



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

**ACTUALIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE OPERADORA DE TERMINALES S. A.**

Raúl José Barrios Bolaños

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ACTUALIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE OPERADORA DE TERMINALES S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RAÚL JOSÉ BARRIOS BOLAÑOS

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
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:

ACTUALIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE OPERADORA DE TERMINALES S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 10 de julio de 2015.


Raúl José Barrios Bolaños



Guatemala, 22 de abril de 2016
Ref.EPS.DOC.280.04.16.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Raúl José Barrios Bolaños** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200815323, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **ACTUALIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE OPERADORA DE TERMINALES S. A.**

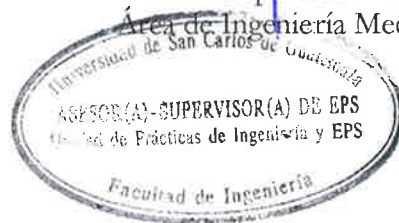
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
EESZ/ra



Guatemala, 22 de abril de 2016
REF.EPS.D.175.04.16

Ing. Roberto Guzmán
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **ACTUALIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE OPERADORA DE TERMINALES S. A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Raúl José Barrios Bolaños** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS


CCdP/ra



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.169.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **ACTUALIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE OPERADORA DE TERMINALES S.A.** del estudiante **Raúl José Barrios Bolaños**, carné **2008-15323**, procede a la autorización del mismo para su revisión.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica




Guatemala, mayo de 2016

/aej



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **ACTUALIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE OPERADORA DE TERMINALES S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Raúl José Barrios Bolaños**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2016



ACTO QUE DEDICO A:

Dios y la Virgen María	Por nunca abandonarme y por siempre impulsarme hacia delante. Por dame todo lo que siempre necesité.
Mis padres	Imelda Bolaños y Edwin Barrios, este éxito es enteramente suyo. No hay palabras ni acciones que puedan expresar y agradecer todo lo que han hecho y dejado de hacer por mí, los amo.
Mi hermanos	Edwin, Walter y Pablo Barrios, tres increíbles bendiciones que Dios puso en mi camino, que con su dedicación, responsabilidad, disciplina y amor han sido un gran ejemplo para mí.
Mis amigos	Son, sin duda alguna, mi tesoro más grande.
Mis sobrinos	Dos pequeñas grandes razones para ser cada día mejor.
María José	Por ser un ángel guardián.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por sobre todo.
Virgen María	Por ser mi consuelo, la madre celestial que me ayuda y protege.
Mis padres	Imelda Bolaños y Edwin Barrios, por ser mi mayor escuela y ejemplo de vida.
Mis hermanos	Edwin, Walter y Pablo Barrios, por ser parte importante de este logro y pieza fundamental en mi vida.
Mis amigos	Por ser una importante influencia en mi vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la educación brindada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Información general de la empresa	1
1.1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1.1. Ubicación.....	4
1.1.1.2. Historia	5
1.1.1.3. Misión	6
1.1.1.4. Visión.....	7
1.1.1.5. Valores	7
1.1.1.6. Organización y organigrama general.....	7
1.1.2. Departamento de Operaciones.....	9
1.1.2.1. Actividades	10
1.1.2.2. Organigrama del Departamento de Operaciones	11
1.1.2.3. Breve descripción del proceso de operación de la terminal	12
1.1.3. Departamento de Mantenimiento.....	16
1.1.3.1. Actividades	16

1.1.3.2.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento.....	17
1.1.3.3.	Breve descripción del proceso de mantenimiento de la terminal	18
1.1.4.	Departamento de HSSE	19
1.1.4.1.	Actividades	19
1.1.4.2.	Organigrama del Departamento de HSSE.....	20
1.1.4.3.	Breve descripción del proceso de seguridad de la terminal	21
1.2.	Información técnica	24
1.2.1.	American Petroleum Institute, API.....	24
1.2.1.1.	Norma API 653: inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanque	25
1.2.2.	Ensayos no destructivos.....	25
1.2.2.1.	Inspección visual	26
1.2.2.2.	Partículas magnéticas	27
1.2.2.3.	Líquidos penetrantes.....	30
1.2.2.4.	Ultrasonido industrial.....	32
1.2.2.5.	Radiografía industrial	33
1.3.	Tanques	34
1.3.1.	Clasificación de tanques.....	34
1.3.1.1.	Por tipo.....	35
1.3.1.1.1.	Esféricos	35
1.3.1.1.2.	Cilíndricos	36
1.3.1.2.	Por clase de techo.....	37
1.3.1.2.1.	Techo flotante externo ..	37
1.3.1.2.2.	Techo fijo externo.....	38

	1.3.1.2.3.	Techo fijo externo con membrana flotante interna	39
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN (AHORRO ENERGÉTICO)		41
2.1.	Propuesta de ahorro energético en la terminal		41
	2.1.1.	Situación actual	41
	2.1.2.	Diagnóstico general	43
	2.1.3.	Propuesta de ahorro energético por cambio a iluminación led.....	47
3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL		57
3.1.	Situación actual		57
	3.1.1.	Utilización de tanques de almacenamiento en la terminal.....	57
		3.1.1.1. Diagrama de ubicación	57
		3.1.1.2. Uso por producto almacenado.....	58
		3.1.1.3. Descripción del estado actual de los tanques.....	63
3.2.	Equipos y accesorios.....		65
	3.2.1.	Inventario y toma de datos	66
	3.2.2.	Diagrama de ubicación de equipos en la terminal ...	76
	3.2.3.	Descripción del estado actual de los equipos	80
3.3.	Plan de mantenimiento actual de los equipos, accesorios y tanques.....		81
	3.3.1.	Plan de mantenimiento preventivo.....	81
	3.3.2.	Plan de mantenimiento correctivo.....	82
3.4.	Actualización y documentación del plan de mantenimiento preventivo		83

3.4.1.	Identificación de recursos.....	83
3.4.2.	Actualización de la biblioteca con información técnica de los equipos y accesorios	85
3.4.3.	Actualización del plan de mantenimiento de equipos, accesorios y tanques	88
3.4.4.	Rutinas de mantenimiento preventivo	92
3.4.5.	Documentación de los procedimientos.....	102
3.4.6.	Documentación del mantenimiento de la terminal en software Sysman.....	111
4.	FASE DE DOCENCIA	117
4.1.	Fase de docencia.....	117
4.1.1.	Importancia del uso correcto de los equipos de seguridad personal.....	117
4.1.1.1.	Casco de seguridad	118
4.1.1.2.	Lentes de seguridad.....	119
4.1.1.3.	Protección auditiva	120
4.1.1.4.	Guantes de seguridad	120
4.1.1.5.	Calzado de seguridad	121
4.1.2.	Importancia del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	122
4.1.3.	Importancia de los historiales de operación y funcionamiento de los equipos	126
	CONCLUSIONES.....	129
	RECOMENDACIONES	131
	BIBLIOGRAFÍA.....	133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista aérea de OTSA	5
2.	Organigrama de OTSA.....	9
3.	Organigrama del Departamento de Operaciones.....	11
4.	Diagrama de amarre en facilidades marinas OTSA	13
5.	Formato de ventanas de carga	14
6.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento	18
7.	Organigrama del Departamento de HSSE	21
8.	Sistema de gestión de seguridad	22
9.	Ensayo de inspección visual	27
10.	Ensayo de partículas magnéticas	29
11.	Ensayo de líquidos penetrantes	31
12.	Ensayo de ultrasonido industrial	32
13.	Ensayo de radiografía industrial.....	34
14.	Tanques de almacenamiento esférico.....	36
15.	Tanques de almacenamiento cilíndrico	37
16.	Techo flotante externo.....	38
17.	Techo fijo externo.....	39
18.	Membrana flotante interna	40
19.	Ubicación actual de lámparas halógenas.....	42
20.	Comparativo de costo anual de los equipos de iluminación halógeno contra iluminación led.....	51
21.	Comparativo de consumo anual de los equipos de iluminación halógeno contra iluminación led.....	52

22.	Ubicación sugerida de lámparas led.....	55
23.	Ubicación de tanques de almacenamiento en la terminal.....	58
24.	Vista satelital de tanques de almacenamiento en la terminal	59
25.	Vista satelital de facilidades marinas y terrestres	60
26.	Distribución de diésel hacia los tanques de almacenamiento a través del Manifold de recepción	61
27.	Distribución de gasolina súper hacia los tanques de almacenamiento a través del Manifold de recepción	62
28.	Distribución de gasolina regular hacia los tanques de almacenamiento a través del Manifold de recepción	62
29.	Distribución de <i>fuel oil</i> hacia los tanques de almacenamiento a través del Manifold de recepción	63
30.	Vista aérea de los tanques de almacenamiento de la terminal.....	64
31.	Formato para toma de datos de válvulas por área.....	66
32.	Formato para toma de datos de equipos por área	66
33.	Ubicación de generadores eléctricos de emergencia	77
34.	Ubicación de UPS de emergencia	77
35.	Ubicación de <i>rack</i> de carga	78
36.	Ubicación de equipos de detección de incendio	78
37.	Ubicación de compresores	79
38.	Ubicación de equipos para medición automático del nivel de producto en tanques	79
39.	Formato para solicitud de orden de trabajo correctivo.....	82
40.	Formato de procedimientos	103
41.	Procedimiento de rutina de mantenimiento.....	107
42.	Solicitud de orden de trabajo	113
43.	Orden de trabajo generada en software Sysman	114
44.	Orden de trabajo con sumario de labores realizadas durante la reparación.....	116

TABLAS

I.	Tipo y cantidad de lámparas halógenas.....	41
II.	Costo anual por mantenimiento de lámparas halógenas	43
III.	Consumo y costos de iluminación halógena por tipo de lámpara	44
IV.	Resumen del consumo y costos de iluminación halógena por tipo de lámpara	47
V.	Consumo y costos de iluminación led por lámpara	48
VI.	Resumen de consumos y costos de iluminación por tipo de lámpara led	50
VII.	Comparativo de consumo anual de los equipos de iluminación halógeno contra iluminación led.....	52
VIII.	Comparativo de proyecciones de consumo anual y costo de los equipos de iluminación halógeno e iluminación led	53
IX.	Costos de inversión en iluminación led	54
X.	Distribución de tanques según el producto que almacenan	59
XI.	Color de tuberías según producto que distribuyen.....	61
XII.	Información de válvulas instaladas en la terminal	67
XIII.	Información de equipos instalados en la terminal	71
XIV.	Rutinas de mantenimiento preventivo	93
XV.	Rutinas de mantenimiento a equipos de HSSE	101
XVI.	Tipos de guantes para protección de manos	120

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
Bbls	Barriles
HP	Caballos de fuerza
Ø	Diámetro
END	Ensayo no destructivo
SF	Factor de seguridad
GPM	Galones por minuto
Hz	Hertz
h	Horas
Min	Minutos
W	Peso
Ft	Pies
PSI	Presión por pulgada cuadrada
“	Pulgadas
RPM	Revoluciones por minuto

GLOSARIO

Aditivo	Sustancia añadida a los combustibles para mejorar y potenciar sus propiedades.
API	Instituto Americano del Petróleo, por sus siglas en inglés.
ASNT	Asociación Americana de Ensayos no Destructivos, por sus siglas en inglés.
CBM	Sistema de amarre en boyas convencionales, por sus siglas en inglés.
EPP	Equipo de protección personal utilizado para reducir los riesgos a la salud física de quien lo porte.
HSSE	Health Safety Security Enviroment, Norma internacional de seguridad, salud, seguridad física y cuidado del medio ambiente.
Led	Diodo emisor de luz, por sus siglas en inglés.
Manifold	Múltiple mecánico que se utiliza para cambiar de dirección, mediante un juego de válvulas a distintos combustibles.

MEM	Ministerio de Energía y Minas.
Metro	Equipo mecánico con controladores electrónicos que miden el caudal del fluido que pasa a través de ellos.
NFPA	Agencia Nacional Contra Incendios de Estados Unidos de América.
OCIMF	Foro Internacional Marino de Compañías de Aceite, por sus siglas en inglés.
Oleoducto	Tubería provista de accesorios para transportar combustibles de un lugar a otro.
OTSA	Operadora de Terminales S. A.
Q88	Documento que brinda información básica acerca del barco de manera resumida y organizada.
<i>Rack de carga</i>	Instalación de la terminal utilizada para la carga de camiones cisterna.
<i>Slop</i>	Desecho o residuo de combustibles, pueden ser sólidos o líquidos.
<i>Shackles</i>	Grupo de nueve eslabones de cadena unidos.

Sysman	Programa para computadora diseñada para mantener un registro y control del mantenimiento preventivo y correctivo, inventarios, costos e información de empleados y contratistas.
Tanquero	Barco diseñado con tanques interiores cerrados para el transporte de producto.
Terminal	Nombre designado a facilidades que almacenan y distribuyen hidrocarburos.
TMS	Programa de computadora utilizado para controlar el sistema de despacho de la terminal.
Válvula <i>check</i>	Válvula utilizada para controlar el flujo del fluido en una sola dirección.
Válvula de compuerta	Válvula utilizada para bloquear el paso del fluido en una tubería.

RESUMEN

El mantenimiento preventivo surgió del análisis estadístico de la vida útil de los equipos y sus elementos mecánicos, por lo que busca anticiparse a la aparición de fallas, evitando que estas ocurran durante la operación normal. Mediante servicios y reparaciones programadas, se pretende mantener la eficiencia de los equipos lo más alto posible.

Se busca anticiparse a las fallas a partir de historiales de funcionamiento y de operación, puesto que al observar que el rendimiento de un equipo ha decaído se puede predecir que la falla es inminente.

Debido a la naturaleza de los trabajos y operaciones suscitadas en OTSA se consideran de alto riesgo, por lo que se busca que los resultados de estas sean de alta confiabilidad. Las consecuencias de una falla son variables y pueden ir desde un atraso en las operaciones hasta el cese completo de las mismas; incluyendo las horas hombre improductivo por parte del personal de operaciones y las horas hombre extras por el personal de mantenimiento interno y contratistas, lo cual representa un costo bastante elevado.

OBJETIVOS

General

Actualizar y documentar el plan de mantenimiento preventivo en la terminal de Operadora de Terminales S. A., que permita el funcionamiento eficiente y seguro de los equipos que intervienen en las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de combustibles.

Específicos

1. Elaborar un esquema para la recopilación e identificación detallada de los equipos y accesorios de la terminal, para determinar así los equipos críticos de la terminal.
2. Elaborar un esquema para la recopilación e identificación detallada de los equipos y accesorios de la terminal y determinar así los equipos críticos de la terminal.
3. Realizar un diagrama general de la terminal en la que se detalle la ubicación de los equipos y tanques por áreas e identificar cada elemento para facilitar su cuantificación y seguimiento.
4. Actualizar y crear las rutinas de mantenimiento necesarias que aseguren la integridad de los equipos y de los tanques

INTRODUCCIÓN

Operadora de Terminales S. A. (OTSA) es una empresa que nace de las operaciones en conjunto entre UNO Guatemala y Chevron Guatemala. Dedicada a la recepción, almacenamiento y despacho de hidrocarburos; OTSA cuenta con tres departamentos que conforman su organización: Operaciones, Mantenimiento y Seguridad Industrial.

El Departamento de Mantenimiento es el encargado de velar porque el funcionamiento y estado de los equipos sea el óptimo, ya que de esta forma se cumple con la política principal de OTSA sobre salud y medio ambiente, se reducen los tiempos muertos generando un ahorro sustancial de los costos operativos y minimizando el riesgo de cualquier incidente que pueda provocar un derrame.

Bajo los principios del cuidado a las personas y medio ambiente, concientes del daño que representa un derrame de hidrocarburos, el Departamento de Mantenimiento se ve en la necesidad de contar con un programa actualizado y documentado del mantenimiento preventivo, según prácticas recomendadas a nivel internacional y recomendaciones de los fabricantes para los tanques de almacenamiento y cada equipo o activo propio de la terminal, con el objetivo de asegurar que la integridad estructural del tanque y equipo no se haya visto afectada por la corrosión o factores externos que puedan desencadenar en un derrame.

1. GENERALIDADES

1.1. Información general de la empresa

OTSA es una empresa guatemalteca encargada de dar servicios de terminal a las empresas socias, los cuales incluyen recepción de barcos, almacenamiento de hidrocarburos, carga de camiones cisterna y todas las actividades inherentes a estas operaciones, incluyendo el mantenimiento de las instalaciones y la fiabilidad de la operación en su conjunto.

1.1.1. Descripción de la empresa

Las instalaciones de Operadora de Terminales S. A. cuentan con:

- Un sistema de boyas para amarre de barcos tipo CBM
- Dos líneas submarinas para descarga de producto:
 - Una para productos limpios (diésel, gasolinas súper y regular) y otra para bunker (*fuel oil*).
- Un edificio de Manifold.
- Una finca de nueve tanques de almacenamiento con capacidad nominal total de 965 mil barriles de 42 galones americanos, divididos de la siguiente forma:
 - Cuatro son de techo flotante externo
 - Dos con techo cónico fijo externo y flotante interno

- Por último, tres con techo cónico fijo
- Equipo de bombas de trasiego y de despacho de combustibles.
- Cinco tanques para almacenamiento de aditivos y su respectivo equipo de bombeo.
- Un tanque para almacenamiento y equipo de bombeo de *slops*.
- Un cargadero (*rack* de carga) compuesto por ocho estaciones o bahías de carga.
- Un sistema contra incendio compuesto por el siguiente equipo:
 - Dos bombas de mantenimiento de presión del sistema accionada por motor eléctrico.
 - Una bomba contra incendio accionada por motor eléctrico.
 - Una bomba contra incendio accionada por motor de combustión interna diésel.
 - Una bomba del sistema de espuma accionada por motor eléctrico.
 - Tres sistemas de espuma.
 - Cuarenta y seis extintores de polvo químico seco de 20 libras.
 - Cinco extintores de bióxido de carbono (CO₂) de 20 libras.
 - Cinco extintores de polvo químico seco de 125 libras.
- Dos centros de control de motores (CCM), uno norte y otro sur
- Dos generadores de emergencia (diésel), uno norte y otro sur
- Una caldera de combustible bunker (*fuel oil*)
- El complejo de edificios incluyen:
 - Una oficina de OTSA
 - Dos de facturación de las empresas socias
 - Uno de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT)

- Un taller
- Una bodega
- Un comedor y baños para empleados
- Un comedor y baños para pilotos
- Tres garitas de control de ingreso
- Un parqueo interno para empleados y visitas
- Dos para camiones para carga de producto

El perímetro se encuentra protegido y delimitado con muros prefabricados y alambre tipo razor.

El sistema de iluminación y de emergencia está instalado tanto en el perímetro como en el interior de la terminal, dándole prioridad al sistema de iluminación perimetral.

Las operaciones consideradas de alto riesgo que podrían tener incidencia en emergencias son las siguientes:

- Transporte de hidrocarburos en barco viniendo a descargarlos en las facilidades marinas de OTSA.
- Operaciones de descarga de barcos.
- Almacenamiento de hidrocarburos en los tanques propiedad de OTSA.
- Posibles futuras operaciones de exportación de hidrocarburos.
- Operaciones rutinarias de mantenimiento y pruebas hidrostáticas de las instalaciones marinas de OTSA.
- Tubería submarina de 16 pulgadas de diámetro por 5 000 pies de largo para descarga de barcos con hidrocarburos limpios.
- Tubería submarina de 16 pulgadas de diámetro por 5 000 pies de largo para descarga de barcos con bunker.

- Operaciones rutinarias de mantenimiento y carga de camiones en las instalaciones de OTSA.

1.1.1.1. Ubicación

La terminal se encuentra ubicada en la costa del Pacífico de Guatemala en el municipio de Puerto San José, departamento de Escuintla. En la localidad hay dos puertos: Puerto San José, que es donde se descargan los productos que importa OTSA y Puerto Quetzal, que se utiliza, principalmente, para las exportaciones e importaciones. Ambos puertos están separados por tierra 5 km y por mar 1 milla náutica. La terminal OTSA está localizada a 3,5 km del poblado/puerto de San José, sobre la carretera que conduce a la aldea Chulamar.

Las coordenadas de la terminal son:

- Latitud: 13 ° 55,40' norte
- Longitud: 90 ° 50,98' oeste

Las facilidades marinas se encuentran en las siguientes coordenadas:

- Latitud 13° 54,47' norte
- Longitud 90° 51,53' oeste

Figura 1. **Vista aérea de OTSA**



Fuente: www.googlemaps.com.gt. Consulta: julio de 2015.

1.1.1.2. Historia

Operadora de Terminales S. A. (OTSA) es una empresa guatemalteca, dedicada a brindar servicios de recepción, descarga, almacenaje a granel y distribución en carro-tanques de combustibles derivados del petróleo. Dio inicio a operaciones parciales en julio de 2002, y las operaciones completas a partir de 2003.

Fundada en 2002, OTSA nace de las operaciones en conjunto de las empresas UNO Guatemala y Chevron Guatemala, quienes manejan las marcas Shell y Texaco respectivamente; es una empresa guatemalteca encargada de dar servicios de terminal a las empresas socias. Estos servicios incluyen recepción de barcos, almacenamiento de hidrocarburos, carga de camiones

cisterna y todas las actividades inherentes a estas operaciones, incluyendo el mantenimiento de las instalaciones y la fiabilidad de la operación en su conjunto. Cuenta con tres departamentos que conforman su organización: Operaciones, Mantenimiento y Seguridad Industrial.

La terminal dispone con nueve tanques habilitados para la recepción, almacenamiento y despacho de combustibles y dos tanques horizontales que almacenan diésel destinado para el funcionamiento propio. Además, se emplean cuatro tanques horizontales que almacenan aditivos, los cuales son inyectados a los combustibles en la proporción que cada socio requiera según la marca final del producto.

Para la recepción de productos, OTSA dispone de facilidades marinas conformadas por cinco boyas de amarre y dos líneas submarinas, de 16” de diámetro y 1,6 kilómetros de longitud, destinadas para productos limpios (gasolinas y diésel) y *fuel oil*.

1.1.1.3. Misión

“Satisfacer las necesidades del mercado, cumpliendo a cabalidad con los estándares de calidad, seguridad, cumplimiento y responsabilidad con el medio ambiente, constituyéndonos como una empresa sólida y sostenible para sus socios e inversionistas, con un grupo humano completamente comprometido con la calidad y mejoramiento continuo”¹.

¹ OTSA. *Manual HSSE-SGH-0208 inducción a empleados, contratista y visitas*. págs. 2 y 3.

1.1.1.4. Visión

“Ser la terminal más admirada en Latinoamérica por el desempeño de su gente, alto compromiso en la seguridad, servicios y responsabilidad local”².

1.1.1.5. Valores

Los valores que caracterizan la operación de la terminal son:

- “Servicio, para nuestros socios.
- Confianza, en todo lo que hacemos con nuestros colaboradores y socios.
- Integridad, tomando en cuenta todas las variables que puedan afectar nuestras operaciones.
- Cuidado de las personas y medio ambiente, evitando dañar la integridad de ella y de los recursos naturales.
- Alto desempeño, de nuestros procesos.
- Cumplimiento, con las leyes locales, estándares de la industria y de nuestros socios”³.

1.1.1.6. Organización y organigrama general

La organización de la terminal está compuesta por:

- Un gerente de terminal, quién coordina y supervisa las actividades del ingeniero de mantenimiento, ingeniero de operaciones e ingeniero de HSSE.

² OTSA. *Manual HSSE-SGH-0208 inducción a empleados, contratista y visitas*. págs. 2 y 3.

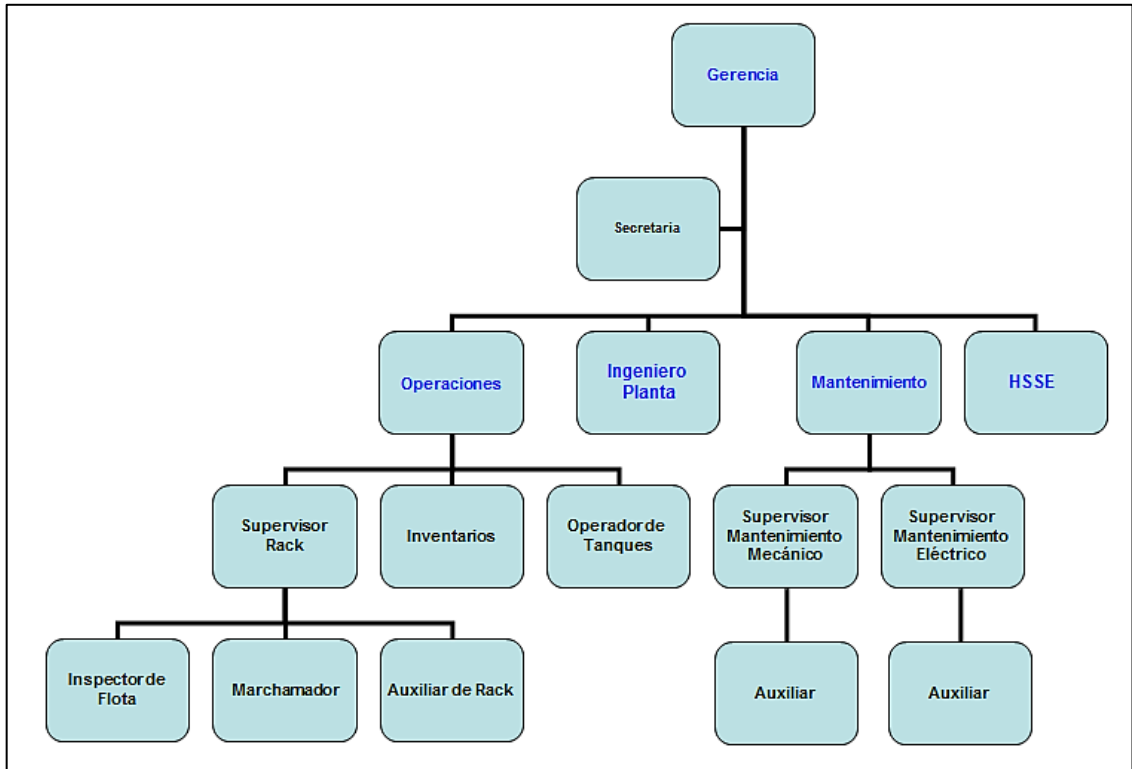
³ *Ibíd.*

- Departamento de Mantenimiento: coordinado y administrado por un ingeniero, un supervisor de mantenimiento mecánico, un supervisor de mantenimiento eléctrico, personal contratista de servicios generales y contratistas de operaciones y proyectos.
- Departamento de Operaciones: coordinado y administrado por un ingeniero quien supervisa al encargado de inventarios, tres supervisores de *rack* de carga, tres auxiliares de *rack* de carga, tres inspectores de camiones, tres instaladores de marchamos y un operador de tanques.
- Departamento de HSSE: coordinado y administrado por un ingeniero encargado quien supervisa la salud y seguridad industrial y ocupacional de los trabajos realizados dentro de la terminal por personal interno o contratista.
- Ingeniero de terminal: brinda apoyo a las actividades desempeñadas por cada uno de los departamentos; además da seguimiento a las tareas asignadas directamente por Gerencia.

Los servicios generales contratados de forma permanente en la terminal son: de mantenimiento de áreas verdes (4 personas) y servicios de seguridad (7 personas).

En las facilidades existen dos oficinas de facturación en donde laboran personal de Chevron y de UNO. Estas personas se encargan alternamente de las operaciones de seguimiento a programación y facturación de unidades de transporte.

Figura 2. Organigrama de OTSA



Fuente: OTSA. *Manual HSSE-SGH-0208 inducción a empleados, contratistas y visitas*. p. 4.

1.1.2. Departamento de Operaciones

Es el encargado de mantener al día el control de inventarios de combustibles y suministros y de supervisar el despacho de combustibles en los camiones cisternas (unidades) que se presenten. Además, está a cargo de todo lo involucrado en la recepción y almacenamiento de los combustibles provenientes de barcos tanqueros.

1.1.2.1. Actividades

En conjunto con el personal de mantenimiento, este departamento es el encargado de la coordinación de actividades de mantenimiento de las áreas que lo requieran, contribuyendo a que las operaciones sean seguras dentro de los estándares de operación.

También es el responsable de reportar ante la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) y el Ministerio de Energía y Minas (MEM), todo lo relacionado a inventarios, incidentes, calidad de combustibles y cantidad de los mismos que sea requerido por la ley, previo revisión del gerente de la terminal.

Junto al Departamento de Seguridad Industrial (HSSE) debe llevar el control del plan de capacitación para contratistas y empleados de la terminal, control de horas trabajadas, permisos de trabajo y lo referente a certificaciones. Apoyando al desarrollo y mejora continua del plan de HSSE que ahí se realiza tanto para empleados como para contratistas, con el fin de reducir a cero accidentes, condiciones de riesgo y derrames de producto.

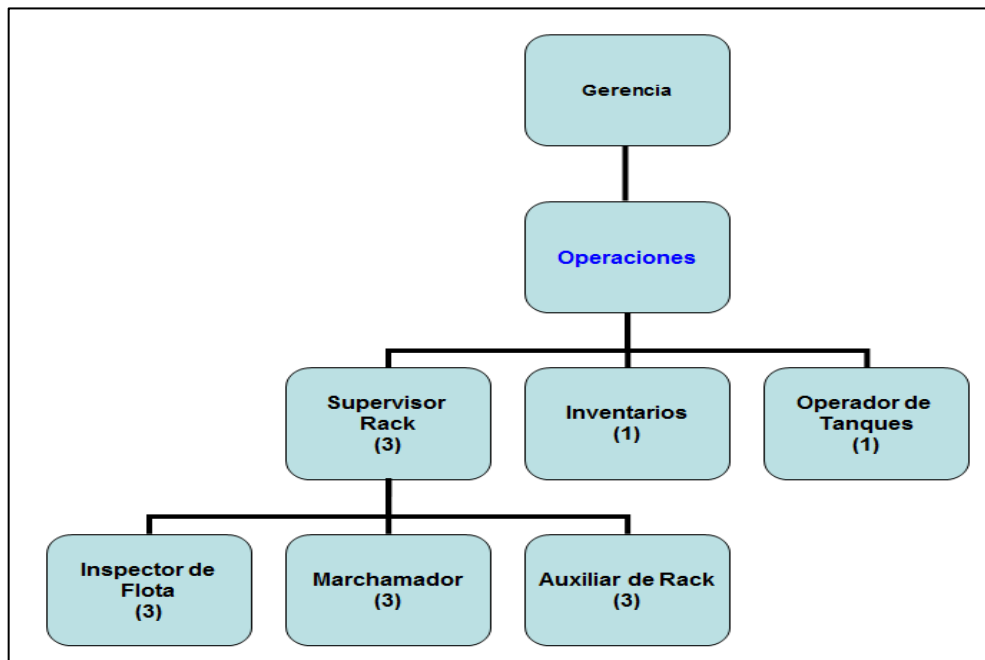
Además, mantener actualizados los reportes de funciones asignadas, indicadores y KPI con información que permita controlar y mejorar las operaciones por parte de Gerencia y el Comité Gerencial.

1.1.2.2. Organigrama del Departamento de Operaciones

El Departamento de Operaciones se encuentra conformado por:

- Un ingeniero encargado del departamento
- Tres supervisores de *rack* de carga
- Tres inspectores de flota
- Tres marchamadores
- Tres auxiliares de *rack* de carga
- Un encargado de inventarios de combustibles y aditivos
- Un operador de tanques

Figura 3. Organigrama del Departamento de Operaciones



Fuente: OTSA. *Manual HSSE-SGH-0208 inducción a empleados, contratistas y visitas.* p. 6.

1.1.2.3. Breve descripción del proceso de operación de la terminal

Las operaciones de la terminal se pueden dividir en dos grandes grupos: Operaciones Marinas y Operaciones Terrestres.

Las Operaciones Marinas inician desde el momento en que Chevron Houston o UNO Guatemala envían a OTSA la nominación de barcos para su aceptación; para brindarla es necesario verificar en el Q88 del barco en nominación, que cumpla con los siguientes requisitos para que pueda ser amarrado y descargue el producto hacia la terminal:

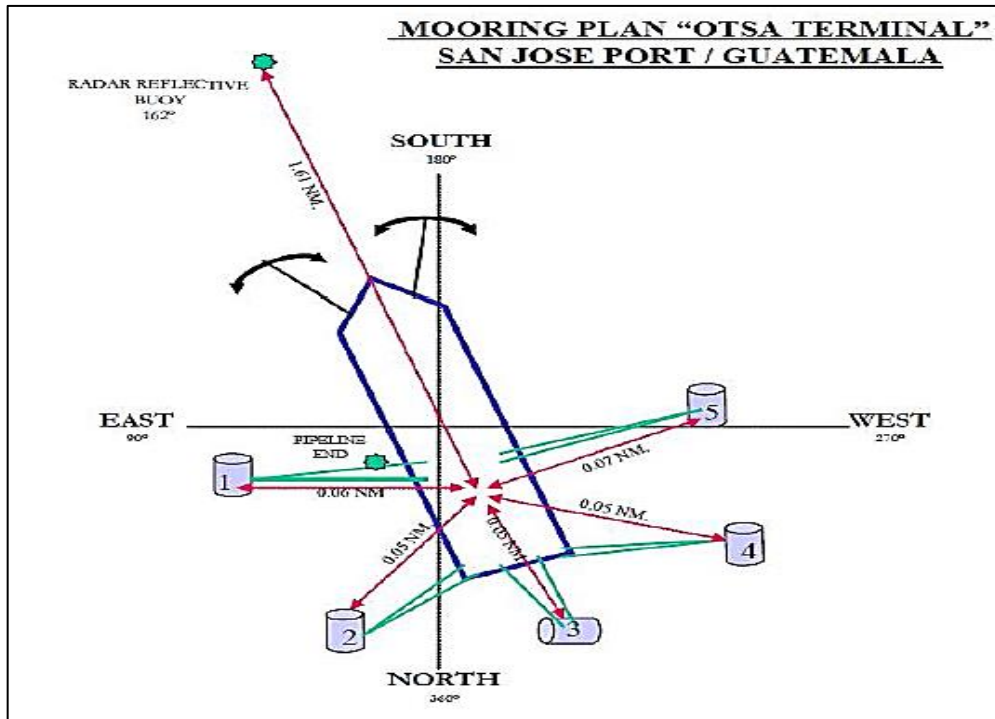
- Tipo de barco de aceites y químicos
- Doble casco
- Longitud menor de 228,6 metros
- Ancho menor de 32,2 metros
- Calado menor de 12 metros
- Certificados vigentes al día de descarga
- Radar para medición automática de tanques
- Válvulas de presión y vacío instaladas
- Cumplir con las recomendaciones de OCIMF
- Sistema de gas inerte instalado y funcionando
- Cuerdas de amarre sintéticas
- Cadenas y anclas con 9 *shackles* como mínimo
- Grúa de por lo menos 10 toneladas métricas

Antes de la llegada del barco a la terminal, el supervisor de operaciones debe:

- Confirmar la cantidad a recibir por medio de los BOL.
- Verificar que exista espacio suficiente en los tanques de la terminal para recibir el producto.
- Realizar procedimiento de descarga del producto.
- Informar a las entidades involucradas (SAT, MEM, inspectores y operadores OTSA).
- Solicitar a los operadores que preparen los equipos y herramientas necesarias.

El barco es amarrado en las facilidades marinas de la terminal por un piloto práctico del puerto. La posición amarre se ilustra en la figura 4.

Figura 4. **Diagrama de amarre en facilidades marinas OTSA**



Fuente: OTSA. *Manual OPS-REC-01 Terminal Regulations and Port Information book*. p. 12.


La descarga se realizará según lo establecido en el plan de bombeo, el cual indica la secuencia de productos y tanques en tierra a recibir; antes de esto, es necesario confirmar mediante análisis de laboratorio que el producto cumpla con lo establecido por la ley en cuestiones de calidad y propiedades fisicoquímicas.

Las operaciones marinas finalizan cuando el barco ha completado la descarga de productos y el barco ha sido desamarrado de las facilidades marinas, es en este punto donde inician las operaciones terrestres.

Las operaciones terrestres son aquel grupo de actividades que se llevan a cabo para poder despachar el producto almacenado en los tanques hacia camiones cisterna, entre estas están:

- Control de ingreso unidades a la terminal en su ventana de horario

Figura 5. Formato de ventanas de carga



HORA	Combinados TOP LOADING		Combinados BOTTOM LOADING	
	CVX	UNO	CVX	UNO
0:00	P-23	AD22	ER-59	AD4
	P-21	AD19		
	126			
0:30	129	JL2		AD1
		105		

Fuente: OTSA. *Manual OPS-DES-12^a. Control de ingreso de unidades y ventanas de carga.*

- Inspección de unidades para asegurar que cumplan con los requisitos de seguridad para poder ingresar al *rack* de carga.
- Coordinación con las oficinas de facturación de cada socio sobre la carga de sus unidades, según ventana de atención y unidades ingresadas en el *rack* de carga.
- Supervisión y capacitación de pilotos para realizar el proceso de carga de forma segura.
- Gravitaciones y transferencias de producto desde un tanque de almacenamiento hacia un tanque de despacho.
- Control de inventarios de producto despachado y almacenado en tanques.
- Drene de suciedad y agua que pudo haber ingresado a interior del tanque.
- Cambio de tanques de despacho para mantenerlos en su rango operativo autorizado (alturas máximas y mínimas).

Para el llenado de camiones cisterna la terminal cuenta con cinco *racks* en total, cuatro de ellos tipo *top loading* (carga por arriba) y 7 bahías de carga y uno para *bottom loading* (carga por abajo) con una sola bahía de carga; el sistema completo de carga cuenta con un alto nivel de automatización, sistemas especiales de combate de incendios y protección de sobrellenado. Se llena un promedio de 220 camiones diarios de los cuales se distribuyen en camiones flota de Uno, Chevron y compradores externos de cada compañía. El horario de despacho es de lunes a sábado en horario de 00:00 a 21:00 horas.

El sistema de brazos y posiciones de carga se identifican de la siguiente forma:

- *Rack* 1: bahías 1 y 2, cada bahía tiene tres brazos de llenado por arriba para productos combinados (gasolina súper, V-power, regular y diésel).

- *Rack 2*: tiene la bahía 3 para llenado por abajo para los productos combinados (gasolina súper, V-power, gasolina regular y diésel).
- *Rack 3*: bahías 4 y 5, cada bahía tiene tres brazos de llenado por arriba para productos combinados (gasolina súper, V-power, regular y diésel).
- *Rack 4*: bahías 6 y 7, cada bahía tiene tres brazos de llenado por arriba para productos combinados (gasolina súper, V-power, regular y diésel).
- *Rack 5*: tiene la bahía 8, con un brazo para llenado por arriba para producto bunker o *fuel oil*.

Los aditivos se inyectan por medio de un sistema automático directamente a la tubería de despacho para cada brazo de carga, la cantidad de aditivo inyectado es controlada por medio del sistema Accuload. Las recetas o fórmulas para agregar los aditivos para cada tipo de producto son registradas en el sistema de control de carga TMS.

1.1.3. Departamento de Mantenimiento

Es el encargado de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones de OTSA proporcionando el mantenimiento preventivo y correctivo que estos requieran.

1.1.3.1. Actividades

El Departamento de Mantenimiento tiene a su cargo las siguientes tareas:

- Selección y contratación de servicios de mantenimiento.
- Diseño, ejecución y supervisión de proyectos.
- Asignación de trabajos por ejecutar a contratistas.

- Supervisión de contratistas de acuerdo a los procedimientos y políticas establecidas.
- Compra de materiales y equipos.
- Dar respuesta inmediata ante una falla de equipos críticos.
- Proporcionar mantenimiento a todos los equipos e instalaciones de OTSA.

Además, mantener actualizados los reportes de funciones asignadas, indicadores y KPI con información que permita controlar y mejorar la gestión del Departamento por parte de Gerencia y Comité Gerencial.

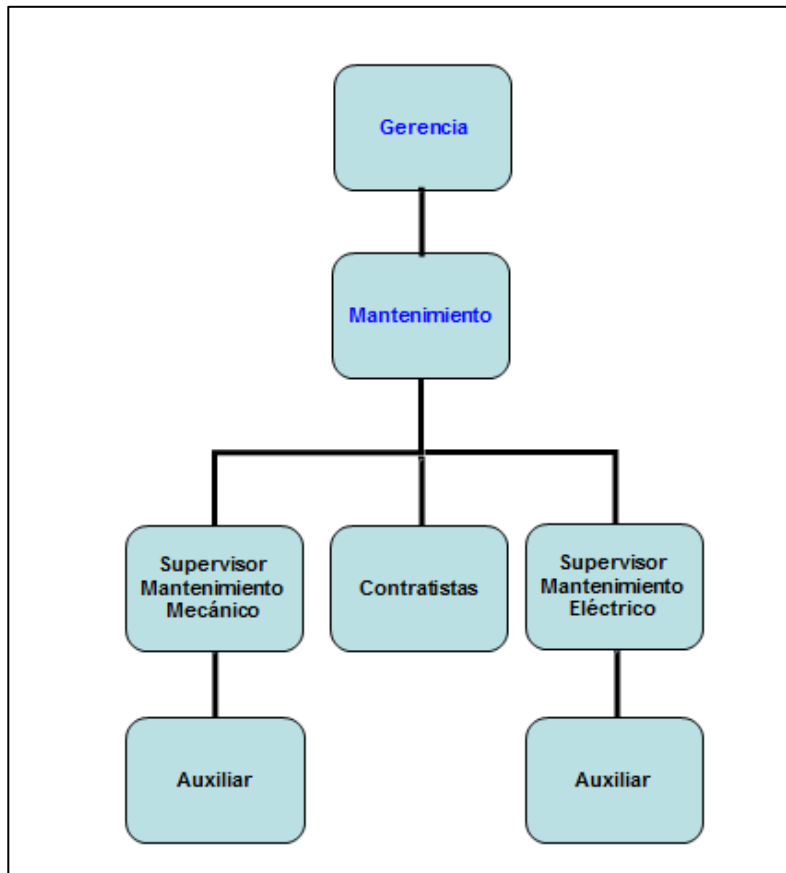
1.1.3.2. Organigrama del Departamento de Mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento se encuentra conformado por:

- Un ingeniero encargado del departamento
- Un supervisor de mantenimiento mecánico
- Un auxiliar de mantenimiento mecánico
- Un supervisor de mantenimiento eléctrico
- Un auxiliar de mantenimiento eléctrico
- Contratistas varios

La distribución jerárquica se ilustra en la figura 6.

Figura 6. **Organigrama del Departamento de Mantenimiento**



Fuente: OTSA. *Manual HSSE-SGH-0208 inducción a empleados, contratistas y visitas.* p. 11.

1.1.3.3. Breve descripción del proceso de mantenimiento de la terminal

El Departamento de Mantenimiento es el encargado de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones de OTSA proporcionando el mantenimiento preventivo y correctivo que estos requieran.

Junto al Departamento de Seguridad Industrial (HSSE), debe llevar el control del plan de capacitación para contratistas y empleados de la terminal, control de horas trabajadas, permisos de trabajo y lo referente a certificaciones. Apoyando al desarrollo y mejora continua del plan de HSSE que se realiza en la terminal, tanto para empleados como para contratistas, con el fin de reducir a cero accidentes, condiciones de riesgo y derrames de producto.

El Departamento cuenta actualmente con dos supervisores, uno para el área mecánica y otro para el área eléctrica, cada uno de ellos tiene a su disposición de dos y un auxiliares respectivamente. El personal de mantenimiento está destinado para realizar trabajos que no impliquen tareas especializadas en el funcionamiento de los equipos y facilidades, ya que estas tareas son realizadas por contratistas especialistas.

1.1.4. Departamento de HSSE

OTSA opera bajo un conjunto de principios comunes a los de las empresas socias, apoyado por las políticas y controles del negocio. Estos principios incluyen el compromiso y política de salud, seguridad y medio ambiente, un compromiso y política de HSSE, que requiere contar con un enfoque sistemático en el manejo de la seguridad y salud ocupacional.

1.1.4.1. Actividades

El Departamento de HSSE es el encargado de supervisar y auditar las siguientes tareas y aspectos:

- Correcta aplicación del sistema de permisos de trabajo.
- Equipos y personal encargado de la seguridad física de la terminal.

- Inducción de personal nuevo incluyendo contratistas.
- Tareas desarrolladas por personal operativo y de mantenimiento.
- Suministro de EPP adecuado.
- Señalización de áreas de trabajo.
- Rutinas de revisión a los equipos de seguridad.
- Programa de HSSE, incluyendo el seguimiento a los indicadores proactivos y reactivos.
- Programa de observación para la prevención de incidentes.
- Programa de actos y condiciones inseguras.
- Mantener la certificación del código PBIP.

Además, debe de participar en:

- Investigaciones de incidentes y casi incidentes
- Auditorías realizadas a los sistemas de la terminal
- Reuniones y capacitaciones OPIP
- Reuniones de comité local (Coldemar)
- Reuniones de Comité de Salud y Seguridad Ocupacional de OTSA
- Entrenamientos del Comité de Emergencia de Incendios

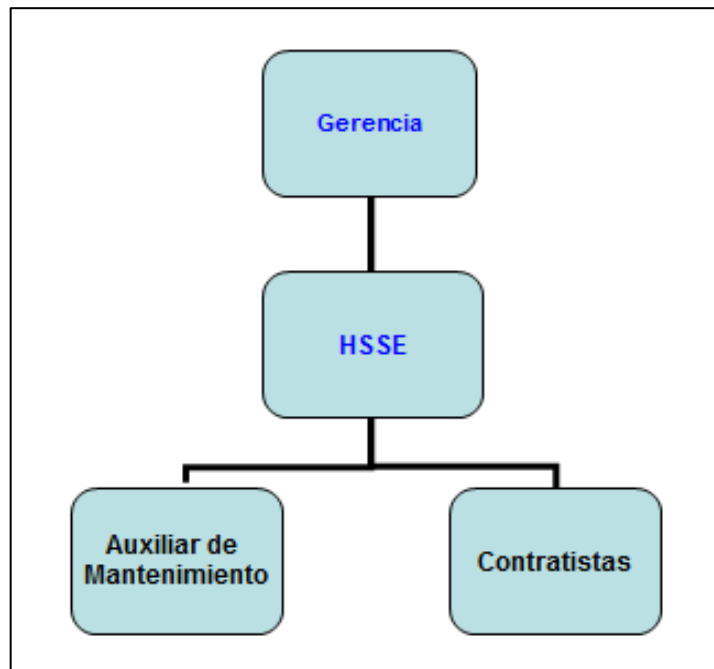
1.1.4.2. Organigrama del Departamento de HSSE

El Departamento de Seguridad Industrial se encuentra conformado por:

- Un ingeniero encargado del departamento.
- Un auxiliar de mantenimiento (apoyando con las rutinas de mantenimiento de los equipos propios del departamento).
- Contratistas varios.

La distribución jerárquica se ilustra en la figura 7.

Figura 7. **Organigrama del Departamento de HSSE**

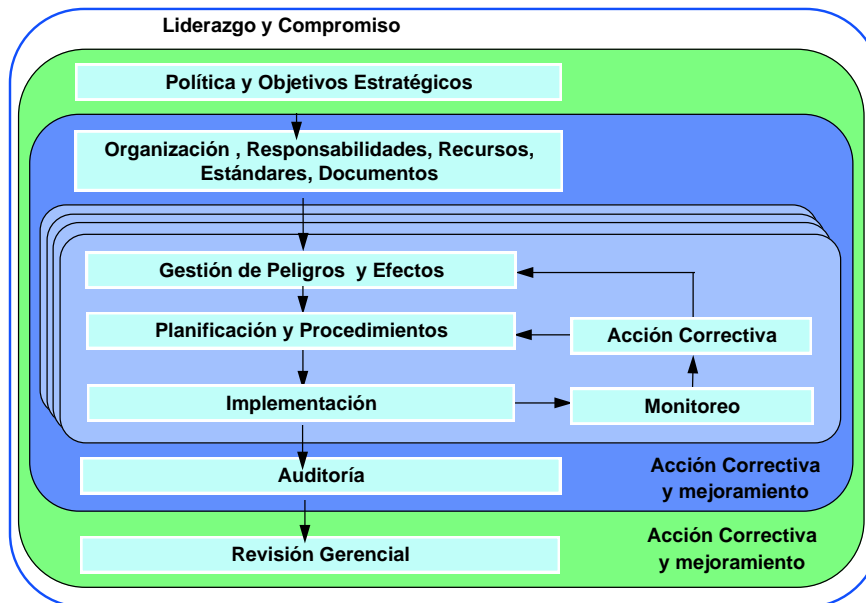


Fuente: OTSA. *Manual HSSE-SGH-0208 inducción a empleados, contratistas y visitas.* p. 18.

1.1.4.3. Breve descripción del proceso de seguridad de la terminal

El sistema de gestión de la salud, seguridad y medio ambiente se basa en los requerimientos de los socios y está compuesto por los siguientes elementos y sus interrelaciones:

Figura 8. Sistema de gestión de seguridad



Fuente: OTSA. *Manual HSSE-SGH-0104 caso HSSE*. p. 3.

OTSA opera bajo un conjunto de principios comunes a los de las empresas socias, apoyado por las políticas y controles del negocio. Estos principios incluyen el compromiso y política de salud, seguridad y medio ambiente, un compromiso y política de HSSE, que requiere contar con un enfoque sistemático en el manejo de la seguridad y salud ocupacional.

El compromiso personal es visible en los asuntos de seguridad, en el contacto tanto con el personal propio como contratado, poniendo énfasis en obtener una participación proactiva de todos los niveles dentro de la organización. Además, se cuenta con desarrollo personal proactivo a través de un conocimiento profundo del impacto de HSSE en los negocios y promoviendo iniciativas para mejoras en las áreas de HSSE; presencia sistemática del área de Operaciones con sesiones de entrenamiento del personal, realizar

seguimientos trimestrales y semestrales a las recomendaciones realizadas en las áreas de HSSE durante las reuniones con personal y contratistas.

Entre las acciones gerenciales se tienen:

- Participación de la Gerencia en actividades de capacitación.
- Involucramiento de la Gerencia en el tratamiento de temas críticos de HSSE.
- Aprobación de objetivos y planes de trabajo y su correspondiente monitoreo de avance.
- Consideración de HSSE en las hojas de metas individuales y en las correspondientes evaluaciones.
- Aseguramiento por parte de la gerencia de contar con recursos y sistemas de gestión apropiados.
- Dar el ejemplo considerando las políticas de HSSE en la toma de decisiones.

OTSA ha adoptado el programa de Hearts & Minds desarrollado por Shell, para mejorar la cultura de HSSE. Este programa se basa en tres puntos clave:

- Responsabilidad personal: se entiende y se acepta lo que debe hacerse y lo que se espera de los colaboradores.
- Consecuencias individuales: se sabe que hay un sistema justo de recompensa por solucionar problemas y trabajar correctamente, y justicia para el comportamiento imprudente.

- Intervenciones proactivas: se trabaja con seguridad, porque se está intrínsecamente motivados a hacer las cosas bien naturalmente, no solo porque se dice, sino porque se interviene en la mejora de las actividades.

El Departamento cuenta con un sistema de manejo de riesgos y efectos (HEMP–Hazards and Effects Management Process, por sus siglas en inglés) con una identificación estructurada y periódica, de riesgos e incidentes potenciales (amenazas y consecuencias) inherentes a las actividades, con un uso sistemático de los incidentes potenciales de la compañía se puede evaluar el nivel de riesgo de los contratistas. Existe la participación del personal involucrado en las operaciones para la identificación de peligros y el reporte de potenciales incidentes, el cual es clave para el análisis de riesgos de las tareas llevadas a cabo en la terminal. Además, se hace uso de un sistema de reportes de incidentes, investigaciones, diagnósticos, y decisiones tomadas de los puntos de aprendizaje de las mismas con sus respectivos seguimientos.

1.2. Información técnica

A continuación se detalla la información correspondiente a las normas que rigen lo referente a la construcción e inspección de tanques a través de ensayos no destructivos; además, se expresa la clasificación de tanques según su geometría y tipo de techo.

1.2.1. American Petroleum Institute, API

El American Petroleum Institute, conocido comúnmente por API, (Instituto Americano del Petróleo, en español) es una organización nacional en los Estados Unidos que cuenta con un área destinada a la elaboración de normas y prácticas recomendadas sobre la manipulación del petróleo y gases naturales;

está conformada por miembros de las industrias petroleras internacionales dedicadas a la producción, refinación, distribución y otros negocios de la misma. El instituto es la única asociación de comercio que representa todos los aspectos de la industria de petróleo y gas natural de Estados Unidos de América.

API es líder en la elaboración de normas y técnicas y su expansión a nivel internacional es cada vez mayor, a pesar que el enfoque principal es el mercado estadounidense, actualmente, sus estándares son aceptados y adoptados en el mercado internacional. Además, dirige y patrocina investigaciones que van desde análisis económicos hasta estudios toxicológicos sobre la manipulación de productos derivados del petróleo y por más de 85 años, API ha liderado el desarrollo de equipos y estándares para el manejo de estos.

1.2.1.1. Norma API 653: inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanque

Este estándar aplica a los tanques de almacenamiento de combustible fabricados de acero al carbono y construidos bajo la norma API 650 o su predecesor API 12C. Se limita a la fundición, fondo, cuerpo, estructura, techo y accesorios, hasta el primer flange, del tanque. Está diseñado para el uso de organizaciones dedicadas al mantenimiento, inspección, fabricación o reparaciones de tanques.

1.2.2. Ensayos no destructivos

El principio general de los ensayos no destructivos (END) es ser un examen, una prueba, una evaluación, un ensayo. Este ensayo es practicado a

un determinado objeto, sin cambiar o afectar su estado físico, para determinar la presencia o ausencia de indicaciones de características determinadas que puedan afectar el desempeño del servicio para el cual fue diseñado determinado elemento.

Dentro de las características que pueden ser medidas en un ensayo pueden estar: sus dimensiones, su configuración, su estructura molecular, la dureza, el tamaño de grano, entre otros.

La American Society of Nondestructive Testing, por sus siglas en inglés (ASNT) lo define como: “La determinación de la condición física de un objeto sin afectar la habilidad de ejercer la función para la que fue creado. Las técnicas de END típicamente utilizadas se sirven de energía para determinar las propiedades del material o indicar la presencia de discontinuidades del material (súperfciales, internas u ocultas)”⁴.

El propósito de los métodos END es identificar características físicas que sean inaceptables; orientado este concepto al área industrial, defectos que a futuro puedan ser un peligro para el desempeño de la función para la cual fueron creados.

1.2.2.1. Inspección visual

Es un ensayo súperfcial, el cual es conducido básicamente bajo la evaluación del ojo humano y con ayuda de instrumentos capaces de medir o acercar la vista a lugares no accesibles.

⁴ Asociación Americana de Ensayos no Destructivos. *Práctica SNT-TC-1A*. p. 1.

La inspección visual directa puede realizarse cuando el acceso es suficiente para colocar el ojo a una distancia de no mayor de 24” de la superficie a ser examinada y a un ángulo no mayor de 30°, se recomienda que la distancia no sea menor a 6”. Los espejos pueden ser utilizados para mejorar el ángulo de visión, y ayudas como lentes de aumento, también pueden ser utilizados.

Figura 9. **Ensayo de inspección visual**



Fuente: *Calidad y Técnica Industrial*. http://www.cyti.com.mx/inspeccion_visual.asp. Consulta: septiembre de 2015.

1.2.2.2. Partículas magnéticas

Este método de ensayo permite identificar discontinuidades superficiales en materiales ferrosos. El ensayo de partículas magnéticas consiste en magnetizar la pieza a inspeccionar y aplicar las partículas magnéticas (polvo fino de limaduras de hierro), luego evaluar las indicaciones producidas por la

agrupación de las partículas en ciertos puntos. Este proceso varía según los materiales que se usen, los defectos a buscar, geometría y condiciones físicas del objeto de inspección. Se utiliza cuando se requiere una inspección más rápida que la que se logra empleando líquidos penetrantes.

Este método se utiliza en materiales ferromagnéticos como el hierro, el cobalto y el níquel. Debido a su baja permeabilidad magnética, no se aplica ni en los materiales paramagnéticos (como el aluminio, el titanio o el platino) ni en los diamagnéticos (como el cobre, la plata, el estaño o el zinc).

Los defectos que se pueden detectar son únicamente aquellos que están en la superficie o a poca profundidad. Cuanto menor sea el tamaño del defecto, menor será la profundidad a la que podrá ser detectado.

El campo magnético se puede generar mediante un imán permanente, un electroimán, una bobina o la circulación de intensidad eléctrica sobre la pieza. El imán permanente se utiliza poco, debido a que solamente se pueden conseguir con campos magnéticos débiles.

En una pieza alargada, la magnetización mediante bobina genera un campo magnético longitudinal, por lo que muestra defectos transversales. En cambio, una corriente eléctrica entre los extremos de la pieza genera un campo transversal, por lo que detecta defectos longitudinales.

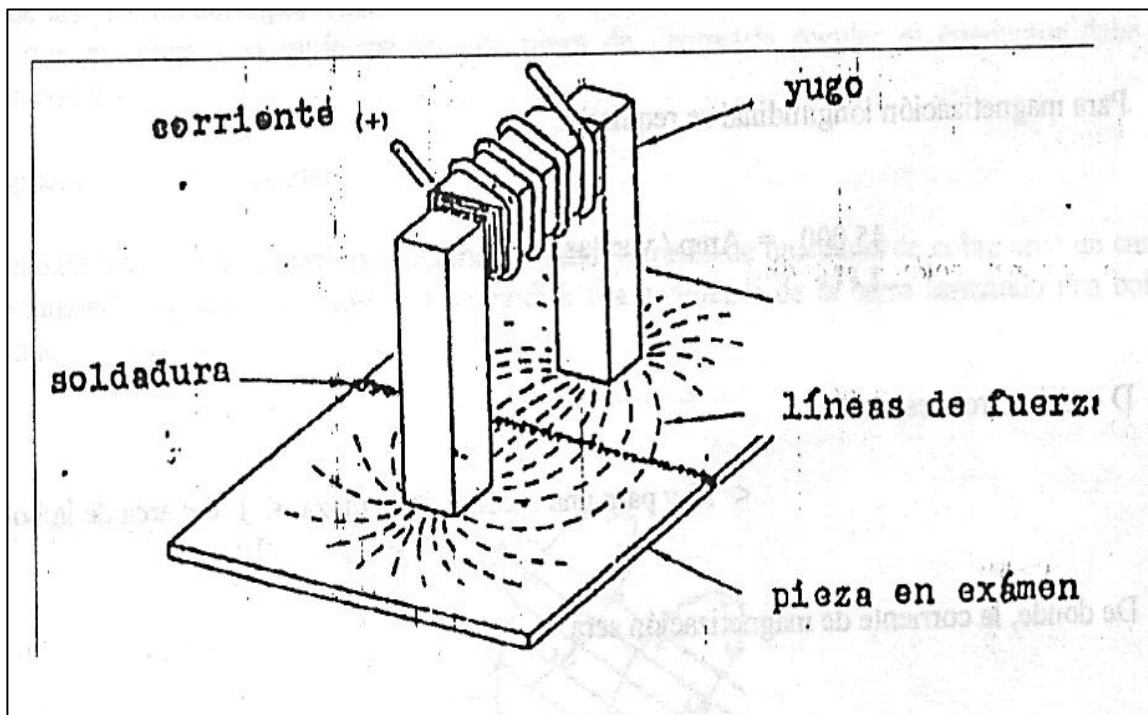
Los dos tipos de partículas magnéticas son:

- Tipo I: partículas magnéticas fluorescentes
- Tipo II: partículas magnéticas visibles

Indistintamente si las partículas magnéticas son tipo I (fluorescentes) o tipo II (visibles), los dos métodos establecidos basados en la forma de aplicación de las partículas magnéticas son:

- Método A: partículas magnéticas húmedas
- Método B: partículas magnéticas secas

Figura 10. **Ensayo de partículas magnéticas**



Fuente: *El mundo de la aviación.*

<http://www.elmundodelaaviacion.com.ar/img/manuales/mantenimiento/15.gif>. Consulta: 19 de septiembre de 2015.

1.2.2.3. Líquidos penetrantes

El ensayo de líquidos penetrantes es uno de los ensayos más utilizados para la detección de discontinuidades en materiales no porosos. Posterior al ensayo de inspección visual es el más popular actualmente por su sencillez de aplicación y su fácil interpretación.

Casi cualquier pieza puede ser ensayada por este método, es muy amigable a líneas de producción, ya que si se sistematiza puede realizarse en tiempos relativamente cortos.

El principio básico bajo el cual el método de PT está sustentado es el de capilaridad, la cual es la atracción o acción que se desarrolla por el fenómeno de tensión superficial de los líquidos, lo cual empuja a estos hacia espacios angostos y abiertos a la superficie.

La fuerza de la capilaridad es bastante fuerte, tal es el caso que aun cuando el ensayo se realice sobre cabeza, la fuerza de la gravedad es vencida por la fuerza de capilaridad del líquido y penetra en las indicaciones abiertas a la superficie.

Figura 11. **Ensayo de líquidos penetrantes**



Fuente: Servicios de ingeniería limitada. <http://www.sistemasingeneriaend.com/servicios.html>.
Consulta: septiembre de 2015.

Los dos tipos de líquidos penetrantes son:

- Tipo I: líquidos penetrantes fluorescentes
- Tipo II: líquidos penetrantes visibles

Indistintamente, si los líquidos son tipo I (fluorescentes) o tipo II (visibles) los dos métodos establecidos basados en la forma de remoción del exceso de penetrante son:

- Método A: líquidos penetrantes removibles con agua
- Método B: líquidos penetrantes removibles con solvente

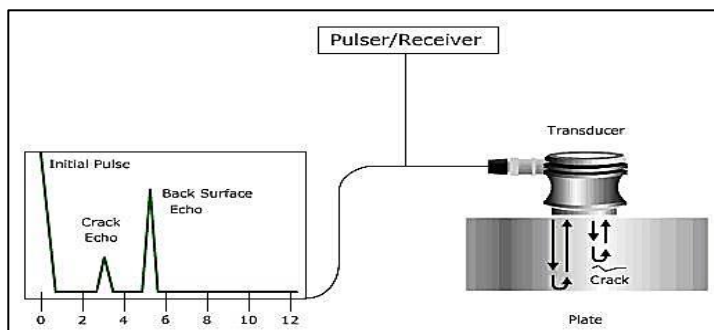
1.2.2.4. Ultrasonido industrial

El ultrasonido industrial es uno de los ensayos no destructivos más eficientes que se emplean en la actualidad, que permite detectar discontinuidades y variaciones en la estructura interna y externa de un material.

Entre las ventajas y beneficios que presenta el ultrasonido industrial es la exactitud al momento de determinar la ubicación de las discontinuidades; además, los resultados del ensayo se obtienen de forma inmediata, presentando una gran ventaja en reducción de tiempos a la hora de la toma de decisiones para reparaciones o cambios de las piezas inspeccionadas.

Para poder realizar este ensayo es tan solo necesario que se tenga acceso, incluso por un solo lado del objeto a inspeccionar. Se pueden inspeccionar soldaduras de diferentes tipos de uniones y formas geométricas, incluye a los materiales ferrosos y no ferrosos, lo cual presenta una ventaja frente a otros tipos de ensayos.

Figura 12. **Ensayo de ultrasonido industrial**



Fuente: Global Maintenance Services Ltda. <http://www.end-ndt.cl/gallery/ut12.jpg>. Consulta: 20 de septiembre de 2015.

1.2.2.5. Radiografía industrial

El ensayo por radiografía industrial es un método empleado para identificar y detectar discontinuidades en el interior de una soldadura o cuerpo. El método de aplicación es idéntico al estudio por radiografía realizado en el ámbito médico.

Al aplicar la radiografía industrial se obtiene una imagen de la estructura interna del elemento inspeccionado, utilizando radiación de alta energía que deja un registro permanente en una película fotogénica para su posterior inspección.

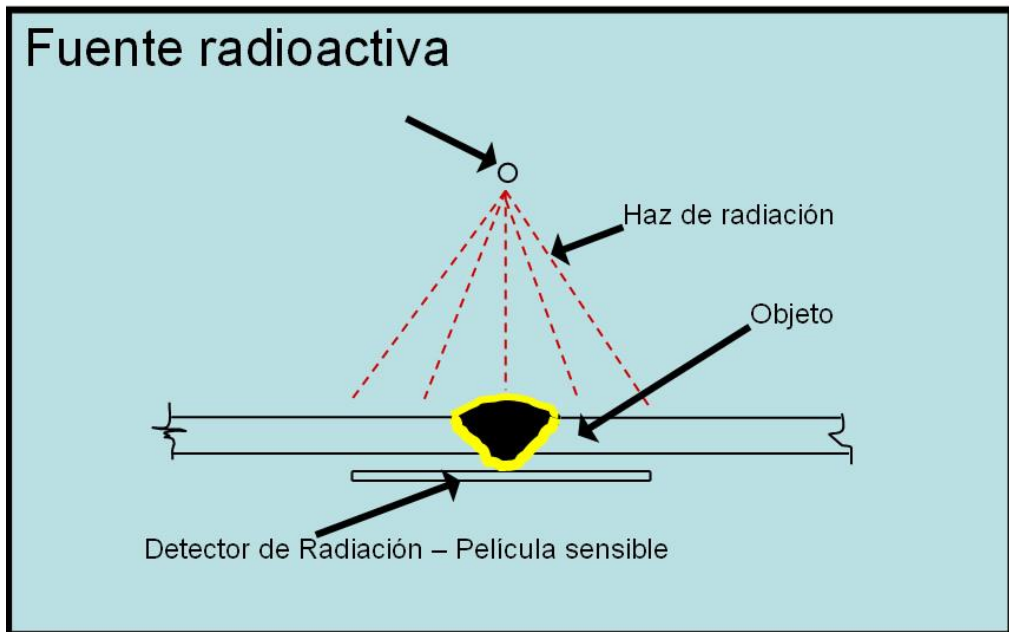
Es uno de los métodos más antiguos y de mayor aplicación en la industria. El principio físico en el que se basa dicha técnica es en la interacción entre la materia y la radiación electromagnética ionizante, la cual logra traspasar el objeto y es desviada por las discontinuidades internas del mismo quedando registrada la imagen en una placa fotosensible que es sometida a un proceso de revelado para poder ser analizada.

Los dos tipos de radiación utilizadas son:

- Tipo I: rayos X
- Tipo II: rayos gamma

Los rayos X son generados por dispositivos electrónicos, de forma similar que el caso médico, y los rayos gamma son generados por fuentes radioactivas o isótopos radioactivos, por ejemplo, el cobalto 60 y el cesio 137.

Figura 13. **Ensayo de radiografía industrial**



Fuente: Endicsa. http://www.endicsa.com.ar/site/images/imagenes_articulos_endicsa/rt1.jpg.

Consulta: 9 de septiembre de 2015.

1.3. **Tanques**

Son recipientes generalmente metálicos, empleados para almacenar fluidos y gases de una manera eficiente a una presión atmosférica para el caso de los líquidos y una presión determinada para los gases.

1.3.1. **Clasificación de tanques**

El diseño y la construcción de estos tanques dependen directamente de las características propias de los líquidos o gases que se desea almacenar. Entre las clasificaciones más comunes que se utilizan para los tanques se pueden mencionar:

1.3.1.1. Por tipo

Se clasifican los tanques por su tipo según su geometría de construcción.

1.3.1.1.1. Esféricos

Son destinados al almacenamiento de productos ligeros, como el gas licuado de petróleo o LPG, por ejemplo, que se encuentran en estado gaseoso en condiciones de presión y temperatura atmosférica. Estos tanques son diseñados para operar con presiones internas que súperan los 15 PSI manométricas. Al mantener esta presión se evita tener que mantener una temperatura por debajo de los -30° Celsius para almacenar el LPG, siendo un caso similar para otros productos ligeros.

Estos tanques se diseñan bajo los lineamientos de la Norma API. El producto ingresa por la parte superior del tanque y la succión se encuentra en la parte inferior del mismo.

Para el diseño se considera que almacenarán agua, debido a que esto permite un factor de seguridad que asegura que el peso del producto final almacenado no súperará el de diseño.

Figura 14. **Tanques de almacenamiento esférico**



Fuente: Framepool. <http://footage.framepool.com/shotimg/184836721-tanque-esferico-horst-tanque-de-petroleo-industria-quimica.jpg>. Consulta: septiembre de 2015.

1.3.1.1.2. Cilíndricos

Diseñados para operar a presiones iguales a las atmosféricas, debido a esto, pueden almacenar cualquier tipo de producto líquido o sólido, dependiendo de las características físicas y químicas del producto se pueden emplear distintos tipos de techo, los cuales se mencionan a continuación.

Figura 15. **Tanques de almacenamiento cilíndrico**



Fuente: OTSA. *Manual HSSE-SGH-1102. Plan de Emergencia: Brigada contra Incendios.* p. 4.

1.3.1.2. Por clase de techo

El techo del tanque permite que el producto no esté expuesto directamente a la intemperie, lluvia, radiación solar, entre otros, y ayuda a mantener la integridad y calidad del producto almacenado. Puede ser de tipo fijo o flotante.

1.3.1.2.1. Techo flotante externo

La característica principal es que el techo se desplaza de acuerdo al nivel del producto contenido. Se utilizan cuando la presión del tanque no es mayor a la atmosférica y se almacenan productos con *flash point* menor a 65 °C. Su diseño se basa en pontones perimetrales que permiten la flotación del techo sobre el producto contenido y patas para su soporte cuando el tanque sea vaciado o el nivel del producto no sea el suficiente para flotar el techo. Su

función es reducir o anular la cámara de aire (espacio libre entre espejo del producto y el techo) evitando la formación de vapores.

Figura 16. **Techo flotante externo**



Fuente: OTSA. *Manual OPS-ALM-01 operación de patio.* p. 4.

1.3.1.2.2. Techo fijo externo

La característica de este tipo de tanque es que el techo se encuentra fijo y soldado al cuerpo del tanque en la parte superior del mismo. Este diseño evita que ingrese suciedad y agua de lluvia al interior del tanque, pero el espacio vacío entre el espejo de producto y el techo es llenado con vapores inflamables, por esta razón es que se recomienda que este tipo de tanques almacene productos combustibles y no productos inflamables.

Figura 17. **Techo fijo externo**

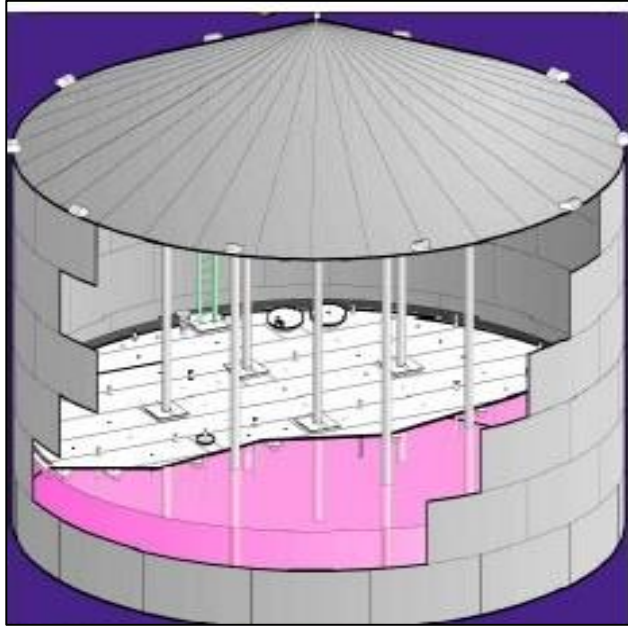


Fuente: Archiexpo. http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-g/103566-4229925.jpg. Consulta: 19 de septiembre de 2015.

1.3.1.2.3. Techo fijo externo con membrana flotante interna

Su diseño es el mismo que el de los tanques con techo fijo externo, con la diferencia de que estos cuentan con una membrana flotante sobre el espejo del producto que evita la formación del espacio vapor, minimizando pérdidas por evaporación al exterior y reduciendo el daño medio ambiental y el riesgo de formación de mezclas explosivas en las cercanías del tanque.

Figura 18. **Membrana flotante interna**



Fuente: OTSA. *Manual OPS-ALM-01 operación de patio.* p. 6.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN (AHORRO ENERGÉTICO)

2.1. Propuesta de ahorro energético en la terminal

Como parte del compromiso de OTSA con el medio ambiente, de forma anual se analiza una iniciativa que genere ahorro y que no impacte de forma negativa a la seguridad y a la operación propia de la terminal.

2.1.1. Situación actual

Actualmente, las instalaciones de la terminal se encuentran iluminadas por lámparas halógenas montadas sobre 40 postes. Existen varios tipos de lámparas, los cuales se mencionan a continuación en la tabla I, junto a la cantidad de equipos que se emplean:

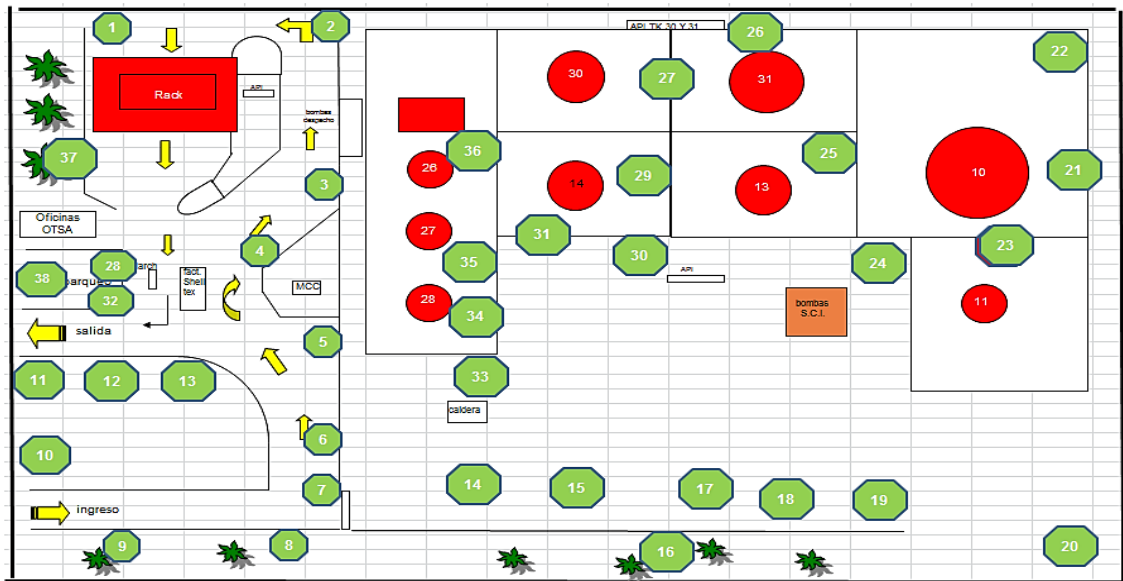
Tabla I. **Tipo y cantidad de lámparas halógenas**

TIPO Y CANTIDAD DE LÁMPARAS HALÓGENAS	
Tipo	Cantidad
Metalarc 1,500	6
Metalarc 1,000	4
Metalarc 400	42
Cobra 400	12
Rack 250	24
Total de lámparas	88

Fuente: elaboración propia.

La ubicación de las lámparas se ilustra en el siguiente diagrama de la figura 19.

Figura 19. **Ubicación actual de lámparas halógenas**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

De los registros contables se obtiene el monto que representa el mantenimiento de la iluminación halógena, el rubro incluye, entre otros:

- Costo de lámparas y cableado.
- Personal de mantenimiento eléctrico para realizar las reparaciones necesarias.
- Uso de andamios y equipo de protección contra caídas.

A partir del gasto de la iluminación actual se realiza el siguiente consolidado que se describe en la tabla II.

Tabla II. **Costo anual por mantenimiento de lámparas halógenas**

COSTO ANUAL POR MANTENIMIENTO DE LÁMPARAS HALÓGENAS	
Tipo	Costo en US\$
Metalarc 1,500	240,00
Metalarc 1,000	160,00
Metalarc 400	1 470,00
Cobra 400	420,00
Rack 250	720,00
Total	3 010,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Diagnóstico general

Según el consumo en kilowatt hora de cada tipo de lámparas instalado, se calcula el consumo anual, tomando en cuenta que las lámparas operan 12 horas diarias durante los 365 días del año y que el costo de kilowatt hora actual es de Q 1,28 o US\$ 0,15. A partir del consumo anual se genera la proyección de consumo para 5 y 10 años por equipo.

Tabla III. **Consumo y costos de iluminación halógena por tipo de lámpara**

Metalarc 1,500				
Tipo de lámpara		Metalarc 1,500	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual
Consumo de lámpara + balastro (watts)		1 800	\$ 0,15	\$ 40,00
Horas de operación		12		
Días de operación		365		
Cantidad de luminarias		6		
Lámpara		1 año	5 años	10 años
Metalarc 1,500	KWh por año	47 304	236 520	473 040
Costo de KWh x año		\$ 7 095,00	\$ 35 478,00	\$ 70 956,00
Mantenimiento anual		\$ 240,00	\$ 1 200,00	\$ 2 400,00
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 7 335,00	\$ 36 678,00	\$ 73 356,00

Metalarc 1,000				
Tipo de lámpara		Metalarc 1,000	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual
Consumo de lámpara + balastro (watts)		1 200	\$ 0,15	\$ 40,00
Horas de operación		12		
Días de operación		365		
Cantidad de luminarias		4		
Lámpara		1 año	5 años	10 años
Metalarc 1,000	KWh por año	21 024	105 120	210 240

Continuación de la tabla III.

Costo de KWh x año	\$ 3 153	\$ 15 768,00	\$ 31 536,00
Mantenimiento anual	\$ 160	\$ 800,00	\$ 1 600,00
COSTO TOTAL ANUAL	\$ 3 313	\$ 16 568,00	\$ 33 136,00

Metalarc 400					
Tipo de lámpara		Metalarc 400	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual	
Consumo de lámpara + balastro (watts)		480	\$ 0,15	\$ 35,00	
Horas de operación		12			
Días de operación		365			
Cantidad de luminarias		42			
Lámpara		1 año	5 años	10 años	
Metalarc 400	KWh por año	88 301	441 504	883 008	
Costo de KWh x año		\$ 13 245,15	\$ 66 225,75	\$ 132 451,50	
Mantenimiento anual		\$ 1 470,00	\$ 7 350,00	\$ 14 700,00	
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 14 715,15	\$ 73 575,75	\$ 147 151,50	

Cobra 400					
Tipo de lámpara		Cobra 400	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual	
Consumo de lámpara + balastro (watts)		480	\$ 0,15	\$ 35,00	
Horas de operación		12			
Días de operación		365			
Cantidad de luminarias		12			
Lámpara		1 año	5 años	10 años	

Continuación de la tabla III.

Cobra 400	KWh por año	25 229	126 144	252 288
Costo de KWh x año		\$ 3 784,35	\$ 18 921,75	\$ 37 843,50
Mantenimiento anual		\$ 420,00	\$ 2 100,00	\$ 4 200,00
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 4 204,35	\$ 21 021,75	\$ 42 043,50

Rack 250				
Tipo de lámpara		Rack 250	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual
Consumo de lámpara + balastro (watts)		300	\$ 0,15	\$ 30,00
Horas de operación		12		
Días de operación		365		
Cantidad de luminarias		24		
Lámpara		1 año	5 años	10 años
Rack 250	KWh por año	31 536	157 680	315 360
Costo de KWh x año		\$ 4 730,40	\$ 23 652,00	\$ 47 304,00
Mantenimiento anual		\$ 720,00	\$ 3 600,00	\$ 7 200,00
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 5 450,40	\$ 27 252,00	\$ 54 504,00

Fuente: elaboración propia.

El consumo y costo anual de los equipos se resume en la tabla IV.

Tabla IV. **Resumen del consumo y costos de iluminación halógena por tipo de lámpara**

CANTIDAD DE LÁMPARAS HALÓGENAS Y CONSUMO TOTAL			
Tipo	Cantidad	Consumo actual KWh x año	Costo anual en US\$
Metalarc 1,500	6	47 304	7 335,00
Metalarc 1,000	4	21 024	3 313,00
Metalarc 400	42	88 301	14 715,00
Cobra 400	12	25 229	4 204,00
Rack 250	24	31 536	5 450,00
Total	88	213 394	35 017,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Propuesta de ahorro energético por cambio a iluminación led

Con base en el consumo total generado por las lámparas halógenas se busca generar un ahorro energético realizando un cambio por lámparas led. Con el apoyo de una empresa contratista especializada en el suministro de estos equipos, se encuentran los siguientes tipos de lámparas, cuyas capacidades son equivalentes a las actualmente instaladas y operarán bajo las mismas condiciones. A partir del consumo anual de las lámparas led se genera la proyección de consumo para 5 y 10 años por equipo:

Tabla V. Consumo y costos de iluminación led por lámpara

Saturn 144				
Tipo de lámpara		Saturn 144	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual
Consumo de lámpara + balastro (watts)		315	\$ 0,15	\$ 0,00
Horas de operación		12		
Días de operación		365		
Cantidad de luminarias		11		
Lámpara		1 año	5 años	10 años
Saturn 144	KWh por año	15 177	75 884	151 767
Costo de KWh x año		\$ 2 276,51	\$ 11 382,53	\$ 22 765,05
Mantenimiento anual		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 2 276,51	\$ 11 382,53	\$ 22 765,05

Saturn 96i				
Tipo de lámpara		Saturn 96i	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual
Consumo de lámpara + balastro (watts)		130	\$ 0,15	\$ 0,00
Horas de operación		12		
Días de operación		365		
Cantidad de luminarias		12		
Lámpara		1 año	5 años	10 años
Saturn 96i	KWh por año	6 833	34 164	68 328
Costo de KWh x año		\$ 1 024,92	\$ 5 124,60	\$ 10 249,20
Mantenimiento anual		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 1 024,92	\$ 5 124,60	\$ 10 249,20

Continuación de la tabla V.

Saturn 88i				
Tipo de lámpara		Saturn 88i	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual
Consumo de lámpara + balastro (watts)		115	\$ 0,15	\$ 0,00
Horas de operación		12		
Días de operación		365		
Cantidad de luminarias		16		
Lámpara		1 año	5 años	10 años
Saturn 88i	KWh por año	8,059	40,296	80,592
Costo de KWh x año		\$ 1 208,88	\$ 6 044,40	\$ 12,088,80
Mantenimiento anual		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 1 208,88	\$ 6 044,40	\$ 12 088,80

Saturn 66i				
Tipo de lámpara		Saturn 66i	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual
Consumo de lámpara + balastro (watts)		85	\$ 0,15	\$ 0,00
Horas de operación		12		
Días de operación		365		
Cantidad de luminarias		15		
Lámpara		1 año	5 años	10 años
Saturn 66i	KWh por año	5 585	27 923	55 845
Costo de KWh x año		\$ 837,68	\$ 4 188,38	\$ 8 376,75
Mantenimiento anual		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 837,68	\$ 4 188,38	\$ 8 376,75

Continuación de la tabla V.

Vapor Proof 48					
Tipo de lámpara		Vapor Proof 48	Costo KWH (IVA)	Costo mantenimiento anual	
Consumo de lámpara + balastro (watts)		65	\$ 0,15	\$ 0,00	
Horas de operación		12			
Días de operación		365			
Cantidad de luminarias		24			
Lámpara		1 año	5 años	10 años	
Vapor Proof 48	KWh por año	6,833	34,164	68,328	
Costo de KWh x año		\$ 1 024,92	\$ 5 124,60	\$ 10 249,20	
Mantenimiento anual		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 1 024,92	\$ 5 124,60	\$ 10 249,20	

Fuente: elaboración propia.

El consumo y costo anual de los equipos sugeridos de iluminación led se resume en la tabla VI.

Tabla VI. **Resumen de consumos y costos de iluminación por tipo de lámpara led**

CANTIDAD DE LÁMPARAS HALÓGENAS Y CONSUMO TOTAL			
Tipo	Cantidad	Consumo actual KWh por año	Costo anual en US\$
Saturn 144	11	15 177	2 276,55
Saturn 96i	12	6 833	1 024,95

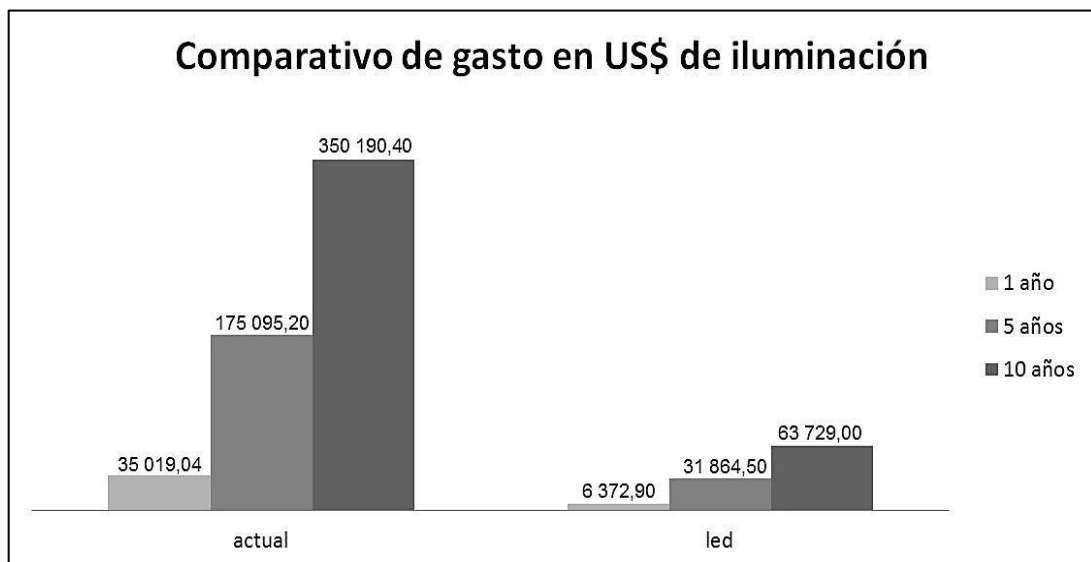
Continuación de la tabla VI.

Saturn 88i	16	8 059	1 208,85
Jupiter 66i	15	5 585	837,75
Vapor Proof 48	24	6 833	1 024,90
Total	78	42 487	6 373,00

Fuente: elaboración propia.

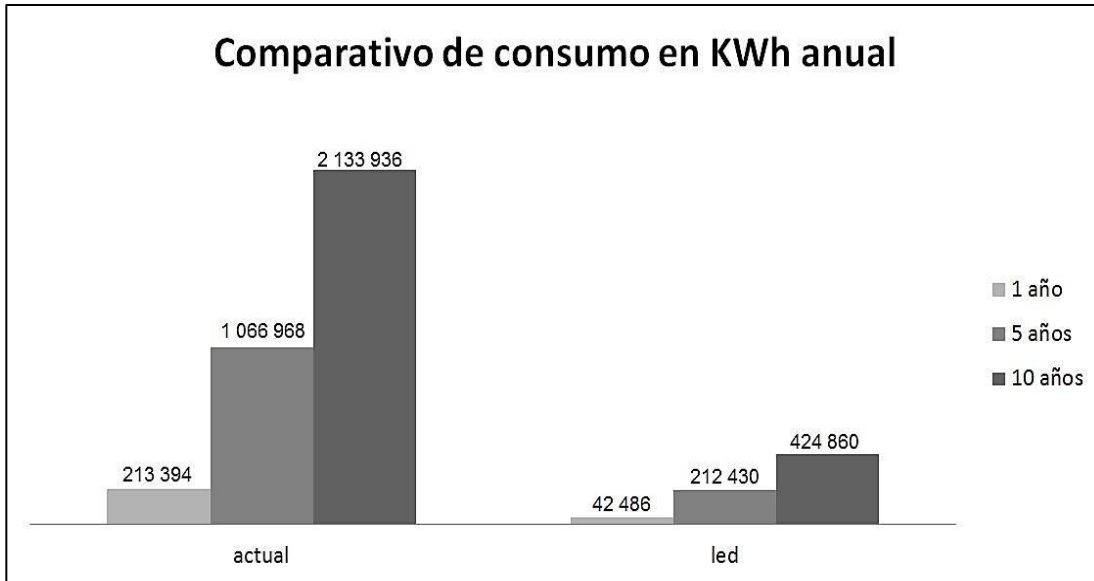
Comparando las proyecciones de consumos en kilowatt hora por año y los costos se generan las siguientes gráficas:

Figura 20. **Comparativo de costo anual de los equipos de iluminación halógeno contra iluminación led**



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Comparativo de consumo anual de los equipos de iluminación halógeno contra iluminación led**



Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos de las proyecciones sobre el consumo energético se consolidan en la tabla VII.

Tabla VII. **Comparativo de consumo anual de los equipos de iluminación halógeno contra iluminación led**

COMPARATIVO DE CONSUMO - KWh x Año			
Tipo	Consumo actual KWh por año	Tipo	Consumo led KWh por año
Metalarc 1,500	47 304	Saturn144	15 177
Metalarc 1,000	21 024	Saturn96i	6 833

Continuación de la tabla VII.

Metalarc 400	88 301	Saturn88i	8 059
Cobra 400	25 229	Jupiter66i	5 585
Rack 250	31 536	Vapor Proof 48	6 833
Total	213 394		42 486

Fuente: elaboración propia.

Analizando la proyección del consumo de energía eléctrica generado por cada equipo de iluminación a un plazo de 1, 5 y 10 años y su respectivo monto, se determina el ahorro en energía y en costos que representa la iluminación led.

Tabla VIII. **Comparativo de proyecciones de consumo anual y costo de los equipos de iluminación halógeno e iluminación led**

COMPARATIVO DE CONSUMO Y COSTO						
	Energía Eléctrica KWh/año			Costo anual US\$		
Año	Actual	led	Ahorro	Actual	led	Ahorro
1	213 394	42 486	170 908	35 019,00	6 373,00	28 646,00
5	1 066 968	212 430	854 538	175 095,00	31 865,00	143 230 00
10	2 133 963	424 860	1 709 103	350 190,00	59 325,00	190 865,00

Fuente: elaboración propia.

Según las proyecciones, se puede observar que en el primer año la iluminación led reduce el consumo de energía eléctrica en 170 908 Kilowatts hora, lo cual representa un 80,09 % de ahorro energético.

Los costos de los equipos de iluminación led y tiempo de vida de los equipos, se consolida en la tabla IX.

Tabla IX. **Costos de inversión en iluminación led**

INVERSIÓN DEL PROYECTO		
Equipo	Inversión en US\$	Años de vida*
Saturn 144	25 630,00	12
Saturn 96i	21 600,00	
Saturn 88i	24 800,00	
Jupiter 66i	18 750,00	
Vapor Proof 48	21 000,00	
Total	90 780,00	

Fuente: elaboración propia.

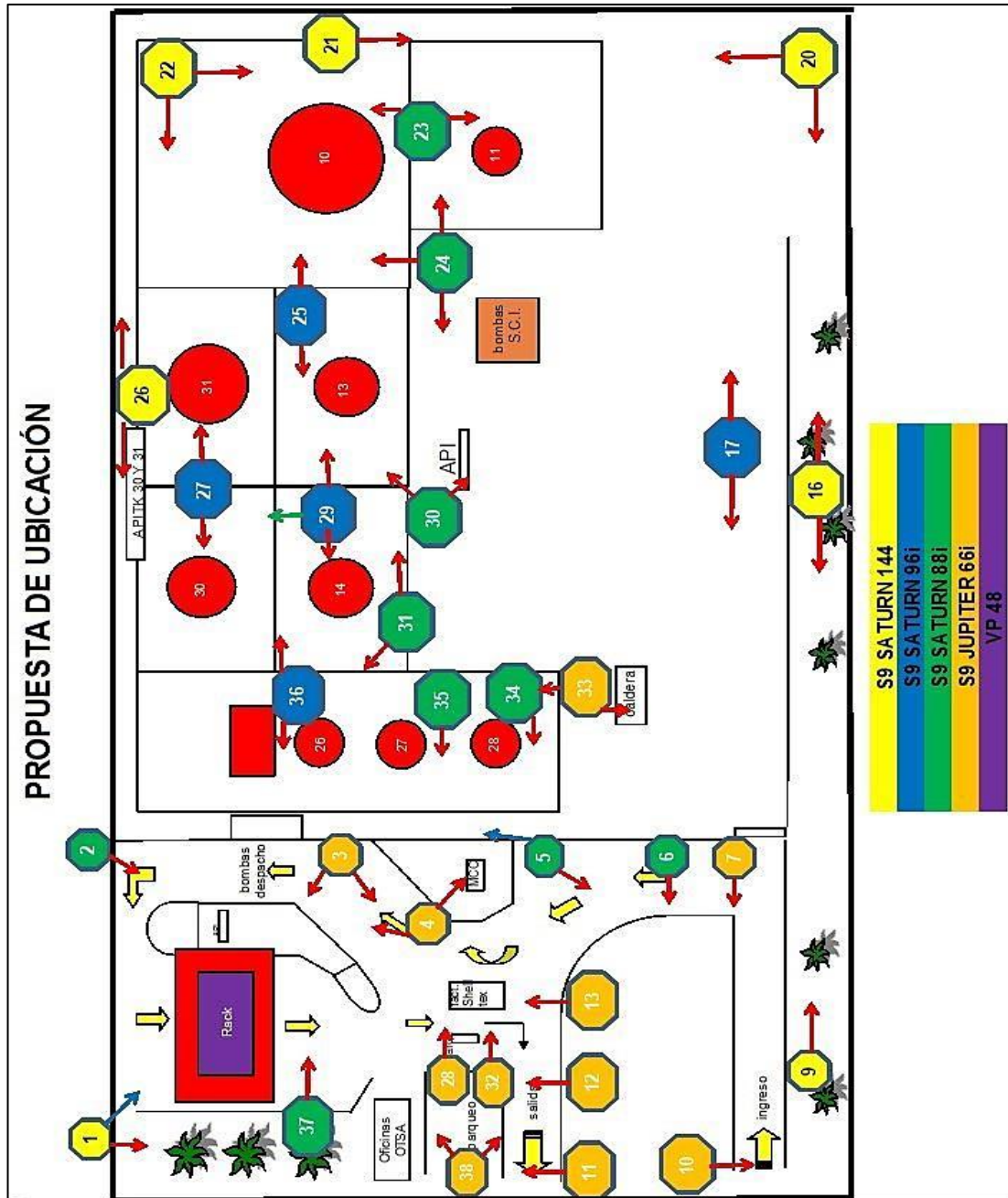
El tiempo de retorno de la inversión se calcula, a partir del ahorro estimado de energía eléctrica que representará la iluminación led al año y del monto total de la inversión, el cálculo es el siguiente:

$$\text{Retorno de inversión} = \frac{\text{Costo inversión led}}{\text{Ahorro de energía}} = \frac{\$ 90 780,00}{\$ 28 646,00} = 3,17 \text{ años}$$

El retorno de la inversión sería de 3,17 años.

Los equipos sugeridos de iluminación led y su ubicación se muestran en el diagrama de la figura 22.

Figura 22. Ubicación sugerida de lámparas led



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

3.1. Situación actual

La terminal cuenta con nueve tanques habilitados para la recepción, almacenamiento y despacho de combustibles, su utilización varía según la demanda operativa existente.

3.1.1. Utilización de tanques de almacenamiento en la terminal

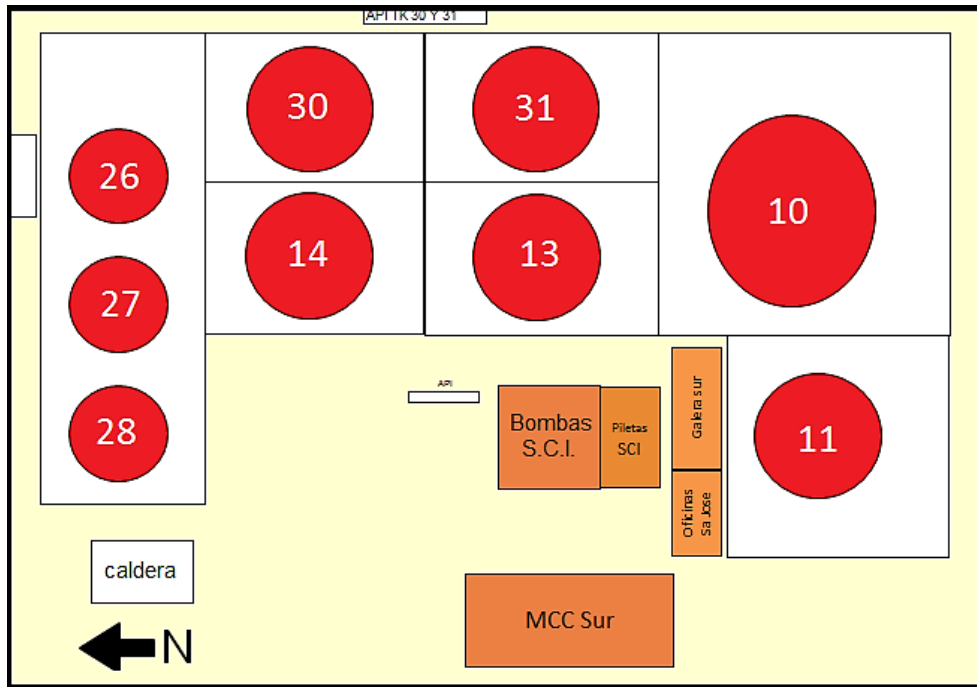
Actualmente, OTSA almacena los siguientes productos:

- Gasolina regular (Mogas 88)
- Gasolina súper (Mogas 95)
- Diésel (*gas oil*)
- *Fuel oil* (bunker tipo C)

3.1.1.1. Diagrama de ubicación

La terminal cuenta con nueve tanques habilitados para la recepción, almacenamiento y despacho de combustibles. La ubicación de los mismos se muestra en la siguiente imagen.

Figura 23. **Ubicación de tanques de almacenamiento en la terminal**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

3.1.1.2. **Uso por producto almacenado**

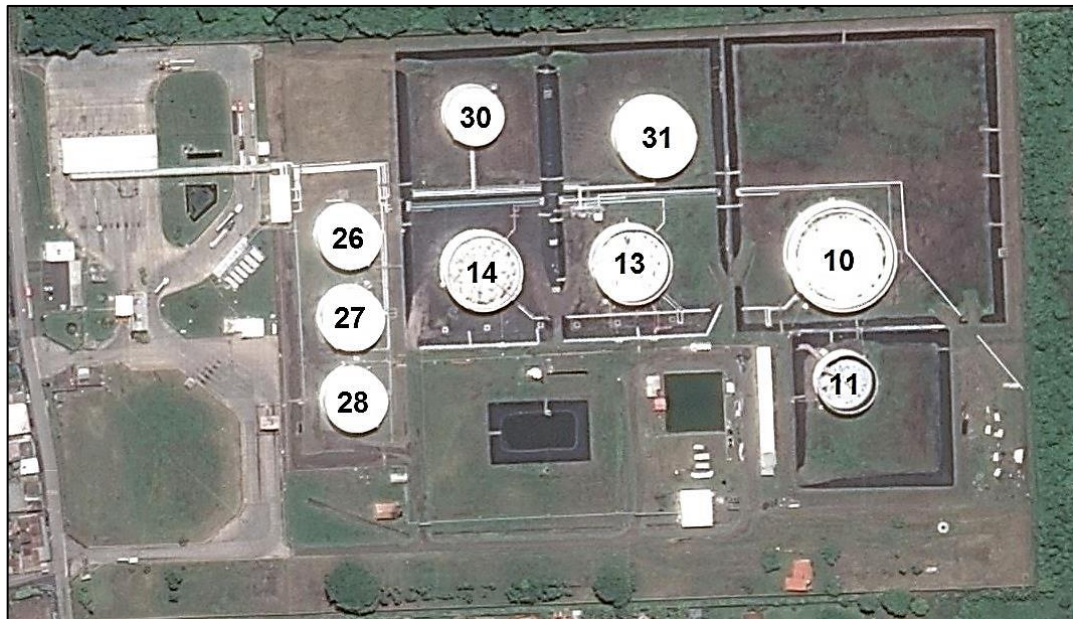
Todos los tanques de la terminal están habilitados para almacenar cualquiera de los combustibles en mención. Actualmente, se encuentran distribuidos de la siguiente manera.

Tabla X. **Distribución de tanques según el producto que almacenan**

PRODUCTO	TANQUE
Gasolina regular	14 y 30
Gasolina súper	11, 13 y 31
Diésel	26, 27 y 10
<i>Fuel oil</i>	28

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Vista satelital de tanques de almacenamiento en la terminal**

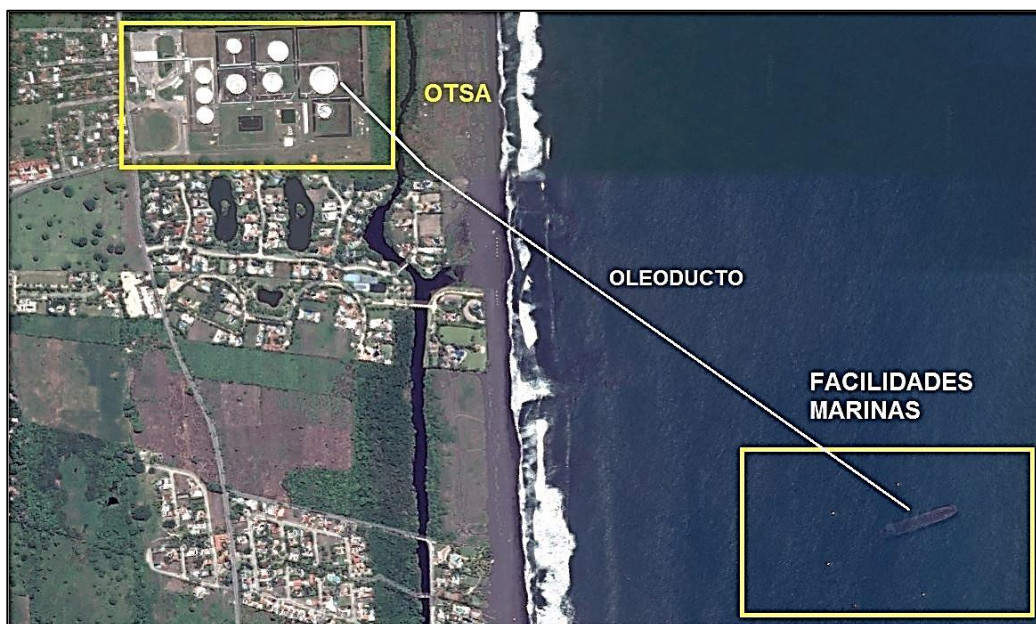


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 2010.

El suministro de producto hacia los tanques se realiza por barcos tanqueros que son amarrados en las facilidades marinas de OTSA, las cuales se encuentran a 1,6 km mar adentro en dirección sur-este de la terminal. Los combustibles son bombeados desde el barco y recibidos en tierra a través de

un oleoducto de 1,6 km de longitud y 16 pulgadas de diámetro que llega a un Manifold de distribución donde se envía el producto hacia el tanque deseado según una combinación de válvulas establecida. A continuación, una imagen aérea que muestra las facilidades marinas y terrestres de OTSA.

Figura 25. **Vista satelital de facilidades marinas y terrestres**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 2010.

Para identificación de los productos, la terminal maneja un código de colores el cual aplica únicamente para las tuberías que transportan combustibles, el código de color es el siguiente.

Tabla XI. **Color de tuberías según producto que distribuyen**

PRODUCTO	COLOR
Gasolina regular	Naranja
Gasolina súper	Blanco
Diésel	Verde
<i>Fuel oil</i>	Gris

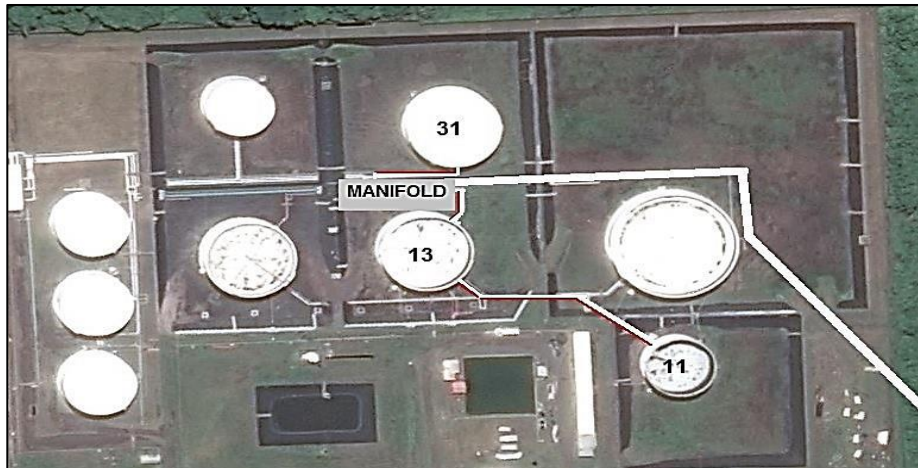
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Distribución de diésel hacia los tanques de almacenamiento a través del Manifold de recepción**



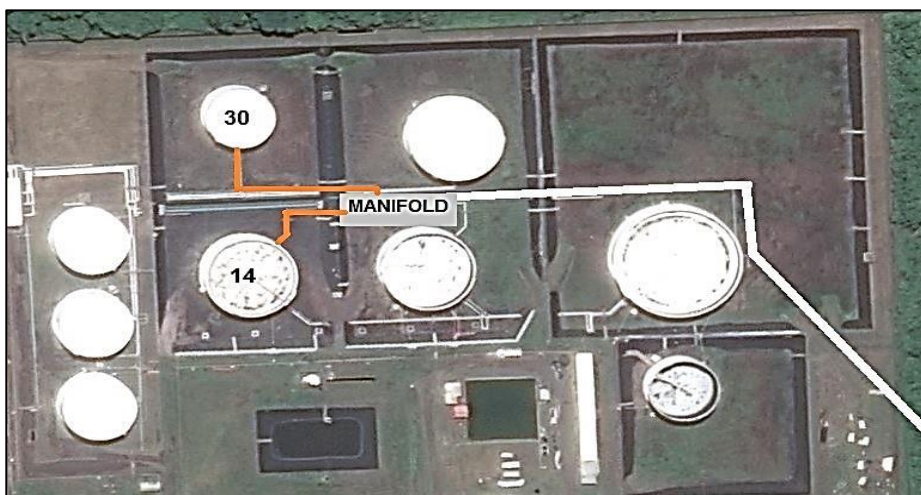
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 2010.

Figura 27. **Distribución de gasolina súper hacia los tanques de almacenamiento a través del Manifold de recepción**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 2010.

Figura 28. **Distribución de gasolina regular hacia los tanques de almacenamiento a través del Manifold de recepción**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 2010.

Figura 29. **Distribución de *fuel oil* hacia los tanques de almacenamiento a través del Manifold de recepción**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 2010.

3.1.1.3. Descripción del estado actual de los tanques

La terminal cuenta con tres distintos tipos de tanques, los cuales son:

- Techo flotante externo
 - Tanques 10, 11, 13 y 14
- Techo fijo externo
 - Tanques 26, 27 y 28
- Techo fijo externo con membrana interna flotante
 - Tanques 30 y 31

Figura 30. Vista aérea de los tanques de almacenamiento de la terminal



Fuente: OTSA. *Manual HSSE-SGH-0208. Inducción a empleados, contratistas y visitas.* p. 14.

Todos los tanques se encuentran actualmente operativos y en buenas condiciones. Según programación del Departamento de Mantenimiento el tanque 11 será inspeccionado bajo la Norma API 653 a finales de 2015 y recibirá trabajos de *sandblast* y pintura en el interior y exterior del mismo. El tanque 30 fue el último en ser inspeccionado bajo los lineamientos de esta norma, en el 2013, cuando cambió de producto a almacenar, anteriormente almacenaba gasolina súper y actualmente almacena gasolina regular.

En relación a relación a la pintura, el tanque 27 fue el último en el que se realizaron trabajos de *sandblast* y aplicación de pintura en el exterior del tanque, estos trabajos fueron realizados a finales de 2014. El tanque 14 es el próximo al que se le realizarán estos trabajos, programados para el 2016.

El operador de tanques es el encargado de realizar una revisión semanal del estado de todos los mismos en búsqueda de cualquier falla o daño en la estructura del tanque causada por la operación normal de la planta, en alguna descarga de barco tanquero o bien, luego de un evento sísmico o descarga eléctrica. De surgir alguna condición anormal, que ponga en riesgo la operación de la planta, el medio ambiente y las personas, se notifica de forma inmediata al ingeniero de mantenimiento, el cual asignará el personal y recursos necesarios para las reparaciones pertinentes.

A pesar que no existen lineamientos para el mantenimiento de los tanques en la legislación actual, OTSA se rige bajo los estándares de ambos socios y normas internacionales. Mantener en buen estado los tanques es una prioridad para cumplir con la política de mantenimiento y cuidado al medio ambiente. Actualmente, no existen registros de fallas en los tanques causadas por mal mantenimiento.

3.2. Equipos y accesorios

Actualmente, no se cuenta con un listado actualizado de las marcas, modelos y números de serie de los equipos y accesorios que se encuentran instalados y son considerados críticos para la operación y seguridad de la terminal. Por esta razón se realizó un levantamiento de datos para generar un documento digital, actualizado en el que agrupando los equipos y accesorios por áreas y funciones, se puedan encontrar por ambas vías según sea el método de búsqueda.

3.2.1. Inventario y toma de datos

Debido a que no se contaba con una rutina o un procedimiento para actualizar la información de los equipos y no existía un formato que facilitara la documentación de dichos equipos y accesorios, se procedió a generar uno, el cual será utilizado para realizar esta tarea nuevamente en un futuro.

Figura 31. **Formato para toma de datos de válvulas por área**

ÁREA			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1			
2			
3			
4			

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Formato para toma de datos de equipos por área**

EQUIPO			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1			
2			
3			
4			

Fuente: elaboración propia.

Los datos se recolectaron en un período de dos semanas o diez días hábiles, en los cuales se recorrió área por área la terminal para tomar los datos. Los resultados son los siguientes.

Tabla XII. **Información de válvulas instaladas en la terminal**

VÁLVULAS			
MANIFOLD DE TANQUES			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula TKs 26/27	10"	Distribución de producto
2	Válvula TKS 11/14	10"	Distribución de producto
3	Válvula TK 30	10"	Distribución de producto
4	Válvula TK 31	10"	Distribución de producto
5	Válvula TK 10	10"	Distribución de producto
6	Válvula TK 13	10"	Distribución de producto
7	Válvula de línea submarina producto limpio	12"	Descarga de tanquero
8	Válvula de línea submarina producto sucio	12"	Descarga de tanquero

TANQUE NÚM. 10			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de succión alta	6"	Salida de producto
2	Válvula de succión baja	10"	Salida de producto
3	Válvula de recirculación	6"	Salida de producto
4	Válvula de caja de drene / tanque	3"	Drene del tanque
5	Válvula de drene	2"	Drene del tanque
6	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque
7	Válvula de succión de bomba neumática	n/a	TK de recuperación
8	Válvula de entrada	12"	Entrada de producto
9	Válvula de drene del techo	3"	Drene del techo flotante

Continuación de la tabla XII.

10	Válvula tubería de drene de techo	3"	Drene del techo flotante
----	-----------------------------------	----	--------------------------

TANQUE NÚM. 11			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de succión alta	6"	Salida de producto
2	Válvula de succión baja	10"	Salida de producto
3	Válvula de caja de drene / tanque	3"	Drene del tanque
4	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
5	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque
6	Válvula de succión de bomba neumática	3"	TK de recuperación
7	Válvula de entrada	12"	Entrada de producto
8	Válvula de drene del techo	3"	Drene del techo flotante
9	Válvula tubería de drene de techo	3"	Drene del techo flotante
10	Válvula Spill Check	3"	Drene del techo flotante

TANQUE NÚM. 13			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de succión baja	16"	Salida de producto hacia <i>rack</i> de carga
2	Válvula de succión alta	12"	Salida de producto hacia <i>rack</i> de carga
3	Válvula de entrada al tanque	16"	Entrada de producto
4	Válvula de drene a caja de drene	6"	Drene del tanque
5	Válvula de entrada a caja de drene	3"	Drene del tanque
6	Válvula de drene del techo	3"	Drene del techo flotante

Continuación de la tabla XII.

7	Válvula tubería de drene de techo	3"	Drene del techo flotante
8	Válvula Spill Check	3"	Drene del techo flotante
9	Válvula drene a caja de TK	3"	Drene del tanque
10	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque
11	Válvula 1/4 de vuelta drene TK14	3"	Drene del tanque
12	Válvula 1/4 de vuelta drene TK13	3"	Drene del tanque
13	Válvula y cheque de retorno TK 13	3"	Drene del tanque
14	Válvula y cheque de retorno TK 14	3"	Drene del tanque
15	Válvula y cheque drene de agua	3"	Drene del tanque

TANQUE NÚM. 14			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de succión baja	16"	Salida de producto hacia rack de carga
2	Válvula de succión alta	12"	Salida de producto hacia Rack de carga
3	Válvula de entrada al tanque	16"	Entrada de producto
4	Válvula de drene a caja de drene	6"	Drene del tanque
5	Válvula de entrada a caja de drene	3"	Drene del tanque
6	Válvula de drene del techo	3"	Drene del techo flotante
7	Válvula tubería de drene de techo	3"	Drene del techo flotante
8	Válvula Spill Check	3"	Drene del techo flotante
9	Válvula drene a caja de TK	3"	Drene del tanque
10	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque

Continuación de la tabla XII.

TANQUE NÚM. 26			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de entrada	12"	Entrada de producto
2	Válvula de salida	10"	Salida de producto
3	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
4	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque
5	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
6	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque

TANQUE NÚM. 27			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de entrada	12"	Entrada de producto
2	Válvula de salida	10"	Salida de producto
3	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
4	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque
5	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
6	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque

TANQUE NÚM. 28			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de entrada	12"	Entrada de producto
2	Válvula de salida	10"	Salida de producto
3	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
4	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque
5	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
6	Válvula Dead man	2"	Drene del tanque

TANQUE NÚM. 30			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de entrada	12"	Entrada de producto

Continuación de la tabla XII.

2	Válvula de salida	16"	Salida de producto
3	Válvula neumática	16"	Salida de producto
4	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
5	Válvula de succión de bomba neumática	3"	TK de recuperación

TANQUE NÚM. 31			
Núm.	Equipo	Diámetro	Uso
1	Válvula de entrada	12"	Entrada de producto
2	Válvula de salida	16"	Salida de producto
3	Válvula neumática	16"	Salida de producto
4	Válvula de drene	3"	Drene del tanque
5	Válvula de succión de bomba neumática	3"	TK de recuperación

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Información de equipos instalados en la terminal**

BOMBAS			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	P620	Goulds	XLT-3196
2	P621	Goulds	XLT-3196
3	P1101A	Blackmer	NP3E
4	P1102A	Blackmer	NP3E
5	P1103A	Blackmer	NP3E
6	P1104A	Blackmer	NP3E
7	P1101B	Viking Pump	S2-1-ST-10-00-0
8	P1102B	Viking Pump	S2-1-ST-10-00-0
9	P1103B	Viking Pump	S2-1-ST-10-00-0
10	P1104B	Viking Pump	S2-1-ST-10-00-0

Continuación de la tabla XIII.

11	P1110	Blackmer	NP3E
12	P1111	Blackmer	NP3E
13	P1201	Blackmer	N6018
14	P1202	Blackmer	N6018
15	P1204	Blackmer	1TL6SS0227
16	P1205	Blackmer	1TL6SS0227
17	P1206	Berkeley	1TL6SS0227
18	GA 613	Goulds	3700
19	GA 613-S	Goulds	3700
20	GA 612	Union Pump C	44485
21	GA 612S	Siemens-Allis	SA6687
22	GA 611	Hidromac KSB	HKSB4685
23	GA 523	Wilson Snyder P	ESN-5
24	GA 609	Goulds	XLT-3196
25	GA 602	Randolph	G300
26	GA 602S	Afton pumps	1800
27	GA 604	Afton pumps	1800
28	GA 605-S	Worthington	D-1011
29	GA 605	Worthington	D-1011
30	GA 606	TRW	170-456
31	GA 608	Gorman Rupp	02C3
32	GA 607	Roper	37170HBRV
33	GA 607S	Roper	37170HBRV

GENERADORES ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	GEN-CCM N	Caterpillar	3412
2	GEN-CCM S	Caterpillar	3406

UPS DE EMERGENCIA			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	UPS1	Galaxy	3000
2	UPS2	Eaton	Blade

Continuación de la tabla XIII.

RACK DE CARGA			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	ACLIII-1	SmithMeter	Accuload III
2	ACLIII-2	SmithMeter	Accuload III
3	ACLIII-3	SmithMeter	Accuload III
4	ACLIII-4	SmithMeter	Accuload III
5	ACLIII-5	SmithMeter	Accuload III
6	ACLIII-6	SmithMeter	Accuload III
7	ACLIII-7	SmithMeter	Accuload III
8	ACLIII-8	SmithMeter	Accuload III
9	RCUII-1	TopTech Systems	RCU II
10	RCUII-2	TopTech Systems	RCU II
11	RCUII-3	TopTech Systems	RCU II
12	RCUII-4	TopTech Systems	RCU II
13	RCUII-5	TopTech Systems	RCU II
14	RCUII-6	TopTech Systems	RCU II
15	RCUII-7	TopTech Systems	RCU II
16	RCUII-8	TopTech Systems	RCU II
17	210-1-1	SmithMeter	Digital Control Valve 210
18	210-1-2	SmithMeter	Digital Control Valve 210
19	210-1-3	SmithMeter	Digital Control Valve 210
20	210-2-1	SmithMeter	Digital Control Valve 210
21	210-2-2	SmithMeter	Digital Control Valve 210
22	210-2-3	SmithMeter	Digital Control Valve 210
23	210-3-1	SmithMeter	Digital Control Valve 210
24	210-3-2	SmithMeter	Digital Control Valve 210
25	210-3-3	SmithMeter	Digital Control Valve 210
26	210-4-1	SmithMeter	Digital Control Valve 210
27	210-4-2	SmithMeter	Digital Control Valve 210
28	210-4-3	SmithMeter	Digital Control Valve 210
29	210-5-1	SmithMeter	Digital Control Valve 210
30	210-5-2	SmithMeter	Digital Control Valve 210
31	210-5-3	SmithMeter	Digital Control Valve 210
32	210-6-1	SmithMeter	Digital Control Valve 210

Continuación de la tabla XIII.

33	210-6-2	SmithMeter	Digital Control Valve 210
34	210-6-3	SmithMeter	Digital Control Valve 210
35	210-7-1	SmithMeter	Digital Control Valve 210
36	210-7-2	SmithMeter	Digital Control Valve 210
37	210-7-3	SmithMeter	Digital Control Valve 210
38	METRO1-1	SmithMeter	Turbine
39	METRO1-2	SmithMeter	PRIME4
40	METRO1-3	SmithMeter	PRIME4
41	METRO2-1	SmithMeter	Turbine
42	METRO2-2	SmithMeter	PRIME4
43	METRO2-3	SmithMeter	PRIME4
44	METRO3-1	SmithMeter	Turbine
45	METRO3-2	SmithMeter	PRIME4
46	METRO3-3	SmithMeter	Turbine
47	METRO4-1	SmithMeter	Turbine
48	METRO4-2	SmithMeter	PRIME4
49	METRO4-3	SmithMeter	Turbine
50	METRO5-1	SmithMeter	Turbine
51	METRO5-2	SmithMeter	PRIME4
52	METRO5-3	SmithMeter	Turbine
53	METRO6-1	SmithMeter	Turbine
54	METRO6-2	SmithMeter	PRIME4
55	METRO6-3	SmithMeter	Turbine
56	METRO7-1	SmithMeter	Turbine
57	METRO7-2	SmithMeter	PRIME4
58	METRO7-3	SmithMeter	Turbine
59	METRO8-4	SmithMeter	PD
60	TIERRA1	Newson Gale	EarthRite-II RTR
61	TIERRA2	Newson Gale	EarthRite-II RTR
62	TIERRA3	Civacon	8460
63	TIERRA4	Newson Gale	Earth-Rite-II RTR
64	TIERRA5	Newson Gale	Earth-Rite-II RTR
65	TIERRA6	Newson Gale	Earth-Rite-II RTR
66	TIERRA7	Newson Gale	Earth-Rite-II RTR

Continuación de la tabla XIII.

67	TIERRA8	Newson Gale	Earth-Rite-II RTR
----	---------	-------------	-------------------

SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIO			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	IR1	Det-Tronics	X3301
2	IR2	Det-Tronics	X3301
3	IR3	Det-Tronics	X3301
4	IR4	Det-Tronics	X3301
5	IR5	Det-Tronics	X3301
6	IR6	Det-Tronics	X3301
7	IR7	Det-Tronics	X3301
8	IR8	Det-Tronics	X3301
9	SwitchP30	United Electronics	120
10	SwitchP31	United Electronics	120
11	SwitchPSB	United Electronics	120

SISTEMA DE COMBATE DE INCENDIO			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	Monitor	Elkhart	The Defender 292-6J
2	Manguera	KeyFire	Ecoten
3	Rociador	Victaulic	V-12
4	Notifier	Notifier	NFS-320C

SISTEMA NEUMÁTICO			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	COMP1	BOGE	C20F
2	COMP2	Ingersoll Rand	T30-2545
3	COMP3	Ingersoll Rand	T30-2545
4	COMP4	Ingersoll Rand	EP20
5	SECA1	BOGE	DO
6	SECA2	Ingersoll Rand	SDR50

Continuación de la tabla XIII.

SISTEMA DE MEDICIÓN AUTOMÁTICO			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	SAAB10	SAAB	REX
2	SAAB11	SAAB	REX
3	SAAB13	SAAB	REX
4	SAAB14	SAAB	REX
5	SAAB26	SAAB	REX
6	SAAB27	SAAB	REX
7	SAAB28	SAAB	REX
8	SAAB30	SAAB	REX
9	SAAB31	SAAB	REX
10	SAAB1101	SAAB	PRO
11	SAAB1102	SAAB	PRO
12	SAAB1103	SAAB	PRO
13	SAAB1104	SAAB	PRO
14	SAAB1110	SAAB	PRO

15	SAAB1111	SAAB	PRO
----	----------	------	-----

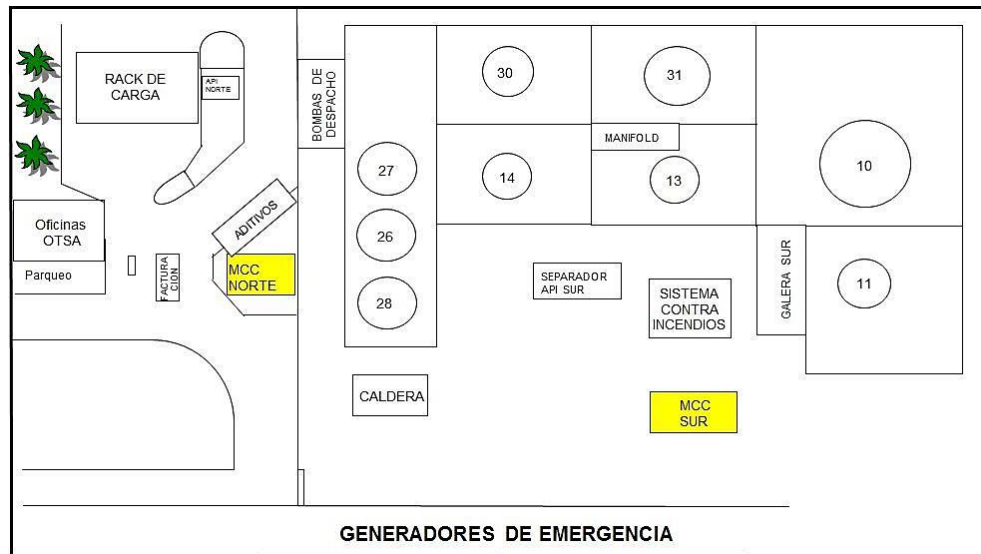
SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA			
Núm.	Identificación	Marca	Modelo
1	PC NORTE	Universal Rectifiers Inc	OSOI
2	PC SUR	Universal Rectifiers Inc	OSOI

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Diagrama de ubicación de equipos en la terminal

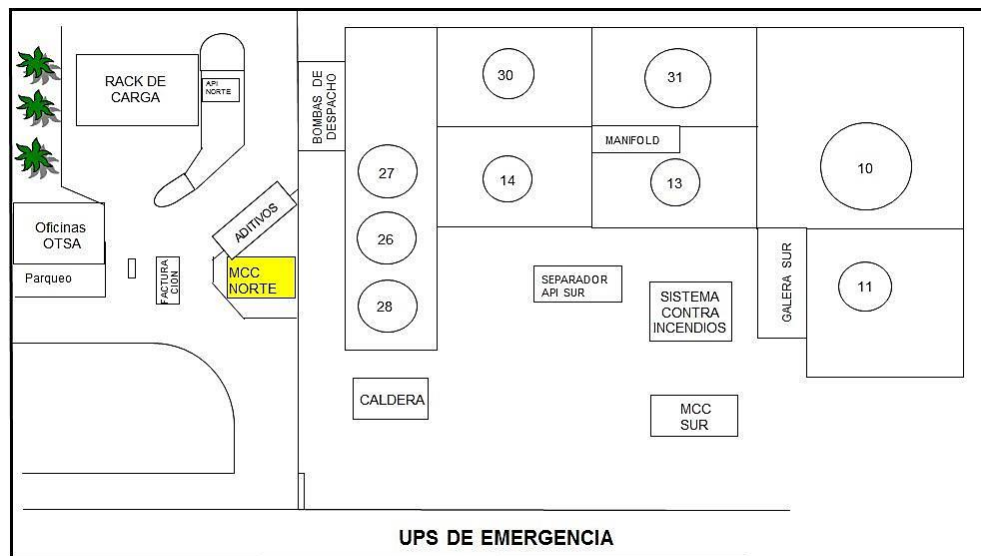
Partiendo del listado de equipos, se resalta la ubicación de cada uno de ellos en la terminal. Los diagramas agrupan los equipos según su tipo.

Figura 33. **Ubicación de generadores eléctricos de emergencia**



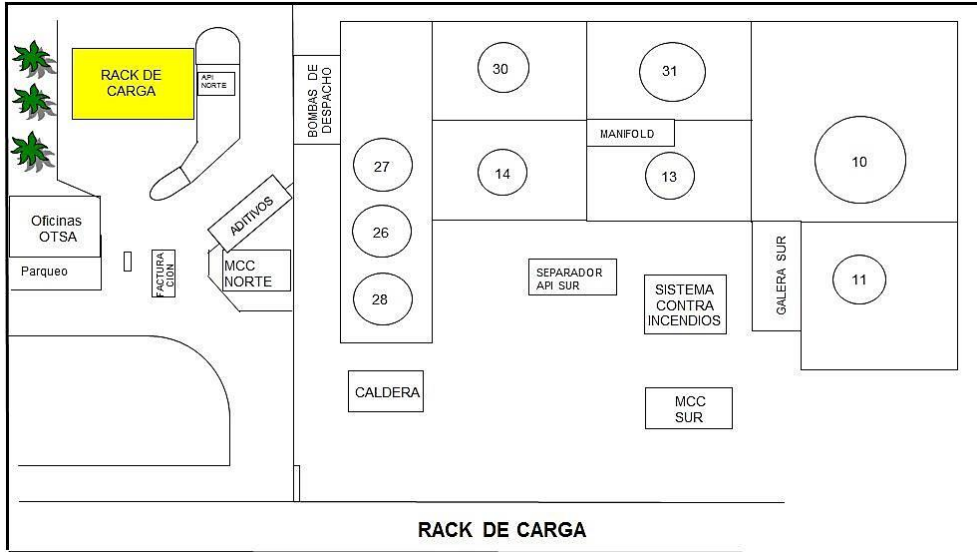
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

Figura 34. **Ubicación de UPS de emergencia**



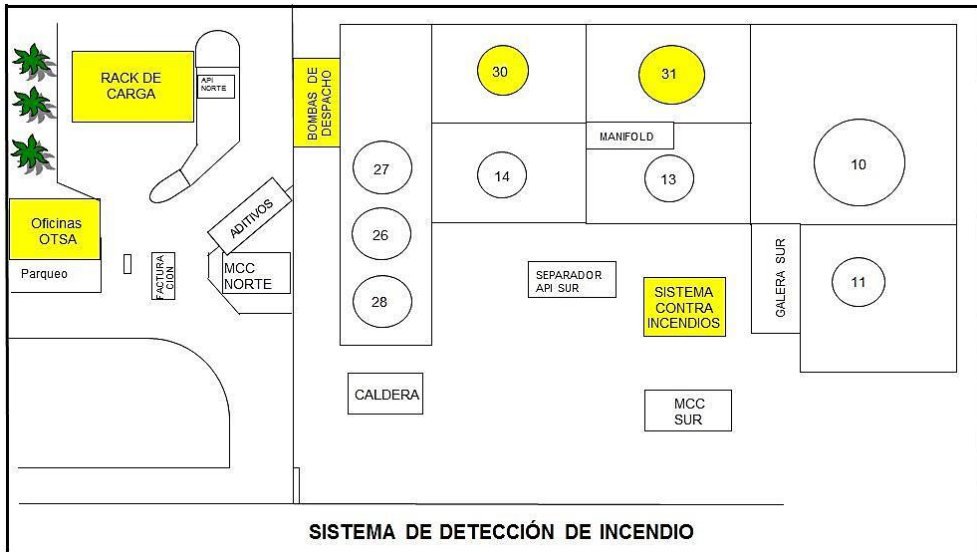
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

Figura 35. Ubicación de *rack* de carga



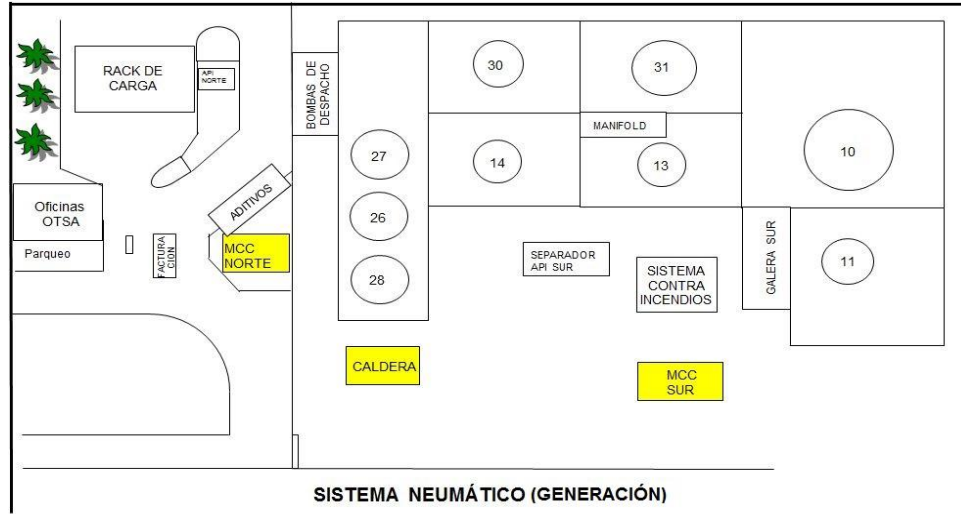
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

Figura 36. Ubicación de equipos de detección de incendio



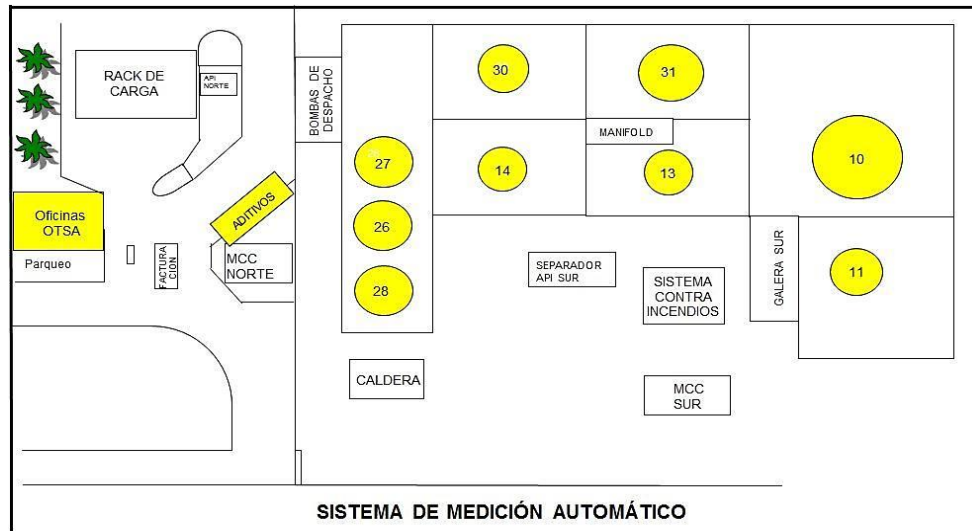
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

Figura 37. **Ubicación de compresores**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

Figura 38. **Ubicación de equipos para medición automática del nivel de producto en tanques**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

3.2.3. Descripción del estado actual de los equipos

Los equipos de la planta se encuentran bajo un programa de mantenimiento preventivo, el cual carece de una documentación adecuada y de instrucciones claras para la ejecución del mismo.

Gran parte del desarrollo del mantenimiento específico de los equipos es de conocimiento únicamente de la persona que lo lleva a cabo, lo cual significa un problema ya que se depende completamente de esta persona y en su ausencia los trabajos se atrasan. Esto repercute en los costos de operación debido a los tiempos muertos de los equipos y al aumento en la cantidad de las horas extras ejecutadas por dicha persona cuando se requiere de su presencia para la reparación de algún equipo en horas inhábiles.

El plan de mantenimiento actual es deficiente puesto que no se realiza en las fechas establecidas en el mismo sino que cuando se cuenta con la disponibilidad del personal, tiempo y facilidades, generando un deterioro mayor de los equipos poniéndolos en riesgo de llegar a ser inservibles.

Debido al tipo de operaciones que se llevan a cabo en la terminal, los equipos deben ser adecuados para funcionar en áreas clasificadas como peligrosas. Esto implica que los equipos sean importados y que el tiempo y costos para sustituirlos sean mayores.

Actualmente, los equipos se encuentran operativos; sin embargo, se pueden apreciar problemas en su estado y funcionamiento tales como: corrosión, vibraciones, ruidos, entre otros. Se busca corregir y evitar estos problemas con el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo que

asegure un buen estado físico y operatividad de los equipos y facilidades de la terminal.

3.3. Plan de mantenimiento actual de los equipos, accesorios y tanques

OTSA cuenta con un plan de mantenimiento preventivo que abarca los equipos, accesorios y tanques de la terminal. Para el diseño de este plan se utilizó la información del fabricante referente a periodicidad, repuestos y fallas comunes para el caso de los equipos y accesorios, la cual se obtuvo de los manuales de operación y mantenimiento. Para el caso de los tanques se emplearon códigos internacionales y estándares de cada socio.

3.3.1. Plan de mantenimiento preventivo

La mayor parte del mantenimiento preventivo de los equipos críticos tales como: bombas, sistema neumático y generadores de emergencia entre otros, se ha delegado a empresas contratistas especializadas en cada área pero el desconocimiento del personal de mantenimiento de OTSA no permite supervisar de manera eficiente el trabajo realizado por estas empresas.

Este plan de mantenimiento preventivo se encuentra actualmente desactualizado, puesto que varios equipos y accesorios han cambiado desde que el plan fue desarrollado; además, no existe un historial confiable que permita un seguimiento estricto al cuidado de cada equipo, accesorio o tanque.

3.3.2. Plan de mantenimiento correctivo

El plan de mantenimiento correctivo de OTSA se basa en reportes del personal de mantenimiento interno y personal operativo sobre fallas que presentan los equipos en su funcionamiento normal. Para esto existe un formato en el cual la persona que opera el equipo u observa la falla la reporta al encargado del departamento de mantenimiento para que este proceda a programar la reparación según la gravedad de la misma y las operaciones propias de la planta.

El formato utilizado para estos reportes es el siguiente.

Figura 39. Formato para solicitud de orden de trabajo correctivo

Operadora de Terminales, S. A. FORMA 1507

ORDEN DE TRABAJO N° 0000

No. _____ Fecha Completada: _____
 Fecha Emisión: _____ Recibí Conforme: _____
 Supervisor: _____

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

PRIORIDADES	
URGENTE	
	Días
A	1
AA	1/2
B	2/3
BB	2/5
C	2/10
D	2/30

Nombre quien reporto: _____

ADL 6343-2330

Fuente: OTSA. *Manual M-0 solicitudes de órdenes de trabajo.* p. 1.

3.4. Actualización y documentación del plan de mantenimiento preventivo

OTSA cuenta con un plan de mantenimiento preventivo que abarca los equipos, accesorios y tanques de la terminal para asegurar la confiabilidad en las operaciones. Se debe contar con un plan actualizado que mejor se adapte a los equipos y tipo de operaciones que actualmente se llevan a cabo.

3.4.1. Identificación de recursos

Para la parte financiera, el departamento de mantenimiento cuenta con un presupuesto aprobado de \$ 568 000 dólares de Estados Unidos de América para el 2015, el cual se desglosa en las siguientes cuentas:

- Facilidades marinas
- Tanques de almacenamiento de combustible y aditivos
- Reparación y mantenimiento de tanques
- Tuberías de despacho y de tanques
- Bombas de despacho, trasiego, aditivos y colorante
- *Rack* de carga
- Bahías
- Separadores API
- Sistema de medición de tanques (SAAB)
- Sistema de control de despachos (TMS5)
- Oficinas
- Sistema de iluminación
- Válvulas de alivio
- Sistema de tierras físicas
- Múltiple (Manifold) de descarga de productos limpios

- Pozos de agua para el sistema contra incendios
- Sistema de aire comprimido
- Sistema contra incendios
- Protección catódica
- Software de mantenimiento (Sysman)
- Caldera
- Jardinería y servicios generales
- Limpieza general de la terminal
- Control de plagas
- Rutinas generales
- Área de aditivos
- Equipos varios
- Contrato de mantenimiento de equipos rotativos y válvulas de alivio
- Mantenimiento de edificios y facilidades de la terminal

Los rubros de cada cuenta son analizados y aprobados por la Junta Directiva de OTSA, quienes a su vez son los únicos que pueden aprobar cualquier modificación a los valores ya establecidos.

Por otra parte, el departamento cuenta con el siguiente capital humano:

- Un supervisor de mantenimiento mecánico
- Un supervisor de mantenimiento eléctrico
- Un auxiliar de mantenimiento mecánico
- Un auxiliar de mantenimiento eléctrico
- Un bodeguero
- Dos conserjes
- Personal de empresas contratistas

Estos son los recursos con los que cuenta el Departamento de Mantenimiento.

3.4.2. Actualización de la biblioteca con información técnica de los equipos y accesorios

Actualmente, la biblioteca física de OTSA se encuentra desactualizada ya que cuenta con manuales de operación y mantenimiento de equipos que ya no están instalados o en funcionamiento. Para la actualización fue necesario realizar una revisión exhaustiva de la información que actualmente se encuentra en la biblioteca y compararla con la información recabada de los equipos que se encuentran instalados en campo la cual se obtuvo durante el inventario y toma de datos de los equipos y accesorios de la terminal, la cual se describe en el inciso 3.2.1 Inventario y toma de datos de este documento.

Para iniciar con la actualización de la biblioteca, fue necesario primero definir los equipos que se consideraban críticos y cuya información técnica debía estar disponible en caso de una emergencia y para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo. Los equipos críticos son los siguientes:

- **Bombas**
 - Bombas de despacho de combustible y aditivos
 - Bombas de transferencia
 - Bombas neumáticas
 - Bombas portátiles

- **Sistema neumático**
 - Compresores
 - Secadoras

- Válvulas de drene automático
- Generadores de emergencia
 - Generador de Emergencia Norte
 - Generador de Emergencia Sur
- *Rack* de carga
 - Sistema de conexión a tierra
 - Válvula con actuador neumático
 - Válvula de control tipo 210
 - Sensor de posición
 - Sensor de sobrellenado
 - AccuLoad III
 - RCU II
 - Termopozo y termocopla
- Sistema contra incendio
 - Sistema de enfriamiento
 - Rociadores
 - Monitores e hidrantes
 - Bombas de suministro de agua
 - Bombas de suministro de espuma
 - Sistema de detección
 - Sensores infrarrojo de *rack* de carga
 - Sensores de caída de presión (por incendio)
- Sistema de protección catódica
 - Sistema de corriente impresa (rectificadores)
 - Ánodos de sacrificio

- Sistema eléctrico y automatizado de carga
 - PLC
 - Switch de transferencia automática
 - Banco de capacitores
 - UPS

- Sistema automático de medición de producto en tanques
 - Radar SAAB tipo REX en tanques de combustible
 - Radar SAAB tipo PRO en tanques de aditivos
 - Sistema redundante de alarma de alto-alto

- Caldera
 - Quemador
 - Válvula tipo flotador para control de nivel

- Sistema de aire acondicionado
 - Oficinas
 - Cuarto de servidores
 - Cuarto de control de máquinas norte (MCC Norte)

- Facilidades marinas
 - Mangueras submarinas
 - Facilidades para lanzamiento y recepción de cochino inteligente (PIG)

- Sistema de control de despachos
 - TMS6

Con los equipos críticos definidos se procedió a generar un expediente por cada uno de ellos en los que se incluyeron los siguientes puntos.

- Manual de instalación
- Manual de usuario u operación
- Manual de mantenimiento
- Diagramas
- Historial de trabajos de mantenimiento realizados

Cada expediente se encuentra de manera digital y física, para que pueda se pueda acceder a la información desde cualquier lugar.

3.4.3. Actualización del plan de mantenimiento de equipos, accesorios y tanques

Para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos, alcanzar su vida útil y evitar un paro no programado en las operaciones es imperativo contar con un plan de mantenimiento actualizado que permita encontrar y corregir problemas menores antes de que estos provoquen fallas graves, las cuales tendrían un alto impacto en la terminal. La finalidad del plan es mantener los equipos, accesorios y tanques en un estado operativo eficiente.

El plan de mantenimiento que se encontró en uso no estaba actualizado ya que muchos equipos habían cambiado desde su diseño y ya no se estaba cumpliendo, según lo especificado, debido a cambio en el personal que lo realizaba. Por lo cual se procedió a actualizar el plan de mantenimiento de los equipos, accesorios y tanques con los que actualmente la terminal cuenta.

Fue necesario elaborar un esquema, que divida por áreas la terminal, en el cual se puedan identificar los equipos, subequipos y componentes de forma fácil y eficiente.

El esquema por áreas es el siguiente:

OTSA

- Bombas
- Cuarto de caldera
- Edificios
- Facilidades marinas
- Iluminación externa
- Manifold
- MCC Norte
- MCC Sur
- *Rack* de carga
- Sistema contra incendios
- Sistema de protección catódica
- Tanques de almacenamiento

Cada área es considerada crítica puesto que contiene equipos vitales para el funcionamiento y seguridad de la terminal. El diagrama que incluye los equipos es el siguiente:

OTSA

- Bombas
 - Bombas de portátiles
 - Bombas de transferencia
 - Bombas de operación de patio

- Bombas de despacho
- Cuarto de caldera
 - Caldera
- Edificios
 - Áreas administrativas
 - Áreas operativas
- Facilidades marinas
 - Producto limpio
 - Producto sucio
- Iluminación externa
 - Áreas administrativas
 - Áreas operativas
- Manifold
 - Sistema de inyección de colorante
 - *Slops*
 - Líneas submarinas
- MCC Norte
 - Sistema eléctrico
 - Sistema neumático
 - Sistema de control de carga
- MCC Sur
 - Sistema eléctrico

- Sistema neumático
- *Rack* de carga
 - Carga por arriba–*top loading*
 - Carga por bajo–*bottom loading*
- Sistema contra incendios
 - Sistema de detección de incendio
 - Sistema de enfriamiento
- Sistema de protección catódica
 - Sistema de corriente impresa norte
 - Sistema de corriente impresa sur
- Tanques de almacenamiento
 - Tanques de combustible
 - Tanques de aditivos
 - Tanques de consumo propio

Se elige el área de bombas para ejemplificar el diagrama de equipos, subequipos y componentes que conforman dicha área:

OTSA

- Bombas
 - Bombas de portátiles
 - Bombas de transferencia
 - Bombas de operación de patio
 - Bombas de despacho
 - P601–Premium

- P602–Premium
- P610–Diésel
- P611–Diésel
- P620–Regular
- P621–Regular
 - ✓ Control eléctrico
 - ✓ Motor
 - ✓ Bomba
 - ✓ Sellos

Para el cumplimiento del plan de mantenimiento se debe respetar lo siguiente:

- Determinar los límites operativos de los equipos partiendo de la información del fabricante.
- Establecer las fechas en las que se realizarán las rutinas de mantenimiento.
- Contar con varios contratistas que puedan realizar los trabajos, esto ayudará a mantener los costos bajos.
- Coordinar, junto con el Departamento de Operaciones y HSSE, las fechas y horarios en los que se ejecutarán las rutinas.

3.4.4. Rutinas de mantenimiento preventivo

Con todos los componentes que conforman los equipos identificados y la información técnica (manuales de mantenimiento y de operación) de cada uno de ellos se procede a generar un plan de mantenimiento preventivo basadas en rutinas recomendadas por el fabricante de cada equipo y la experiencia del uso de cada uno de ellos.

Los criterios para la agrupación de las rutinas fue el siguiente:

- Departamento que realizará la rutina
 - Mantenimiento Eléctrico
 - Mantenimiento Mecánico
 - HSSE

- Periodicidad de la rutina
 - Semanal
 - Quincenal
 - Mensual
 - Bimensual
 - Trimestral
 - Cuatrimestral
 - Semestral
 - Anual
 - Bianual

Se generó un código para cada rutina, el cual será ingresado en la base de datos del software utilizado para la documentación digital del mantenimiento correctivo y preventivo de la terminal.

Tabla XIV. **Rutinas de mantenimiento preventivo**

Núm.	Código	Descripción	Departamento	Frecuencia
1	Arranq Generad Emerg	Prueba de arranque de generadores de emergencia	Eléctrico	Semanal
2	Lectura Prot Catódic	Lectura protección catódica norte y sur	Eléctrico	Semanal

Continuación de la tabla XIV.

3	Rev Visual Tierra Fi	Revisión visual de tierras físicas	Eléctrico	Semanal
4	Limp Panel Eléctrico	Limpieza quincenal de paneles eléctricos CCM	Eléctrico	Quincenal
5	Insp Sensor Posición	Inspección de sensores metálicos de posición brazo	Eléctrico	Mensual
6	Insp Sensor Sobre	Inspección de sensores de sobrellenado en brazos	Eléctrico	Mensual
7	Limp Revis Botonera	Limpieza y revisión <i>switch</i> de botoneras	Eléctrico	Mensual
8	Manto CCTV	Mantenimiento mensual cámaras de video de planta	Eléctrico	Mensual
9	Manto Tierra Fi Rack	Mantenimiento mensual de tierras físicas en <i>rack</i>	Eléctrico	Mensual
10	Med Continuidad Techo	Revisión de continuidad tierra física techos flota	Eléctrico	Mensual
11	Portones Eléctricos	Mantenimiento mensual de portones eléctricos	Eléctrico	Mensual
12	Prueba Paros Emergen	Prueba paros de emergencia	Eléctrico	Mensual
13	Rev Compresores	Revisión de funcionamiento de compresores	Eléctrico	Mensual
14	Rev Manto Banco Bate	Revisión y mantenimiento mensual banco baterías	Eléctrico	Mensual
15	Rev Panel Eléctrico	Revisión y limpieza de paneles eléctricos y contactos	Eléctrico	Mensual
16	Rev Sist Tierra Rack	Revisión mensual del sistema de tierra CIVACON en <i>Rack</i> (incluyendo apriete de tornillería y revisión de tenaza)	Eléctrico	Mensual
17	Rev Valvs Automática	Revisión sistema de aire válvulas neumáticas (bombas de despacho, aditivos y tanques)	Eléctrico	Mensual
18	Tornillería Rack	Revisión mensual y apriete de tornillería de equipos y accesorios del <i>Rack</i>	Eléctrico	Mensual

Continuación de la tabla XIV.

19	Calib Inyec Aditivo	Calibración de inyectores de aditivos	Eléctrico	Bimensual
20	Manto AC	Mantenimiento de aire acondicionado general OTSA	Eléctrico	Bimensual
21	Manto UPS	Mantenimiento trimestral de UPS principal	Eléctrico	Trimestral
22	Rev Aceite Rectifica	Revisión de aceite. Sistema de protección catódica	Eléctrico	Trimestral
23	Rev SAAB	Revisión sistema SAAB	Eléctrico	Trimestral
24	Rev Señales PLC	Revisión de señales del PLC	Eléctrico	Trimestral
25	Rev Sensor Alto-Alto	Revisión de sensores alto-alto nivel en tanques	Eléctrico	Trimestral
26	Rev Sist Detec Incen	Revisión trimestral de mangueras y conectores neumáticos de equipo para detección de incendios (Bombas de despacho y tanques 30,31)	Eléctrico	Trimestral
27	Manto Panel Firetrol	Manto del panel electrónico Firetrol del S.C.I.	Eléctrico	Semestral
28	Med Corriente Motor	Medición semestral de corrientes en motores	Eléctrico	Semestral
29	Med Tierra Fi Gral	Medición de tierras físicas subestación, aditivos, rack y tanques	Eléctrico	Semestral
30	Megueo de Líneas	Medición o megueo semestral de líneas	Eléctrico	Semestral
31	Sist Elec Gene Nor	Mantenimiento semestral a sistema eléctrico de generador MCC Nor	Eléctrico	Semestral
32	Soplado Líneas Elect	Soplado de líneas eléctricas	Eléctrico	Semestral
33	Termografía	Termografía general en planta	Eléctrico	Semestral
34	Manto a PLC	Mantenimiento anual PLC	Eléctrico	Anual

Continuación de la tabla XIV.

35	Manto Arranq GA602	Manto anual a arrancadores motor D3406 GA602 SCI	Eléctrico	Anual
36	Manto Subestación	Mantenimiento anual de subestación	Eléctrico	Anual
37	Rev Conti Mang Trasi	Revisión continuidad mangueras de trasiego	Eléctrico	Anual
38	Med Prot Cato LinSub	Medición bianual protección catódica líneas submarinas	Eléctrico	Bianual
39	Lectura Cloro Agua	Control de lectura de cloro en agua de servicio	Mecánico	Semanal
40	Limp Equipos CCM N	Limpieza quincenal de compresores, secadora y generador norte	Mecánico	Quincenal
41	Insp Manómetros	Inspección mensual de manómetros en general	Mecánico	Mensual
42	Insp Valv P/V	Inspección y limpieza de válvulas presión vacío	Mecánico	Mensual
43	Insp Valv Vacío Brazo	Inspección válvulas de vacío en brazos llenadores	Mecánico	Mensual
44	Limp Cisternas	Limpieza mensual de cisterna agua potable	Mecánico	Mensual
45	Manto Furgón Eq Mari	Mantenimiento preventivo a furgón de equipo marino	Mecánico	Mensual
46	Manto Trimarán 1	Mantenimiento preventivo mensual a trimarán núm. 1	Mecánico	Mensual
47	Manto Trimarán 2	Mantenimiento preventivo mensual a trimarán núm. 2	Mecánico	Mensual
48	Med P Tks Hidroneum	Medición presión en tanques hidroneumáticos	Mecánico	Mensual
49	Rev Drenaje Techos	Revisión de drenaje de techos de tanques	Mecánico	Mensual
50	Rev Escaleras Intern	Revisión de escaleras internas de tanques	Mecánico	Mensual
51	Rev Patas y Sellos	Revisión externa de patas de techos y sellos	Mecánico	Mensual
52	Tensión Brazos Rack	Ajuste mensual de tensión de brazos de carga	Mecánico	Mensual

Continuación de la tabla XIV.

53	Tornillería Rampas	Revisión mensual y apriete de tornillería de rampas (tornillería de cojinetes, brazos)	Mecánico	Mensual
54	Limp y Engrase Valvs	Limpieza y engrase de válvulas	Mecánico	Trimestral
55	Lubricación Candados	Lubricación trimestral de candados de planta	Mecánico	Trimestral
56	MantobBomb Aditivos	Manto de las bombas de aditivos y slops	Mecánico	Trimestral
57	Manto Bomb Condensa	Manto trimestral de la bomba de condensado caldera	Mecánico	Trimestral
58	Manto Bomb Despacho	Manto trimestral de las bombas de despacho	Mecánico	Trimestral
59	Manto Bomb Patio	Manto trimestral bombas de patio	Mecánico	Trimestral
60	Manto Bomb Trasiago	Manto trimestral bombas de trasiago	Mecánico	Trimestral
61	Manto Menor Bomb SCI	Mantenimiento trimestral de bombas SCI	Mecánico	Trimestral
62	Manto Sist Hidroneum	Mantenimiento a equipo de sistema hidroneumático	Mecánico	Trimestral
63	Manto Valv Hidra Rack	Mantto cajas de bombas hidráulicas de accionamiento bahías 1 y 8	Mecánico	Trimestral
64	Prueba P Mang SCI	Prueba de presión trimestral mangueras SCI	Mecánico	Trimestral
65	Limp Filtro Racky Aditivo	Limpieza de filtros rack de carga y aditivos en ge	Mecánico	Cuatro meses
66	Limp Filtro SCI Norte	Limpieza de filtro de tubería agua al SE lado norte	Mecánico	Cuatro meses
67	Limp Filtros FO	Limpieza filtros bombas despacho de fuel oil	Mecánico	Cuatro meses
68	Calib Valv Alivio	Calibración de todas las válvulas de alivio	Mecánico	Semestral
69	Limp Rack Carga	Limpieza completa de estructura y equipos en rack	Mecánico	Semestral
70	Limp Tk Conden Caldera	Limpieza de tanque de condensado en caldera	Mecánico	Semestral

Continuación de la tabla XIV.

71	Manto Bomba Portátil	Mantenimiento de bomba portátil diésel y eléctrica	Mecánico	Semestral
72	Manto Bomba Serafín	Mantenimiento a bombas de serafín limpio y sucio	Mecánico	Semestral
73	Manto Caldera	Mantenimiento semestral de la caldera pirotubular	Mecánico	Semestral
74	Manto Chapeadora	Mantenimiento de la chapeadora del tractor JD	Mecánico	Semestral
75	Manto Compresores	Mantenimiento semestral compresores	Mecánico	Semestral
76	Manto Fosas Sépticas	Mantenimiento general de fosas sépticas en planta	Mecánico	Semestral
77	Manto Motor Gene Nor	Manto semestral GE-705 motor D3412 MCC N	Mecánico	Semestral
78	Manto Motor Gene Sur	Manto semestral GE-702 motor D3406 MCC S	Mecánico	Semestral
79	Manto Secadoras Compr	Mantenimiento de secadoras de compresores núm. 2 y núm. 4	Mecánico	Semestral
80	Manto Sist Caída Rack	Mantenimiento al sistema de protección contra caídas Ra	Mecánico	Semestral
81	Manto Sist Espuma Rack	Mantenimiento de sistema de espuma en rack carga	Mecánico	Semestral
82	Manto Tractor John D	Mantenimiento semestral de tractor John Deere 5520	Mecánico	Semestral
83	Manto Trimaran6	Mantenimiento preventivo semestral a trimarán 1, 2	Mecánico	Semestral
84	Manto Valv Actuadora	Manto válvulas actuadoras hidráulicas y neumáticas del rack de carga	Mecánico	Semestral
85	Manto Valvs Manifold	Revisión semestral de válvulas de bola Manifold	Mecánico	Semestral
86	Insp Boyas de Amarre	Inspección de boyas de amarre	Mecánico	Anual
87	Insp Cadena de Boyas	Inspección de cadena de amarre de boyas	Mecánico	Anual

Continuación de la tabla XIV.

88	Insp Gral Fac Marina	Inspección general de facilidades marinas	Mecánico	Anual
89	Insp Mang Línea Subm	Inspección de mangueras de líneas submarinas	Mecánico	Anual
90	Insp Vis Línea Sub	Inspección visual de líneas submarinas	Mecánico	Anual
91	Limp Piletas SCI	Limpieza anual piletas de sistema contra incendios	Mecánico	Anual
92	Manto Bomb Neum Rack	Mantenimiento anual de la bombas neumáticas	Mecánico	Anual
93	Manto Mayor Bomb SCI	Manto mayor de la bomba SCI GA-602 y 602S	Mecánico	Anual
94	Manto Motores Yamaha	Mantenimiento anual de motores #1 y #2 Yamaha	Mecánico	Anual
95	Manto Sistemas Varec	Mantenimiento de sistemas Varec de tanques	Mecánico	Anual
96	Prueba P Bombas Desp	Prueba de presión a bombas de despacho	Mecánico	Anual
97	Prueba P Bombas SCI	Prueba anual de capacidad de bombas SCI	Mecánico	Anual
98	Prueba P Mang <i>bottom loading</i>	Prueba de presión anual mangueras <i>bottom loading</i>	Mecánico	Anual
99	Prueba P Tks de Aire	Prueba de presión anual de tanques acumuladores de aire	Mecánico	Anual
100	Prueba P Tub Espuma	Prueba de presión anual a tubería de espuma en TKS	Mecánico	Anual
101	Prueba P Tub SCI	Prueba de presión anual tuberías SCI	Mecánico	Anual
102	Rev Limitorque tk13	Revisión de limitorques válvulas de entrada	Mecánico	Anual
103	Rev Limitorque tk14	Revisión de limitorques válvulas de entrada	Mecánico	Anual
104	Rev Limitorque Tk26	Revisión de limitorques válvulas entrada	Mecánico	Anual
105	Rev Limitorque Tk27	Revisión de limitorques válvulas entrada	Mecánico	Anual
106	Manto a Pozos	Mantenimiento bianual de pozos de agua núm. 2 y núm. 3	Mecánico	Bianual

Continuación de la tabla XIV.

107	Manto Pintura Oficina	Mantto de pintura de oficinas de la facilidad	Mecánico	Bianual
108	Prueba Hidro Prod Li	Prueba hidrostática manguera de limpios en planta	Mecánico	Bianual
109	Prueba Hidro Prod Su	Prueba hidrostática manguera de FO en planta	Mecánico	Bianual
110	Prueba P Línea Subma	Prueba de presión de línea submarina	Mecánico	Bianual

Fuente: elaboración propia.

El Departamento de HSSE tiene a su cargo la responsabilidad de asegurar el correcto funcionamiento de los siguientes equipos:

- Sistema de combate de incendios
- Sistema de detección de incendios
- Sistema contra caídas

Las rutinas de mantenimiento y verificación de funcionamiento de estos equipos fueron agregadas al plan de mantenimiento preventivo para identificar cualquier posible falla, repararla y asegurar el correcto funcionamiento de estos ante cualquier eventualidad.

Tabla XV. Rutinas de mantenimiento a equipos de HSSE

Núm.	Código	Descripción	Departamento	Frecuencia
111	Arranque Bombas SCI	Pruebas de arranque semanal bombas SCI	HSSE	Semanal
112	Inspección Arnese	Inspección y limpieza mensual de arneses	HSSE	Mensual
113	Inspección Retráctiles	Inspección y revisión mensual de retráctiles	HSSE	Mensual
114	Inv y Limpieza Mang SCI	Inventario y limpieza de mangueras y gabinetes SCI	HSSE	Mensual
115	Mantenimiento Ducha Lavaojos	Mantenimiento de duchas y lavaojos	HSSE	Mensual
116	Prueba Detector Humo	Prueba funcionamiento mensual detectores de humo	HSSE	Mensual
117	Prueba Monitores e Hidrantes	Prueba y funcionamiento monitores e hidrantes SCI	HSSE	Mensual
118	Revisión Camillas	Inspección y revisión mensual de camillas	HSSE	Mensual
119	Revisión Extintores	Inspección y revisión mensual de extintores	HSSE	Mensual
120	Revisión Foam Makers	Revisión mensual de foam makers TKS	HSSE	Mensual
121	Revisión Mantas Seguridad	Inspección y revisión mensual mantas seguridad	HSSE	Mensual
122	Revisión Traje Bomberos	Revisión mensual traje de bomberos	HSSE	Mensual
123	Inspección Rótulos	Inspección trimestral de los rótulos de planta	HSSE	Trimestral
124	Revisión Sensor IR	Revisión y prueba de funcionamiento sensores infrarrojos	HSSE	Trimestral
125	Análisis Aguas Afluentes	Análisis semestral de aguas afluentes y efluentes	HSSE	Semestral
126	Análisis de Espuma	Revisión anual de la espuma (análisis)	HSSE	Anual

Fuente: elaboración propia.

3.4.5. Documentación de los procedimientos

Al igual que la biblioteca, el manual de procedimientos generales y los procedimientos de mantenimiento en sí se encontraban desactualizados debido al cambio de equipos y tareas que se han llevado a cabo en la terminal desde la última actualización. Por ello, fue necesario realizar una revisión de los procedimientos para documentar todas las actividades y que vuelvan a estar vigentes.

Para elaborar la documentación de los procedimientos se debe utilizar un formato estándar que cuente con una estructura que permita acceder a la información de una forma fácil y ordenada y a su vez facilite la comprensión de la tarea. El formato generado para documentar los procedimientos es el siguiente.

Continuación de la figura 40.

OPERADORA DE TERMINALES, S.A.		
<u>PROCEDIMIENTO</u>		
1. Descripción del paso No. 1		
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;">INSERTE FOTOGRAFÍA DEL PASO</div>		
2. Descripción del paso No. 2		
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;">INSERTE FOTOGRAFÍA DEL PASO</div>		
<u>RECOMENDACIONES FINALES</u>		
Revisado y aprobado por: nombre y firma	Título	Fecha
Realizado por:		
Revisado por:		
Aprobado por:		

Fuente: elaboración propia.

Las partes del formato que describen los procedimientos son:

1. Encabezado
2. Objetivos
3. Introducción
4. Equipo de protección personal o EPP a utilizar
5. Herramientas a utilizar
6. Área o ubicación donde se encuentran los equipos y donde deben realizarse los trabajos.
7. Procedimiento detallado de la tarea
8. Recomendaciones finales
9. Nombre y puesto de la persona que lo elaboró
10. Nombre y puesto de la persona que lo revisó
11. Nombre y puesto de la persona que lo aprobó

El encabezado lleva el código del procedimiento y nombre de la rutina a desarrollar. Además, especifica el equipo al que corresponde el procedimiento, el departamento encargado de la rutina; la fecha de emisión del procedimiento y última revisión del mismo.

A continuación, se detallan los objetivos que se desean alcanzar y una breve descripción del equipo a manera de introducción, con esto se busca que el operador comprenda el porqué de la rutina de mantenimiento. Además, se detalla el equipo de protección personal a utilizar y las medidas de seguridad a tomar en cuenta. Luego, se describen las herramientas que serán necesarias para poder desarrollar la rutina de manera adecuada y no dañar los equipos utilizando herramienta inadecuada. Este detalle de herramientas ayudará al personal que realizará el mantenimiento a preparar todos los implementos precisos, minimizando la pérdida de tiempo.

Posteriormente, en un diagrama de la terminal, se indica el o los puntos donde se encuentran el o los equipos que serán trabajados.

Luego, se describe detalladamente cada una de las tareas a realizar, ilustradas con fotografías para una mejor comprensión y desarrollo de las mismas. En cada tarea se detallan las precauciones que se deben tomar para minimizar los riesgos de daño a los equipos; de igual forma, se detallan recomendaciones generales para asegurarse que el equipo queda funcionando de forma correcta.

Por último, el procedimiento lleva los nombres de las personas que lo desarrollaron, revisaron y aprobaron.

A manera de ejemplo se muestra el procedimiento generado para la rutina de:

- Revisión de sistema de tierras físicas Civacon en *rack* de carga

Se procedió a utilizar este formato para generar el procedimiento de cada una de las rutinas de mantenimiento preventivo.

Figura 41. Procedimiento de rutina de mantenimiento

OPERADORA DE TERMINALES, S.A.

Título:	Unidad:	No. M-004
Revisión de sistema de tierras físicas Civacon en rack de carga	Fecha de emisión	02-06-15
	Revisión / Fecha	10-06-15

OBJETIVOS

- Mantener en buen estado el funcionamiento correcto de los equipos para mantener una confiabilidad de su funcionamiento.
- Mantener proceso de despacho seguro de acuerdo a estándar de la industria.

INTRODUCCIÓN

Los equipos para conexión a tierra son vitales para eliminar la electricidad estática durante la carga de camiones y así evitar el riesgo de cualquier posible chispa.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL A UTILIZAR

- Casco de seguridad que cumpla con la norma ANSI Z89.1
- Lentes de seguridad que cumplan con la norma ANSI Z87
- Calzado de seguridad que cumpla con la norma ANSI Z41
- Guantes de cuero

HERRAMIENTAS A UTILIZAR

1. Desarmadores de electricista
2. Alicates para electricista
3. Terminales para cables eléctricos
4. Navaja de electricista
5. Prensa terminales

UBICACIÓN

Continuación de la figura 41.

OPERADORA DE TERMINALES, S.A.

PROCEDIMIENTO

Las tenazas del sistema de tierra están ubicadas en:

1. Bahía 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 del rack de carga
2. Área de aditivos
3. Pista de medición de camiones (al lado norte de la bahía 1)


A donde vaya a revisar el sistema de tierra comuníquese al Supervisor de Turno y aislar el área con un cono de seguridad.

Los pasos a seguir para verificar el sistema de tierra del rack de carga es el siguiente:

1. Avisar al supervisor de rack que bahía se hará la revisión. Una vez informado y autorizado por el supervisor proceder a cerrar la bahía.
Las tenazas de conexión están ubicadas al lado izquierdo de la rampa oeste de acceso para carga de camiones.
2. Revisar la estructura de la tenaza de conexión para detectar.
 - a. Piezas quebradas
 - b. Tornillo quebrado
 - c. Resorte quebrado
 - d. Faltantes de tomillería.
 - e. Revisar aislamiento de tomillería

Tenaza de conexión

Tomillería de aislamiento



Revise prensa cable

Revise bisagra y tornillos de anclaje


3. Revise la tensión del resorte de la tenaza, ésta no debe hacer contacto en la punta. Para verificar que la tenaza está trabajando bien vea el monitor Civacon de tierras. Si la luz verde está encendida y no está conectada es porque la tenaza está cerrando el circuito, en este caso tendrá que revisar donde se está aterrizando.

Continuación de la figura 41.


OPERADORA DE TERMINALES, S.A.

El monitor lo encontrará ubicado en el lado derecho de la rampa oeste de acceso para carga de camión. Cuando la tenaza está en funcionamiento adecuadamente deberá encender la luz piloto de color rojo.

Resorte




**Monitor civacon
Luz piloto color rojo
indica que tenaza
está trabajando
correctamente**



4. Luego revisar todo el cable de conexión para ver su estado físico para encontrar:


- a. Desgarre en el forro eléctrico
- b. Cables pelados o expuestos.
- c. Cables cortados

Cable de conexión



5. Realice una prueba de funcionamiento poniendo una llave en el centro de las dos terminales de conexión para cerrar el circuito. Si el sistema se encuentra funcionando bien se encenderá la luz verde del monitor.

Prueba de funcionamiento





Continuación de la figura 41.

OPERADORA DE TERMINALES, S.A.

6. Después debe revisar que la luz piloto del monitor de tierras civacon este encendida en color verde, remueva la llave de prueba y se deberá encender la luz roja del monitor.

Luz piloto monitor civacon

Monitor de tierras civacon

7. Después tiene que normalizar el equipo y dejarlo donde lo encontró

8. Avisar al supervisor que la prueba concluyó.

9. Quitar el cono de seguridad con el que aisló la bahía.

10. Llenar el formato de prueba y reporte cualquier anomalía encontrada durante la prueba.

RECOMENDACIONES FINALES

1. Informe al supervisor de turno e Ingeniero de Operaciones que la rutina ha finalizado y el resultado de la misma.
2. Verifique que todo el equipo queda funcionando de forma correcta
3. Deje el área limpia y ordenada

RECOMENDACIONES FINALES

1. Informe al supervisor de turno e Ingeniero de Operaciones que la rutina ha finalizado y el resultado de la misma.
2. Verifique que todo el equipo queda funcionando de forma correcta
3. Deje el área limpia y ordenada

Revisado y aprobado por: nombre y firma	Título	Fecha
Realizado por: Raúl Bamos	Ing. de Planta	02-06-15
Revisado por: Federico Motta	Ing. de Mantenimiento	10-06-15
Aprobado por: Marco Ávila	Gerente de Planta	10-06-15

Fuente: OTSA. *Manual M-004. Revisión de sistema de tierras físicas Civacon en rack de carga.*

págs. 1-4.

3.4.6. Documentación del mantenimiento de la terminal en software Sysman

Actualmente, OTSA cuenta con un software llamado Sysman diseñado por la empresa INSOLCA, el cual se implementó como herramienta para la documentación digital de los trabajos de mantenimiento correctivos realizados en la terminal, control de rutinas de mantenimiento preventivo a realizarse y control de inventario y costos.

Esta herramienta presenta diariamente las órdenes de trabajo preventivas programadas y una vez sean realizadas, el mismo sistema reprograma de manera automática el calendario de mantenimiento ayudando así en la gestión del mantenimiento de los equipos, accesorios y tanques. Además, la herramienta permite documentar los trabajos correctivos que fueron realizados y que no estaban programados en el calendario.

La herramienta está compuesta por los siguientes módulos:

- Control de activos: en este módulo se clasifican todas las entidades susceptibles a mantenimiento en áreas, equipos, subequipos y componentes.
- Mantenimiento correctivo: permite registrar y documentar todas las incidencias sufridas por cualquier activo. Mediante reportes, propios de la herramienta, se puede llevar un control de recursos, tiempos empleados, entre otros.
- Mantenimiento preventivo: el módulo de mantenimiento preventivo permite diseñar el plan de mantenimiento según diversos parámetros como por ejemplo: tiempo (días, semanas, meses, años, según sea la

periodicidad de la rutina), lecturas incrementales (horas, kilómetros, entre otros) o según rangos personalizados (temperatura, vibraciones).

- Inventarios: permiten administrar y controlar los inventarios de repuestos utilizados para rutinas de mantenimiento.
- Herramientas: el módulo permite administrar las herramientas que están asignadas a trabajadores, llevando un récord de préstamos, devoluciones, daños y pérdidas reportadas.
- Indicadores de gestión: generando indicadores de gestión tales como tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparaciones, tiempo medio para fallar, se puede llevar una mejor gestión del mantenimiento aplicado a los equipos de la terminal.

Para una administración eficiente de la herramienta es necesario contar con una organización eficiente de los activos. El Sysman organiza los activos de la siguiente manera:

- Árbol
 - Área
 - Equipo
 - ✓ Subequipo
 - Componente

La organización de los activos se diseñó de tal forma que se acoplara al plan de mantenimiento propuesto.

El mantenimiento, correctivo o preventivo, es documentado mediante una orden de trabajo que se genera en la herramienta directamente, sobre el componente al cual le será realizada la reparación o rutina de mantenimiento, según sea el caso.

A manera de ejemplo se tomó el reporte de orden de trabajo núm. 557 el cual indica: “Revisar iluminación del pasillo de las oficinas de facturación frente al rack de marchamos. No encendió ninguna lámpara”.

Figura 42. Solicitud de orden de trabajo

OTSA Operadora de Terminales, S. A. FORMA 1507

ORDEN DE TRABAJO Nº **0557**

No. _____ Fecha Completada: _____
 Fecha Emisión: 23/09/15 Recibi Conforme: *[Firma]*
 Supervisor: *[Firma]*

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

PRIORIDADES		
URGENTE		
	Días	
(A)	(1)	
AA	1/2	
B	2/3	
BB	2/5	
C	2/10	
D	2/30	

Revisar iluminación del pasillo de las oficinas de facturación frente al rack de marchamos. No encendió ninguna lámpara.

Nombre quien reporto: W. Someta.


AHL 5343-2330

Fuente: solicitud de orden de trabajo núm. 557. Departamento de Mantenimiento de OTSA.

Este reporte es entregado al ingeniero de Mantenimiento quien a su vez informa al supervisor de Mantenimiento Eléctrico para que realice la reparación correspondiente. Además, se genera la orden de trabajo correctiva en el software Sysman para documentar los trabajos realizados, dicha orden es entregada físicamente a la persona que efectuará el trabajo para que conozca el inconveniente, siga las instrucciones dadas por el ingeniero de Mantenimiento y documente las labores realizadas.

La orden de trabajo correctiva u OTC generada es la núm. 75, la cual se muestra a continuación:

Figura 43. Orden de trabajo generada en software SYSMAN

 Operadora de Terminales, S.A. Orden de Trabajo Correctiva (Abierta)																			
Nro. OT: 75	Prioridad: 1- Emergencia Area: Iluminacion Externa																		
	Especialidad: Electrica Status OT: 1- Abierta																		
Cod. Componente: area administrativa-iluminacion externa-lamparas Descripcion: iluminacion externa de areas administr - iluminacion externa de - lamparas Rutina de trabajo vinculada: No asignada																			
Reportada Por: OTSA-011 , Walfre Someta Girón (Categoria: Operador_Patio) Asignada A: OTSA-028 , Oscar Ovidio G Champet Samayoa (Categoria: Sup_Mantto_Elec) Aprobada Por: OTSA-003 , Federico Albert Motta Quevedo (Categoria: ADMINISTRACION)																			
Fecha Aviso: 9/23/2015 Fecha Programada: Fecha Creacion OT: 9/23/2015	Hora: 10:30 AM Hora: Hora: 03:22 PM																		
	Fecha Inicio labores: _____ Hora: Fecha Fin de labores: _____ Hora: Fecha de Arranque: _____ Hora:																		
Falla Detectada (avería reportada), Codigo: No Asignado Revisar iluminación del pasillo de las oficinas de facturación (frente al Rack de Marchamos). No encendió ninguna lámpara																			
Reparacion a efectuar Identificar causa de fallo (cableado, fotocelda, mal funcionamiento de lámpara) y realizar los cambios correspondientes.																			
Sumario labores (trabajo efectuado)																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Codigo</th> <th>Descripcion</th> <th>Medida</th> <th>Cantidad</th> <th>Costo Unitario</th> <th>Utilizado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Codigo	Descripcion	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Utilizado												
Codigo	Descripcion	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Utilizado														
Comentarios adicionales :																			

Fuente: Sysman, orden de trabajo correctivo núm. 75.

El trabajo es realizado por el auxiliar de mantenimiento eléctrico, quien, siguiendo las instrucciones, verifica el estado y funcionamiento del cableado, lámparas y fotocelda, determinando que la causa de la falla en la iluminación había sido esta última. Una vez finalizada la reparación, reporta los trabajos realizados al ingeniero de Mantenimiento para la documentación correspondiente.

A continuación, se muestra la OTC núm. 75 con el sumario de labores realizadas por el auxiliar de mantenimiento eléctrico sobre la reparación de la iluminación externa de las oficinas de facturación. Con esta información se actualiza el software para tener un registro digital y físico de la reparación efectuada.

Figura 44. Orden de trabajo con sumario de labores realizadas durante la reparación

 Operadora de Terminales, S.A. Orden de Trabajo Correctiva (Abierta)														
Nro. OT: 75	Prioridad: 1- Emergencia Area: Iluminacion Externa	Especialidad: Electrica Status OT: 1- Abierta												
Cod. Componente: area administrativa-iluminacion externa-lamparas Descripción: iluminacion externa de areas administr - iluminacion externa de - lamparas Rutina de trabajo vinculada: No asignada														
Reportada Por: OTSA-011 , Walfre Someta Girón (Categoria: Operador_Patio) Asignada A: OTSA-028 , Oscar Ovidio G Champet Samayoa (Categoria: Sup_Mantto_Elec) Aprobada Por: OTSA-003 , Federico Albert Motta Quevedo (Categoria: ADMINISTRACION)														
Fecha Aviso: 9/23/2015 Fecha Programada:	Hora: 10:30 AM Hora:	Fecha Inicio labores: 23/09/15 Hora: 03:40 pm Fecha Fin de labores: 23/09/15 Hora: 06:30 pm Fecha Creacion OT: 9/23/2015 Hora: 03:22 PM Fecha de Arranque: _ _ _ _ _ Hora:												
Falla Detectada (averia reportada),Codigo: No Asignado Revisar iluminación del pasillo de las oficinas de facturación (frente al Rack de Marchamos). No encendió ninguna lámpara														
Reparacion a efectuar Identificar causa de fallo (cableado, fotocelda, mal funcionamiento de lámpara) y realizar los cambios correspondientes.														
Sumario labores (trabajo efectuado) <i>Se verificó el estado del cableado, fotoceldas y lámparas del área. La fotocelda es la que presentó el inconveniente por lo que se procedió a cambiarla por una nueva. Se realizaron las pruebas correspondientes y el sistema funcionó de manera adecuada.</i>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Codigo</th> <th>Descripcion</th> <th>Medida</th> <th>Cantidad</th> <th>Costo Unitario</th> <th>Utilizado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			Codigo	Descripcion	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Utilizado						
Codigo	Descripcion	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Utilizado									

Fuente: Sysman, orden de trabajo correctivo núm. 75.

4. FASE DE DOCENCIA

4.1. Fase de docencia

El tiempo empleado en esta fase fue para la comunicación hacia todo el personal, tanto administrativo como operativo, de los resultados obtenidos durante la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado.

4.1.1. Importancia del uso correcto de los equipos de seguridad personal

El equipo de protección personal (EPP) es toda aquella vestimenta o accesorio diseñado para ser utilizado como barrera contra los peligros físicos y químicos que están presentes en el lugar de trabajo y con los cuales no se desea tener contacto directo. Este equipo es de carácter personal por lo que no se recomienda que sea intercambiable ya que esto asegura la protección al momento de usarse.

El uso del EPP es obligatorio dentro de las facilidades de la terminal y es responsabilidad de OTSA proporcionar el EPP adecuado para cada tarea, el cual se define a partir del análisis de riesgo realizado en cada posición de trabajo.

Es política de OTSA proporcionar a los trabajadores todos los elementos adecuados de protección contra los accidentes y enfermedades profesionales, de forma que se garantice razonablemente la seguridad y la salud. Para que

estos equipos y elementos de protección personal ofrezcan al trabajador la protección requerida se consideran los siguientes aspectos:

- Utilizar los equipos de protección adecuados, según la naturaleza del riesgo, que reúnan las condiciones de seguridad y eficiencia.
- Reponer o sustituir inmediatamente los elementos y equipos de protección personal deteriorados.

Para asegurar el funcionamiento del equipo de protección personal es necesario:

- Utilizar y conservar correctamente los elementos y equipos.
- Reportar inmediatamente la falta o deterioro de los elementos y equipos de protección.
- No iniciar labores si no se dispone de los elementos o equipos de protección necesarios para la tarea.

Todos los empleados y contratistas que se encuentren en áreas operativas deberán utilizar:

- Casco
- Lentes de seguridad (que cubran los costados de los ojos)
- Calzado con protección a los dedos (puntera de acero)
- Camisas de manga larga y pantalón

4.1.1.1. Casco de seguridad

Deben ser utilizados en áreas de trabajo que exista un riesgo potencial de daño o lesión a la cabeza, además deben resistir:

- Impactos de objetos que caen
- Ataques químicos por líquidos
- Choques eléctricos
- Cumplir con lo descrito en la Norma ANSI Z.89.1 o su equivalente local

Deben tomarse en cuenta los siguientes cuidados y recomendaciones:

- No modificar el arnés de suspensión y asegurarse que se encuentre en buen estado. Sin áreas deshiladas o rotas. De no encontrarse en buen estado, debe cambiarse y no utilizar el casco hasta que el arnés esté en buenas condiciones.
- No realizar agujeros en el casco.
- No aplicar pintura ni limpiarlo con químicos que puedan dañarlo.
- Debe descartar cualquier casco que haya sido dado de baja debido a algún golpe que haya causado un daño estructural o bien que haya caducado.
- Cambiar el casco y las suspensiones por recomendación del fabricante cada 3 a 5 años. Si estos presentan daños deben cambiarse inmediatamente.

4.1.1.2. Lentes de seguridad

Deben ser utilizados en áreas donde exista riesgo causado por objetos voladores. Deben contar con protección lateral al ojo y cumplir los requerimientos de la Norma ANSI Z87.1 o su equivalente.

Los empleados que utilicen lentes bajo prescripción médica deben tomar en cuenta los siguientes lineamientos:

- Utilizar lentes de seguridad con graduación o lentes de seguridad que protejan los lentes de uso normal.
- Utilizar lentes de seguridad con graduación en áreas con bastante polvo si utiliza lentes de contacto.

4.1.1.3. Protección auditiva

La pérdida de la capacidad auditiva, puede darse como resultado de estar expuesto por tiempos prolongados en áreas con ruido, o por estar períodos cortos de tiempo en áreas con excesivo ruido.

Todo personal debe utilizar protección auditiva en todas las áreas donde haya equipos (motores, bombas, entre otros) en funcionamiento.

4.1.1.4. Guantes de seguridad

Empleados cuyas manos se encuentren expuestas a peligros por corte, laceraciones o absorción de sustancias peligrosas deben utilizar guantes de seguridad. Debe seleccionarse el tipo de guante que mejor proteja de los peligros según la tarea a realizar.

Tabla XVI. **Tipos de guantes para protección de manos**

Tipo de guante	Características y usos
Cuero	Resiste calor, protege contra objetos ásperos o filosos. Generalmente es utilizado para trabajos pesados.

Continuación de la tabla XVI.

Nitrilo desechable (guantes médicos)	Provee máxima flexibilidad pero menor protección. Diseñado para ser utilizado una sola vez y para evitar el contacto de la piel con químicos.
Hule	Utilizado para contacto químicos (combustibles) o con piezas y equipos que han estado en contacto con dichos químicos.
Eléctricos	Realizados con cuero tratado, protege contra el calor, chispas y arco eléctrico.

Fuente: OTSA. *Política 8 suministro y uso de EPP.* p. 2.

4.1.1.5. Calzado de seguridad

Es necesario utilizar calzado de seguridad donde los pies estén expuestos a los siguientes peligros:

- Sustancias calientes o corrosivas
- Objetos rodantes o que puedan caer
- Áreas resbaladizas
- Corte o punzadura

Es necesario que todo el personal sea capacitado en relación al equipo de protección personal que utilizará, para lo cual se diseñó una matriz de entrenamiento que será utilizada para la inducción de personal nuevo o que cambie de posición dentro de la estructura de OTSA.

4.1.2. Importancia del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

Debido a la naturaleza de los trabajos y operaciones suscitadas en OTSA se consideran de alto riesgo por lo que se busca que los resultados de estas sean de alta confiabilidad.

Las consecuencias de una falla son variables y pueden ir desde un atraso en las operaciones hasta el cese completo de las mismas; incluyendo las horas hombre improductivo por parte del personal de operaciones y las horas hombre extras por parte del personal de mantenimiento interno y contratistas, lo cual representa un costo bastante elevado.

El aumento de las operaciones de la terminal representa una alta disponibilidad de la misma pero no necesariamente implica una alta confiabilidad; sin embargo, una alta confiabilidad sí implica una alta disponibilidad en la medida que los equipos representen una baja probabilidad de falla. Esto se alcanza cumpliendo con el plan de mantenimiento preventivo de los equipos.

Los beneficios más evidentes del cumplimiento del plan mantenimiento preventivo son:

- Reducción del tiempo de reparación
- Disminución de fallas repetitivas
- Mayor disponibilidad de los equipos
- Optimización de recursos
- Reducción de desperdicios
- Reducción en frecuencia de fallas

- Mayor eficiencia obtenida por parte del funcionamiento de los equipos

Es imperativo que el departamento de mantenimiento cuente con una bodega surtida de los repuestos más importantes de los equipos para que, al momento de detectar que una falla se presentará, no se desperdicie tiempo y se reduzca el riesgo de inoperatividad de los equipos; además, de esta forma se evita que la falla dañe otras piezas que aún se encontraban en buen estado.

Al momento que el plan de mantenimiento preventivo de un equipo detecte una falla, es necesario determinar la causa o raíz de esta y utilizar esta información para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de dicho equipos. El análisis de la falla debe:

- Identificar la forma en la que falla la pieza
- Identificar el mecanismo de falla, es decir, lo que está causando la falla
- Determinar la causa raíz
- Buscar métodos de prevención de la falla

Sin un adecuado cumplimiento del plan de mantenimiento de los equipos, maquinarias e instalaciones, estos interrumpen sus operaciones con mucha frecuencia lo cual repercute de sobremanera en la operación de la terminal ocasionando atraso en la cadena de suministros de ambos socios, generando un costo inimaginable. Entre las consecuencias de no cumplir con el plan de mantenimiento preventivo se pueden nombrar las siguientes:

- Problemas de calidad en los combustibles despachados
- Costos elevados de reparación
- Deficiente seguridad en los procesos operativos
- Baja confiabilidad de los socios en la operación de OTSA

El plan de mantenimiento preventivo está diseñado para alcanzar la vida útil de los equipos, evitar paros y accidentes que pongan en riesgo la vida de las personas, el medio ambiente y las instalaciones.

Las principales desventajas que presenta el plan de mantenimiento preventivo se enumeran a continuación:

1. Cambios de piezas innecesarios
2. Problemas iniciales en el funcionamiento de los equipos
3. Incremento en costos de inventarios
4. Requerimiento de mano de obra calificada
5. Estrictos períodos de mantenimiento

Las formas de contrarrestar estas desventajas son:

1. Cambios de piezas innecesarios: con la experiencia obtenida a través del tiempo se puede determinar si una pieza aún se encuentra en condiciones de seguir operando de forma segura, por lo que no requerirá cambio en el momento del servicio.
2. Problemas iniciales en el funcionamiento de los equipos: al desarmar los equipos y montar nuevas piezas puede presentarse inconvenientes en el rearmado y pruebas iniciales de funcionamiento debido a que las piezas nuevas no cazan ya que estas no están desgastadas por el uso. Será necesario verificar con el personal que opera el equipo en funcionamiento del mismo.
3. Incremento en costos de inventarios: el cambio innecesario de las piezas genera un incremento en los costos de inventarios ya que hay que reabastecer la bodega. Al momento de alargar el tiempo de uso de las piezas, este incremento decaerá.

4. Requerimiento de mano de obra calificada: considerado como un “mal necesario” la mano de obra calificada permite tener la seguridad que el servicio aplicado al equipo es de calidad.
5. Estrictos períodos de mantenimiento: es necesario realizar los servicios o mantenimientos previstos en el tiempo establecido, ya que de no cumplirse con esto se alterarán los períodos de intervención y puede presentarse inconvenientes no deseados con el equipo.

En algunas ocasiones, el funcionamiento del equipo es tan complejo que complica predecir las fallas, esto por lo general sucede en las partes electrónicas de los mismos por lo que es necesario realizar un cambio cuando dicha pieza presente las primeras anomalías. Por otra parte, las piezas mecánicas con las que es más sencillo predecir las fallas, deben ser reemplazadas siempre y cuando se cuente con los repuestos necesarios, o bien, programar el cambio lo más pronto posible.

Aplicando el plan de mantenimiento preventivo se obtendrán los siguientes resultados:

- Disminución considerable de los paros no programados.
- Optimización de los recursos de mantenimiento debido a actividades más eficientes.
- Incremento en la disponibilidad de la terminal.
- Eficiencia en los procesos de mantenimiento y operativos propios de OTSA.

Es necesario resaltar que el mantenimiento de la terminal no debe basarse en su totalidad en el mantenimiento preventivo ni en el mantenimiento correctivo, ya que estos generan costos elevados. Lo óptimo es un balance

entre el mantenimiento preventivo y correctivo ya que de esta forma los costos se pueden reducir en un 50 %.

4.1.3. Importancia de los historiales de operación y funcionamiento de los equipos

El mantenimiento preventivo surgió del análisis estadístico de la vida útil de los equipos y sus elementos mecánicos, por lo que busca anticiparse a la aparición de fallas evitando que estas ocurran durante la operación normal. Mediante servicios y reparaciones programadas se pretende mantener la eficiencia de los equipos lo más alta posible.

Se busca anticiparse a las fallas a partir de historiales de funcionamiento y de operación, puesto que al observar que el rendimiento de un equipo ha decaído se puede predecir que la falla es inminente.

Los registros o historiales de funcionamiento y operación son de suma importancia para poder ejecutar el mantenimiento preventivo del equipo, ya que estos brindan información básica de la cual se puede partir para buscar la razón del decaimiento de la eficiencia o bien la falla en sí. A partir de cada servicio o reparación se actualizan los historiales correspondientes, los cuales deben contener información sobre el sumario de tareas realizadas en cada mantenimiento del equipo.

Es necesario tomar en cuenta que una falla no necesariamente se puede presentar por sobrepasar la vida útil de los componentes del equipo. A continuación se listan algunas de las razones más comunes que causan fallas prematuras:

- Error de montaje
- Mantenimiento inadecuado
- Condiciones no previstas de operación
- Mal uso o abuso de los equipos

Estos últimos dos son los más comunes y deben evitarse.

CONCLUSIONES

1. El mantenimiento preventivo a los equipos e instalaciones es vital para asegurar la eficiencia de los mismos, así como el cuidado y protección del personal y del medio ambiente. Solo de esta forma se puede lograr la disponibilidad que los socios esperan de la terminal para asegurar la continuación del negocio.
2. Partiendo de las recomendaciones del fabricante y de técnicos especializados, se debe elaborar el plan de rutinas de mantenimiento específico cada equipo.
3. Partiendo de las recomendaciones del fabricante y de técnicos especializados, se debe elaborar el plan de rutinas de mantenimiento específico cada equipo.
4. El mantenimiento de la terminal no debe basarse en su totalidad en el mantenimiento preventivo ni en el correctivo, ya que estos, por separado, generan costos elevados. Lo óptimo es un balance entre el mantenimiento preventivo y correctivo, ya que de esta forma los costos se verán reducidos.
5. Determinar el papel y funcionamiento de cada equipo crítico facilita la priorización de recursos.

6. Es imperativo que el personal opere los equipos bajo los parámetros y condiciones establecidas por el fabricante, ya que de esta manera no se reducirá la vida útil de los componentes y las fallas serán menos recurrentes.

RECOMENDACIONES

A la Gerencia de la terminal

1. Facilitar capacitaciones y entrenamientos continuos, ya que de esta forma se puede garantizar el dominio y correcta ejecución de las rutinas de mantenimiento.
2. Agilizar las actividades del Departamento de Mantenimiento con el objetivo de optimizar la vida de la maquinaria y equipo.
3. Dar seguimiento constante a las actividades realizadas por el Departamento de Mantenimiento, y asegurar de esta manera que el plan de mantenimiento se está llevando a cabo según lo establecido.

Al ingeniero de Mantenimiento

4. Ser el ente que propicie la buena relación, aumente la motivación y fortalezca la actitud positiva del personal del Departamento para potenciar el buen desempeño del mismo.
5. Garantizar que la documentación de las actividades (informes, *check lists*, reportes, entre otros) sea certera, confiable y precisa. Dicha información es determinante en la funcionalidad de los equipos y en la actualización del plan de mantenimiento.

6. Velar por que los recursos del Departamento sean utilizados de una manera eficiente. El uso correcto de los recursos permitirá mejorar los tiempos de respuestas ante cualquier emergencia.

Al personal operativo

7. Prestar especial atención al funcionamiento y respuestas de los equipos, ya que de esta forma, al observar un funcionamiento inusual, se puede prevenir una falla mayor que afecte la integridad del equipo y las operaciones de la terminal.
8. Operar los equipos únicamente bajo los parámetros establecidos por el fabricante y en las tareas para las cuales estos fueron diseñados.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, Eugene A. *Manual del ingeniero mecánico*. México: McGraw-Hill, 1997. 247 p.
2. Código Internacional para la Protección de Buques y de las Instalaciones Portuarias –PBIP–. Estados Unidos: Organización Marítima Internacional, 2010. 37 p.
3. Operadora de Terminales S. A. *Manual M-001 solicitudes de órdenes de trabajo*. 2015. 2 p.
4. _____. *Manual HSSE-SGH-0104 caso HSSE*. 2006. 48 p.
5. _____. *Manual HSSE-SGH-0208 inducción a empleados, contratistas y visitas*. 2015. 64 p.
6. _____. *Manual HSSE-SGH-1102 plan de emergencia: Brigada contra incendios*. 2013. 14 p.
7. _____. *Manual OPS-ALM-01 operación de patio*. 2012. 28 p.
8. _____. *Manual OPS-DES-12A control de ingreso de unidades y ventanas de carga*. 2014. 3 p.

9. _____. *Manual OPS-REC-01 Terminal Regulations and por Information book*. 2002. 41 p.
10. _____. *Política número 8 suministro y uso de EPP*. 2004. 3 p.
11. _____. *Manual M-004 revisión de sistema de tierras físicas Civacon en rack de carga*. 2010. 4 p.
12. PASCUAL, Ramiro. *Automatización en procesos de mantenimiento*. Colombia: Siemens, 2003. 167 p.
13. RODRÍGUEZ, Miguel Ángel. *Manual de mantenimiento preventivo, rutinas*. España: Anaya, 1994. 142 p.
14. Sysman. *Orden de trabajo correctivo número 75*. 2015.
15. TORRES, Leandro. *Mantenimiento su implementación y gestión*. Argentina: Qualitymark, 2005. 118 p.