencia semanal se fijó para

garantizarse la calidad del producto GLP. Esta rutina se deberá realizar antes de que se comiencen los procesos productivos en la planta, para garantizar que las instalaciones están en buenas condiciones.

Se propone una rutina diaria para los operarios de andén, esta rutina consiste básicamente en operaciones de limpieza, ya que producto de las actividades realizadas en las jornadas del día anterior y la jornada nocturna, durante la mañana existen restos de los sellos termo-adheribles, que son removidos antes de colocar el nuevo sello. Al ser el andén un espacio abierto, el polvo se acumula sobre la superficie, tanto del concreto como de las romanas. Por estas razones, la rutina también se debe realizar todos los días antes de que se comience el proceso productivo y las actividades que incluye son: barrer la superficie de concreto, recolectar los restos de sellos termo-adheribles, limpiar las superficies de las romanas y, si se encuentran, equipos o materiales en el andén, se deben colocar en el lugar donde se almacenen.

4.10.2. Mantenimiento programado

Las rutinas de mantenimiento preventivo para los equipos que se clasificaron como críticos y también los que son importantes, ya que, por medio del diagrama de Pareto mostrado en el apartado de criticidad, el compresor de GLP representa casi la mitad de los costos asociados a la bomba de GLP que es la más crítica y son muy representativos comparados con los otros equipos. El generador eléctrico, que también se clasificó como importante, se incluirá dentro de las rutinas programadas ya que, ante una interrupción del servicio eléctrico, el generador es capaz de suplir toda la carga y mantener los procesos productivos de forma continua.

El último plan de mantenimiento es para las instalaciones de la planta, aunque no son actividades que intervienen directamente con el proceso productivo, son necesarias para mantener el orden y la limpieza, así como para cumplir con los requisitos que solicitan algunos de los clientes más importantes para la compañía, los cuales realizan auditorías y verifican todas estas condiciones en la planta. Este tipo de mantenimiento encuentran las labores relacionadas con la limpieza, el corte de césped, recolección de basura en los alrededores y pintar las instalaciones.

La realización del mantenimiento a los edificios cuando ocurre alguna falla, por ejemplo, reemplazo de luminarias, reparación de fugas en tuberías, entre otras. Se elige la realización de un mantenimiento preventivo ya que es de las estrategias de mantenimiento menos sofisticadas y, de acuerdo con la situación actual de la organización, lo primero que debe hacerse en la etapa de implementación es cambiar la cultura actual, los colaboradores, quienes son parte fundamental de la estrategia, deben conocer todos los procedimientos, acostumbrarse a documentar y a seguir rutinas planificadas.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

Tomando en cuenta los aspectos organizativos de la empresa que afectan directamente el mantenimiento, se podrá determinar la conveniencia de involucrar la organización en el desarrollo de un mantenimiento preventivo, así como en todo lo que este involucra. A continuación, se evalúan los aspectos que ayudaran a determinar su aplicabilidad:

5.1.1. Jornada de trabajo

Se diferencian dos clases de empresas, las que trabajan en un solo turno y las que cuentan con un número determinado de turnos que cubren las 24 horas del día. En el caso de las empresas que trabajan en un solo turno, si se produce un daño a avería, la producción podrá detenerse y el tiempo que allí se pierde puede ser recuperado extendiendo el turno de trabajo una vez se solucione el problema. En el caso de empresas que trabajan durante las 24 horas del día, un daño o avería en un equipo provocará una disminución de su disponibilidad, ya que no habrá el tiempo para recuperar la producción perdida. Esto determina la necesidad de programar o no turnos para el equipo de mantenimiento.

5.1.2. Tamaño de la empresa

Por simple observación, los costos originados por el daño de un equipo son más relevantes en una empresa grande que en una empresa pequeña, además

el fallo en una empresa grande afectará a un número mayor de empleados que en una empresa pequeña.

5.1.3. Tipo de proceso

En procesos continuos, un detenimiento en la producción debido a una avería implica una reducción en la disponibilidad de los equipos. En el caso de una producción en serie esto implica un paro general, y si se trabaja bajo pedido se sufrirá un retardo en la entrega.

5.1.4. Ritmo de la actividad

La actividad de una empresa se puede considerar como estacional o permanente. Actividad estacional cuando se concentra en periodos determinados del año, actividad permanente cuando su actividad es continua a lo largo de todo del año. Cuando se trabaja bajo un ritmo estacional, el mantenimiento se puede realizar en las épocas de baja producción de modo que en los periodos de mayor producción sea difícil que aparezcan averías.

5.1.5. Grado de automatización

Cuanto más automatizada este la empresa, mayores recursos deberán presupuestarse para mantenimiento.

5.1.6. Inversión

Se pueden clasificar las empresas en las que su inversión es mayor a 5 000 millones, las que su inversión está entre 1000 y 5 000 millones y las que su inversión es menor o igual a 1 000 millones de quetzales. En la siguiente tabla se

muestran las características que cualifican a la organización y el puntaje que representan.

Tabla XV. **Índices de evaluación de aspectos organizativos de la empresa**

ASPECTO	PUNTUACIÓN	
JORNADA DE TRABAJO		
3 TURNOS	10	
2 TURNOS		5
1 TURNO		1
TAMAÑO DE LA EMPRESA		
GRANDE	10	
MEDIANA		5
PEQUEÑA		1
TIPO DE PROCESO		
CONTINUO	10	
SERIE		5
POR LOTES		1
RITMO DE LA ACTIVIDAD		
PERMANENTE	10	
ESTACIONAL		5
GRADO DE AUTOMATIZACIÓN		
ALTA	10	
MEDIA		5
BAJA		1
INVERSIÓN		
GRANDE	10	
MEDIANA		5
PEQUEÑA		1

Fuente: TORRES, Bernardo. *Análisis y desarrollo de la aplicación informática para el mantenimiento preventivo*. Consulta: enero de 2020.

5.1.7. Interpretación de los resultados

Considerando que lo primero que se debe tener en cuenta a la hora de elaborar un plan de mantenimiento es el tipo de industria, se evaluará GAS ZETA utilizando los aspectos organizativos mencionados anteriormente y a partir de los

valores expuestos, se estimará la conveniencia de realizar un mantenimiento preventivo si el resultado arroja lo siguiente:

- Si la puntuación suma entre 31 y 61 puntos es necesaria la aplicación del mantenimiento preventivo.
- Si la puntuación está entre 26 y 30 puntos, debe realizarse un estudio en profundidad para determinar la conveniencia de la aplicación del mantenimiento preventivo.
- Si la puntuación es menor a 26 puntos, la planta analizada no requiere la implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la conveniencia de implementar el Mantenimiento Preventivo en la Planta de Envasado.

Tabla XVI. **Evaluación organizacional para la planta de envasado de Gas Zeta**

ASPECTO	PUNTUACIÓN
Jornada de Trabajo	
2 Turnos	5
Tamaño de la Empresa	
Grande	10
Tipo de Proceso	
Continuo	10
Ritmo de la Actividad	
Permanente	10
Grado de Automatización	
Alta	10
Inversión	
Grande	10
TOTAL	55

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo planteado en la escala de valores, se concluye que la Planta de Envasado de Gas Zeta requiere la implementación de un programa de mantenimiento preventivo.

5.1.8. Aplicación real

En la actualidad la empresa no cuenta con un sistema de administración que incluya planeación, programación y ejecución de las actividades del mantenimiento. La planeación de mantenimiento se hace de acuerdo con el programa de producción y teniendo en cuenta el mantenimiento periódico que corresponde a cada una de las maquinas según catálogos del fabricante. Algunas de las falencias encontradas son las siguientes:

Fundamentalmente el mantenimiento se encamina hacia lo correctivo, sin ningún tipo de gestión, es decir, algunas veces sin órdenes de trabajo que ayuden a controlar y evaluar el comportamiento de la maquinaria utilizada en el envasado y los costos del mantenimiento.

El mantenimiento ejecutado es en gran parte repetitivo, realizado con visión reparadora y por experiencia individual. Las personas están a la espera de órdenes para reponer estados inadecuados y se realiza poca inspección de los equipos en operación.

El mantenimiento preventivo de los tanques no se realiza con tanta precisión, ya que la mayor parte de las actividades de mantenimiento se centran en la maquinaria.

No se cuenta con una estructura documental que permita realizar una administración y control, por consiguiente, el manejo de indicadores para evaluar

la gestión del mantenimiento es desconocida tanto para el departamento de mantenimiento como para la gerencia. La falta de una verdadera gestión de mantenimiento trae consigo paros imprevistos de la maquinaria y equipos que ocasionan sobrecostos en el producto, así como, en la preparación de los tanques en óptimas condiciones.

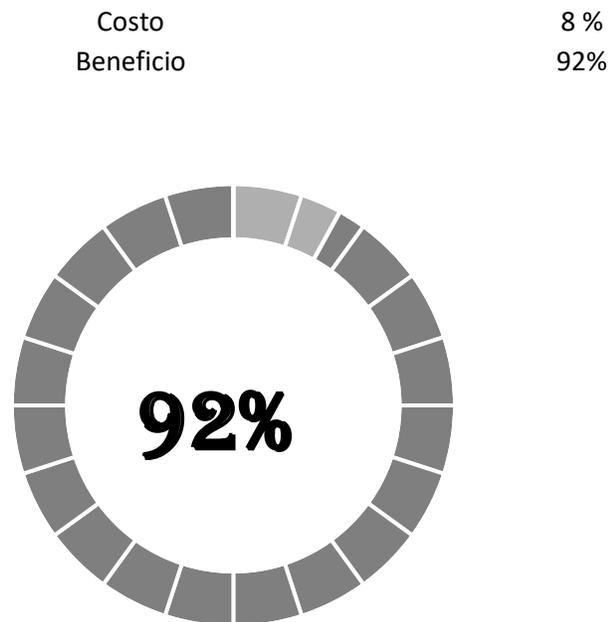
5.2. Relación beneficio costo

Respecto a los costos de mantenimiento no se cuenta con una forma de cuantificarlos, es así como los sobrecostos que se puedan presentar por razones tales como equipos desgastados, sustitución de equipos, mantenimientos de emergencia y gestión de repuestos. El mantenimiento preventivo se constituye como el primer paso para optimizar los procesos del mantenimiento, permitirá minimizar el tiempo muerto en producción debido a las tareas de mantenimiento, elevar la vida útil, rendimiento, disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria y equipos de la empresa, reducir los costos por mantenimiento y por tanto producir con un alto nivel de calidad con un mayor control sobre los costos de producción.

5.2.1. Cuantificación del beneficio

A pesar de que no existe una forma correcta de cuantificación en el momento, con respecto a lo que se refiere al mantenimiento de tanques en la Planta Gas Zeta, se tiene como base los cálculos, en relación con el costo-beneficio.

Figura 21. **Representación gráfica del costo beneficio**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar el porcentaje de beneficio es del 92 % en comparación a los costos que se incurren en la aplicación de un mantenimiento preventivo, ya que se realiza un ahorro en lo referente a la compra de repuestos y de realizar un mantenimiento correctivo.

5.3. Auditorías

En la empresa se llevarán a cabo revisiones tanto internas como externas, de manera que los avances reflejados tengan constancia que se están realizando con transparencia.

5.3.1. Auditoría interna

En relación con el papel de la auditoría interna en la empresa Gas Zeta, se tiene como política, que el departamento realiza dos veces al año una inspección en relación con el estado de los tanques que se utilizan en la planta, esto de conformidad al plan operativo anual de auditoría interna de la empresa.

Dentro de los procedimientos de auditoría interna se encuentra la evaluación no solamente de los costos incurridos, sino un análisis del costo que este genera al costo de producción de la planta; sino que dentro de los mismos se realiza un análisis de tiempo de vida de los tanques y de cuál es la fecha en la cual se deben cambiar, para poder brindar un producto de calidad.

5.3.2. Auditoría externa

Dentro de los procedimientos que realiza la auditoría externa, se realiza una vez al año una revisión de los costos incurridos en la parte operativa del departamento de mantenimiento, esto con el afán de poder observar alguna variación entre los diferentes años, para su posterior análisis de parte de la gerencia, y en base a estos datos poder realizar un plan preventivo de mantenimiento, para el siguiente año.

5.4. Programa de adiestramiento para uso y cuidado de los tanques

Se propone un programa para que los colaboradores puedan capacitarse en cuanto al uso y cuidado de los tanques.

5.4.1. Condiciones para almacenamiento en tanques de GLP

El GLP es un producto que está compuesto principalmente por butano y propano. Es un gas extremadamente inflamable. Es un asfixiante simple que desplaza al oxígeno en un ambiente contaminado. Tras la inhalación de grandes cantidades puede producir: sueño, mareos, euforia, ansiedad, espasmos e incluso narcosis.

No afecta la piel ni los ojos. Algunas propiedades importantes son:

- Punto de ignición: 470 °C.
- Límites de explosividad: Inferior 2,1 %. Superior 9,5 %. Forma mezclas explosivas con el aire entre estas concentraciones.
- Límite de exposición ocupacional: asfixiante simple.
- Umbral de olor: Propiedad de advertencia buena cuando contiene mercaptano odorante.

El gas propano como el gas butano, son catalogados solamente como asfixiantes simples, es decir, que no produce efectos nocivos por inhalación ni contacto con la piel, pero en espacios cerrados pueden desplazar el oxígeno respirable y causar asfixia.

Los síntomas de la deficiencia de oxígeno son: pulso y respiración acelerados, incoordinación muscular, euforia, fatiga anormal, desmayo, convulsiones y muerte.

El GLP viene empacado en cilindros junto con una mínima cantidad de mercaptano odorizante para facilitar el reconocimiento de cualquier escape.

Por inhalación, este mercaptano es irritante para las vías respiratorias y depresor del sistema nervioso central. Aun en muy bajas concentraciones produce un olor insoportable y puede causar dolor de cabeza, mareo, náuseas, dificultad respiratoria palidez y debilidad general. También puede causar irritación a la piel.

Los anteriores efectos son temporales y cesan con la administración de oxígeno o simplemente respirando bastante aire fresco.

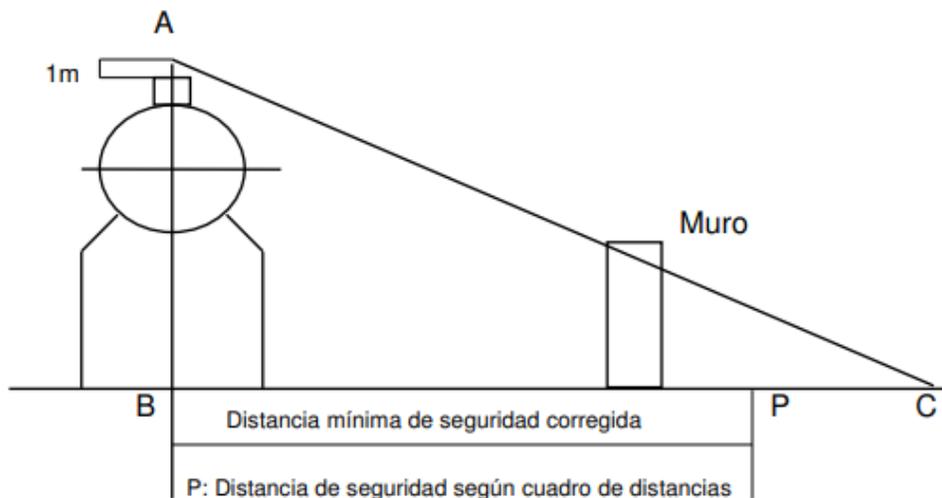
El contacto de piel u ojos con el gas licuado puede causar graves quemaduras por congelamiento.

5.4.2. Almacenamiento de gas propano en tanques

El almacenamiento de GLP en tanques de gran capacidad se recomienda seguir las siguientes recomendaciones:

- Los tanques se deben situar en espacios bien ventilados, protegidos del sol, del agua, de la humedad y de ambientes corrosivos. Es preferible ubicar los TANQUES en áreas exteriores para minimizar los riesgos.
- El lugar de almacenamiento debe estar aislado por paredes construidas en materiales incombustibles y resistentes al fuego, con salidas de emergencia. El muro debe ser recto sin ninguna abertura. No se permite la utilización de más de dos muros. La altura mínima del muro vendrá determinada por la hipotenusa del triángulo rectángulo que se forma al unir los tres puntos que a continuación se definen:

Figura 22. **Cálculo de lugar de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

- Punto A: un metro por encima del orificio más alto.
- Punto B: la proyección de dicho orificio sobre el suelo.
- Punto C: el límite de la distancia (S) correspondiente al punto P, indicada en el cuadro de distancias.
- Punto P: punto cuya situación de desea proteger.

Según el cuadro de distancias, para un tanque de un volumen entre 5 y 10 m³, la distancia a límites de propiedad, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, proyección de líneas de alta tensión, equipos eléctricos, sótanos, alcantarillas y desagües es de tres metros medidos desde las paredes del tanque. Si el tanque es menor de 5 m³, la distancia indicada es de dos metros desde las paredes del tanque. En todo caso, el mínimo de altura del muro será de 1,5 metros.

La longitud del muro deberá ser tal que el recorrido de una eventual fuga de gas no sea más corto que la distancia al punto P. Para casos de cilindros de mayor o menor capacidad las distancias que deben guardarse entre los tanques y cilindros almacenados en exteriores y edificaciones.

- Es preferible que el tanque no presente un color oscuro, porque de esta forma se acumula el calor, más aún si está expuesto al sol. Es recomendable el empleo de colores como el plateado o el blanco.
- El tanque y el área de almacenamiento deben señalizarse completamente.
- El gas propano es una sustancia extremadamente inflamable y debe almacenarse lejos de los siguientes productos: agentes oxidantes fuertes, como oxígeno, dióxido nitroso, nitratos, percloratos, hipocloritos, entre otros.
- A temperaturas superiores a las del medio ambiente, aumenta la presión del gas en el interior del tanque. Por tal razón, no debe exponerse a altas temperaturas o al fuego.
- Es peligroso fumar o emplear llamas abiertas. Se deben colocar avisos visibles prohibiendo tales prácticas. Coloque signos de NO FUMAR en el lugar de almacenamiento.
- Mantenga las áreas de almacenamiento de propano libres de otros materiales que puedan arder, tales como cartón o madera.
- Mantener alejado de cualquier fuente de ignición o fuentes eléctricas.

- Evite las fugas de gas en el lugar de trabajo. Se sugiere incorporar un programa de mantenimiento en el que se establezcan controles periódicos que incluyan la revisión del tanque para prevenir posibles fugas.
- Aterrizar el tanque, para evitar que la generación de energía electrostática provoque un incendio, especialmente cuando se realizan labores de trasvase.

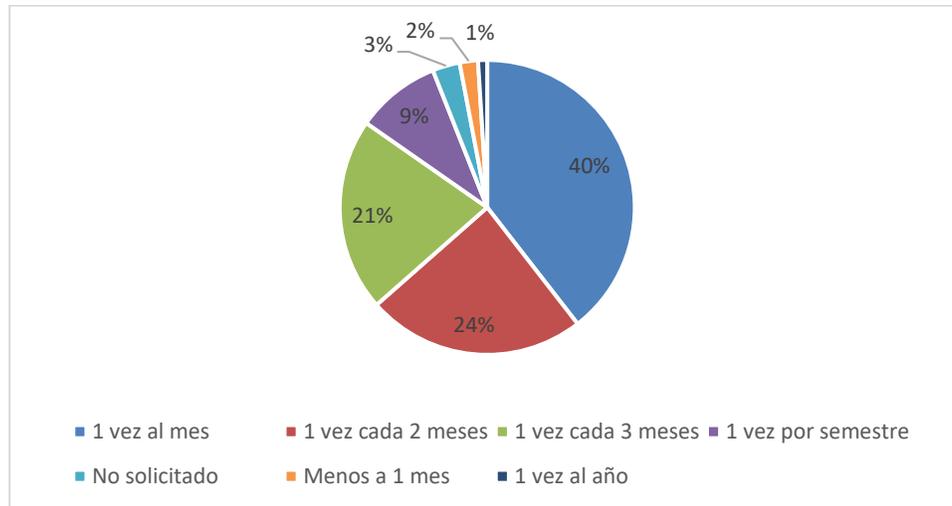
5.5. Estadísticas

Se aplicarán herramientas de estadística para medir diferentes aspectos, que se presentan a continuación:

5.5.1. Nivel de satisfacción en los clientes

Para el cálculo del nivel de satisfacción de los clientes, se toma como base la frecuencia del pedido del cilindro de gas el cual se presenta en los siguientes datos:

Figura 23. **Frecuencia de pedidos de GLP**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico anterior, el cliente se encuentra en un nivel elevado de satisfacción, ya que el mismo recibe el producto por lo menos en una ocasión cada mes, el cual es un porcentaje de un 40 %, frente a los competidores se encuentra que la marca tiene mucha presencia en el mercado.

5.5.2. **Mejora de la calidad del producto**

Dentro de las actividades necesarias para la mejora del producto se tienen las siguientes:

- Incremento de la capacidad del termosellador para aumentar el calor del aire caliente.
- Automatización neumática para aumentar la rapidez del sellado y reemplazar los movimientos del operario.

5.5.3. Índices para la gestión de recursos

La gestión de recursos se refiere al manejo administrativo de los recursos asignados al departamento de mantenimiento y dentro del cual se tiene en cuenta la distribución de los gastos de mantenimiento y manejo del recurso humano. Para tener una noción más amplia del manejo de costos del mantenimiento.

5.5.4. Distribución de gastos de mantenimiento

En este aspecto se evalúa la eficiencia económica de la gestión del mantenimiento, para tal efecto se tendrán en cuenta los siguientes índices, que son importantes para complementar el análisis de costos del departamento de mantenimiento.

5.5.4.1. Índice de costo (IC)

Permite determinar qué tan acertada fue la elaboración del presupuesto de mantenimiento.

$$IC = \frac{\textit{Costo real}}{\textit{Costo presupuestado}}$$

5.5.4.2. Eficiencia del mantenimiento (EM)

Permite determinar el porcentaje de recursos utilizados para mantenimiento preventivo, comparado al costo total de mantenimiento.

$$EM = \frac{\textit{Costo total de mantenimiento preventivo}}{\textit{Costo total de mantenimiento}}$$

5.5.4.3. Uso racional de recursos (URR)

Permite determinar la cantidad de recursos destinada a repuestos y materiales.

$$URR = \frac{\textit{Costo de repuestos y materiales}}{\textit{Costo total de mantenimiento}}$$

5.5.4.4. Gestión de recurso humano

Para determinar la recuperación de este aspecto en la gestión global del mantenimiento, se evaluarán los costos por mano de obra y la eficiencia en la atención de trabajos. Para esto se tendrán en cuenta el índice de costos del recurso humano y el índice de desempeño del recurso humano.

5.6. Acciones correctivas de acuerdo con resultados obtenidos

- Una vez verificadas y evaluadas las condiciones actuales de almacenamiento de gas propano se realizará el montaje de un plan de inspección y mantenimiento de toda la instalación de gas y líneas de distribución. El plan de inspecciones periódicas puede reforzarse por medio de la instalación de sensores o alarmas que detecten niveles peligrosos.
- Los tanques fijos de gas propano deben poseer manómetro y válvulas de seguridad. Es importante verificar que, en condición de uso normal, el manómetro mantiene su presión.

- Para los gases licuados, la presión disminuye sólo cuando el contenido ha disminuido notoriamente. Las actividades de vigilancia deben coordinarse con el proveedor quien conoce en detalle el comportamiento normal o anormal de los controles instalados en el tanque.
- Los procedimientos de trabajo normales, de manipulación deben ser revisados y supervisados periódicamente para evitar que los accidentes ocurran por fallas de manejo que puedan controlarse fácilmente. Ejemplo: apertura de válvulas y/o registros.
- Los equipos y recursos necesarios para atender las situaciones de emergencia deben revisarse y evaluarse en forma regular para asegurar su efectividad y disponibilidad al momento de requerirse.
- El personal asignado para atender emergencias por escape de gas debe conocer este procedimiento, además de las características y propiedades del gas propano.
- Las operaciones de manipulación de válvulas y en general todo el manejo de los gases deben realizarse por personal estrictamente capacitado y siguiendo prácticas seguras.
- No abra repentinamente o muy rápido las válvulas. Nunca haga fuerza para girar o mover válvulas.
- Tenga disponibles y bien calibrados los aparatos de medición de concentraciones para evaluar periódicamente el ambiente de trabajo y para tomar mejores decisiones en caso de una emergencia.

- Inspeccione permanentemente los contenedores y las líneas de conducción del gas.
- Instalación de detectores de fugas.
- Realización de mantenimiento preventivo a las tuberías y conexiones.

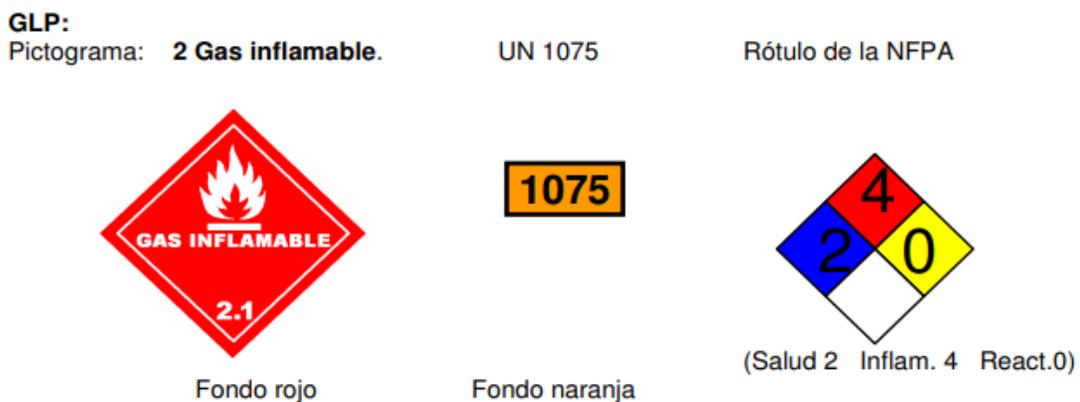
5.7. Acciones recomendadas

- Señalización de los tanques y tuberías:
- Los tanques exteriores de gran capacidad para almacenar GLP pueden ser de color blanco (porque se acumula menos calor) pero se deben señalar de modo que se identifique claramente.
- Se recomienda indicar en lugar visible el nombre del combustible y colocar la señal adecuada (rombo de 30 cm de lado como mínimo). El número de rombos es el necesario para que se pueda identificar el tanque por todos los lados y se determina según la forma como se encuentre ubicado el tanque en el lugar.
- Adicionalmente se puede colocar debajo de cada rombo, un rectángulo de fondo naranja con el número de identificación de las Naciones Unidas (UN) para compuestos y materiales.
- También se deben colocar los rombos de riesgos para casos de incendio. Estos son los rótulos de la NFPA que indican, en una escala de 0 a 4, los riesgos en salud (fondo azul), inflamabilidad (rojo) y reactividad (amarillo) en el evento de un incendio. Es muy importante aclarar que las señales

que se coloquen deben estar elaboradas de un material y pintura especiales a fin de que sean resistentes al fuego durante al menos una hora o a la corrosión ya que en caso de emergencia estas deben mantenerse intactas por un tiempo tal que permita la identificación durante el mayor tiempo posible.

A continuación, se describe esquemáticamente la forma de señalizar los tanques:

Figura 24. **Señalización en área de tanques de GLP**



Fuente: elaboración propia.

5.7.1. **Control de órdenes de trabajo y atención de emergencias**

Evalúa la cantidad de trabajos realizados, la efectividad en la atención de trabajos y emergencias. De acuerdo con la programación de mantenimiento realizada y a la información suministrada por los formatos de mantenimiento, los índices de planeación y programación adecuados son:

5.7.1.1. Efectividad en atención de trabajos (EAT):

$$EAT: \frac{\text{Órdenes de trabajo terminadas}}{\text{Órdenes de trabajo programadas}}$$

5.7.1.2. Atención de emergencias (ADE):

$$ADE: \frac{\text{Número de órdenes de trabajo cumplidas}}{\text{Número de órdenes de trabajo solicitadas}}$$

CONCLUSIONES

1. Las plantas de GLP son plantas que trabajan en el manejo de materiales y sustancias peligrosas como lo es el gas licuado de petróleo, por tanto, es necesario que el equipo utilizado para producir, almacenar y distribuir el mismo cumpla con estándares de calidad estrictos y evaluaciones frecuentes, de forma estructurada y regida por la ley.
2. En Guatemala existen reglamentos y leyes que regulan las operaciones de la industria petrolera, como la Ley de Hidrocarburos, la Ley de Comercialización de Hidrocarburos y la Ley de Impuesto a la Distribución de Petróleo Crudo y Combustibles Derivados del Petróleo. Es tarea y obligación de estas empresas conocer la ley y respetar la misma.
3. Al realizar un estudio de cómo se llevan a cabo los procesos de mantenimiento y remozamiento de los tanques de gas dentro de la empresa Gas Z, se encontró que es necesario la reglamentación y creación de manuales de manera que el personal esté debidamente capacitado y se cumpla con la normativa de calidad para estos recipientes de gas; asegurando la seguridad y salud ocupacional y de los usuarios.
4. La capacitación profesional constante mediante planes de formación anuales por parte de las empresas comercializadoras; y el mejoramiento continuo son herramientas que permiten renovar los procesos administrativos, así mismo ayudan a que las organizaciones sean más eficientes y competitivas, fortalezas que le ayudarán a sobresalir en el mercado.

5.

RECOMENDACIONES

1. Para efectos de un mejor control en el sistema de gestión propuesto, es necesario desarrollar un sistema operacional de mantenimiento que integre todos los procedimientos a desarrollar en las diferentes áreas.
2. Implementar un control en la reducción de los costos producto de los programas de mantenimiento en cada planta, con el fin de tomarlo como parámetro comparativo.
3. Establecer la secuencia de operaciones a seguir para ejecutar cada visita de inspección, debido a que, de esta forma, se facilita adiestrar al personal encargado y obtener mejores resultados.
4. Aplicar capacitación al personal encargado de desarrollo del proyecto y dar seguimiento a su desempeño.
5. Dar seguimiento continuo a las inspecciones, debido a que ayudará a una mejora continua en el tema del control del mantenimiento a plantas de llenado y envasado de GLP.
6. Realizar un análisis del cumplimiento de la normativa vigente por parte del Ministerio de Energía y Minas.
7. Mantener activa las relaciones con el Departamento de Seguridad Industrial para coordinar el funcionamiento y la seguridad de la planta.

8. Realizar estadísticas para el mantenimiento preventivo, el cual llevará un control de los puntos críticos y la frecuencia relativa y absoluta de realización de estos.

9. Controlar los niveles de operatividad en el área operativa de la planta, a manera de tener un plan de contingencia adecuado, el cual se realizaría en base a los estándares de calidad exigidos por la normativa vigente.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARRIAZA GARCÍA, Ángel. *Diagnóstico y rediseño de los procesos de fabricación de cilindros en Cilcasa, en relación al reglamento técnico centroamericano RTCA 23.01.29:05*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 95 p.
2. Asociación colombiana del GLP: GASNOVA. *¿Qué es el GLP?* [en línea]. <<http://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>>. [Consulta: marzo de 2018].
3. CAÑADA SORIANO, Mar; ROYO PASTOR, Rafael. *Termografía infrarroja nivel III. Ensayos no destructivos*. 1a ed. Madrid, España: Fundación Confemeta Editorial, 2016. 542 p.
4. CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *Istmo centroamericano: diagnóstico de la industria petrolera*. [en línea]. <<https://www.cepal.org/es/publicaciones/42434-istmo-centroamericano-diagnostico-la-industria-petrolera-proyecto-bidfomincepal>>. [Consulta: enero de 2020].
5. DONAYRE VELAZCO, Enzo. *Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad peruana de ciencias aplicadas 2014. 154 p.

6. GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. 1a ed. Madrid, España: Diaz de Santos, 2003. 320 p.
7. Gas Zeta, S.A. *Nosotros. Grupo Zeta*, 2020. [en línea]. <<https://grupozetagas.com.gt/nosotros-lideres-en-productos-servicios-gas/>>. [Consulta: enero de 2018].
8. GÓMEZ HERNÁNDEZ, Bárbara. *Auditoría operacional por ciclos de transacciones en una envasadora de Gas Licuado de Petróleo (GLP)*. Trabajo de graduación de Lic. En auditoría y contaduría pública. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 155 p.
9. GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Carlos. *Metrología*. 1a ed. México: McGraw-Hill, 1995. 469 p.
10. LÓPEZ JIMENO, Carlos. *El gas natural, el recorrido de la energía*. [en línea]. <<http://www.madrid.org>>. [Consulta: enero de 2021].
11. Ministerio de Energía y Minas. *Acuerdo ministerial número 231-2009: Manual de funciones y descripción de puestos*. Guatemala: 2008. 292 p.
12. _____. *Ley de comercialización de hidrocarburos decreto número 109-97 y su reglamento acuerdo gubernativo 522-99*. 12 de noviembre de 2007. 3 p.
13. _____. *Estadísticas Hidrocarburos*. Guatemala: 2019. 13 p.

14. MUÑOZ, Antonio. *La seguridad industrial fundamentos y aplicaciones*. [en línea]. <http://www.f2i2.net/web/publicaciones/libro_seguridad_industrial/lisi.pdf>. [Consulta: marzo de 2021].

APÉNDICES

Apéndice 1. **Requerimientos del programa o procedimientos de mantenimiento en la planta Gas Zeta**

MENÚS	REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN
Acceso a la Planta y utilización de los sistemas	Ser un programa de fácil manejo.	Facilitar el ingreso y tener una interfaz agradable y sencilla.
	Tener permisos y seguridad en el manejo de la información.	Restringir la información permitiendo varios perfiles de usuario, con accesos controlados.
Equipos	Mostrar ficha técnica de equipos.	Tener acceso a un reporte actualizado en el que se pueda visualizar información técnica de cada uno de los equipos y componentes mecánicos más importantes
	Información sobre proveedores y fabricantes.	Tener acceso a toda la información sobre proveedores y fabricantes necesaria para ubicarlos y contactarlos fácilmente.
Gestión de mantenimiento	Agilizar el flujo de información y mejorar la gestión de mantenimiento.	Montando en la base de datos las actividades y rutinas de mantenimiento programado, formatos de planeación, programación, solicitud de servicio y órdenes de trabajo.
	Estados de las solicitudes de servicio y las órdenes de trabajo.	En cualquier momento se pueden consultar las solicitudes de servicio que se encuentran sin orden de trabajo asignada y así mismo que se pueda consultar sobre las órdenes de trabajo que se encuentran en estado pendiente o abierta.
	Aviso sobre los mantenimientos programados que se realizan en ese día.	Poder acceder a una lista con todas las órdenes de trabajo provenientes de mantenimiento programado que se realizan en ese día.
	Mostrar hoja de vida de equipos, así como, de tanques.	Disponer de un reporte en el que se puedan ver los trabajos realizados sobre un equipo.
	Costos de mantenimiento.	Informe de los costos incurridos.

Continuación apéndice 1.

Recursos	Acceder al inventario actualizado de repuestos, materiales y herramientas.	Poder verificar en cualquier momento la cantidad de recursos disponibles en el almacén.
Reportes	Avisar si algún recurso se encuentra fuera del stock.	Consultar los recursos que no se encuentran dentro del stock mínimo y máximo.
	Mostrar información del personal de mantenimiento.	Tener acceso a la información de cada funcionario y así mismo poder consultar su disponibilidad y trabajos asignados.
	Generar listado de datos de gestión de mantenimiento.	Generar un listado de maquinaria, así como de tanques de GLP, manuales de mantenimiento, fichas técnicas, hojas de vida que permitan su impresión.
	Tener control de las fechas de análisis	Permitir la búsqueda de información de reportes de acuerdo con unas fechas dadas.

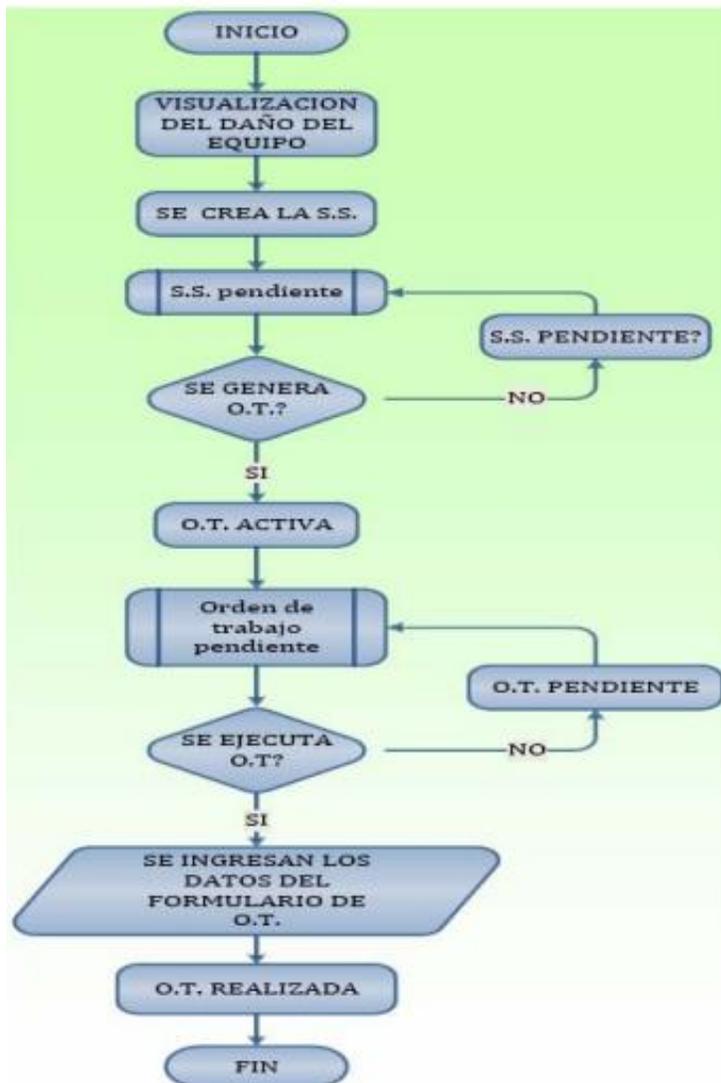
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Procedimiento de adición, búsqueda o modificación del formulario ficha técnica**



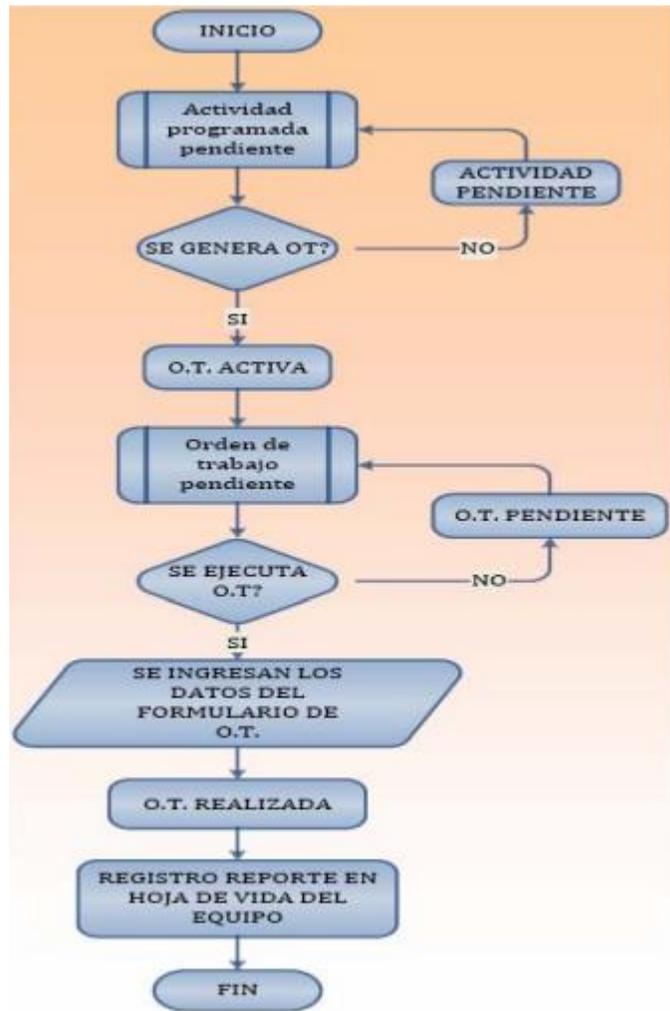
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Diagrama de flujo de la información de una solicitud de servicio y su respectiva orden de trabajo



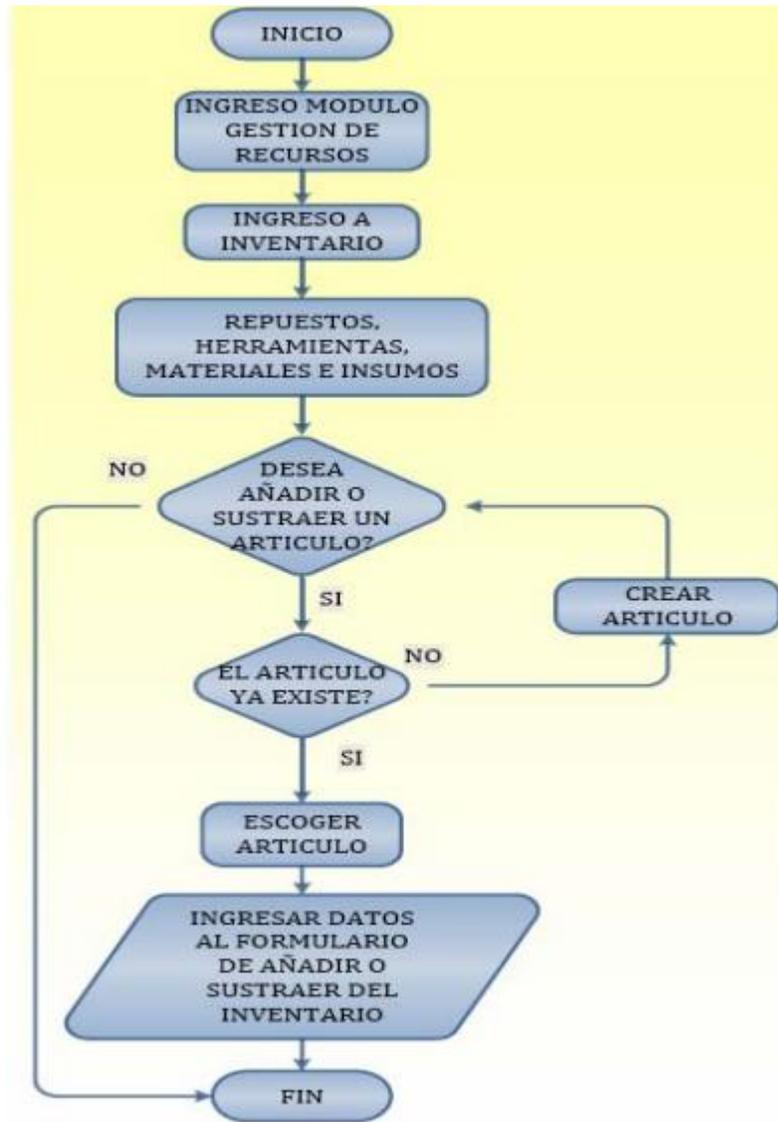
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Diagrama de flujo de la información de las actividades programadas y su respectiva orden de trabajo



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Diagrama de flujo del manejo de inventario de repuestos, herramientas, materiales e insumos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Formulario ficha técnica**

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
Código	
Equipo	
Ubicación	
Sección	
Sector	
Fabricante	
Proveedor	
Número de serie	
Modelo	
Año de fabricación	
Fecha de instalación	
Estado actual	
Precio de compra	
Precio de instalación	
Información adicional	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Formato planeación de procedimientos**

Código:		Fecha:		
Procedimiento:				
Equipo				
Ubicación:				
Sector:				
Sección:				
Equipo:				
Descripción del procedimiento:				
Horas emitidas:				
Planificador:		Aprobante:		
Tarea	Factor de seguridad	Herramientas	Materiales	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Manejo seguro del GLP

En el manejo del gas licuado de petróleo se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Cilindros
- Manejo seguro de cilindros
- Recomendaciones de uso
- ¿Qué hacer en caso de emergencias?

CILINDROS

Se entiende por Cilindro al envase metálico que, por su peso y dimensiones, a diferencia de los tanques estacionarios o recipientes fijos, se puede mover a mano facilitando su llenado, transporte e instalación. El llenado de estos recipientes se efectúa en plantas de almacenamiento y envasado y su contenido se mide en unidades de peso. Las capacidades que se manejan son 5, 10, 20, 33, 40, 77 y 100 libras de contenido de gas.

Continuación anexo 1.

Especificaciones del cilindro

Diseño	Dimensiones	Capacidad
Espesor de la lámina	Prueba de doblamiento a la soldadura	Prueba hidrostática
Procedimiento de pruebas de resistencia a la tracción de la lámina y la soldadura	Hermeticidad (neumática)	Expansión Volumétrica
Rotura	Tratamiento térmico	Espesor de lamina

Fuente: elaboración propia.

Construcción y pruebas de un cilindro

Todas las partes que componen los cilindros son acopladas mediante soldadura eléctrica y una vez soldado el cilindro se les somete a tres pruebas:

- **TRATAMIENTO TÉRMICO:** consiste en someter al cilindro a un tratamiento para alivio de tensiones a una temperatura entre 550 °C y 600 °C, seguido por un enfriamiento lento. El tiempo de recorrido del cilindro varía de acuerdo con el espesor de la lámina del cuerpo con un mínimo de 2,4 minutos por milímetro.
- **PRUEBA HIDROSTÁTICA:** se realiza con el fin de revisar la hermeticidad de las soldaduras de ensamble del cilindro, este se somete a una presión de prueba no menor a dos veces la presión máxima de servicio 3,308

Continuación anexo 1.

- kPa (480 psig) ni mayor de 3,446 kPa (500 psig) con una duración mínima 120 segundos.
- PRUEBA NEUMÁTICA: consiste en llenar con presión de aire en un mínimo de 482 kPa (70 Psig) para comprobar la hermeticidad (la no presencia de fugas) entre la unión de la conexión de la válvula (brida) con la válvula y la soldadura de la tapa con la conexión de la válvula.

MANEJO SEGURO DE CILINDROS

- Los cilindros deben estar a salvo de golpes y maltrato. Si está en el paso de vehículos, se deben utilizar medios de protección adecuados, tales como topes o defensas firmes.
- La localización de los cilindros debe permitir su cambio con la mayor seguridad y evitar maniobras peligrosas.
- Los cilindros se deben colocar a una distancia mínima de tres metros de:
 - Llamas abiertas
 - Boca de salida de chimeneas de cualquier combustible
 - Motores eléctricos o de combustión interna
 - Anuncios luminosos

Continuación anexo 1.

- Ventanas de sótanos
- Interruptores y conductores eléctricos
- No se deben remontar cilindros.
- No se deben encontrar materiales combustibles apilados o esparcidos a menos de tres metros.
- Los cilindros y sus equipos reguladores deben colocarse en lugares abierto debidamente ventilados.
- No se deben utilizar cilindros para el suministro de GLP en apartamentos o unidades privadas sujetas a reglamentos de propiedad horizontal, en el momento que no estén instalados en lugares debidamente ventilados.
- No se deben utilizar mangueras de caucho, plástico o cualquier material combustible para la instalación de cilindros.

Cualquier combustible, al quemarse produce humo y gases tóxicos de combustión, que si se respiran pueden ocasionar la muerte. Por ello los lugares donde se instalen aparatos que consuman GLP deben estar ventilados, principalmente cuando se trata de calentadores de agua, que indebidamente se instalan en el interior de casas o edificios. Si esto sucede es necesario instalar un tiro o chimenea que saque los gases de la combustión a la intemperie. Por ningún motivo debe permitirse que, en una habitación, se duerma alguna persona con una lámpara de gas propano encendida en su interior.

Continuación anexo 1.

Todo cilindro está provisto de una válvula de seguridad, el cual es un mecanismo sencillo que se activa si la presión interior del tanque en el que está instalada la válvula sobrepasa la medida indicada en el tapón metálico de ella, permitiendo salir el exceso de presión hasta que se reduzca a valores normales. De esta manera se impide que el recipiente sea sometido a presiones mayores, que en un momento dado puedan poner en peligro la resistencia de la lámina del mismo.

RECOMENDACIONES DE USO

- Los recipientes deben instalarse en espacios ventilados, protegidos de la intemperie y de niños o extraños.
- Almacene los cilindros siempre en posición vertical. Una posible fuga de gas por la válvula de un recipiente multiplica 273 veces su volumen si el recipiente está acostado.
- No coloque elementos combustibles cerca de fuentes de calor y el cilindro de gas propano.
- La manguera que va de la válvula del cilindro a la fuente de calor (quemadores) no debe pasar cerca a la llama.
- No introduzca objetos extraños en la válvula de cierre del recipiente y evite golpes que la puedan dañar.

Continuación anexo 1.

- Antes de conectar o desconectar un cilindro de gas al regulador, verifique que la válvula esté cerrada.
- Utilice mangueras adecuadas para gas propano.
- Revise periódicamente las mangueras y las abrazaderas de las conexiones.
- Si percibe "olor" a gas en una instalación, proceda de la siguiente manera para la detección de una posible fuga:
 - Corte el flujo de gas cerrando la válvula y ventile el lugar donde se encuentra el recipiente.
 - Reabra la válvula del recipiente y con agua jabonosa cubra la conexión del flexible.
 - Al conectar un cilindro de gas propano utilice la herramienta adecuada, es decir, una llave de tubo.
 - No utilice pinzas, alicates u otros elementos que puedan dañar la tuerca.
 - Solo utilice llaves de boca fija.

Continuación anexo 1.

¿QUÉ HACER EN CASO DE EMERGENCIAS?

Figura 25. Procedimiento en caso de incendio



Fuente: <https://lahora.gt/reportan-incendio-en-vertedero-de-villa-nueva-mas-40-mil-galones-de-agua-han-sido-utilizados/>. Fecha de consulta: 28 de marzo de 2021.

- Evacúe o aisle el área.
- Mantenga la calma.
- Elimine la fuente de ignición.
- Restrinja el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección.
- Utilice el extintor o sistemas de protección contra incendios.
- Ubíquese a favor del viento.

Continuación anexo 1.

- Controle la fuga, si no hay riesgo, de lo contrario es mejor dejarlo arder.
- Mantenga refrigerado el recipiente, en forma de rocío a una distancia prudente.

Figura 26. **Procedimiento en caso de escape o fuga de glp**



Fuente: <http://www.combugas.com.mx/caso-detectar-olor-gas-fuga-nesim-issa-tafich/>. Consulta: 28 de marzo de 2021.

- Evacúe o aíse el área y mantenga la calma.
- Elimine la fuente de ignición, no apague ni encienda interruptores.
- Restrinja el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección.
- Tenga el extintor a mano y listo para ser utilizado.
- Ubíquese a favor del viento.

Continuación anexo 1.

- No permita que caiga en fuente de agua o alcantarillas.
- Corte el flujo de gas de ser posible.
- Si aumenta la concentración de gas aplique agua, preferiblemente con manguera en forma de niebla para disipar la nube.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL O ACCIDENTAL DE GLP

- **INHALACIÓN.** A bajas concentraciones puede causar sed y opresión en el pecho. A concentraciones más altas puede causar inflamación del tracto respiratorio y asfixia. Los síntomas pueden incluir respiración rápida, fatiga, descoordinación, somnolencia, confusión, shock y convulsiones.
- **INGESTIÓN.** El líquido puede causar náuseas, vómito y congelación de la boca o garganta.
- **PIEL.** Irritación luego de la exposición con el gas. El líquido puede provocar irritación, enrojecimiento y quemaduras por congelación.
- **NO ES TOXICO,** es un **ASFIXIANTE.** El GLP puede causar asfixia si la concentración es suficientemente alta para desplazar sensiblemente o excluir el oxígeno del aire.
- **OJOS.** El gas produce irritación al contacto con el líquido puede presentarse irritación, enrojecimiento y quemaduras.

Continuación anexo 1.

- **EFFECTOS CRÓNICOS.** La exposición prolongada y repetida puede provocar anemia.

PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE ACCIDENTE CON GLP

- **INHALACIÓN.** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si se respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener a la víctima abrigada y en reposo.
- **INGESTIÓN.** Lavar la boca con agua. Si se está consciente suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.
- **PIEL.** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir lavado y buscar atención médica.
- **OJOS.** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

Fuente: Hoja de Seguridad del GLP. <https://www.termoyopal.com.co/wp-content/uploads/2017/07/002-MSDS-GLP.pdf>. Consulta: 05 de noviembre de 2020.