



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

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y
ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE CILINDROS METÁLICOS
PORTÁTILES PARA ENVASAR GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) PARA CONSUMO
NACIONAL Y EXPORTACIÓN A CENTROAMÉRICA**

Douglas Everaldo Soto Herrera

Asesorado por el Ing. José Francisco Pedroza Cámara

Guatemala, junio de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y
ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE CILINDROS METÁLICOS
PORTÁTILES PARA ENVASAR GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) PARA CONSUMO
NACIONAL Y EXPORTACIÓN A CENTROAMÉRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DOUGLAS EVERALDO SOTO HERRERA
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ FRANCISCO PEDROZA CÁMBARA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
EXAMINADOR	Ing. Hernan Leonardo Cortez Urioste
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y
ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE CILINDROS METÁLICOS
PORTÁTILES PARA ENVASAR GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) PARA CONSUMO
NACIONAL Y EXPORTACIÓN A CENTROAMÉRICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 01 de agosto de 2011.


Douglas Everardo Soto Herrera

Guatemala, 22 de Octubre de 2012

Ingeniero

Cesar Ernesto Urquizú Rodas

Director de Escuela

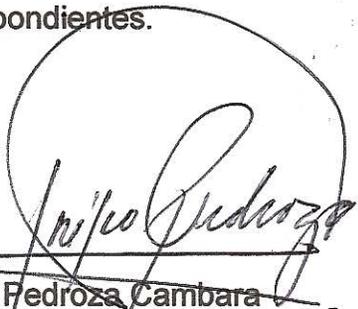
Ingeniera Mecánica Industrial

Ingeniero Urquizú:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que he procedido a la revisión del trabajo de graduación titulado **"PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE CILINDROS METÁLICOS PORTÁTILES PARA ENVASAR GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) PARA CONSUMO NACIONAL Y EXPORTACIÓN A CENTROAMÉRICA"**. Presentado por el estudiante universitario Douglas Everaldo Soto Herrera, y después de haber realizado las correcciones Pertinentes, considero que el mismo ya cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que el trabajo de graduación se ha elaborado conforme lo planificado, en tal virtud me permito recomendar su elaboración, y darse los trámites correspondientes.

Atentamente:


~~José Francisco Pedroza Cambara~~

Ingeniero Mecánico Industrial

Asesor. Colegiado 7009

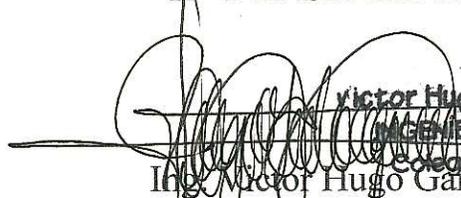
Ing. José Fco. Pedroza C.
MECÁNICO INDUSTRIAL
COL. No. 7009



REF.REV.EMI.045.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE CILINDROS METÁLICOS PORTÁTILES PARA ENVASAR GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) PARA CONSUMO NACIONAL Y EXPORTACIÓN A CENTROAMÉRICA**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Everaldo Soto Herrera**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Victor Hugo García Roque
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 5133
Ing. Victor Hugo García Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2013.

/mgp



REF.DIR.EMI.151.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE CILINDROS METÁLICOS PORTÁTILES PARA ENVASAR GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) PARA CONSUMO NACIONAL Y EXPORTACIÓN A CENTROAMÉRICA**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Everaldo Soto Herrera**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, junio de 2013.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE CILINDROS METÁLICOS PORTÁTILES PARA ENVASAR GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) PARA CONSUMO NACIONAL Y EXPORTACIÓN A CENTROAMÉRICA**, presentado por el estudiante universitario: **Douglas Everaldo Soto Herrera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, junio de 2013



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme alcanzar esta meta y quien me sigue bendiciendo con su gracia.
- Mis padres** Juventino Soto y Maritza Herrera, quienes me dan su amor incondicional. Gracias por haber dado la oportunidad de llegar a esta meta. Y este triunfo es de ustedes
- Mis abuelos** Tomás Soto Juárez, José Luis Morales, Berta Delia Salguero y María Cecilia Pérez (q.e.p.d.). Por darme su apoyo en todo momento.
- Mis hermanos** Jonatán, Sairy y Kevin Soto, por apoyarme y creer en mí en todo momento.
- Mi tío** Mario René Salguero (q.e.p.d.). Quien fue un incansable luchador, que Dios lo tenga en su gloria.
- Mis tíos** Roselio Salguero, Jorge Salguero, Perla Soto y Rosa Soto, por brindarme su apoyo incondicional.
- Mi amada** Vivian Patricia Acevedo Aroche, por ser el amor de mi corazón y brindarme su apoyo, amistad y amor.

Mis amigos

Byron Morales, Gloria Salguero, Jimmy Ramírez, Hugo Rejopachi, Juan Carlos Quevedo, Christian Estrada y Pedro Marroquín, por apoyarme dentro y fuera de las aulas de la facultad.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser el lugar donde me formé académicamente, especialmente en la Facultad de Ingeniería.

**Ministerio de Energía
y Minas**

Por la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación, en especial a la Dirección General de Hidrocarburos.

**Ing. José Francisco
Cámara**

Por asesorarme y apoyarme, así como brindarme su conocimiento en esta importante investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Antecedentes generales del Ministerio de Energía y Minas	1
1.1.1. Antecedentes históricos	1
1.1.2. Visión de la Dirección General de Hidrocarburos	2
1.1.3. Misión de la Dirección General de Hidrocarburos	2
1.1.4. Estructura Organizacional de la Dirección General de Hidrocarburos.....	3
1.1.5. Funciones y servicios que presta la Dirección General de Hidrocarburos	4
1.2. Leyes y normativas de la Dirección General de Hidrocarburos	5
1.2.1. Ley de Comercialización de Hidrocarburos Decreto número 109-97.....	5
1.2.2. Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Acuerdo Gubernativo 522-99	6
1.2.3. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01:29:05	8
1.2.4. Circulares técnicas	9

1.3.	Técnicas de ensayos no destructivos.....	10
1.3.1.	Conceptos y técnicas de ensayos no destructivos	10
1.3.2.	Ensayo ultrasónico.....	12
1.3.3.	Líquidos penetrantes	12
1.4.	Control de calidad del proceso	13
1.4.1.	Métodos actualmente usados	13
1.4.2.	Gráficas utilizadas.....	14
1.4.2.1.	Interpretación de gráficas	15
1.5.	Consumo y exportación de cilindros metálicos.....	18
1.5.1.	Consumo de GLP a nivel nacional	20
1.5.2.	Fabricación de cilindros para consumo y exportación a Centroamérica.....	21
1.5.3.	Reemplazo de cilindros por deterioro o fin de su vida útil	21
1.6.	Historia de cilindros de Centroamérica, Sociedad Anónima (CILCASA)	22
1.6.1.	Productos y servicios	23
1.6.2.	Ubicación de CILCASA	23
2.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	25
2.1.	Tipo de acero metálico utilizado en la construcción de cilindros portátiles	25
2.1.1.	Características técnicas del acero	25
2.2.	Clasificación de accesorios utilizados en la construcción de cilindros portátiles	26
2.2.1.	Características técnicas de las válvulas utilizadas en los cilindros portátiles	27
2.3.	Supervisión del MEM sobre la fabricación de cilindros portátiles	27

2.3.1.	Selección de materiales y accesorios	27
2.4.	Verificación de aseguramiento de calidad.....	28
2.4.1.	Pruebas de hermeticidad.....	28
2.4.2.	Pruebas de capacidad.....	29
2.4.3.	Pruebas de sello de válvula.....	29
2.5.	Diagnósticos de ensayos no destructivos de laboratorio	30
2.5.1.	Equipos utilizados	31
2.6.	Problemática encontrada.....	32
2.6.1.	Falta de control de calidad de materia prima e insumos	32
2.6.2.	Falta de estandarización de accesorios.....	32
3.	PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y ACCESORIOS EN LA FABRICACIÓN DE LOS CILINDROS.....	33
3.1.	Selección de materias primas.....	33
3.1.1.	Clasificación del material metálico y accesorios	34
3.1.1.1.	Para las planchas metálicas	35
3.1.1.2.	Para el cuello protector de la válvula	36
3.1.1.3.	Para la selección de válvulas.....	37
3.1.1.4.	Para la selección de rosca o brida	38
3.1.1.5.	Para el sello de inviolabilidad o marchamo	40
3.2.	Control de calidad en la recepción de materia prima	40
3.3.	Características y tipos de soldaduras utilizadas en el material para la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP.....	41
3.3.1.	Inspección de soldadura en la materia prima por radiografía industrial.....	43

3.3.1.1.	Objetivo de la prueba	45
3.3.1.2.	Descripción de la prueba	46
3.3.2.	Materiales de aporte	46
3.4.	Calibración de la máquina de soldar	47
3.5.	Tratamiento térmico utilizado en los materiales para la fabricación de cilindros metálicos contenedores de GLP.....	48
3.6.	Inspección por líquidos penetrantes	49
3.6.1.	Objetivo de la prueba.....	49
3.6.2.	Descripción de la prueba	49
3.6.3.	Recopilación de datos.....	52
3.6.4.	Representación de gráficas	53
3.6.5.	Interpretación de resultados.....	55
3.7.	Ensayo ultrasónico.....	55
3.7.1.	Objetivo de la prueba.....	56
3.7.2.	Descripción de la prueba	57
3.7.3.	Recopilación de datos.....	60
3.7.4.	Representación de gráficas	63
3.7.5.	Interpretación de resultados.....	65
3.8.	Ensayo por prueba mecánica.....	66
3.8.1.	Ensayo de dureza con Rockwell	69
3.8.2.	Objetivo de la prueba	70
3.8.3.	Descripción de la prueba	71
3.8.4.	Interpretación de resultados	72
3.9.	Ensayo en prueba por corrosión	74
3.9.1.	Objetivo de la prueba.....	76
3.9.2.	Descripción de la prueba	77
3.9.3.	Interpretación de resultados.....	79
3.10.	Inspección visual como producto terminado.....	80
3.11.	Análisis financiero	82

3.11.1.	Beneficios.....	83
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	85
4.1.	Control de materias primas.....	85
4.1.1.	Verificación periódica de normas.....	86
4.1.2.	Realización de pruebas no destructivas del laboratorio.....	87
4.1.3.	Análisis de resultados de las pruebas del laboratorio del MEM.....	87
4.1.4.	Verificación en relación a la aceptación y rechazos de los lotes por medio del MEM.....	88
4.2.	Elaboración de informes y resultados del MEM.....	90
4.3.	Cronograma de actividades para la implementación de la propuesta.....	91
5.	SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL LA PROPUESTA.....	92
5.1.	Indicadores de control de materias primas.....	93
5.1.1.	Cantidad de lotes rechazados por medio del laboratorio del MEM.....	94
5.1.2.	Asignación de defectos.....	94
5.1.3.	Análisis de resultados.....	96
5.2.	Historial de las pruebas del laboratorio.....	97
5.2.1.	Análisis de resultados.....	98
5.2.2.	Control de fallas.....	99
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	101
6.1.	Revisión ambiental inicial.....	101
6.1.1.	Situación ambiental actual.....	102
6.1.2.	Problemática detectada.....	104

6.1.2.1.	Identificación de aspectos ambientales	105
6.2.	Política ambiental.....	106
6.2.1.	Misión y objetivos ambientales	107
6.2.2.	Requisitos legales.....	107
6.2.2.1.	Reglamentos específicos	108
6.2.2.2.	Legislación aplicable a la organización	108
6.3.	Medidas de mitigación y vigilancia ambiental	109
6.3.1.	Medidas de mitigación	109
6.3.2.	Aplicación de las medidas de mitigación.....	110
6.3.3.	Programa de vigilancia y control ambiental.....	111
	CONCLUSIONES	115
	RECOMENDACIONES.....	117
	BIBLIOGRAFÍA	119
	ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la Dirección General de Hidrocarburos	3
2.	Gráfica de control de calidad.....	16
3.	Ubicación de CILCASA.....	24
4.	Equipo de radiografía industrial.....	31
5.	Equipo de ultrasónico.....	31
6.	Planchas metálicas para envasado.....	35
7.	Válvula de acoplamiento rápido.....	37
8.	Sello inviolabilidad.....	40
9.	Proceso de soldadura.....	42
10.	Inspección por líquidos penetrantes.....	51
11.	Gráfico de control tipo C.....	54
12.	Gráfica de control normal de calidad.....	63
13.	Gráfica de control X de calidad de promedios.....	64
14.	Gráfica de control R de calidad de promedios.....	64
15.	Curva de carga y deformación nominal.....	68
16.	Durómetro para el ensayo de dureza con Rockwell.....	69
17.	Penetrador para el ensayo dureza con Rockwell.....	70
18.	Gráfica esfuerzo- deformación.....	72
19.	Relaciones metal-ambiente corrosivo.....	75
20.	Deterioro de la lámina en el ambiente.....	76
21.	Protección en la lámina metálica.....	78
22.	Almacenamiento de materias primas y accesorios.....	79

23. Cronograma de actividades para la implementación de la propuesta...91

TABLAS

I.	Exportación de cilindros metálicos portátiles para envasado de GLP...	19
II.	Importación de cilindros metálicos portátiles para envasado de GLP...	19
III.	Cuadro de consumo de GLP.....	20
IV.	Probabilidad de ocurrencia.....	22
V.	Propiedades y aplicaciones de diseño.....	34
VI.	Secciones de válvula (mm).....	38
VII.	Rosca NGT 3/4" – 14".....	39
VIII.	Formato para calibrar la máquina para soldar.....	48
IX.	Inspección por líquidos penetrantes.....	50
X.	Recopilación de datos en la detección de líquidos penetrantes.....	52
XI.	Defectos en el ensayo de líquidos penetrantes.....	53
XII.	Tabla de tiempos en el ensayo ultrasónico.....	58
XIII.	Resumen de la tabla de tiempos.....	59
XIV.	Datos muestreados en el ensayo ultrasónico.....	61
XV.	Datos de cargas en las planchas metálicas.....	71
XVI.	Rechazo o aceptación de cilindros.....	89
XVII.	Características en la materia prima y sus accesorios.....	98

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
K	Constante matemática de proporcionalidad
δ	Desviación estándar
GLP	Gas licuado de petróleo
g	Gramos
hrs	Horas
kg	Kilogramos
Kj	Kilojoules
kPa	Kilopascales
Lb	Libras
L	Litros
m	Metros
min	Minutos
mol	Mol
P	Presión del gas
α	Proporcionalidad
°C	Temperatura expresada en grados centígrados
T	Temperatura de un gas
psi	Unidades de presión (libras por pulgada cuadrada)
V	Volumen del gas

GLOSARIO

Báscula	Aparato que se utiliza para medir pesos grandes.
Base de sustentación	Pieza metálica de forma circular, rebordeada, soldada al casquete inferior del recipiente, para sostenerlo y posicionarlo verticalmente; con orificios que permiten la ventilación para disminuir los efectos de corrosión por humedad en el mismo.
Brida	Pieza metálica anular con un orificio concéntrico con rosca cónica, la cual va soldada en el centro del casquete superior del envase cilíndrico y que permite la instalación de la válvula a dicho envase.
Capacidad de agua	Es el volumen de agua expresado en litros o la masa de agua expresada en kg, que el envase cilíndrico puede contener a la temperatura de 15,56°C (60°F).
Casquetes	Partes metálicas del recipiente, de forma semiesférica, con o sin faldón recto, o de forma semicapsulada.

Cilindro metálico portátil

Recipiente metálico, con o sin cordones de soldadura, hermético, rellenable, utilizado para almacenar y transportar GLP, por su masa y dimensiones puede manejarse manualmente y está formado por los siguientes componentes: cuello protector, válvula, brida, cuerpo cilíndrico y base de sustentación.

Cuello protector de la válvula

Parte metálica de forma cilíndrica abierta o cerrada, soldada al casquete superior del cilindro, la cual sirve para la manipulación del mismo y para proteger la válvula contra daños por impacto; tiene aberturas que permiten su conexión con el regulador, así como la ventilación, operación y drenaje.

Cuerpo cilíndrico

Es la parte del cilindro que contiene el producto y que puede estar formado por: casquete superior, casquete inferior y sección cilíndrica o bien por dos casquetes semicapsulados.

Ensayos destructivos

Son aquellos que se realizan sobre piezas acabadas o semiacabadas, interfiriendo con el uso futuro de las mismas

Ensayo de expansión	Consiste en determinar la expansión volumétrica permanentemente de un cilindro después de ser sometido a alta presión.
Fundente	Sustancia utilizada para limpiar de óxido las superficies metálicas que se van a unir.
Gamma	Radiación electrónica que emiten ciertos núcleos atómicos, al pasar de un estado excitado a otro que lo está menos.
Gas licuado de petróleo (GLP)	Es la mezcla formada por hidrocarburos de tres (3) y cuatro (4) átomos de carbono, predominantemente propano o butano, o ambos, que siendo gaseosa a condiciones normales de presión y temperatura CNPT (101,3 kPa y 25°C), puede ser licuada, convertida en líquido, aplicando presión o enfriamiento, o ambos, para facilitar el almacenamiento, transporte y manejo.
Haz	Tubo de haces dirigidos. Tetrodo de potencia cuyos electrodos están dispuestos de tal forma que suprimen la emisión secundaria del ánodo.

Lote	Es la cantidad específica de envases cilíndricos de un mismo tamaño y diseño, fabricados en una misma tanda, bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes y se somete a inspección como un conjunto unitario.
Magnetismo	Propiedad que tienen algunos materiales de atraer otras sustancias ferromagnética.
Negatoscopio	Equipo que genera un campo uniforme de luz para visualizar la película radiográfica.
Palpador del medidor	Parte del medidor de espesores que entra en contacto con la lámina del cilindro, para determinar el espesor de la misma.
Piezolectricidad	Propiedad que presentan algunos cristales no conductores de cargas de electricidad, al ser sometidos a una presión unilateral.
Presión de diseño	Es la presión manométrica a la cual se diseña el recipiente portátil.
Proceso de embutido	Metal mecánico utilizado para brindar la forma requerida a una lámina, aplicándole una fuerza que obliga al metal a deformarse plásticamente a través de un molde, sin utilizar calor, impactos ni golpes.

Radiación	Energía que se propaga en forma de ondas electromagnéticas. Estas se originan al sufrir una carga eléctrica a través de una aceleración, y consisten en campos eléctricos y magnéticos, cuyos componentes cumplen la ecuación de onda.
Relación de llenado	Es la relación entre la masa del gas licuado contenido en el envase cilíndrico y la masa de la capacidad de agua del mismo, mantenida a una temperatura de 15,56°C (60°F).
Soldadura eléctrica	Es la unión de dos piezas de metal, mediante el calor producido por un arco eléctrico que funde los bordes de las piezas, con o sin un metal de aporte o relleno.
Tara	Es la masa del envase cilíndrico vacío, incluyendo la masa de la válvula.
Tungsteno	Conocido también como volframio (W), densidad 19.3, metal fundible a 3,600 grados centígrados, de un color gris oscuro. Se utiliza para la fabricación del filamento de lámparas incandescentes.
Válvula	Elemento mecánico de operación manual o automática que integra en su cuerpo un dispositivo para carga y descarga de GLP, para

alivio de presión; con o sin un máximo nivel de llenado.

RESUMEN

El Ministerio de Energía y Minas por medio de la Dirección General de Hidrocarburos es el ente encargado de supervisar a las empresas que se dedican a la fabricación de cilindros metálicos portátiles para el envasado de GLP, dentro del marco legal; basándose en la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Decreto Número 109-9, y su Reglamento Acuerdo Gubernativo 522-99 y con el Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 23.01:29:05.

Ante la demanda de cilindros metálicos portátiles para envasar gas licuado de petróleo (GLP), es fundamental tener un sistema de control de calidad en los materiales y accesorios para garantizar la calidad de dicho producto y por ende la satisfacción y seguridad para el consumidor final.

Dentro de la fabricación de los cilindros metálicos portátiles, los materiales empleados en la manufactura de estos, deben estar libres defectos de laminación, fisuras u otros defectos; deben presentar superficies razonablemente lisas y uniformes, así como las válvulas deben ser de latón, bronce u otro material; este último debe comprobarse a través de un certificado de calidad de la composición química y propiedades físicas del material.

Para garantizar la calidad de los materiales es necesario realizar pruebas no destructivas; se pueden mencionar algunos considerados más útiles para la materia prima, que en este caso son las planchas metálicas, entre las cuales se pueden mencionar: ensayo por radiográfica industrial, ensayo de líquidos penetrantes y ensayo ultrasónico; estos se detallan a continuación:

El ensayo por radiografía industrial en la soldadura constituye un registro permanente de la imagen radiante que se obtiene del cuerpo examinado, al ser sometido a un haz de radiaciones penetrantes.

El ensayo por líquidos penetrantes, en términos generales, consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar para detectar e indicar discontinuidades que afloran a la superficie del material.

La inspección por ultrasonido se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo mecánico, y su funcionamiento se basa en la impedancia acústica, la cual se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido y la densidad del material.

Hay otros tipos de ensayos, los cuales son: ensayos por pruebas mecánicas, tales como el ensayo de compresión, tensión, torsión y flexión, de los que se tiene el beneficio, que al realizar cada una de estas pruebas en diferentes tipos de materiales, se determina la dureza de un material, es decir, la resistencia de un material a ser penetrado; el ensayo de dureza Rockwell constituye el método más usado para medir la dureza debido a que es muy simple de llevar a cabo y no requiere conocimientos especiales.

El ensayo por prueba por corrosión, que desempeña un papel fundamental para prevenir un deterioro de un material en sus características químicas, físicas y mecánicas. Por ende es importante tener la prueba de corrosión que permitirá tener en óptimo estado la materia prima metálica.

Como se menciona anteriormente, ante el crecimiento de la demanda de los cilindros metálicos portátiles, también es primordial tener un control ambiental en los desechos sólidos que generan al fabricar los mismos.

Es necesario tener un sistema de control de calidad, en la materia prima y accesorios utilizados para la fabricación de cilindros, en donde dicha materia prima y los accesorios cumplan con las especificaciones establecidas en las leyes y normas aplicables, así como al Reglamento Técnico Centroamericano, evitando que los cilindros no sean rechazados después de su fabricación y por ende no se tengan pérdidas económicas considerables.

OBJETIVOS

General

Crear un sistema de control de calidad en los materiales y accesorios utilizados en la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, sean estos para su consumo nacional o su exportación para producir cilindros que cumplan con las especificaciones y parámetros de calidad para su comercialización.

Específicos

1. Implementar indicadores para establecer una mejor inspección en la calidad de los materiales y accesorios.
2. Establecer un sistema de verificación para garantizar por medio de pruebas no destructivas la calidad de materias primas.
3. Aplicar las leyes, reglamentos y normas vigentes que requiera la fabricación de los cilindros metálicos para el envasado GLP, sean estos para consumo nacional o su exportación.

INTRODUCCIÓN

La continua demanda de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, se debe al constante crecimiento del consumo de gas licuado de petróleo, para uso doméstico, en Guatemala y Centroamérica.

Es por ello que surge la necesidad de tener un control de calidad de dichos cilindros empezando con la materia prima y sus accesorios utilizados en su fabricación. Por lo que es importante realizar un control de calidad en las materias primas y accesorios, proponiendo varias alternativas para el productor.

El Ministerio de Energía y Minas de Guatemala por medio de la Dirección General de Hidrocarburos, establece claramente los requisitos a cumplir para poder fabricar y comercializar los cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, aplicando la Ley de Comercialización de Hidrocarburos y su Reglamento, así como el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 223.01.29:05, en donde se establecen los lineamientos de la producción y normas de seguridad industrial y ambiental para dichos cilindros.

Es importante tener un sistema que permita estandarizar las materias primas para tener un impacto positivo en la calidad, en la fabricación de los cilindros metálicos portátiles para contener GLP y por ende incrementar la competitividad ante la globalización; para ello es necesario que los proveedores tengan certificación comprobada de sus productos, en este caso materias primas y accesorios.

Para dicho sistema de control de calidad se han propuesto distintos ensayos no destructivos, dentro los cuales se pueden mencionar el ensayo por

radiografía industrial para verificaciones de soldadura, líquidos penetrantes para fisuras, poros y grietas superficiales; ensayo ultrasónico para verificaciones de uniformidad de un material; una por prueba mecánica, utilizando el ensayo de dureza Rockwell para medir la dureza del material en combinaciones de penetradores y cargas y otra por prueba por corrosión, que ayudará a prevenir medios de corrosión y ataques químicos.

Con los ensayos previamente mencionados se analizará la materia prima; en este caso se refiere a los royos de láminas que vienen en forma de bobinas, de las cuales se toman muestras aleatorias para realizar las distintas pruebas previamente mencionadas. También se podrá determinar la calidad de la soldadura y sus materiales de aportación.

El propósito de tener un control de calidad en la materia prima y accesorios para la fabricación de cilindros, es que a través de los ensayos no destructivos, la prueba mecánica y el ensayo por corrosión, se determine el cumplimiento de la misma, en cuanto las especificaciones y parámetros de calidad requeridos se refiere y con ello minimizar la posibilidad de rechazo de los cilindros y la autorización del Ministerio de Energía y Minas por medio de la Dirección General de Hidrocarburos, para poder comercializar los cilindros como producto terminado.

Dentro del sistema control de calidad se realiza un análisis para el control de desechos generados por la fabricación de los cilindros metálicos portátiles para envasado de GLP, enfocado a la protección del medio ambiente.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes generales del Ministerio de Energía y Minas

Se presenta un resumen histórico del Ministerio de Energía y Minas en sus diferentes etapas a lo largo de su existencia.

1.1.1. Antecedentes históricos

La Dirección General de Minería, Industrias Fabriles y Comercio, adscrita a la Secretaría de Fomento, fue creada el 01 de julio de 1907, siendo nombrado el señor Manuel Lemus, como el primer director.

En la década de los años cuarenta, se creó el Instituto Nacional de Petróleo. Posteriormente, en los años cincuenta, la Dirección General de Minería, Industrias Fabriles y Comercio, cambió de denominación a únicamente Dirección General de Minería, fusionándose con el referido instituto para llegar a formar la Dirección General de Minería e Hidrocarburos, adscrita al Ministerio de Economía.

Conforme la ley que regulaba las actividades del Organismo Ejecutivo, correspondía al Ministerio de Economía conocer todo lo relativo a los hidrocarburos, minas y canteras, pero por lo creciente y complejo de tales actividades, fue necesario separar de dicho Ministerio, la Dirección General de Minería e Hidrocarburos, dando vida mediante el Decreto-Ley 57-78, a la Secretaría de Minería, Hidrocarburos y Energía Nuclear, adscrita a la Presidencia de la República.

Ante el crecimiento e importancia de las actividades relativas al desarrollo de la industria petrolera y minera, y el aprovechamiento del uso pacífico de la energía nuclear y de las fuentes nuevas y renovables de energía, cambió la denominación de tal secretaría, mediante el Decreto-Ley número 86-83, llamándose Secretaría de Energía y Minas.

No obstante que la emisión de este Decreto-Ley significó un avance para que dicha secretaría cumpliera en mejor forma sus funciones, se hizo necesario contar con un órgano más especializado que atendiera y dinamizara el desarrollo en el sector, dando lugar a que por medio del Decreto Ley 106-83 de fecha 8 de septiembre de 1983, naciera a la vida política del país el Ministerio de Energía y Minas, tomando vigencia a partir del 10 de septiembre de ese mismo año.

1.1.2. Visión de la Dirección General de Hidrocarburos

Que el Gobierno de Guatemala en el subsector hidrocarburos cuente con una institución fuerte que sea capaz de responder a los requerimientos técnicos adecuado, tanto de recursos humano como equipamientos, para desempeñar las funciones que el marco legal le establece a la dirección.

1.1.3. Misión de la Dirección General de Hidrocarburos

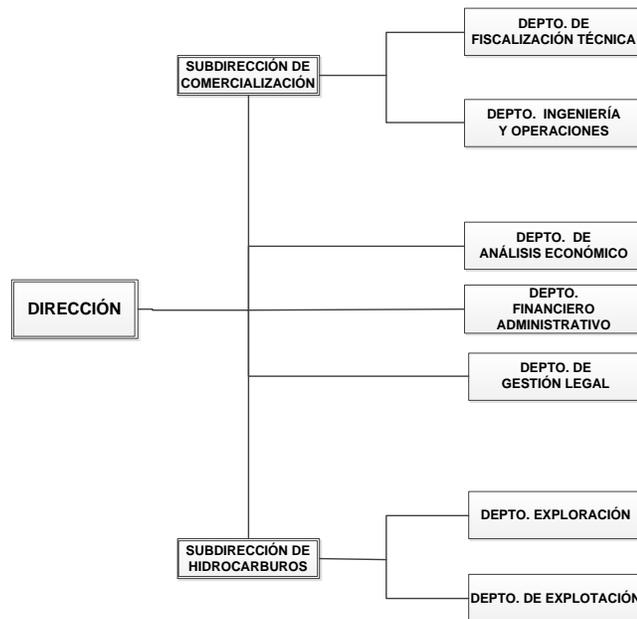
Promover el desarrollo racional de los recursos de los yacimientos de hidrocarburos, estableciendo una política petrolera orientada a tener mejores resultados en la exploración y explotación de dichos recursos, con el objeto de lograr la independencia energética del país y el autoabastecimiento de los hidrocarburos.

1.1.4. Estructura Organizacional de la Dirección General de Hidrocarburos

El personal de esta entidad presenta una vocación de servicio, para poder ejecutar acciones de impacto y beneficio social; cuenta con personal que está orientado a servir con eficiencia y eficacia a todos los usuarios de los servicios que se prestan, obteniendo un compromiso con la sociedad guatemalteca.

La estructura organizacional del Diagrama de la Dirección General de Hidrocarburos se conforma de la siguiente manera:

Figura 1. Organigrama de la Dirección General de Hidrocarburos



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas.

1.1.5. Funciones y servicios que presta la Dirección General de Hidrocarburos

Una de las principales funciones de la Dirección General de Hidrocarburos, es velar porque se cumpla la política petrolera del país. Sin embargo, es necesario supervisar, controlar y fiscalizar a todas las empresas que se desenvuelven en el subsector de hidrocarburos. Las funciones y atribuciones de la Dirección General de Hidrocarburos son las siguientes:

- Cumplir y hacer que se cumplan las leyes, reglamentos y estipulaciones contractuales concernientes a operaciones petroleras.
- Inspeccionar, vigilar, supervisar y fiscalizar las operaciones petroleras, inclusive la determinación de los volúmenes de hidrocarburos y sus calidades.
- Servir de órgano de información del MEM, para el inversionista nacional o extranjero.
- Efectuar los cálculos para monitorear que los precios de los hidrocarburos estén dentro de un rango razonable, tomando en cuenta los factores externos e internos que lo integran.
- Efectuar, controlar y verificar la liquidación y el pago de regalías, participación en la producción.
- Estudiar y emitir dictámenes sobre operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos.

1.2. Leyes y normativas de la Dirección General de Hidrocarburos

Dentro del marco legal que cubre la Dirección General de Hidrocarburos se pueden mencionar, dos áreas las cuales son: el área de comercialización y el área petrolera, de las cuales solo se hará un enfoque en el área de comercialización, de acuerdo con la Ley de Comercialización de Hidrocarburos Decreto número 109-97 y su Reglamento, Acuerdo Gubernativo 522-99; así como el Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 23.01:29:05.

1.2.1. Ley de Comercialización de Hidrocarburos Decreto número 109-97

Esta ley regula la comercialización de productos petroleros que se importen o se produzcan internamente para el consumo nacional, creando promover las condiciones adecuadas para el desarrollo ordenado y eficiente del comercio interior o exterior, siendo imperativo con este mandato.

En artículo 41 de dicha ley se establecen las solicitudes de licencias para efectuar actividades de importación, fabricación y reparación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP. Acompañando de la información y documentación requerida y que las instalaciones cumplan con las condiciones mínimas de seguridad industrial y ambiental, según informes de inspecciones técnicas practicadas por el Departamento de Transformación y Distribución del Ministerio de Energía y Minas.

La fiscalización, inspección y control podrá solicitar la colaboración y asesoría que juzgue necesaria, para requerir los informes y análisis, a cualquier dependencia pública o entidad privada, así como ordenar las instalaciones y revisiones físicas y documentales que estime procedentes.

Esta ley tiene por objeto:

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

1.2.2. Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Acuerdo Gubernativo 522-99

Tiene por objetivo el cumplimiento y correcta aplicación de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, para su debido control, la dirección establecerá un registro de las empresas mercantiles que estén autorizadas para efectuar cada una de las actividades, conforme a lo establecido en la ley.

Este reglamento especifica aspectos de suma importancia como la recepción de solicitudes de licencias para efectuar actividades de refinación, transformación y de la cadena de comercialización de petróleo y productos petroleros.

El artículo 39 de este reglamento resalta la importación de las licencias de importación, fabricación y reparación de cilindros metálicos portátiles, para envasar Gas Licuado de Petróleo (GLP). Dependiendo de la actividad a desarrollar será la licencia a otorgar.

Con anterioridad se aplicaba la norma de calidad COGUANOR NGO 51 009, la cual vino a ser sustituida por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01:01:29:05.

Los materiales y accesorios la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, deben cumplir con las especificaciones de calidad que establece la norma COGUANOR NGO 51 009 para cilindros de acero; para utilizar GLP, en vehículos automotores, se deben cumplir con las especificaciones de calidad que establece la Norma COGUANOR NGO 51 027 y para los envases desechables para GLP, deben cumplir con lo establecido en norma COGUANOR NGO 51 028; en todos los casos, otras disposiciones nacionales o internacionales, emitidas para ese propósito.

Todo cilindro portátil para envasar GLP tendrá inscrito, número de serie, nombre del fabricante, país de procedencia, fecha de fabricación, tara y capacidad de envasado de GLP.

1.2.3. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01:29:05

Este reglamento se titula: Recipientes a presión; cilindros portátiles para contener GLP. Especificaciones de fabricación.

La entidad encargada de realizar los estudios y adopción de reglamentos técnicos, es la Unión Aduanera Centroamericana; este organismo está representado por los sectores: académico, consumidor, empresa privada y gobierno, de cada uno de los países que lo incluyen.

Este organismo, mediante los comités técnicos de normalización de todos los estados que son miembros, se encargó de realizar un estudio sobre cilindros para contener GLP, para regular y estandarizar las especificaciones a todos los países miembros de la entidad. Como finalización del estudio realizado por el Comité Técnico de Normalización, se llegó a la elaboración de un documento, que luego sería aprobado como: Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05.

De los temas relacionados dentro del Reglamento Técnico Centroamericano de los recipientes a presión, cilindros portátiles para contener GLP y especificaciones de fabricación, la entidad encargada de su aprobación es: subgrupo de medidas de normalización de la Unión Aduanera, haciendo su participación, las siguientes comisiones de cada país integrante:

- Por Guatemala, COGUANOR
- Por El Salvador, CONACYT
- Por Nicaragua, MIFIC
- Por Honduras, SIC
- Por Costa Rica, MEIC

Se aplica a los envases cilíndricos portátiles con capacidad desde 4,5 kg (10 lb) hasta 45,4 kg (100 lb) de propano comercial, butano comercial o sus mezclas, los cuales se fabrican con una presión de diseño de 1655 kPa (250 psi) y que se utilizan para el almacenamiento y transporte de gas licuado de petróleo para consumo doméstico, industrial y comercial. No se aplica a los envases cilíndricos de acero diseñados para almacenar gas licuado de petróleo utilizado como combustible de automotores.

Este documento fue aprobado (Resolución No. 152-2005) como Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 23.01.29:05. Recipientes a presión; cilindros portátiles para contener GLP. Especificaciones de Fabricación, por el subgrupo de medidas de normalización. La oficialización de este reglamento técnico, conlleva la aprobación por el Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO).

1.2.4. Circulares técnicas

El MEM, a través de la Dirección General de Hidrocarburos, velará por la eficacia y garantía del abastecimiento de productos petroleros en el país, así como para la correcta aplicación de ley y las normas reglamentarias que se emitan.

En este sentido, la Dirección General de Hidrocarburos tiene la potestad de emitir instructivos, manuales y circulares relativas al conocimiento y al cumplimiento de las disposiciones de seguridad, calidad, los procedimientos de inspección física sobre la ubicación e infraestructura y la operación técnica de las diversas instalaciones que integran las refinerías, las plantas de transformación, las plantas de proceso diverso, las terminales y los depósitos de almacenamiento, el transporte y el equipo para envasar y comercializar

petróleo y productos petroleros conforme a las normas actuales de seguridad industrial y ambiental, adoptadas continuamente por la industria petrolera, para resguardar principalmente la integridad física de las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.

1.3. Técnicas de ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos se han practicado por muchas décadas. Se tiene registro desde 1868 cuando se comenzó a trabajar con campos magnéticos. Uno de los métodos más utilizados fue la detección de grietas superficiales en ruedas y ejes de ferrocarril. Las piezas eran sumergidas en aceite, y después se limpiaban y se esparcían con un polvo.

Cuando una grieta estaba presente, el aceite que se había filtrado en la discontinuidad, mojaba el polvo que se había esparcido, indicando que el componente estaba dañado. Hoy en día, los métodos más usados son: visuales, superficiales y volumétricos.

1.3.1. Conceptos y técnicas de ensayos no destructivos

Se denomina ensayo no destructivo a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Los métodos de ensayos no destructivos pueden ser agrupados en función del tipo de energía o medio de prueba utilizado. A su vez, cada método que resulta seleccionado, puede ser aplicado de forma diferente, según las condiciones que se deben enfrentar. Esto da lugar a las distintas técnicas de aplicación de ensayos no destructivos. El detalle de los pasos o etapas de aplicación de la técnica y de interpretación y evaluación de los resultados, constituye lo que se conoce como procedimiento de ensayo.

Los métodos de ensayos no destructivos se clasifican en tres grandes grupos: visuales, superficiales y volumétricos.

Los métodos visuales constituyen todas las inspecciones que se realizan, utilizando la vista o algún dispositivo que incluya una lente de aumento.

Los métodos superficiales lo constituyen aquellas inspecciones que pueden localizar discontinuidades únicamente en la pieza, tales como la inspección por líquidos penetrantes y partículas magnéticas.

Finalmente, dentro de los métodos volumétricos, se incluyen las inspecciones que pueden localizar discontinuidades tanto superficialmente como en el interior de la pieza, tales como ultrasonido y radiografía industrial.

La metodología que distingue la aplicación de los ensayos no destructivos es la siguiente:

- Aplicación de una fuente de energía determinada;
- Interacción entre esa fuente de energía y el material bajo ensayo;
- Detección de las modificaciones energéticas ocurridas mediante el uso de un transductor apropiado al tipo de energía aplicada;

- Procesamiento y registro de la información;
- Evaluación de la información;
- Interpretación de los resultados en relación con los requerimientos de la especificación correspondiente al material ensayado.

1.3.2. Ensayo ultrasónico

El ensayo de ultrasonido en la materia prima metálica para la fabricación de cilindros se basa en la generación o propagación de ondas sonoras a través del material. Un sensor, que contiene un elemento piezoeléctrico, convierte los pulsos eléctricos en pequeños movimientos o vibraciones, con una frecuencia imperceptible al oído humano.

Estas vibraciones se propagan a través del material, y cuando su camino es interrumpido por una interface, sufren reflexión, refracción o distorsión. Dicha interrupción se traduce en un cambio de intensidad, dirección y ángulo de propagación, cambio que es detectado y registrado a través de una pantalla o monitor especialmente diseñado para tal finalidad.

1.3.3. Líquidos penetrantes

Es la materia prima metálica para la fabricación de cilindros. El fundamento del método reside en el principio de la capilaridad, capacidad de ciertos líquidos para penetrar y ser retenidos en fisuras, grietas y poros o huecos abiertos a la superficie de un material cuando son aplicados sobre la misma; esta es una de las fuerzas más poderosas de la naturaleza, es la misma fuerza, que hace subir el agua, hasta la cima del árbol más alto. Esta capacidad depende principalmente de tres propiedades: en el ángulo de contacto entre líquido y sólido; tensión superficial y viscosidad.

Este método tiene sus antecedentes en la antigua técnica de aceite y blanqueo aplicado, desde fines del siglo pasado en los talleres ferroviarios para detectar fisuras de fatiga en componentes de locomotoras y vagones.

La técnica de aceite y blanqueo consistía en la aplicación de las siguientes operaciones: limpiar adecuadamente la pieza, sumergirla durante varias horas en una mezcla de aceite a fin de lograr la penetración de la mezcla en las posibles fisuras o poros; quitar la pieza del baño, escurrirla y remover la mezcla de la superficie; blanquear la pieza con cal o tiza suspendida en alcohol para finalmente observar detenidamente la pieza, a fin de detectar las zonas en que las manchas de aceite en la cal revelaban la presencia de los defectos en los cuales había sido retenida la mezcla de aceite.

1.4. Control de calidad del proceso

La finalidad de los ensayos no destructivos es determinar si los resultados obtenidos en el desarrollo de los procesos en estudio, son de un nivel de calidad aceptable; se hace necesario realizar un estudio de la calidad, mediante el uso de gráficos de control, en la técnica de líquidos penetrantes y el ensayo ultrasonido.

1.4.1. Métodos actualmente usados

Los diagramas de operación y de flujo de proceso, se usan principalmente para explorar un proceso, o serie de operaciones, el diagrama de proceso hombre-máquina se emplea para estudiar, analizar y mejorar solo una estación de trabajo cada vez; este diagrama indica la relación exacta en tiempo entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de su máquina.

Otro método es el estudio de tiempos, el cual se utiliza para establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

El analista de estudio de tiempos tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar: el estudio cronométrico de tiempos, recopilación computarizada de datos, datos estándares, datos de los movimientos fundamentales, muestreo del trabajo y estimaciones basadas en datos históricos. Cada una de estas técnicas tiene su aplicación para distintas situaciones. El analista de tiempos debe saber cuándo es mejor utilizar una cierta técnica y llevar a cabo su utilización juiciosa y correctamente.

1.4.2. Gráficas utilizadas

En la representación de gráficos fundamentalmente se debe observar y analizar gráficamente el comportamiento de la materia prima utilizada en el proceso de fabricación de cilindros, con el propósito de distinguir las variaciones debidas a causas comunes ocasionadas por causas especiales o atributos; esto permite detectar cambios importantes en la materia prima y los accesorios.

Se llevarán gráficas de control de calidad por variables; usualmente los gráficos que se utilizan son el gráfico X o de promedios y el gráfico (R) o de rangos. El gráfico X controla el promedio o exactitud del proceso y el gráfico R controla su variabilidad o precisión.

Los gráficos X y R son de uso muy generalizado, pero este se encuentra limitado a solo una parte de las características que tiene un producto.

Por otro lado existen características que no pueden ser observadas como variables sino solo como atributos, en otras ocasiones se desearía observar una característica como atributo, a pesar de que puede ser observada como variable.

Para observar las características como atributos, existe el gráfico de control para la fracción defectiva o gráfico p. El uso que se le da al gráfico p en el estudio de control de calidad es similar al de los gráficos X y R, aunque para efectos de análisis es menos sensitiva que estos.

La fracción defectuosa p puede describirse como la razón que existe entre el número de artículos defectuosos en una muestra y el número total de artículos de la muestra. Por otro lado, un artículo es defectuoso cuando no llena los requisitos indispensables y un defecto es la ausencia de este requisito.

La gráfica de control por defectos, también llamada gráfica c, tiene un uso mucho más restringido que todas las gráficas mencionadas anteriormente. Es posible que en ciertas plantas industriales no exista la más mínima oportunidad de hacer uso de ella; sin embargo, existen procesos en los cuales su uso es imprescindible.

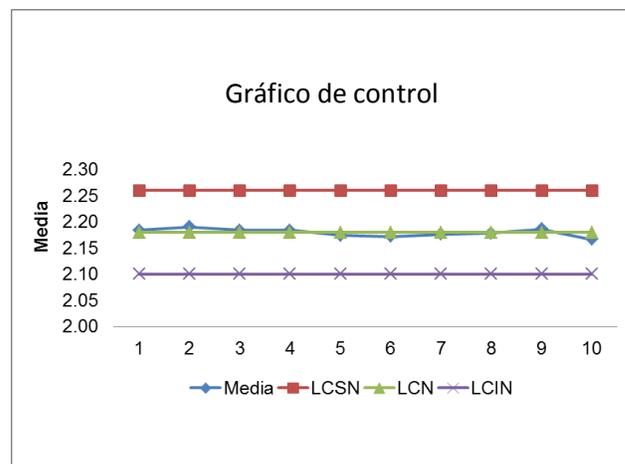
1.4.2.1. Interpretación de gráficas

Como se ha mencionado, cuando se detecta una causa o un atributo especial dentro del control de la materia prima, se manifiesta cuando un punto cae fuera o dentro de los límites de control en los gráficos por variable, el cual permite detectar si la materia prima está dentro de los estándares permitidos.

La construcción de gráficas por variable es simple, así como su comprensión, por lo que su uso es muy popular. Estas gráficas se construyen sobre ejes de coordenadas; en el eje de las ordenadas se colocan los valores del promedio o del rango, según sea el caso, y en la abscisa usualmente se escribe el tiempo o el número de muestras.

Existen tres líneas que son los llamados límites de control; el límite superior de control (L.S.C.) el límite inferior de control (L.I.C.) y la línea central (L.C.). Los límites L.S.C. y L.I.C. usualmente se calculan como 3σ (tres sigmas) o sea tres veces la desviación estándar del proceso. Como se muestra en la figura 2.

Figura 2. **Gráfica de control de calidad**



Fuente: elaboración propia.

Los límites 3σ indican que la probabilidad que la desviación se exceda de este valor es 0.00135 en cada dirección; esto da una seguridad muy grande de que si un punto cae afuera de estos límites, la variación se debe a una causa asignable y no puramente a una causa casual.

Esto no quiere decir que siempre se utilicen los límites 3σ . A veces, dependiendo del proceso, límites 2σ y aún 1.5σ da buen resultado y son más.

El gráfico de control es un instrumento poderoso en el control de calidad de un proceso industrial. El gráfico de control indicará algunas veces que el proceso está bajo control y otras indicará que el proceso se encuentra fuera de control. Sin embargo, la gráfica no indicará dónde encontrar la causa de la variación en el proceso.

Pero la habilidad de detectar dónde se encuentra esta causa puede lograrse con un entendimiento de los principios del gráfico de control y un conocimiento del proceso de manufactura al cual se le está aplicando este.

El gráfico p es un método muy útil y práctico de utilizar, ya que en este, los límites de control se basan en un tamaño de lote esperado e implica menos cálculo. Siempre que los límites de control se calculan para un valor n esperado, debe tenerse el cuidado de hacer un examen minucioso de los puntos que caen fuera de estos límites o muy cerca de ellos, para detectar si los límites calculados se aplican realmente a estos puntos.

Cuando el tamaño del subgrupo es más grande que el valor esperado n , los límites verdaderos están dentro de los límites calculados. Cuando el tamaño del subgrupo es más pequeño, los límites de control verdaderos se encuentran fuera de los límites calculados.

Cuando la gráfica p se basa en el muestreo 100% de la producción, para un período cualquiera, se tiene el problema de decidir el tamaño de la muestra y la frecuencia de la misma.

Una solución óptima a este problema sería muy complicada. Básicamente la respuesta está determinada por el costo de inspección y las pérdidas que ocasiona, una falla en detectar cambios en el proceso.

Sin embargo, existen algunas consideraciones que no se deben perder de vista, si p es pequeña, n deberá ser lo más suficientemente grande como para que exista la probabilidad de encontrar algunos defectos en la muestra.

1.5. Consumo y exportación de cilindros metálicos

Guatemala se caracteriza por ser un país eminentemente importador de productos petroleros para el desarrollo de sus actividades económicas en general.

El gas licuado de petróleo no es la excepción, el cual se importa por vía terrestre y marítima; los principales proveedores son los países de México, Estados Unidos, Venezuela, Colombia y Curacao (ver tabla I y II).

En Guatemala se estima que hay ocho millones de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, con crecimiento en promedio de 10.16 % anual.

Tabla I. **Exportación cilindros metálicos portátiles para envasado de GLP**

AÑO	CILCASA	INCREMENTO EN % DE COMERCIALIZACIÓN
2008	*	
2009	76,554	
2010	79,000	3.09
2011	90,000	12.22
2012	106,100	15.17
* METALCASA, no exporto cilindros metálicos portátiles		

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos.

Tabla II. **Importación de cilindros metálicos portátiles para envasado de GLP**

AÑO	METALMECASA
2008	9,620
2009	7000
2010	2000
*2011	0
*2012	0
* No se Importó cilindros metálicos portátiles	

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos.

1.5.1. Consumo de GLP a nivel nacional

A continuación se presenta un cuadro que contiene información sobre la consumo de GLP en barriles durante el periodo que comprende del año de 2002 al 2012. (Ver tabla III).

Tabla III. **Cuadro de consumo de GLP**

CONCEPTO/AÑO	CONSUMO	INCREMENTO EN % DE CONSUMO
2002	2428.20	
2003	2665.45	8.90
2004	2752.89	3.18
2005	2699.33	-1.98
2006	2784.01	3.04
2007	2973.66	6.38
2008	2913.47	-2.07
2009	2701.41	-7.85
2010	2809.56	3.85
2011	3010.21	6.67
*2012	1794.96	
TOTAL	25447.10	
(Unidad de volumen: miles de barriles)		
(* Para este último dato, es del segundo trimestre del año 2012)		

Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Fabricación de cilindros para consumo y exportación a Centroamérica

La cantidad de cilindros metálicos portátiles fabricados para la comercialización y exportación a Centroamérica, depende de la cantidad del crecimiento del consumo y de la sustitución de los cilindros metálicos portátiles.

La cantidad en porcentaje de exportación de cilindros es del 71.42%, y para el consumo local es del 28.58%, siendo un promedio de 14,000 cilindros mensuales, según datos de la Dirección General de Hidrocarburos del ministerio de Energía y Minas.

En el reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Acuerdo gubernativo número 522-99, dice que toda persona interesada en exportar petróleo y/o productos petroleros; previamente debe obtener licencia de exportador, cumpliendo dicha ley en los artículos 33 y 39.

La persona interesada en efectuar actividades de importación, exportación, fabricación o reparación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, previamente deberá obtener la licencia respectiva, de la Dirección General de Hidrocarburos.

1.5.3. Reemplazo de cilindros por deterioro o fin de su vida útil

Las fallas más frecuentes de cilindros metálicos portátiles son causadas por fallas mecánicas de los materiales y por el deterioro normal de su uso, debido a la mala movilización de los mismos.

La probabilidad de ocurrencia de fallos en los cilindros metálicos portátiles se representa en la siguiente tabla (ver tabla IV):

Tabla IV. **Probabilidad de ocurrencia**

ACTIVIDAD	Probabilidad de ocurrencia de fallos	Severidad de las consecuencias	Clasificación de riesgos
Llenado de cilindros	Media	Grave	Moderado
Uso final por parte final del consumidor	Media	Muy grave	Importante
Manejo e instalación	Media	Muy grave	Importante
Condición general	Media	Muy grave	Importante

Fuente: elaboración propia.

1.6. Historia de cilindros de Centroamérica, Sociedad Anónima (CILCASA)

Empresa fundada en 1968, inaugurándola el presidente de ese entonces Lic. Julio César Méndez Montenegro. Fue inscrita en el Registro de la Propiedad Industrial desde el 24 de enero de 1968.

Sus bienes más importantes están constituidos por la maquinaria para la fabricación de cilindros de metal utilizados para envasar gas propano.

Dicho producto es comercializado en todo el país, así como el área de Centroamérica y el Caribe.

En sus inicios, la producción de cilindros era de aproximadamente 100 cilindros diarios, para luego aumentar a 250 cilindros por día. En el año de 1992, se compró una prensa de embutido para aumentar la capacidad de producción en 70% más, por lo que a partir del año 1993, la capacidad era de aproximadamente 425 cilindros al día.

En 1997, se hizo el estudio de ampliación y se implementó un segundo turno para 1998, lo cual hace que la producción se eleve a 700 cilindros diarios.

Para 1999, se adquiere una planta con capacidad, para 400 cilindros diarios, para dar un total de 1100 cilindros diarios.

1.6.1. Productos y servicios

Los Productos que se fabrican en CILCASA, son cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, estos se fabrican en distintos tamaños con una capacidad desde 4.5 Kg. (10 lb.) hasta una capacidad de 45.4 Kg. (100 lb.) de propano comercial. Los de mayor fabricación son los que tienen una capacidad de 11.3 Kg. (25 lb.); los demás cilindros se fabrican por pedido especial.

1.6.2. Ubicación de CILCASA

La empresa Cilindros de Centroamérica, Sociedad Anónima (CILCASA) se encuentra localizada en la Avenida Petapa, 53-01, zona 12.

Figura 3. **Ubicación de CILCASA**



Fuente: Google Earth. Consulta: 10 de marzo de 2011.

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Tipo de acero metálico utilizado en la construcción de cilindros portátiles

El material utilizado en la fabricación de cilindros metálicos es acero soldable cuyo contenido de carbono no excede del 0.24% de carbono, 0.5% de silicio, 1.00% de manganeso, 0.04% de fósforo y 0.05% de azufre. Este acero tiene dichas características debido a que es sometido a presión en todas partes del cilindro, cuando es envasado con GLP.

Para comprobar que el acero cumple con las especificaciones requeridas se hace una medición de espesores en varios puntos de la lámina antes de ser cortada. Las mediciones suelen realizarse cuando se cambia de lámina o cuando las medidas en la lámina varían demasiado entre los distintos puntos de medición. Las mediciones para el fleje solamente se realizan en la lámina, no se hacen mediciones en los cuellos o en las bases, ya formadas, pues las especificaciones no son tan estrictas en lo que se refiere a cuellos y bases.

2.1.1. Características técnicas del acero

La materia prima (planchas de acero) que se utiliza para la fabricación de cilindros viene de Rusia y de China; se compra en Rusia, la lámina que se utiliza para el cuerpo del cilindro y en China, la materia prima utilizada para hacer el cuello y la base, denominada fleje.

Las medidas de las planchas metálicas tienen un ancho de 1,070 mm y de espesor 2.16 mm. Los flejes se compran en dos medidas: el del cuello con un ancho de 136 mm y 2.16 mm de espesor y el de la base con 80 mm de ancho y 2.16 mm de espesor.

La lámina se corta en discos para posteriormente formar el cilindro; cada rollo de lámina rinde un aproximado de 1800 discos, luego se vuelve a procesar, para obtener un sobrante que está entre un 5% y 8%, y ese se vende después.

2.2. Clasificación de accesorios utilizados en la construcción de cilindros portátiles

Entre los accesorios utilizados están los siguientes:

- Sello protector de válvula: los envases cilíndricos portátiles tienen un sello protector metálico que permite proteger adecuadamente la válvula contra daños mecánicos, en su parte inferior tiene una perforación semicircular, de 6,0 mm de radio y en su parte media, un corte o dos cortes opuestos, con rebordes de 10 mm, formando agarraderas.
- Válvula: dispositivo mecánico que controla y regula la entrada y salida de GLP, del cilindro, el cuerpo y las partes de la válvula que están en contacto con el GLP, son de material metálico a excepción de los empaques o sellos y el cuerpo del obturador de la válvula de seguridad.
- Rosca hembra para la válvula (brida): es empleada para instalar o adaptar la válvula, la cual es armada en el cilindro portátil para contener gas licuado de petróleo.

2.2.1. Características técnicas de válvulas utilizadas en los cilindros portátiles

El material del cuerpo y sus componentes metálicos están en contacto con el GLP, son de latón y bronce con un punto de fusión no menor a 1 089 K (816°C).

2.3. Supervisión del MEM sobre la fabricación de cilindros portátiles

La supervisión consiste en tomar muestras representativas en los cilindros metálicos producidos, ya sea para consumo nacional o para la exportación; en este sentido se hacen pruebas en los laboratorios técnicos, del Ministerio de Energía y Minas, para la verificar el cumplimiento de las normas de fabricación aplicables; la forma de tomar las muestras es periódica sobre la producción de cilindros, cuando solicitan autorización de exportación o importación.

Se toma una muestra representativa como lo estipula el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.012.29:05, dependiendo del tamaño del lote; luego esa muestra es trasladada hacia las instalaciones del laboratorio de ensayos no destructivos del Ministerio de Energía y Minas, localizado en la 24 calle 21-12, zona 12. En dicho laboratorio se le hacen los ensayos que indica dicho reglamento, para aprobar o rechazar el lote de producción con base en los resultados.

2.3.1. Selección de materiales y accesorios

La materia prima se adquiere como se ha mencionado de Rusia y de China.

Las condiciones actuales de la materia prima, no son las mejores, ya que al no tener un lugar específico donde guardarse, se ve afectada, por agentes externos como el polvo y propensa al ataque de óxido, que puede echar a perder la materia prima almacenada.

2.4. Verificación de aseguramiento calidad

Las pruebas para la verificación de cilindros constan de una prueba de hermeticidad, de capacidad y de sello de válvula.

2.4.1. Pruebas de hermeticidad

Esta prueba se efectúa al 100% en los recipientes portátiles fabricados, luego de haberles aplicado el tratamiento térmico. Los aparatos a utilizar son: una bomba hidráulica con una presión mínima de 3310 kPa, y un manómetro con escala de 0 a 4900 kPa.

La prueba consiste en presurizar internamente hasta llegar a una presión de prueba de 3310 kPa, que es equivalente a dos veces la presión de diseño, manteniéndose esta presión durante un tiempo mínimo de 30 segundos, para revisar las uniones. Este ensayo se realiza a temperatura ambiente.

2.4.2. Pruebas de capacidad

Esta prueba se efectúa en una báscula con división mínima de 100 g. El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

- Determinar el peso del cilindro, sin la válvula;
- Llenar el cilindro con agua;
- Determinar el peso del cilindro con agua;
- Restar el valor del peso del cilindro vacío al del cilindro lleno.

El resultado obtenido por el procedimiento de la prueba de capacidad, se multiplica por la relación máxima de llenado que es del 42%, y se obtiene la capacidad de GLP del cilindro; el valor obtenido debe ser igual o mayor a la capacidad nominal marcada en el cuello del cilindro.

2.4.3. Pruebas de sello de válvula

La prueba del sello de válvula consiste en determinar si no existen fugas en la unión que hay entre la válvula y la brida de unión con el cilindro. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Colocar la válvula en la brida y enroscar hasta el tope manualmente;
- Colocar el cilindro con la válvula enroscada en la máquina envalvuladora;
- Sacar el cilindro de la máquina envalvuladora;
- Llenar el cilindro con aire;
- Sumergir el cilindro en un recipiente con agua, hasta que quede cubierto de agua por completo;
- Revisar si existe alguna fuga de aire en la unión de la brida con la válvula.

2.5. Diagnósticos de ensayos no destructivos de laboratorio

El Departamento de Asuntos Nucleares está integrado por varias secciones, creadas como un soporte técnico a las instituciones relacionadas con el ambiente y a la industria.

La sección de ensayos no destructivos, como parte del Departamento de Asuntos Nucleares, actualmente tiene como actividad principal establecer un programa eficiente de control de calidad de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP), cuya fabricación implica el cumplimiento de especificaciones de diseño y construcción detalladas en normas nacionales e internacionales, con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento y la uniformidad de los mismos.

La continua demanda de estos recipientes ha provocado la fabricación e importación de cilindros en gran volumen, muchos de los cuales no cumplen con los requerimientos de fabricación, lo que repercute en el rápido deterioro de los mismos, con el subsecuente riesgo de la ocurrencia de accidentes, no solo para el consumidor final, sino en los lugares de almacenamiento y transporte de los cilindros.

Actualmente el Laboratorio de Ensayos no Destructivos del Ministerio de Energía y Minas realiza inspecciones en la soldadura, utilizando la técnica de radiografía industrial y medición de espesores en el cuerpo de la lámina, con la finalidad de verificar y garantizar la calidad en la de fabricación local o de importación de cilindros.

2.5.1. Equipos utilizados

Para la inspección de los cilindros por radiografía industrial se utiliza el tubo de rayos X marca *Gilardoni* con una capacidad de hasta 250 Kilovoltios, entre 3 y 6 miliamperios (ver figura 4).

Figura 4. **Equipo de radiografía industrial**



Fuente: Laboratorio del Ministerio de Energía y Minas.

La medición de espesor se realiza con el equipo de ultrasonido marca *Gilardoni* DG35, con una capacidad de medición de hasta una centésima de milímetro.

Figura 5. **Equipo de ultrasónico**



Fuente: Laboratorio del Ministerio de Energía Minas.

2.6. Problemática encontrada

Al no cumplir con las leyes, reglamentos, normas y especificaciones actuales en la materia prima y los accesorios para la fabricación de cilindros metálicos, no se podrá evitar reprocesos, reparaciones y rechazos de los mismos y por ende, pérdidas económicas considerables.

2.6.1. Falta de control de calidad de materia prima e insumos

La falta de un sistema de calidad en la materia primas para la construcción de cilindros metálicos portátiles en especificaciones y normas apegadas al Reglamento Centro Americano y las Normas Internacionales, elevan los costos de operación, los cuales se obtienen por comprar materia de mala calidad.

2.6.2. Falta de estandarización de accesorios

La falta de aplicación de los reglamentos, especificaciones y normas en los accesorios utilizados para la fabricación de los cilindros metálicos genera pérdida de GLP de manera constante y son peligrosos para el consumidor final.

3. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES Y ACCESORIOS EN LA FABRICACIÓN DE LOS CILINDROS

3.1. Selección de materias primas

Como primer paso es importante tener una buena selección de materias primas, para tener productos que ofrezcan un alto impacto positivo en productividad, calidad y competitividad.

La decisión sobre la selección del proveedor es importante, ya que se debe establecer una lista de aquellas empresas u organizaciones que puedan ofrecer materias primas que cumplan con las especificaciones de calidad, para la fabricación de cilindros metálicos portátiles lo requieran.

La selección de proveedores de materia prima y accesorios consistirá lo siguiente: se listan las propiedades necesarias en los materiales junto con otras, que debe considerar el diseñador a la hora de elegir la materia prima, para su comparación con las especificaciones de calidad que el proveedor indica en su certificado de materias primas.

Dichas propiedades se indican en la tabla V.

Tabla V. **Propiedades y aplicaciones de diseño**

Tipo de propiedades	Características
Económicas	Precio y disponibilidad Reciclabilidad
Físicas	Densidad
Mecánicas	módulos Limite elástico y resistencia a la tracción Dureza Tenacidad a la fractura Resistencia a la fatiga Resistencia a la fluencia Amortiguamiento de las vibraciones
Térmicas	Conductividad térmica Calor específico Coeficiente de expansión térmica
Electricas y magnéticas	Resistividad Constante dieléctrica Permeabilidad magnética
Interacción con el entorno	Oxidación Corrosión Desgaste
producción	Facilidad de fabricación Unión Acabado
Estéticas	Color Textura Aspecto

Fuente: ASHBY, Michael F. Introducción a las propiedades, las aplicaciones y el diseño. p.11.

3.1.1. Clasificación del material metálico y accesorios

Para tener un producto terminado que cumpla con los estándares de calidad, es necesario disponer de una buena selección de materias primas;

para ello es preciso mencionar las siguientes especificaciones por material y accesorios que conforman un cilindro metálico portátil para envasar GLP, las cuales son:

3.1.1.1. Para las planchas metálicas

La composición química requerida para los materiales debe ser certificada por el fabricante de la lámina u otra institución aceptada por Ente Nacional Competente.

Las planchas metálicas empleadas en la manufactura de los envases cilíndricos portátiles para gas licuado de petróleo (GLP), deben estar libres de cordones de soldadura, defectos de laminación, fisuras u otros defectos; deben presentar superficies razonablemente lisas y uniformes (ver figura 6).

Figura 6. Planchas metálicas para envasado



Fuente: <http://limacallao.olx.com.pe/planchas-metalicas-acero-industrial-acero-antidesgaste-acero-t-1-acero-chronit-400-500b-iiid-90044615>. Consulta: 8 mayo de 2012.

Debe utilizarse acero de calidad uniforme, obtenido por proceso de hogar abierto, oxígeno básico u horno eléctrico. El contenido porcentual no debe exceder de 0,25 % de carbono, 0,045 % de fósforo y 0,050 % de azufre.

3.1.1.2. Para el cuello protector de la válvula

Los envases cilíndricos portátiles de cualquier clase deben tener un cuello protector metálico que permita proteger adecuadamente la válvula contra daños mecánicos. Debe estar soldado al casquete superior del cilindro y tener una altura tal, que al almacenar cilindros superpuestos, el fondo del cilindro superior quede a una distancia no menor de 10 mm de la válvula (en posición abierta) del cilindro inferior.

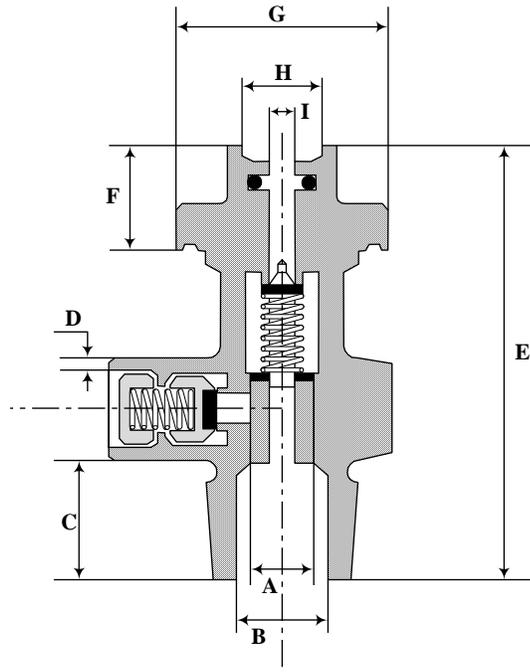
El cuello debe ser cilíndrico, y encerrar un ángulo mínimo de 270°. En su parte inferior debe tener como mínimo una perforación semicircular, de al menos 6,0 mm de radio y en su parte media, un corte o dos cortes opuestos, con rebordes de 10 mm o más, formando agarraderas. El espesor mínimo de la lámina del cuello debe ser el mismo espesor especificado para el cuerpo del cilindro, reborde (tipo “d” y tipo “j”), doblez que puede realizarse en los bordes del cuello de protección de la válvula y de la base de sustentación; su función es aumentar la resistencia de los elementos antes citados.

Los tipos corresponden al cierre que se da al pliegue, el tipo j es un pliegue con un ángulo de al menos 90 grados; el tipo d es un pliegue que cierra completamente (ver anexo 1).

3.1.1.3. Para la selección de válvulas

Las válvulas empleadas en los envases cilíndricos portátiles para los gases licuados de petróleo (GLP), deben cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano respectivo, de especificaciones de válvulas.

Figura 7. Válvula de acoplamiento rápido



Fuente: COGUANOR NGO/RTCA 23.01.28:05. p. 5.

Tabla VI. **Secciones de válvula (mm)**

Sección	mm	
	Mínimo	Máximo
A	5,3	
B		16,5
C	17,0	
D	2,5	
E		100,0
F	15,2	16,2
G	34,5	35,0
H	13,8	14,2
I	6,1	6,7

Fuente: COGUANOR NGO/RTCA 23.01.28:05. p. 6.

3.1.1.4. Pala la selección de rosca o brida

La rosca hembra para la válvula debe cumplir con el acople $\frac{3}{4}$ NGT – 14 (ver anexo 2) hilos por pulgada de acero forjado o laminado, con contenido máximo de 0.24% de carbono (ver tabla VI).

Tabla VII. Rosca NGT 3/4" – 14"

Ubicación		Símbolo	Designación	Medidas	
				Pulgadas	mm
EXTERIOR	Extremo menor	L1 ⁽¹⁾	Acople manual	0,3390	8,610
		Do	Diámetro mayor	1,0248 ± 0,01	26,030 ± 0,25
		Eo	Diámetro medio	0,9677 ± 0,01	24,58 ± 0,25
		GG	Chaflán 45° x diámetro mínimo	29/32	
	Rosca total	E8	Diámetro medio	1,0157 ± 0,01	25,80 ± 0,25
		L8 ⁽²⁾	Longitud	0,7076 ± 0,07	18,00 ± 1,78
	Extremo mayor	D 10	Diámetro mayor aproximado	1,0795 ± 0,01	27,42 ± 0,25
		L 10	Longitud total aproximada	0,875 ± 0,07	22,22 ± 1,78
INTERIOR	E1	Diámetro medio en la boca	0,9889 ± 0,01	25,12 ± 0,25	
	KK	Ranura 90° x diámetro máxima.	1,0625	27,00	
	K3	Diámetro interior máximo	0,8972	22,79	
	E3	Diámetro medio	0,9543 ± 0,01	24,24 ± 0,25	
	L1 + L3	Longitud	0,5533 ± 0,07	14,05 ± 1,78	
	Lg ⁽³⁾	Longitud mínima de la raíz completa	0,6961	17,68	

⁽¹⁾ Acople manual. La condición básica de ajuste es que la rosca externa con un diámetro medio Eo, en el extremo delgado (plano de referencia para galgas de roscas externas), deberá entrar por acople manual a una distancia L1 dentro de la rosca interna con diámetro medio E1 en la boca.

⁽²⁾ Longitud. Las roscas externas deben tener una longitud aproximada L10, pero ajustada hasta L8; la dimensión L8 es igual a L1 más seis hilos de rosca NGT y L1 más ocho y medio hilos de rosca NGT. La dimensión E8 es medida a la distancia L8 desde Eo y la dimensión D10 es medida a la distancia L10 desde Eo.

⁽³⁾ Longitud mínima de raíz. Tanto la rosca interna como la externa y las raíces, deben extenderse a lo largo de la longitud L1 menos L3 (L3 = hilos). Esta dimensión determina el mínimo de metal, en el interior del cuello producido por un diámetro K3.

Fuente: Reglamento Centro Americano, RTCA 23.01.29:05. p. 9.

3.1.1.5. Para el sello de inviolabilidad o marchamo

El material o los materiales de que esté construido el sello de inviolabilidad deben ser tales que no dañen a la válvula y sus componentes, ni al usuario. Debe resistir la intemperie, al paso del tiempo y a las soluciones utilizadas para detectar fugas en la válvula (ver figura 8).

Figura 8. Sello inviolabilidad



Fuente: elPeriódico, Guatemala, 5 de abril de 2005. p. 27.

3.2. Control de calidad en la recepción de materia prima

Uno de los elementos más distintivos de una organización son sus políticas y objetivos de la calidad, que proporcionen un marco de referencia para establecer y revisar sus objetivos planteados. Se debe contar con procedimientos que garanticen que la materia prima satisfagan los requisitos, lo cual incluye la evaluación, de subcontratistas así como la preparación de documentos de compras claramente redactadas.

Es necesario que alta dirección deba proporcionar su compromiso con el desarrollo e implementación de un sistema de gestión de calidad, así como la mejora continua y su eficacia.

La forma de evidencias su compromiso consiste en:

- Comunicar a la organización la importancia de satisfacer los requisitos de cliente, así como las leyes y reglamentos del país
- Establecer la política de la calidad
- Asegurar que se establezcan los objetivos de la calidad
- Llevar a cabo las revisiones por la dirección
- Asegurar la disponibilidad de recursos

Debe asegurarse de que la materia prima adquirida cumpla con los requisitos de compra especificados. El tipo y alcance del control aplicado al proveedor y al producto adquirido depende del impacto que tiene este último en la posterior realización del producto o sobre el producto final.

Se debe establecer e implementar la inspección y otras actividades que sean necesarias para asegurarse de que la materia prima cumpla con los requisitos de compra especificados.

3.3. Características y tipos de soldaduras utilizadas en el material para la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP

El tipo de soldadura que se utiliza es una soldadura de arco sumergido, tiene como detalle más característico el empleo de un flujo continuo de material protector en polvo o granulado, llamado flux. Esta sustancia protege el arco y el baño de fusión de la atmósfera, de tal forma que ambos permanecen invisibles.

Este procedimiento, en vez de utilizar un gas o el recubrimiento fundente del electrodo para proteger la unión del aire, usa un baño de material fundente en polvo donde se sumergen las piezas a soldar (ver figura 9). Se pueden emplear varios electrodos de alambre desnudo y el polvo sobrante se utiliza de nuevo, por lo que es un procedimiento muy eficaz veamos las siguientes características:

Figura 9. **Proceso de soldadura**



Fuente: <http://www.cogas.com.ar/default.asp>. Consulta: 25 marzo de 2012.

El cordón de soldadura circunferencial debe realizarse mediante soldadura eléctrica automática o hecha por cualquier otro procedimiento normalizado bajo protección de gas inerte; las uniones deben tener un traslape mínimo de cuatro veces el espesor nominal de la lámina metálica; la soldadura debe tener una penetración total.

El cordón de soldadura longitudinal debe realizarse mediante soldadura eléctrica automática o por cualquier otro procedimiento normalizado bajo protección de gas inerte. Las uniones deben ser a tope o traslapadas.

En el primer caso, los bordes a tope no deben estar desalineados en más de 1/6 del espesor nominal de la lámina o de 0,8 mm (1/32 pulgada), cualquiera que sea el menor; las uniones de láminas iguales o menores a 3,18 mm (1/8 pulgada) de espesor nominal, deben estar completamente a tope y cuando la lámina tenga un espesor nominal mayor de 3,18 mm (1/8 pulgada), la unión debe tener un espacio máximo para la dilatación igual a la mitad del espesor nominal de la lámina o bien igual a 0,8 mm (1/32 pulgada), cualquiera que sea el menor. Para el caso de uniones traslapadas, el traslape no debe ser menor a cuatro veces el espesor nominal de la lámina.

La soldadura debe tener una penetración completa. La unión del cuello protector y de la base de sustentación del cilindro al tope y fondo, debe realizarse mediante cordones de soldadura eléctrica o soldadura con latón.

Todos los cordones de soldadura deben presentar superficies lisas y de aspecto uniforme penetración completa, buena fusión de los bordes y estar libres de fisuras, inclusiones, poros, socavaduras y nudos.

La inspección radiográfica debe estar de acuerdo con las técnicas y criterios de aceptación establecida en el panfleto CGA-C3 y sus actualizaciones.

3.3.1. Inspección de soldadura en la materia prima por radiografía industrial

A través del desarrollo de la técnica de radiografía industrial es posible determinar defectos internos y superficiales en el cordón de soldadura, como también su ubicación y dimensión; a continuación se describen los elementos a considerar dentro de esta técnica.

La radiación X se obtiene por bombardeo electrónico de un blanco metálico. En una válvula electrónica para producir rayos X, los electrones emitidos por el cátodo son acelerados y dirigidos sobre el ánodo mediante un campo eléctrico. El ánodo está constituido por el blanco metálico.

La emisión de rayos X en el ánodo se produce según dos fenómenos distintos:

- Emisión de un espectro continuo de rayos X, por el frenado violento de los electrones en el blanco.
- Emisión de un espectro discontinuo producido por recaptura de electrones orbitales desplazados previamente por choque de los electrones.

Los rayos X y los rayos gamma son ondas electromagnéticas de la misma naturaleza que las ondas de radio o de televisión, por la frecuencia, y por lo tanto, de energía más alta. Los rayos X y gamma, al ser de igual naturaleza, se diferencian por su origen.

Los rayos X se originan por la excitación de la nube electrónica del átomo mediante el bombardeo con electrones acelerados, o por la desaceleración de dichos electrones en el campo de atracción nuclear.

Los tubos de rayos X consisten esencialmente en una ampolla de vidrio cerrada al vacío en la cual se encuentran sellados dos electrodos, el ánodo (positivo) y el cátodo (negativo).

El cátodo termina en un filamento calentado por la circulación de corriente que suministra un transformador de baja tensión. El filamento, que es el elemento emisor de electrones, enfrenta al ánodo que es usualmente un bloque de cobre con su extremo cortado en bisel a 70 grados respecto del eje del tubo. Sobre el ánodo se encuentra una lámina delgada de tungsteno, que constituye el blanco.

El calentamiento del filamento (cátodo) produce la emisión de electrones, el que se regula mediante la corriente que circula por el filamento y que puede llegar a ser de varios amperios. Los electrones son acelerados hacia el blanco, mediante la aplicación del alto voltaje entre cátodo y ánodo. El área que cubren los electrones en su colisión con el blanco se llama foco de emisión. La velocidad o energía de los electrones es controlada variando el voltaje aplicado entre el cátodo y el ánodo.

El voltaje para que los electrones adquieran la energía necesaria para lograr la emisión de rayos X es elevado, y se expresa generalmente en kilovoltios. Cuando los electrones acelerados chocan con el blanco son detenidos abruptamente y ceden la mayor parte de su energía en forma de calor, mientras que una pequeña porción, alrededor del 1%, es utilizada en la emisión de rayos X.

3.3.1.1. Objetivo de la prueba

A través de la observación y análisis de las imágenes formadas sobre la película, se puede determinar la existencia y ubicación de discontinuidades en los materiales inspeccionados.

La radiografía obtenida en el ensayo constituye un registro permanente de la imagen radiante que se obtiene del cuerpo examinado, al ser sometido a un haz de radiaciones penetrantes.

3.3.1.2. Descripción de la prueba

Una radiografía es un registro fotográfico producido cuando radiación penetrante, después de atravesar determinado material, impresiona una película fotográfica. Después de su procesamiento, esta película presentará áreas claras y oscuras, las que representan las partes de material que absorben más o menos radiación, respectivamente.

Así, la parte de la pieza en la que la radiación atraviesa más fácilmente el material, presenta, en la película procesada, una tonalidad oscura, es decir, que absorbe más radiación, mientras que la parte que presenta zonas claras en la película radiográfica es debido a que absorbió menos radiación.

3.3.2. Materiales de aporte

Los siguientes materiales de aporte: cobre, aleación de cobre o plata. La composición de la soldadura de aleación de cobre debe ser: cobre 95% mínimo, silicio 1,5% a 3,85%, manganeso 0,25% a 1,10%.

El punto de fusión del material de soldadura de la aleación de plata debe ser mayor que 537,8 °C (1000 °F). Estos cordones de soldadura en el cuerpo del cilindro deben hacerse traslapando el material.

El borde de la lámina debe tener un traslape de al menos ocho veces el espesor de la misma.

Los traslapes se deben mantener en posición por remachado o por puntos de soldadura eléctrica; la soldadura se debe hacer usando un fundente apropiado, colocando el material de aporte sobre un lado del cordón y aplicando calor hasta que este material se muestre uniforme por el reverso del cordón de soldadura.

3.4. Calibración de la máquina de soldar

Asegurar que los equipos de medida eléctricos y de gas de las máquinas de soldeo estén calibrados, garantizando la precisión de medida necesaria para el proceso.

Se colocará la tenaza en uno de los cables del circuito de soldeo, efectuando tres lecturas de diferentes valores de la intensidad. En el caso de obtener diferencias entre las lecturas de las tenazas y la máquina de soldeo, se corregirá el indicador de lectura de esta, hasta conseguir igualar las lecturas; si esto no fuera posible, se avisará a mantenimiento.

Para el voltaje, se colocan las conexiones de la tenaza en los cables de corriente y retorno, efectuando tres lecturas de diferentes valores de tensión. En el caso de obtener diferencias entre lecturas de la tenaza y la máquina de soldeo, se corregirá el indicador de lectura de ésta mediante el tornillo regulador al efecto, hasta conseguir igualar las lecturas, si esto no fuera posible, se avisará a mantenimiento.

El sistema digital de lectura de parámetros de las máquinas MIG tiene un máximo error admisible en la lectura de $\pm 5\%$ amperios y $\pm 0.5\%$ voltios. Dado el caso de errores mayores, se avisará al departamento de mantenimiento que efectuará la reparación oportuna.

Una vez efectuada la calibración, por parte del área de soldadura del departamento de producción, se colocará en cada máquina de soldar la correspondiente “etiqueta de calibración periódica de máquinas de soldeo” según se muestra en la tabla VII.

Tabla VIII. **Formato para calibrar la máquina para soldar**

NOMBRE EMPRESA		ETIQUETA DE CALIBRACIÓN PERIÓDICA DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO
Frecuencia: 6 meses		
CALIBRACIÓN		PRÓXIMA CALIBRACIÓN
FECHA	REALIZADA POR	

Fuente: elaboración propia.

3.5. **Tratamiento térmico utilizado en los materiales para la fabricación de cilindros metálicos contenedores de GLP**

Los cilindros completamente terminados, sin pintura, deben someterse a un tratamiento térmico en horno, con el objetivo de eliminar los esfuerzos residuales; dicho tratamiento consiste en elevar la temperatura en forma lenta y uniforme, hasta un mínimo de 600°C y un máximo de 650°C, la cual se mantiene durante 7 minutos como mínimo. Luego se enfría uniformemente hasta alcanzar una temperatura de 220°C y posteriormente hasta la temperatura ambiente, protegido de corrientes de aire y sin utilizar sistemas forzados de enfriamiento.

Los cilindros que sean sometidos a reparaciones en sus soldaduras, deben recibir un nuevo tratamiento térmico.

3.6. Inspección por líquidos penetrantes

A través del desarrollo de la técnica de líquidos penetrantes es posible determinar defectos superficiales y discontinuidades en los que se detectan como: poros, grietas, rechupes, traslapes, costuras, laminaciones, etc., como también su ubicación y dimensión superficial.

3.6.1. Objetivo de la prueba

El proceso de inspección por líquidos penetrantes ofrece la posibilidad de solucionar los posibles problemas en la materia prima. Al utilizar esta técnica es posible detectar discontinuidades superficiales existentes en la lámina para la fabricación en los cilindros metálicos.

3.6.2. Descripción de la prueba

El fin de implementar el proceso de inspección por líquidos penetrantes es detectar discontinuidades en la soldadura y la lámina que sujeta la brida de los cilindros, mediante la acción capilar de líquidos especiales y la interpretación de su reacción de estos en la superficie analizada, sin dañar las propiedades físicas y mecánicas del material.

Se aplica el líquido penetrante a la superficie de la pieza a ser examinada, permitiendo que penetre en las aberturas del material, después de lo cual el exceso del líquido es removido (ver tabla VI).

Tabla IX. **Inspección por líquidos penetrantes**

Aplicación	Portátil	Estacionario
Líquido penetrante	Rojo	Verde (fluorescente)
Removedor	Incoloro	Incoloro
Revelador	Blanco	Blanco

Fuente: <http://www.monografias.com/liquidos-penetrantes/liquidos-penetrantes.html>. Consulta: 25 de mayo 2012.

Se aplica entonces el revelador, el cual es humedecido o afectado por el penetrante atrapado en las discontinuidades; de esta manera se incrementa la evidencia de las discontinuidades, tal que puedan ser vistas, ya sea directamente o por medio de una lámpara o luz negra.

Limpiar cuidadosamente la superficie a inspeccionar de pintura, aceite, grasa y otros contaminantes. Será necesario eliminar los restos de óxidos, pinturas, grasas, aceites, taladras y carbonilas. Se pueden usar todos aquellos procesos que dejen a la superficie limpia y seca, que no dañen la materia prima y que no empleen productos que sean incompatibles con los componentes.

Los penetrantes se aplican por inmersión, rociado con un cepillo o brocha, vertiendo el líquido sobre la pieza o cualquier otro método, vertiendo el líquido sobre la pieza o cualquier otro método que cubra la zona que se inspecciona.

Será necesario obtener una película fina uniforme en toda la superficie y se deberá esperar un tiempo de penetración, para que el líquido penetre en las

grietas. Este tiempo oscila entre los 5 y 15 minutos, dependiendo del material y la clase de grietas.

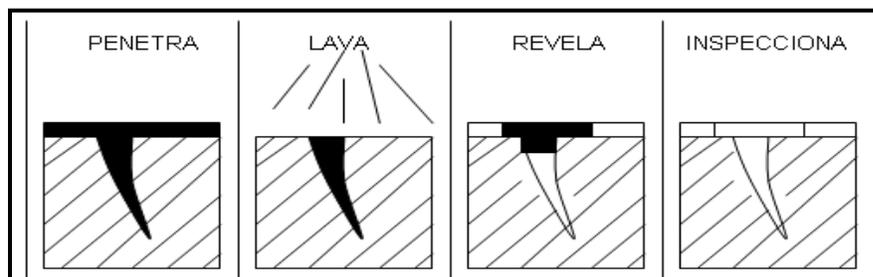
Se debe retirar la capa superficial del penetrante de forma que lo único que permanezca sea el que se hubiera alojado en las discontinuidades.

Se entiende por exceso de penetrante todo líquido que no se ha introducido en los defectos y que permanece sobrante sobre la superficie de la pieza a inspeccionar.

Esta etapa es crítica y de su correcta realización dependerá el resultado final de la inspección, ya que es necesario eliminar y limpiar el exceso de penetrante, de tal modo que no se extraiga el penetrante introducido en los defectos.

Si no se ha eliminado perfectamente el líquido penetrante, en la inspección final aparecerán manchas de penetrante produciendo indicaciones falsas e incluso, el enmascaramiento de las grietas (ver figura 10).

Figura 10. **Inspección por líquidos penetrantes**



Fuente: <http://www.monografias.com/liquidos-penetrantes/liquidos-penetrantes.htm>. Consulta:

25 de mayo de 2012.

3.6.3. Recopilación de datos

Para lograr la evaluación de la calidad de la detección de discontinuidades por líquidos penetrantes, es necesario poseer una base de datos; para la recopilación de estos se cuenta con una tabla en la cual se anotará información como el número de la inspección muestreada, y los defectos de inspección encontrados (ver tabla X).

Tabla X. **Recopilación de datos en la detección de líquidos penetrantes**

Empresa: wxz		Tipo de ensayo: liquido penetrante			
Tipo de material: lámina de acero		Norma: control de calidad interna			
No.	Inspección No.	Defectos		A/R	DESCRIPCIÓN
		GRS/PRS	SND		
1	1	X		R	Por grieta
2	2		X	A	Sin defecto
3	3		X	A	Sin defecto
4	4		X	A	Sin defecto
5	5		X	A	Sin defecto
6	6	X		R	Por poro
7	7		X	A	Sin defecto
8	8		X	A	Sin defecto
9	9		X	A	Sin defecto
10	10		X	A	Sin defecto

GRS: GRIETAS PRS: POROSIDAD	A: ACEPTADO R: RECHAZADO
--------------------------------	-----------------------------

Fuente: Laboratorio del Ministerio de Energía y Minas.

3.6.4. Representación de gráficas

Para el control de calidad de este proceso, se ha escogido el gráfico tipo “C”, que es el más adaptable y conveniente a utilizar, ya que los resultados, pueden contar con uno o más defectos. Para la representación de datos se toman los siguientes aspectos:

- Se toma un lote de estudio, se hacen inspecciones por líquidos penetrantes.
- Al obtener los datos de las inspecciones, estas se organizaron en ocho grupos de cincuenta inspecciones, cada uno.
- En cada grupo se toman muestras aleatoriamente, para determinar el tamaño de la muestra MIL-STD-105D (Norma ABC) la cual nos mostrará el tamaño y el nivel rigurosidad del muestreo.

Tabla XI. Defectos en el ensayo de líquidos penetrantes

Muestreo	No. de defectos
1	0
2	1
3	0
4	2
5	0
6	0
7	1
8	0

Fuente: elaboración propia.

La tener los datos muestreados, se calcula el valor de “c” y se procede a obtener los límites para elaborar el gráfico de control (ver figura 11).

Cálculo para la obtención de los límites del gráfico del control:

$$C = (\sum \text{No. Def}) / m$$

(\sum No. Def) = sumatoria de los defectos

m = número de muestras

$$Lcs = c + 3\sqrt{c}$$

Línea central = c

$$Lci = c - 3\sqrt{c}$$

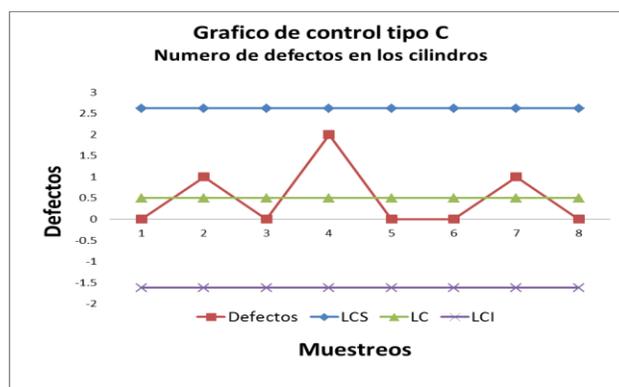
$$C = 4/8 = 0.5$$

$$Lcs = 0.5 + 3\sqrt{0.5} = 2.62$$

Línea central: 0.5

$$Lci = 0.5 - 3\sqrt{0.5} = -1.62$$

Figura 11. **Gráfico de control tipo C**



Fuente: elaboración propia.

3.6.5. Interpretación de resultados

El representar este tipo de carta de control ayudará, no solo a detectar situaciones anormales que en el futuro se deben prevenir, sino que además provoca que en la administración un mayor control en la materia prima; además, será muy fácil evaluar el impacto en las acciones de mejora. Al realizar los cálculos se obtiene:

$$Lcs = 2.62$$

$$Lc=0.5$$

$$Lci= -1.62$$

En la gráfica (figura 11) se puede observar los defectos encontrados en cada muestreo, como las fallas están dentro de los límites de control, lo que indica que la calidad de la materia prima está bajo control.

3.7. Ensayo ultrasónico

El método ultrasónico se basa en un fenómeno físico bien conocido: la propagación de ondas en un medio material. Es un método que se utiliza frecuentemente cuando se trata de determinar la uniformidad de un elemento, su espesor, su módulo elástico de Young o de Coulomb. El ultrasonido es una vibración mecánica con un rango mayor al audible por el oído humano que se transmite a través de un medio físico y es orientado, registrado y medido en Hertz, con ayuda de un aparato creado para ese fin. En el cual el rango de sonido es:

- Infrasonica = 1 – 16 Hz
- Sónica o audible = 16 Hz a 20 KHz

- Ultrasonica = 20 KHz en adelante

Para el ensayo de ultrasonido en materiales metálicos es de 0.2 a 25 MHz, seguido de algunas características y aplicaciones físicas, las cuales son las siguientes:

- La impedancia acústica es la resistencia que oponen los materiales al paso de una onda ultrasónica.
- Ondas acústicas iguales a las ondas sónicas.
- Transmisión de energía entre partículas que propicia el escalamiento.
- El número de oscilaciones son de acuerdo con el tipo de onda que se trata.
- Se propagan en todos los medios elásticos donde existan fracciones de materia (átomos o moléculas capaces de vibrar).
- La vibración depende de la separación de las partículas.

Aplicaciones:

- Detección y caracterización de discontinuidades
- Medición de espesores, extensión y grado de corrosión
- Determinación de características físicas
- Características de enlace entre materiales

3.7.1. Objetivo de la prueba

El objetivo de realizar una innovación en el proceso de medición de espesor por ultrasonido es asegurar la calidad de los resultados obtenidos de este, y en consecuencia, que sean más confiables.

Para lograr este fin se debe contar con un ordenamiento lógico de los procedimientos que componen dicho proceso.

3.7.2. Descripción de la prueba

Con el método de medición continua, se presenta un registro completo de todo el período de observación.

- Tomar el tiempo de la duración total del proceso.
- Tomar de datos en una tabla; del tiempo exacto que registra el cronómetro al momento de concluir el elemento en estudio. Dicha tabla se elaboró con el objeto de facilitar el registro de los datos observados, la cual se encuentra en la tabla IX.
- Realizar el estudio de tiempos para veinte ciclos de realización del presente proceso.
- Sumar y sacar el promedio por separado, para cada elemento y de de cada proceso.

Tabla XII. **Tabla de tiempos en el ensayo ultrasónico**

PROCESO: Ultrasónico		UNIDAD DE MEDIDA: minutos									
FECHA: 30 de mayo de 2012		SUPERVISOR: Douglas Soto									
HOJA: ½											
Operaciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Inspección visual	0.20	0.22	0.18	0.18	0.20	0.15	0.13	0.13	0.12	0.15
2	Limpieza	0.18	0.17	0.25	0.25	0.23	0.35	0.27	0.23	0.28	0.27
3	Calibración	0.40	0.38	1.40	0.40	0.35	0.37	0.33	0.32	0.30	0.37
4	Colocación de palpador cas, sup.	0.15	0.15	0.13	0.13	0.10	0.10	0.12	0.13	0.12	0.12
5	Espera de lectura fija	0.05	0.07	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.03	0.05
6	Lectura y registro	0.40	0.33	0.35	0.28	0.25	0.28	0.27	0.25	0.28	0.28
7	Colocación de palpador cas. Inf.	0.17	0.15	0.13	0.13	0.12	0.10	0.13	0.13	0.13	0.12
8	Espera de lectura fija	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05
9	Lectura y registro	0.17	0.15	0.15	0.15	0.12	0.10	0.12	0.12	0.08	0.10
Operaciones		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Inspección visual	0.12	0.13	0.15	0.15	0.13	0.13	0.13	0.15	0.12	0.13
2	Limpieza	0.20	0.18	0.22	0.25	0.23	0.23	0.27	0.25	0.22	0.25
3	Calibración	0.37	0.38	0.40	0.35	0.37	0.38	0.40	0.35	0.37	0.35
4	Colocación de palpador cas, sup.	0.13	0.15	0.10	0.12	0.10	0.13	0.13	0.13	0.12	0.10
5	Espera de lectura fija	0.05	0.08	0.07	0.08	0.10	0.10	0.08	0.10	0.09	0.10
6	Lectura y registro	0.25	0.27	0.28	0.32	0.28	0.28	0.25	0.23	0.27	0.25
7	Colocación de palpador cas. Inf.	0.13	0.17	0.12	0.12	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12
8	Espera de lectura fija	0.07	0.07	0.08	0.10	0.10	0.10	0.08	0.10	0.10	0.10
9	Lectura y registro	0.12	0.13	0.10	0.10	0.12	0.10	0.10	0.12	0.08	0.12

Fuente: Laboratorio de Energía y Minas.

Tabla XIII. **Resumen de la tabla de tiempos**

PROCESO: Ultrasonico FECHA: 30 de mayo de 2012 HOJA: 2/2	UNIDAD DE MEDIDA: Minutos SUPERVISO: Douglas Soto																																	
RESUMEN																																		
<table border="1"><thead><tr><th>No.</th><th>Total</th><th>Promedio</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>3.00</td><td>0.15</td></tr><tr><td>2</td><td>4.78</td><td>0.24</td></tr><tr><td>3</td><td>8.34</td><td>0.42</td></tr><tr><td>4</td><td>2.46</td><td>0.12</td></tr><tr><td>5</td><td>1.27</td><td>0.06</td></tr><tr><td>6</td><td>5.65</td><td>0.28</td></tr><tr><td>7</td><td>2.61</td><td>0.13</td></tr><tr><td>8</td><td>1.42</td><td>0.07</td></tr><tr><td>9</td><td>2.35</td><td>0.12</td></tr><tr><td>Total</td><td>31.88</td><td>1.59</td></tr></tbody></table>		No.	Total	Promedio	1	3.00	0.15	2	4.78	0.24	3	8.34	0.42	4	2.46	0.12	5	1.27	0.06	6	5.65	0.28	7	2.61	0.13	8	1.42	0.07	9	2.35	0.12	Total	31.88	1.59
No.	Total	Promedio																																
1	3.00	0.15																																
2	4.78	0.24																																
3	8.34	0.42																																
4	2.46	0.12																																
5	1.27	0.06																																
6	5.65	0.28																																
7	2.61	0.13																																
8	1.42	0.07																																
9	2.35	0.12																																
Total	31.88	1.59																																
Conclusión: se analizan 20 ciclos con tiempo total de 31.88 min; con los cuales se mide el espesor de la lámina.																																		

Fuente: Laboratorio de Energía y Minas.

3.7.3. Recopilación de datos

Según la norma que detalla los requerimientos de fabricación de los cilindros de GLP en Guatemala (Reglamento Centroamericano RCTA 23.01.29:05, la cual se puede observar en el anexo 3) establece que la lámina de estos, debe tener como espesor, un mínimo 1.98 mm, para ser aceptados.

El Laboratorio de Ensayos no Destructivos utiliza la técnica de ultrasonido como un método de comprobación del espesor de la lámina en los cilindros muestreados, los cuales se establecen en los siguientes puntos:

- Se toma un lote de cilindros portátiles para medir el espesor de la lámina ya como producto terminado, para determinar el espesor de la lámina metálica.
- Al obtener los datos de las inspecciones, estas se organizaron en ocho grupos de cincuenta inspecciones cada uno.
- En cada grupo se toman muestras aleatoriamente. Para determinar el tamaño de la muestra MIL-STD-105D (norma ABC), la cual mostrará el tamaño y el nivel rigurosidad del muestreo.
- La medición de espesor está inspeccionada en milímetros.
- Se utiliza la carta ("X") de promedios y de ("R") rangos, que son las cartas de variables porque se utilizan un instrumento de medición.

Tabla XIV. Datos muestreados en el ensayo ultrasónico

Muestreo	1	2	3	4	5	X	R
1	2.17	2.21	2.18	2.18	2.18	2.18	0.04
2	2.20	2.20	2.17	2.17	2.21	2.19	0.04
3	2.19	2.22	2.19	2.18	2.14	2.18	0.08
4	2.18	2.20	2.17	2.21	2.16	2.18	0.05
5	2.18	2.21	2.15	2.16	2.17	2.17	0.06
6	2.18	2.18	2.14	2.16	2.20	2.17	0.06
7	2.16	2.22	2.13	2.17	2.20	2.18	0.09
8	2.17	2.21	2.19	2.16	2.16	2.18	0.05
9	2.17	2.17	2.21	2.17	2.21	2.19	0.04
10	2.18	2.20	2.11	2.16	2.18	2.17	0.09

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de límites para gráfico de la normal:

Donde n es el valor de la muestra; en este caso el número de grupos que son 5 para 10 subgrupos, y $\delta = R/d_2$ y el factor d_2 es una contante que depende del valor de la muestra para d_2 ; es igual a 2.326 (según la tabla del anexo 4); de esta manera los límites de control para la carta X se obtendrán de la manera siguiente:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + \delta \bar{R}$$

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - \delta \bar{R}$$

Donde: $\bar{\bar{X}} = 2.18$, $\bar{R} = 0.060$, $d_2 = 2.326$

$$\delta = R/d_2 = (0.060/2.326) = 0.026$$

$$LCSN = 2.18 + 3(0.026) = 2.26$$

$$LCN = \quad \quad \quad = 2.18$$

$$LCIN = 2.18 - 3(0.026) = 2.10$$

Cálculo de límites para el gráfico de medias (\bar{X}):

Donde n es igual a 5 y $A_2 = 0.577$, $\bar{R} = 0.06$

$$LCSx = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$LCx = \bar{X}$$

$$LCIx = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

$$LCSx = 2.18 + 0.577(0.06) = 2.21$$

$$LCx = \quad \quad \quad = 2.18$$

$$LCSx = 2.18 - 0.577(0.06) = 2.14$$

Cálculo de límites para el gráfico de rangos (R):

Donde n es igual a 5

$$D_3 = 0 \quad (\text{según tabla del anexo 4})$$

$$D_4 = 2.115 \quad (\text{según tabla del anexo 4})$$

$$\bar{R} = 0.06$$

$$LCSR = D_4 \bar{R}$$

$$LCR = \bar{R}$$

$$LCIR = D_3 \bar{R}$$

$$\text{LCSR} = (2.115) (0.06) = 0.13$$

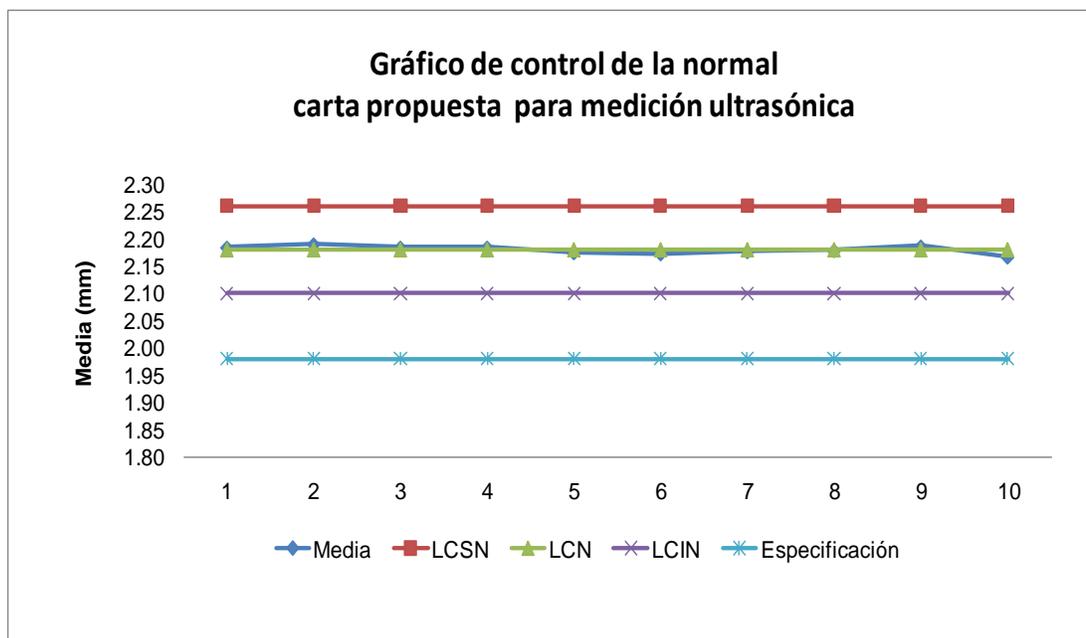
$$\text{LCR} = 0.06$$

$$\text{LCIR} = (0) (0.06) = 0$$

3.7.4. Representación de gráficas

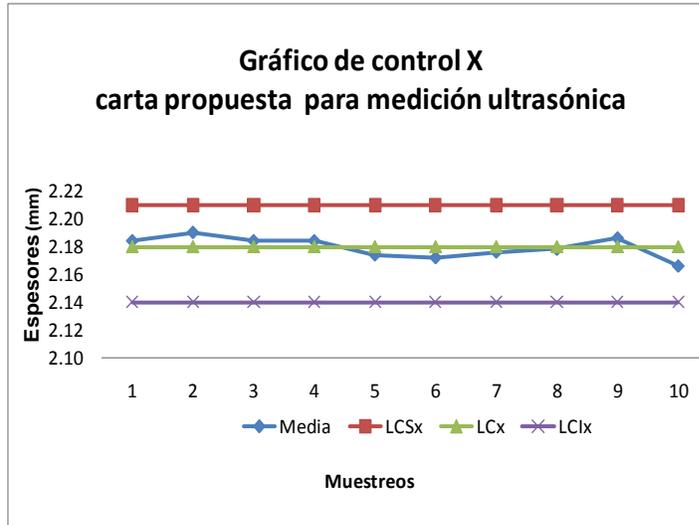
Se muestran las siguientes gráficas según los datos calculados, mostrando los límites de control correspondientes.

Figura 12. **Gráfica de control normal de calidad**



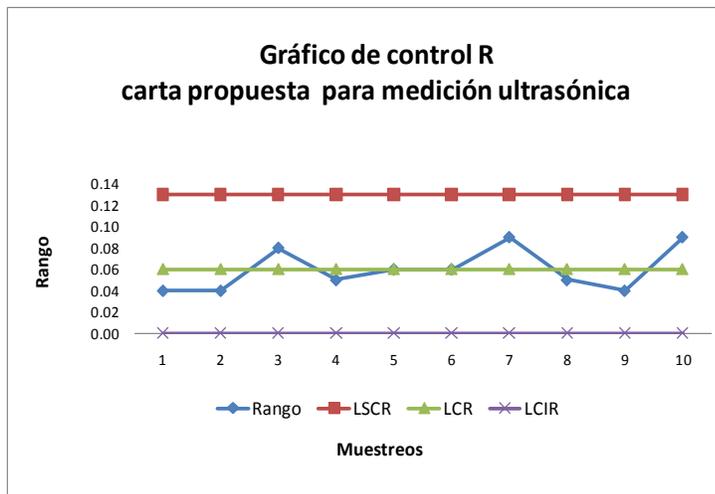
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Gráfica de control X de calidad de promedios**



Fuente: elaboracion propia.

Figura 14. **Gráfica de control R de calidad de promedios**



Fuente: elaboracion propia.

3.7.5. Interpretación de resultados

El espesor, que reporta el fabricante en la plancha metálica para el cuerpo de cilindro es de 2.16 mm.

Al representar este tipo de carta de control $\bar{X} - R$, se puede observar que los espesores están bajo control estadístico en cuanto a la tendencia central; es posible afirmar que los espesores están alrededor de 2.18 mm, la carta \bar{X} tiene un buen desempeño para detectar cambios significativos en la tendencia central.

La carta R ha mostrado que la variabilidad de espesores son estables y la carta de media no detectó ninguna situación o causa especial que haya afectado la tendencia central en las mediciones.

Al realizar los cálculos para la normal se obtiene:

$$LCSx = 2.26, LCN = 2.18, LCIx = 2.10$$

Cálculo para el gráfico \bar{x} (media)

$$LCSx=2.21, LCx= 2.18, LCIx= 2.14$$

Calculo para el grafico R (rango):

$$LCSR=0.13, LCR= 0.06 LCIR=0$$

Todos los datos se encuentran dentro de los límites superiores e inferiores delimitados lo que indica que el proceso está bajo control. Comparado con lo establecido en la especificación.

3.8. Ensayo por prueba mecánica

Los distintos ensayos de pruebas mecánicas existentes, tales como el ensayo de compresión, tensión, torsión y flexión, miden la resistencia de un elemento las cuales definen las capacidades para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse o adquirir deformaciones permanentes de algún modo.

La mayoría de los materiales responden a fuerzas externas con los diferentes tipos de deformación elástica en la que los materiales al término de estos ensayos mecánicos pueden volver a su tamaño y forma original; cuando se deja de aplicar esta fuerza externa o también puede haber una fractura en el material, si la fuerza aplicada es mayor a la que el material puede soportar.

La relación entre el esfuerzo y la deformación, denominada módulo de elasticidad, así como el límite de elasticidad, están determinados por la estructura molecular del material. La distancia entre las moléculas de un material no sometido a esfuerzo depende de un equilibrio entre las fuerzas moleculares de atracción y repulsión. Cuando se aplica una fuerza externa que crea una tensión en el interior del material, las distancias moleculares cambian y el material se deforma.

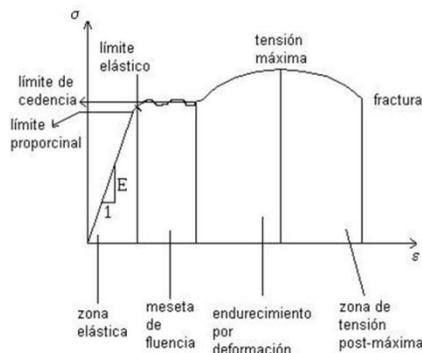
Si las moléculas están firmemente unidas entre sí, la deformación no será muy grande incluso con un esfuerzo elevado. En cambio, si las moléculas están poco unidas, una tensión relativamente pequeña causará una deformación grande.

Por debajo del límite de elasticidad, cuando se deja de aplicar la fuerza, las moléculas vuelven a su posición de equilibrio y el material elástico recupera su forma original. Más allá del límite de elasticidad, la fuerza aplicada separa tanto las moléculas que no pueden volver a su posición de partida, y el material queda permanentemente deformado o se rompe. A continuación se presentan algunos conceptos básicos los cuales son de mucha importancia para el ensayo de la prueba:

- Fuerza: es toda acción que tiende a producir o produce un cambio en el estado de reposo o movimiento de un cuerpo.
- Carga: se le llama así a las fuerzas externas que actúan sobre un material (kgF).
- Deformación: es todo cambio de forma (mm).
- Deformación elástica: es el cambio en la forma que sufre un cuerpo bajo carga, el cual se comprime esta última.
- Deformación plástica: es el cambio de forma que sufre un cuerpo bajo carga, el cual no se elimina al suprimir la carga que lo origina, obteniéndose una deformación permanente.
- Esfuerzo: es la relación interna de los materiales cuando son sometidos a cargas. Generalmente se expresa en intensidad de fuerza, es decir la fuerza por unidad de área.

- Resistencia de proporcionalidad: es el fenómeno que presentan los materiales, a ser sometidos a cargas en que las deformaciones unitarias son proporcionales a los esfuerzos que lo producen (ley de Hooke).
- Zona elástica: es el área comprendida en un diagrama esfuerzo deformación unitaria, por el trazo de la curva desde cero hasta el límite de elasticidad y por el valor de la abscisa, o sea la deformación correspondiente al límite elástico.
- Zona plástica: es el área comprendida en un diagrama esfuerzo-deformación unitaria, por el trazo de la curva desde el límite elástico hasta el punto de ruptura y por el tramo de la abscisa comprendida desde el valor del límite elástico y el valor correspondiente al punto de ruptura.
- Módulo de Young: es la constante de proporcionalidad entre la deformación elástica y el esfuerzo uniaxial, y representa la pendiente de la parte recta de la gráfica esfuerzo- deformación unitaria.

Figura 15. **Curva de carga y deformación nominal**



Fuente: http://azul.bnct.ipn.mx/Libros/ciencia_materialesII.pdf. Consulta: 9 de mayo de 2012.

3.8.1. Ensayo de dureza con Rockwell

Es un método para determinar la dureza, es decir, la resistencia de un material a ser penetrado. El ensayo de dureza Rockwell constituye el método más usado para medir la dureza, debido a que es muy simple de llevar a cabo y no requiere conocimientos especiales (ver figura 16). Se pueden utilizar diferentes escalas que provienen de la utilización de distintas combinaciones de penetradores y cargas, lo cual permite ensayar prácticamente cualquier metal o aleación.

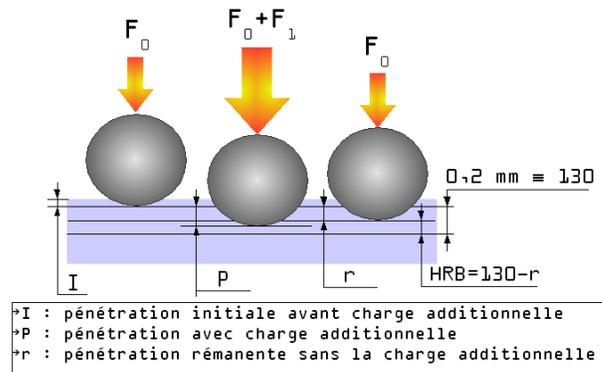
Figura 16. Durómetro para el ensayo de dureza con Rockwell



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Dureza_Rockwell. Consulta: 12 de mayo de 2012.

Para esta prueba se necesitan dos tipos de penetradores: unas bolas esféricas de acero endurecido (templado y pulido) de 1/16, 1/8, 1/4 y 1/2 pulg, y un penetrador cónico de diamante con un ángulo de $120^{\circ} \pm 30'$ y vértice redondeado, formando un casquete esférico de radio 0,20 mm (Brale), el cual se utiliza para los materiales más duros.

Figura 17. **Penetrador para el ensayo de dureza con Rockwell**



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Dureza_Rockwell. Consulta: 12 de mayo de 2012.

3.8.2. **Objetivo de la prueba**

Consiste en disponer un material con una superficie plana en la base de la máquina. Se le aplica una precarga menor de 10 kg, básicamente para eliminar la deformación elástica y obtener un resultado mucho más preciso. Luego se le aplica durante unos 15 segundos un esfuerzo que varía desde 60 a 150 kg a compresión.

Se desaplica la carga y mediante un durómetro Rockwell se obtiene el valor de la dureza directamente en la pantalla, el cual varía de forma proporcional con el tipo de material que se utilice.

También se puede encontrar la profundidad de la penetración con los valores obtenidos del durómetro, si se conoce el material.

3.8.3. Descripción de la prueba

Se coloca la barra de *coolroll* en la prensa universal, la cual se ajusta al tamaño de la misma, así también con dos agujas una (aguja negra) representa la carga máxima y la otra (aguja roja), la carga cedencial; obteniendo los siguientes datos:

Tabla XV. Datos de cargas en las planchas metálicas

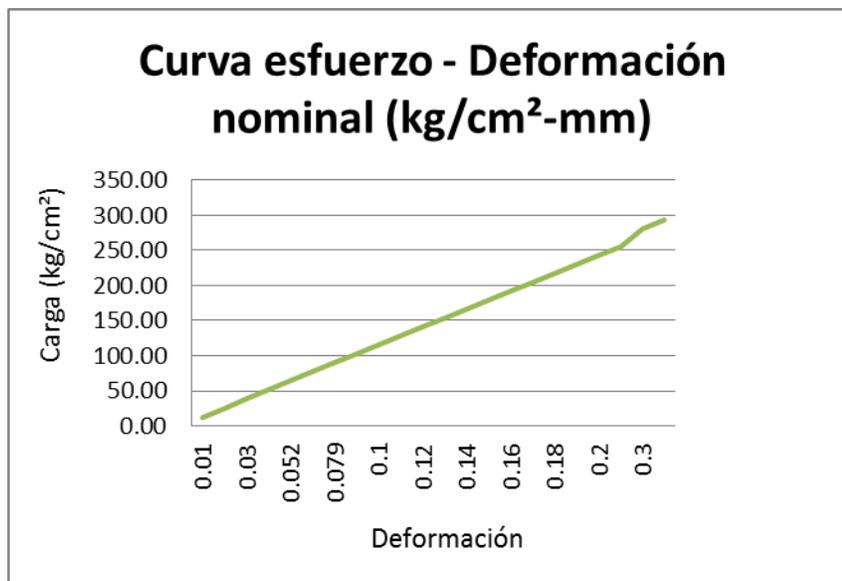
Carga - Kg	Deformación - mm
200	0.01
400	0.021
600	0.03
800	0.042
1000	0.052
1200	0.07
1400	0.079
1600	0.09
1800	0.1
2000	0.11
2200	0.12
2400	0.13
2600	0.14
2800	0.15
3000	0.16
3200	0.17
3400	0.18
3600	0.19
3800	0.20
4000	0.22
4400	0.30
4600	0.54

Fuente: http://azul.bnct.ipn.mx/Libros/ciencia_materialesII.pdf Consulta: 12 de mayo de 2012.

3.8.4. Interpretación de resultados

Los datos obtenidos representan la zona elástica y la zona plástica del material.

Figura 18. Gráfica esfuerzo- deformación



Fuente: elaboración propia.

Para la obtención del esfuerzo máximo tomamos la carga máxima que es aquella en la cual la pieza aún no se rompe, obteniendo lo siguiente:

Carga máxima: 4200 Kg

Área de la pieza: 15.70 mm²

Donde $s = F / A = 4200\text{Kg} / 15.70 \text{ mm}^2$ (esfuerzo)

$s = 267.3803 \text{ Kg} / \text{mm}^2$

$s = E \cdot \epsilon$ donde $\epsilon = d / L_i = (0.79 \text{ mm} / 100 \text{ mm})$

$$E = 7.9 \times 10^{-3} \text{ mm/mm (esfuerzo máximo)}$$

Módulo de Young o de elasticidad:

$$E = s / (\text{esfuerzo máximo})$$

$$E = 89.17 / 7.9 \times 10^{-3}$$

$$E = 11287.34 \text{ Kg / mm}^2$$

Teóricamente se puede decir que en los materiales, cuando se les aplica fuerzas externas, comúnmente estos cambian su forma, llamada también deformación.

A través de los datos obtenidos en la tabla experimental se observó que este material (*coolroll*) sometido a una fuerza de tensión, sufre ciertos cambios y pasa por una o varias etapas antes de fracturarse o dañar su estructura interna.

Aplicando fuerza o también llamada carga, lo primero que se observa a través de los datos es el límite elástico, seguido del límite de cedencia durante la zona elástica del material (determinada en un diagrama esfuerzo – deformación) en la zona plástica del material, se encuentra la tensión máxima que fue de 4600 Kg de fuerza, que es el punto momentos antes de romperse el material.

Se encuentra un esfuerzo máximo de 267.38 Kg/ mm² y el módulo de elasticidad o de Young fue de 11287.34 Kg / mm².

3.9. Ensayo en prueba por corrosión

La corrosión se puede definir como un proceso destructivo que ocasiona un deterioro en el material, como resultado de un ataque químico provocado por el medio ambiente.

La forma más común en la que se presenta la corrosión en los metales es por medio de un ataque electroquímico; esto se debe a que los metales cuentan con electrones libres que forman celdas electroquímicas, ocasionando que en cualquier momento se lleve a cabo una reacción química.

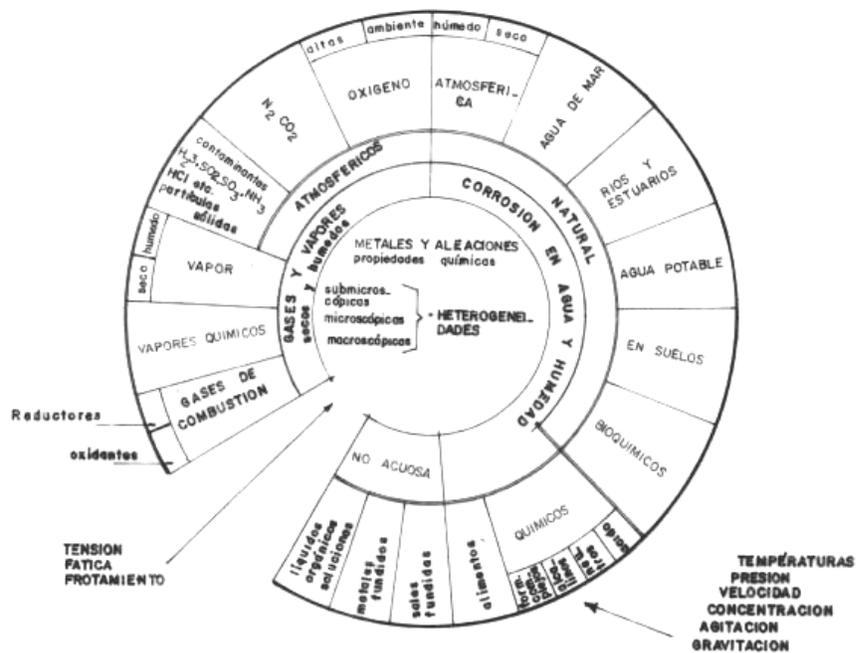
El medio ambiente corrosivo, desempeña un papel fundamental y condiciona el comportamiento del metal, entre las características químicas esenciales del medio ambiente, se señala:

- La composición del medio con la concentración de cada componente, no olvidando las impurezas que pueden tener un papel más importante que los componentes principales.
- En el caso de un líquido el PH.
- En el caso de una solución, la dosificación en oxígeno o gases disueltos, que a su vez pueden depender de la presión exterior.
- La presencia de inhibidores o aceleradores de la corrosión. Los efectos de estos factores químicos pueden depender de las condiciones físicas del medio mismo.

De su estado físico:

- De la temperatura, no solo del medio, sino también del metal, que muchas veces son diferentes.
- Del movimiento relativo del medio. La figura 19, muestra el panorama vasto de relaciones metal ambiente, que se presentan en la práctica.

Figura 19. **Relaciones metal-ambiente corrosivo**



Fuente: VELÁSQUEZ RERGIS, Pedro. Corrosión e incrustación en tuberías. p. 492.

En el medio ambiente, el número de parámetros aumenta considerablemente y si además se añaden las variables de concentración, presión, temperaturas, etc., se llega a la siguiente conclusión: de que el número de variables que afectan los problemas de corrosión es tan grande, que es

imposible encontrar métodos únicos que ofrezcan solución para todos los casos posibles; por tanto, el número de métodos anticorrosivos también tiene forzosamente que ser muy numeroso.

3.9.1. Objetivo de la prueba

Elegir el mejor procedimiento tomando en cuenta las características, dimensiones y aplicaciones del objeto a proteger (ver figura 20).

Figura 20. **Deterioro de la lámina en el ambiente**



Fuente: <http://limacallao.olx.com.pe/planchas-metalicas-acero-industrial-acero-antidesgaste-acero-t-1-acero-chronit-400-500b-iid-90044615>. Consulta: 2 de junio de 2012.

Así puede comenzarse desde el punto de vista metalúrgico, por efectuar aleaciones con otros metales, de tal manera de aumentar la resistencia a la corrosión, por ejemplo: los diversos tipos de aceros inoxidables o recubrimientos con películas metálicas (hierro galvanizado).

3.9.2. Descripción de la prueba

El término control de la corrosión, usado en su sentido más amplio es la regulación de una reacción de corrosión para obtener un objetivo específico. La regulación de la reacción de corrosión, tiene por objeto en la mayoría de los casos, conservar las propiedades físicas y mecánicas de estos metales y en algunos casos particulares, la principal función del control de la corrosión será prevenir la contaminación del producto o productos almacenados. Para la prevención contra la corrosión se proponen algunos métodos siendo estos:

- Recubrimientos laminados: en el grupo de recubrimientos laminados están comprendidos los hules o elastómeros; se indicará nada más que el hule duro, hule suave, policloropeno, butilo, nitrilo y el cloruro de polivinilo plastificado, pueden ser aplicados en forma de láminas sobre superficies de hierro y utilizando adhesivos adecuados para lograr una verdadera unidad entre ellos y el substrato. Su espesor varía de 125 milésimas de pulgada (1/8"), hasta 500 milésimas (1/2"). A excepción del cloruro de polivinilo, el resto requieren de vulcanización con vapor.
- Recubrimientos líquidos: en el grupo de los recubrimientos líquidos pueden considerarse los recubrimientos bituminosos, poliéster, epóxicos, cloruro de polivinilo y plastisol, que pueden ser aplicados solos o con refuerzos de filamentos largos o cortos, telas de fibra de vidrio o papel y pigmentos inertes. Los recubrimientos bituminosos como el alquitrán de hulla o algunos tipos asfálticos se aplican como líquidos calientes previa fusión de su estado sólido. Los esmaltes de alquitrán de hulla aplicados en caliente son probablemente los más viejos y mejor conocidos de los recubrimientos resistentes al agua.

- Recubrimientos sólidos: todos aquellos recubrimientos sólidos que se aplican por plastificación o por fluidización. La plastificación consiste en la aplicación de un plástico sólido fundiéndolo en el momento de ser aplicado y proyectándolo hacia la superficie metálica a recubrir. Generalmente se usan alambres o varillas estruídas de plástico, o polvos muy finos que alimentan la pistola fundente y proyectora. La superficie debe limpiarse previamente con chorro de arena a metal blanco. Con este sistema pueden aplicarse materiales como: polietileno, poliestireno, acetato de polivinilo, poliamidas, cauchos naturales, epóxicos, melamina, fenólicos, politetrafluoretileno.

Figura 21. **Protección en la lámina metálica**



Fuente: <http://limacallao.olx.com.pe/planchas-metalicas-acero-industrial-acero-antidesgaste-acero-t-1-acero-chronit-400-500b-iiid-90044615>. Consulta: 2 de junio de 2012.

- Almacenamiento: el lugar donde se alcancen las materias primas y los accesorios para la fabricación de cilindros metálicos portátiles, es de vital importancia ya que tiene que estar libre de agentes húmedos y químicos, los cuales tienen que ser en lugares con espacios grandes por el volumen

de las planchas metálicas, así como una continua limpieza del lugar; tiene que haber una ventilación que se pueda controlar o manejar adecuadamente, así como también un piso de concreto. Lo que se pretende es aislar la materia prima del medio ambiente, para prevenir medios corrosivos, los cuales se han pueden contaminar la materia prima. (ver figura 22).

Figura 22. **Almacenamiento de materias primas y accesorios**



Fuente: <http://limacallao.olx.com.pe/planchas-metalicas-acero-industrial-acero-antidesgasteacero.com> Consulta: el 25 de septiembre de 2012.

3.9.3. Interpretación de resultados

Después de haber detectado un ataque corrosivo o tomado la decisión de proteger algún substrato por la importancia de éste, el paso a seguir es muy importante y consiste en el análisis del tipo de ambiente que envuelve la estructura a proteger y de este depende el método de protección correcta a utilizar:

- Ensayos de rutina para comprobar el logro de un determinado *standard* de calidad del metal o del medio corrosivo. En ambos casos, la

reproducibilidad de los resultados tiene generalmente más importancia que la simulación exacta de las condiciones en que se produce la corrosión.

- Ensayos de comparación de diferentes metales, con el objetivo de seleccionar el más apropiado para un determinado fin, o bien evaluar un metal nuevo, comparándolo con otro cuyo comportamiento en servicio sea ya conocido.
- Estimación de la vida de un metal en condiciones de servicio dadas. Para este fin se requiere, generalmente, la calibración del ensayo en relación con el comportamiento durante la utilización, o la inclusión de ciertas muestras de control cuyo comportamiento ya se conoce.
- Determinación de los diferentes tipos de medio ambiente y condiciones en las cuales puede usarse satisfactoriamente un determinado metal.
- Pruebas para la obtención de nuevas aleaciones que posean una elevada resistencia a la corrosión.

3.10. Inspección visual como producto terminado

En la inspección visual se deben verificar que la materia prima y los accesorios cumplan con las especificaciones definidas en los numerales:

- Verificación de láminas: debe revisarse con procesos adecuados para garantizar que cada plancha o lámina, reúna las especificaciones de este reglamento centroamericano 23.01.29:05, no presente ninguna fisura u

otro defecto, porque debilita considerablemente el envase cilíndrico metálico portátil terminado.

- Base de sustentación del cilindro: el fondo de los cilindros debe tener una base de sustentación protectora (ver anexo 5), con las siguientes características:
 - Está formada por un aro de pared simple con reborde y soldado al casquete inferior.
 - El espesor mínimo de la lámina de la base debe ser del mismo espesor, especificado para el cuerpo del cilindro, correspondiente a cada clase.
- Rosca hembra para la válvula (brida): en términos generales, las válvulas de seguridad son dispositivos que deben de cumplir con un alto grado de requisitos de seguridad, lo cual implica que deban ser productos de alta calidad, y esto se obtiene cuando se cumplen las normativas técnicas, instalación, diseño, materiales, fabricación, uso y mantenimiento. Así la normativa que regula los productos es necesaria, debido a que es el filtro para proporcionar seguridad a los consumidores.
- Instalación de la válvula: la válvula debe estar orientada de manera que permita su adecuada operación, que su dispositivo de seguridad y la conexión de salida se encuentren orientados hacia las aberturas del cuello de protección. El torque de apriete de la válvula debe ser el establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano correspondiente al tipo de válvula instalada.

3.11. Análisis financiero

Este análisis se realiza desde el punto de vista de interés de la empresa, al retener uno varios lotes de producción de cilindros por no pasar el control de calidad que realiza el Ministerio de Energía y Minas a través de las pruebas realizadas por la Dirección General de Hidrocarburos y los laboratorios técnicos del MEM.

Los costos de producción de los cilindros metálicos portátiles pueden verse afectados por el rechazo de un lote de producción, más el costo de oportunidad perdido por el atraso de su comercialización.

Este riesgo puede minimizarse, si se tiene un control de calidad de la materia prima y accesorios utilizados.

Al ejemplificar un dato numérico, los promedios de producción de 1100 cilindros diarios por costo de unidad terminada Q 175.00 da un valor Q192, 500.00; este dato es significativo al retener un solo lote un día, y lo será más si se retiene más de un día, por no comercializar dicho producto.

Según datos de la Dirección General de Hidrocarburos, es necesario implementar un sistema de calidad de los materiales y accesorios para que el producto terminado tenga un mayor nivel de confianza que asegure la calidad del cilindro y así poder generar una utilidad o un beneficio a través de las transacciones de cilindros, que cumplan con las especificaciones de calidad para su comercialización.

3.11.1. Beneficios

Por medio de los ensayos y pruebas mencionadas se tendrá un mejor control de la calidad en la materia prima y accesorios en los cilindros que se producen en Guatemala, lo cual ayudará a verificar que los cilindros que se exporten a otros países de Centroamérica, cumplan con la reglamentación aplicable para su comercialización aunado a ello se reducirán significativamente los reprocesos, los cuales causan un impacto negativo en los costos de operación, intereses económicos por lotes retenidos, incumplimiento de pedidos, entre otros.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Control de materias primas

El control de calidad del producto se debe hacer desde la materia prima hasta el producto final. La materia prima para la fabricación de cilindros son rollos de lámina de acero de 1070 mm; de ancho y una medida de grosor de 2.16 mm.

La verificación de la materia prima se hace por medio de un medidor de espesores, el cual mide el espesor de la lámina en mm; dichas mediciones se deben de hacer a lo largo de todo el rollo de lámina, recomendando como mínimo, hacer 7 mediciones en una sección de la lámina que se encuentre en el inicio de la misma y otras 7 mediciones en una sección al final del rollo de lámina. Estas recomendaciones son para la lámina que se utiliza en el casquete principal.

Para los flejes (lámina que se utiliza para el cuello y las bases), se recomienda hacer 3 mediciones, tanto al inicio como al final del rollo de lámina.

La materia prima y los accesorios tienen que estar en las especificaciones y normas establecidas, para garantizar que cada cilindro metálico portátil producido reúna las especificaciones de fabricación requeridas por las leyes aplicadas al mismo. Derivado de ello, es que no se permite ninguna fisura u otro defecto que debilite considerablemente el envase cilíndrico terminado.

4.1.1. Verificación periódica de normas

Se debe verificar y realizar una comparación con los resultados y comparación con las normas y regulaciones; en este sentido se hacen las siguientes comparaciones:

- Con la materia prima: para el control de calidad de las planchas o láminas metálicas, el o los proveedores tienen que estar certificados y mostrar que sus productos están bajo estándares de calidad internacionales, y que puedan compararse con las especificaciones que continuamente se actualizan con el Reglamento Centroamericano RTCA 23.01.29:05. Dicho control tiene que asegurarse con controles estadísticos por medio de cartas que indiquen o reflejen los límites de control de calidad de la lámina o plancha metálica para la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP.
- Con los accesorios: se tiene que tener accesorios que estén dentro de la especificaciones, las cuales se tienen que compararse con el reglamento Centro Americano RTCA 23.01.28:05, tales como: recipientes a presión. cilindros portátiles para contener GLP, la norma de válvula para acoplamiento rápido de especificaciones, el Reglamento Centroamericano RTCA R-UAC 23.01.xx:04, y el de sello de inviolabilidad (marchamo) de especificaciones.
- Con los cilindros: se tienen que establecer las especificaciones de diseño y fabricación, así como los métodos de prueba y ensayo a que debe someterse la materia prima para la fabricación de los cilindros para envasar gas licuado de petróleo (GLP). Por ende se tiene que respaldar

por las normas y controles estadísticos en que los resultados indiquen la confiabilidad de los materiales y un cilindro de calidad.

Las leyes y normas que competen a la construcción de cilindros se mantienen en constante actualización, las cuales deben ser revisadas cada año; la Dirección General de Hidrocarburos, considerando que el artículo 71 del Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Acuerdo gubernativo número 522-99, incluye la facultad para emitir normas y circulares relativas al conocimiento y cumplimiento de las disposiciones de seguridad, calidad, los procedimientos de inspección física y transporte conforme a las normas actuales de seguridad industrial y ambiental adoptadas continuamente por la industria petrolera, para resguardar principalmente la integridad física de las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.

4.1.2. Realización de pruebas no destructivas del laboratorio

Por medio del laboratorio de ensayos no destructivos del Ministerio de Energía y Minas, el cual presta sus servicios de control de calidad de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, se pueden realizar las distintas pruebas y ensayos en los materiales y accesorios para la fabricación de cilindros, los cuales son: la radiografía industrial, espesor de lámina, hermeticidad, así como los ensayos de pruebas destructivas que son la pruebas de ruptura de la materia prima.

4.1.3. Análisis de resultados de las pruebas del laboratorio del MEM

Al realizar los ensayos con las muestras tomadas, se comparan los resultados, con lo que exigen las normas y se indica si la muestra revisada

cumple con la reglamentación. Se elabora un informe (ver anexo 6), que se entrega a la Dirección General de Hidrocarburos, para su inspección pertinente.

Al establecer las especificaciones de diseño y fabricación, así como los métodos de prueba y ensayo a que debe someterse la materia prima para la fabricación de cilindros portátiles para envasar gas licuado de petróleo GLP, será de acuerdo con las cartas de control de calidad, en las que se acepte o rechace la materia prima para la corrección de los defectos, antes de la fabricación de dichos cilindros.

4.1.4. Verificación en relación a la aceptación y rechazos de los lotes por medio del MEM

Al cumplir con el control de calidad en la materia prima y los accesorios, se evitará que se rechace uno o varios lotes en la producción de cilindros metálicos portátiles para envasado de GLP.

El Ministerio de Energía y Minas, por medio de la Dirección General de Hidrocarburos, supervisa y toma muestras de cilindros metálicos portátiles que se toman en las diversas fábricas; es aleatoria y sin reposición debido a que los cilindros son tomados al azar de la bodega de producto terminado y estos están sujetos a pruebas destructivas (ver tabla XI).

Tabla XVI. **Rechazo o aceptación de cilindros**

Muestra	Tamaño de muestra	Criterio		Pruebas a realizar
		Aceptación	Rechazo	
General	50	3	4	Inspección visual
Especial	8	0	1	Capacidad de agua, radiografía industrial, hermeticidad, expansión volumétrica, ruptura y espesor

Fuente: Reglamento Centro Americano RTACA 23.01.29.05. p. 28.

El criterio de rechazo o aceptación de los lotes de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, se basa en el Reglamento Centro Americano RTCA 23.01.29.05, basándose en lo siguiente:

- Si ambas muestras se aceptan, se autoriza el lote.
- Si se rechaza la muestra general, el lote no se autoriza hasta que se subsanen los defectos que provocaron el rechazo, aunque se haya aceptado la muestra especial.
- Si se rechaza la muestra especial, no se autoriza el lote.
- Si se rechazan ambas muestras, no se autoriza el lote.

Con la tabla II-A de la norma IEC 410 o de la Norma ISO 2859-1, para la muestra general, se utilizará un AQL = 2.5 y para la muestra especial, se debe utilizar un AQL = 2.5.

4.2. Elaboración de informes y resultados del MEM

Al hacer los ensayos a la materia prima y a los accesorios, se deberá llevar una estadística representada por gráficas para la verificación de los estándares que permitan la detección de fallas en dichos materiales y accesorios y hacer la corrección respectiva en forma inmediata. Control de calidad recopilará y analizará la información y efectuará las publicaciones que sean necesarias para conocimiento y beneficio de la empresa.

El informe de la materia prima y los accesorios para el control calidad de la materia prima y accesorios debe contener:

- Nombre de la empresa
- Fecha de muestreo
- Cantidad de materia prima que se muestrea
- Muestra de láminas
- Cantidad de láminas de acero y accesorios defectuosas
- Cantidad de láminas de acero y accesorios dentro de las especificaciones
- Número de lote en que será producido el cilindro
- Acción correctiva

El Ministerio de Energía y Minas por medio de la Dirección General de Hidrocarburos, hace una inspección técnica del lugar, equipo e instalaciones, donde se pretende almacenar, fabricar y reparar los cilindros para envasar GLP, y el informe con las observaciones pertinentes para requerir al interesado que amplíe o modifique la información y documentación que contiene la solicitud; o bien, para denegar la solicitud o autorizar la licencia de importación y exportación.

4.3. Cronograma de actividades para la implementación de la propuesta

Al realizar los ensayos no destructivos, ensayo de dureza de Rockwell y el ensayo de prueba de corrosión, el inspector realizará la inspección de la materia prima y accesorios que detallará en sistema de control de calidad, para la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP.

Luego de terminar el producto final, en este caso un cilindro metálico portátil, es trasladado al laboratorio del Ministerio de Energía y Minas para ser inspeccionado como producto terminado.

Figura 23. Cronograma de actividades para la implementación de la propuesta

Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Verificación de normas y especificaciones de la materia prima y los accesorios				
Realización de ensayos en el laboratorio técnico en la materia prima y en los accesorios.				
Autorización de lotes a producir según resultados de la calidad de materia prima y los accesorios.				
Autorización de licencia por la Dirección General de Hidrocarburos del MEM.				

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL LA PROPUESTA

5.1. Indicadores de control de materias primas

Para el sistema de control de calidad se deben implementar indicadores de control, los cuales indiquen los defectos potenciales y mínimos que puedan encontrarse en la materia prima y los accesorios, para encontrar su causa y corregirla.

Por medio de los ensayos y pruebas aplicadas a la materia prima y los accesorios mencionados, se podrá establecer si la materia cumple con las especificaciones de calidad, para proceder a fabricar los cilindros metálicos portátiles para envasar GLP.

Al realizar el control estadístico, el cual verificará qué materia prima está dentro de las especificaciones por medio de las cartas de control, se podrá corregir cualquier defecto que se encuentre en la materia prima y en los accesorios.

Por medio del Reglamento Técnico Centroamericano, se podrá verificar y comparar las especificaciones técnicas que el proveedor de materias primas y accesorios ofrezca, para la fabricación de dichos cilindros.

5.1.1. Cantidad de lotes rechazados por medio del laboratorio del MEM

Con la inspección y pruebas o ensayos mencionados anteriormente y la materia prima utilizada en la fabricación de los cilindros metálicos portátiles, se evitará reprocesos y rechazos o detención de lotes producidos de cilindros que no cumplan con las especificaciones de calidad para su comercialización (ver anexo 7).

Es de mencionar que se toman al azar los cilindros metálicos portátiles; directamente del proceso de producción de las empresas fabricantes; regularmente se toman las muestras aproximadamente cada 2 semanas y el tamaño de muestra, generalmente es de 20 cilindros.

Si el lote es rechazado, se devuelve a la empresa, para su arreglo y posteriormente se vuelve a muestrear dicho lote, para verificar si los cilindros metálicos portátiles cumplen con las especificaciones de calidad aplicable. Si el análisis no es favorable, el Ministerio de Energía y Minas, por medio de la Dirección general de Hidrocarburos, no autoriza su comercialización hasta que cumpla con las especificaciones para dicha comercialización.

5.1.2. Asignación de defectos

Por medio de los ensayos mencionados que se hacen en el laboratorio de Energía y Minas, los defectos críticos que pueden presentarse en los cilindros metálicos para envasado de GLP, por la mala calidad de materia prima y los accesorios; no obstante también problemas en materiales de aporte, así como el proceso de soldadura son los siguientes:

- Defectos críticos de la materia prima y accesorios: dentro de los defectos críticos en la materia prima y accesorios que pueden presentarse en los cilindros metálicos portátiles para envasar GLP están los siguientes:
 - Porosidad, grietas, discontinuidad, fisuras en las planchas metálicas.
 - No cumplir con las especificaciones de espesor de lámina definidas para cada clase de cilindro.
 - No cumplir con las especificaciones del material de la lámina, definidas para cada clase de cilindro metálico portátil.
 - Que las válvulas no estén protegidas de cualquier acción externa mecánica o química que pueda ocasionar algún daño en ellas, durante su transporte y almacenamiento.
 - Que la válvula en el sistema neumático no soporte una presión interna de 2100 kPa. (303 psi) y con el mecanismo de apertura y cierre.
 - No tener las especificaciones de fabricación en el cuerpo de la válvula.
 - No cumplir con las especificaciones de las válvulas establecidas en el Reglamento Centroamericano RTCA 23.01.28:05.

- Defectos mayores en los cilindros
 - Relleno incompleto de soldadura, exceso de rebaba en la brida.

- Deformación en la rosca de la brida.
- No cumplir con las especificaciones de la brida con rosca tipo NGT 3/4" – 14 y que están establecidas en el Reglamento Centroamericano RTCA 23.01.28:05.
- Defectos menores en los cilindros:
 - Salpicaduras de soldadura, uniones no soldadas total o parcialmente en las soldaduras de cuellos y bases.
 - Poros que no afecten el material base del cuerpo en la zona de las soldaduras de cuellos y bases.
 - No cumplir con las especificaciones que el reglamento indica para el cuello protector y la base de sustentación.
 - No presentar el certificado de calidad del material, como lo indica el Reglamento Técnico americano, RTCA 23.01.28:05.

5.1.3. Análisis de resultados

Con base en la información estadística de controles de calidad de la materia prima y los accesorios, se podrá verificar qué materiales proporcionados por los proveedores serán los que se ajusten a las especificaciones requeridas para la fabricación de cilindros metálicos portátiles.

En el laboratorio de ensayos no destructivos del Ministerios de Energía y Minas, se llevan a cabo pruebas de radiografía industrial, pruebas de espesor de lámina, de hermeticidad y ruptura de recipientes, las cuales son registradas y de utilidad para el fabricante.

Con los ensayos y pruebas realizadas se detectarán los defectos que se presenten en la materia prima y en los accesorios, corrigiendo así las inconformidades en dicha materia prima; por lo que se establecerá qué proveedores están cumpliendo con las especificaciones de calidad establecidas y por ende seleccionar a los que sí cumplen con las especificaciones de calidad requeridas en dicha materia prima y accesorios.

5.2. Historial de las pruebas del laboratorio

Como parte de la mejora continua se actualizan las leyes y reglamentos, apegándose estrictamente a las normas internacionales de calidad, en la fabricación de cilindros metálicos; esto da lugar a los ensayos no destructivos. Es por ello que se lleva un control estadístico de los ensayos, los cuales son de utilidad para la materia prima y los accesorios; en el mismo se establece la calidad y la mala calidad del cilindro metálico portátil y la posible mala calidad de la materia prima.

Se llevará un control por empresa fabricante en donde, a través de las pruebas, se detallarán las fallas o defectos encontrados en la materia prima y accesorios, con el fin de asignar o determinar los problemas que puedan asignarle al proceso de fabricación y realizar las acciones correctivas necesarias para encontrar las solución a dichas fallas o defectos.

5.2.1. Análisis de resultados

Con los distintos ensayos y pruebas mencionadas, se determinarán los posibles fallos en la materia prima y en los accesorios, utilizando tres métodos los cuales son: visuales, superficiales, volumétricos.

Tabla XVII. **Características en la materia prima y sus accesorios**

MÉTODO	ENSAYO	EQUIPO NECESARIO	PUEDE DETECTAR	VENTAJAS	LIMITACIONES
VISUAL	Ninguno	Lente de aumento	Fisuras, irregularidades,	Fácil de usar, no requiere equipo especial	No se puede detectar su estructura interna
SUPERFICIAL	Líquidos penetrantes	Juego de envases de líquidos penetrantes y reveladores y lámpara con tubos fluorescentes.	Grietas superficiales no visibles al ojo. Excelente para localizar fugas en soldadura.	Aplicable a materiales magnéticos y no magnéticos, fácil de usar y bajo costo.	Sólo detectan defectos superficiales. No puede usarse en juntas calientes.
VOLUMÉTRICO	Radiografía	Equipo comercial de rayos x, área y equipo de revelado	Fallas o grietas interiores microscópicas, porosidad, cavidades, inclusiones metálicas, penetración incompleta, socavación en soldaduras.	Es un método de bajo costo para inspección interna, se obtiene registro permanente.	Requiere habilidad en escoger ángulos de exposición, operación, operación de equipo e interpretación de datos, precauciones de seguridad.
VOLUMÉTRICO	Medición de espesor por ultrasonido	Equipo de transmisión de ondas ultrasónicas	Medición de espesor de material desde un solo lado del material	Portátil, muy sensitivo, práctico en su uso.	Delicado en su manejo, limpieza esmerada para su funcionamiento.

Fuente: laboratorio del Ministerio de Energía y Minas.

5.2.2. Control de fallas

Al prevenir las fallas que se puedan generar, detectándolas con anterioridad, son básicamente todas aquellas actividades que conllevan a revisiones e inspecciones programadas, que pueden tener una consecuencia correctiva o de cambio, a través de un programa de actividades, entre las cuales se tenga una revisión previamente establecida.

Es necesario un análisis estadístico detallado de cada una de las actividades y del estricto cumplimiento de estas; el control de calidad ayuda a comprobar que lo planeado se está llevando a cabo; en caso de que se presente una anomalía, esta se puede corregir.

6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Revisión ambiental inicial

La revisión inicial ambiental permite conocer los impactos ambientales de la organización, información que resulta básica para el posterior establecimiento y fundamentación de su política ambiental, determinar las relaciones e interacciones de la organización con el medio ambiente y proporcionar antecedentes necesarios a partir de los cuales puedan medirse las mejoras ambientales futuras, para dar inicio a una Implementación de un sistema de gestión ambiental bajo la norma 14001, para la certificación de una organización.

En términos físicos, el origen de la contaminación se explica por la ley de la entropía, en la que la energía tiende a degradarse, de energía útil a energía no aprovechable. La relación que se establece entre la energía útil que sale de un convertidor respecto de la que ingresó, es siempre inferior a uno.

En los términos del enfoque ecosocial, la contaminación del ambiente tiene su origen en problemas sistémicos, que se manifiestan, por una parte, mediante los flujos de bienes y servicios ambientales, hacia la producción económica o hacia el consumo directo, y por otra, debido a que los residuos generados por el consumo y la producción fluyen hacia el ambiente y causan las interrelaciones entre el subsistema ambiental y social, que derivan en los impactos de la calidad del ambiente natural sobre la salud humana y el funcionamiento de los ecosistemas.

Los productos que se fabrican en CILCASA, son cilindros para transporte del gas licuado de petróleo (GLP); los cilindros se fabrican en distintos tamaños con una capacidad desde 4.5 Kg. (10 lb.) hasta una capacidad de 45.4 Kg. (100 lb.) de propano comercial.

6.1.1. Situación ambiental actual

El manejo inadecuado de los desechos sólidos es uno de los problemas ambientales urbanos más severos que enfrenta Guatemala. La cantidad de desechos que se depositan diariamente en el botadero de la ciudad de Guatemala se estima en 900 toneladas diarias, que provienen de los municipios de Guatemala, Mixco, Chinautla, Palencia, San José Pinula, Santa Catarina y la parte norte de Villa Nueva, según datos de la municipalidad de Guatemala.

Las actividades de producción y el ambiente constituyen los actores principales del proceso económico de producción, distribución y consumo, cuya característica principal es el uso de materiales como materia prima dentro del proceso de producción y entre la generación de residuos sólidos, como resultado del consumo realizado dentro de este mecanismo.

Según lo expuesto, debido a que la contaminación tiene su origen en problemas sistémicos, el ambiente funciona como un bien libre y de uso común, que se va deteriorando progresivamente, al ser utilizado como receptor de residuos.

Los residuos sólidos se generan más en la industria y constituyen un problema ambiental crítico en la sociedad.

Parte de la solución está en minimizar los efectos adversos ocasionados por la disposición indiscriminada de los residuos, sobre todo, los peligrosos. Sin embargo, la solución al problema todavía no cuenta con la voluntad política ni el compromiso de las autoridades, como lo expone un estudio reciente del Programa Regional de Manejo de los Desechos Sólidos (PREMADES, 2006).

Según la EPA (1990), los residuos industriales son aquellos generados en la actividades de las diferentes ramas industriales, tales como manufactura, minería, química, energética, pesquera y otras similares. Estos residuos se presentan como lodos, cenizas, escorias metálicas, vidrios plásticos, cartón, madera, fibras, plásticos papel, cartón, madera y fibras, que generalmente se encuentran mezclados con sustancias alcalinas, ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo a los llamados residuos peligrosos.

Residuo no peligroso es aquel que no representa un riesgo para la salud como por ejemplo: maderas, plásticos, vidrios, chatarras, entre otros; en estos grupos también están los reciclables y no reciclables:

- Residuos reciclables: son aquellos sobre los cuales se realizan procesos físicos y químicos para valorizar el residuo y que este tenga un uso definido, por ejemplo: cuando las chatarras se funden para obtener nuevamente metal.
- Residuos no reciclables: son aquellos sobre los cuales no se realiza ningún tipo de tratamiento. Estos son enviados a relleno sanitario; por ejemplo, algunos tipos de plásticos.

6.1.2. Problemática detectada

Al evaluar el manejo inadecuado de los desechos sólidos que es uno de los problemas ambientales urbanos más severos que enfrenta Guatemala, el propósito es identificar los aciertos y desaciertos que han sido determinantes en el éxito o fracaso de los proyectos sobre manejo de desechos sólidos en Guatemala, los cuales son:

- La principal debilidad es no crear capacidades propias para el manejo de los desechos y están sujetas al acompañamiento institucional de una institución cooperante que brinde apoyo.
- La voluntad política y el compromiso de las autoridades es un factor determinante en este tipo de fabricación. Cuando planifican, ciertas empresas no priorizan el manejo de los desechos.
- Algunas empresas no dedican una asignación presupuestaria acorde al tipo de proyecto que se implementa y desconocen los costos de operación y mantenimiento de sus proyectos.
- La ausencia de un plan a largo plazo y un reglamento que dicte las pautas y directrices de la gestión empresarial, es una constante en el país. No existe una visión ni objetivos del tipo de manejo que se desea para él.
- La falta de políticas y estrategias definidas sobre el manejo de los desechos sólidos a nivel nacional, sumada a la ausencia de planes y programas de entrenamiento y capacitación al personal encargado; la ausencia de tarifas acordes a los tipos de desechos generados, así como la falta de una cultura de pago de servicios por parte de la población, y la

falta de planes de educación enfocados a la promoción de la participación activa de la población, son otros factores que inciden negativamente en la solución del problema de la basura a nivel nacional.

6.1.2.1. Identificación de aspectos ambientales

La industria es un factor decisivo del desarrollo y viene dado por el crecimiento rápido de la productividad y de la población, dando lugar a transformaciones sociales importantes como la urbanización.

El manejo de desechos y su separación involucra las actividades relacionadas con su manejo, desde que se producen, hasta que se colocan en el almacenamiento de contenedores. El manejo también incluye el movimiento de contenedores con carga hasta el punto de transporte.

La separación de los componentes de los desechos es un paso importante en el manejo y almacenamiento de estos en la fuente. Los desechos sólidos, como materia residual de las transformaciones productivas realizadas por el ingenio humano, se presentan hoy como un reto en cuanto a su disminución y disposición final.

Es necesario un mercado confiable y cercano para los materiales recuperados, con el fin de tener un programa de reciclaje satisfactorio.

Adicionalmente, los programas de reciclaje requieren una infraestructura de recolección y procesamiento que permita un abastecimiento confiable y consistente de material recuperado para los fabricantes.

Las normas y regulaciones se han presentado en dos niveles: nacional y municipal. En el plano nacional, existen tres códigos: salud, civil y municipal,

dos leyes, tres acuerdos gubernativos y dos convenios internacionales que se vinculan con el tema de desechos sólidos.

6.2. Política ambiental

El objeto social es el uso de la tecnología para el saneamiento ambiental, el desarrollo de todo tipo de actividades lícitas que promuevan la descontaminación del ambiente; para este fin se hará uso de modelos tecnológicos innovadores para la disposición, el reciclaje y la elaboración de subproductos a partir de desechos de cualquier naturaleza que hoy en día y en el futuro sean susceptibles de contaminar el medio ambiente. Se basa en los siguientes aspectos:

- El compromiso de cumplir con toda la legislación ambiental aplicable a sus procesos, proyectos, actividades y operaciones en el marco de misión institucional.
- El compromiso de minimizar los impactos ambientales por medio de un programa de mejora continua y una adecuada planificación, orientada hacia la obtención de un mejoramiento objetivo de la calidad de vida de la población.
- La prevención adecuada de los impactos ambientales no deseables y la potenciación de los impactos positivos causados por los proyectos, las obras o las actividades propias de nuestra misión y en la promoción de la responsabilidad compartida de todos los actores involucrados.

6.2.1. Misión y objetivos ambientales

- Misión ambiental: construir cilindros metálicos portátiles para contener GLP sin dañar el medio ambiente en el aprovechamiento de los materiales y residuos así como la responsabilidad en el cumplimiento de las leyes y reglamentos del país.

- Objetivos ambientales:
 - Crear programas para el aprovechamiento de desechos en la manufactura de cilindros metálicos portátiles que prevengan la contaminación de medio ambiente.

 - Utilizar los recursos tecnológicos para el reciclaje de los desechos, para aplicarlos en otras materias primas en la industria.

 - Prevenir que los residuos y los desechos sólidos expongan la salud y el ambiente en la fabricación de los cilindros metálicos portátiles.

 - Cumplir con las leyes y reglamentos que se aplican en la fabricación de los cilindros para la protección del medio ambiente.

6.2.2. Requisitos legales

El artículo 45 de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Decreto número 109-97, establece que en la planificación y operación de proyectos de refinación, transformación y la cadena de comercialización de petróleo y productos petroleros, se deben acatar las leyes sobre protección ambiental.

6.2.2.1. Reglamentos específicos

En el Programa de Naciones Unidas, para el Medio Ambiente (PNUMA) en su marco institucional para la protección ambiental, quedó establecido el marco general para la protección ambiental, al crearse la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), cuya función primordial es asesorar y coordinar todas las acciones tendientes a la formulación de la política nacional ambiental y propiciar su aplicación a través de los distintos ministerios de Estado, dependencias autónomas, semiautónomas y descentralizadas gubernamentales, así como municipales y del sector privado del país (Art. 20, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente).

Es importante resaltar que, aunque CONAMA es la entidad rectora del ambiente en Guatemala, la legislación ambiental dispersa en el ordenamiento jurídico, le da competencia dentro de la gestión ambiental, a otras entidades gubernamentales.

6.2.2.2. Legislación aplicable a la organización

Según Acuerdo Gubernativo 700-97, del 10 de septiembre de 1997, se crea una comisión interinstitucional de carácter asesor al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en materia de gestión de desechos sólidos, cuyo objetivo es monitorear el buen manejo de los desechos sólidos.

En el artículo 1, en dicho acuerdo, se refiere a: promover, asesorar y coordinar todas las acciones emprendidas a nivel nacional en materia de desechos sólidos, tanto por el sector público, como por el sector privado.

6.3. Medidas de mitigación y vigilancia ambiental

Desde el punto de vista de gobierno, el ente rector en el tema de control de contaminación por desechos sólidos es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

En la actualidad, la comisión interinstitucional está integrada por: el Ministerio de Ambiente, el Ministerio de Salud, el INFOM, la Asociación Nacional de Municipalidades, el CACIF, la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria de la USAC, el INGUAT, la Autoridad del Lago de Amatitlán y SEGEPLAN.

6.3.1. Medidas de mitigación

Uno de los grandes avances respecto del tema de los desechos sólidos es la aprobación, en abril del 2005, de la Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos, a través del Acuerdo Gubernativo 111-2005. Dicha política, concebida con una visión de 15 años, establece una serie de acciones y programas que buscan alcanzar el eficiente manejo de los desechos sólidos en el país, y tener un impacto positivo en los ámbitos político institucional, social, económico, ambiental y salud.

Crear un sistema de gestión ambiental basado en las Norma ISO 14000, deberá, diseñarse, aplicarse y mantenerse de modo que se garantice, a través de medidas organizativas y procedimientos adecuados, la realización de las siguientes funciones:

- Política, objetivos y programas ambientales
- Organización y personal

- Impactos ambientales
- Control operativo
- Registros de documentación sobre gestión ambiental
- Auditorías ambientales

6.3.2. Aplicación de las medidas de mitigación

Deberán ajustarse a los lineamientos, leyes y disposiciones que sobre el tema tenga el ordenamiento jurídico de la República de Guatemala, sustentado primariamente en la Ley de Protección al Medio Ambiente –Decreto 68-86- su reglamento, y demás leyes relacionadas.

Los instrumentos de evaluación ambiental se presentarán de manera obligatoria y de acuerdo con el formato de requerimiento para este tipo de proyectos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Los equipos, maquinarias, materiales que se utilizarán en el proyecto cumplirán con las especificaciones técnicas de control del fabricante, que incluye pruebas e inspecciones.

Estos deberán contar con certificados de conformidad o registros de mantenimiento.

La empresa deberá contar con un supervisor ambiental y de seguridad industrial durante la producción; el personal involucrado en el proyecto estará capacitado en temas de salud e higiene ocupacional de acuerdo con los reglamentos mencionados.

Un aspecto importante respecto de la prevención, lo constituye la capacitación y entrenamiento necesarios al personal responsable de la ejecución de las medidas de manejo, de tal manera que le permita cumplir con éxito las labores encomendadas y de cualquier aspecto relacionado con la aplicación de la normatividad ambiental vigente.

6.3.3. Programa de vigilancia y control ambiental

El programa de vigilancia y control ambiental permitirá la evaluación periódica, integrada y permanente de la dinámica de las variables ambientales, tanto de orden biofísico como socioeconómico, con el fin de suministrar información precisa y actualizada para la toma de decisiones, orientadas a la conservación de los recursos naturales y el medio socioeconómico en el área de influencia del proyecto.

Dentro de la estructura, la política marco de Guatemala en el área de la política para la gestión de la calidad establece:

- Eje de prevención ambiental: la gestión ambiental preventiva se orienta a evitar que en el futuro se produzcan situaciones similares. Se trata de no cometer de nuevo los errores del pasado, a modo de evitar los gastos de recursos que normalmente significa revertir condiciones críticas (Guías para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local. ILPES, SEGEPLAN).
- Eje de restauración ambiental: la gestión ambiental restauradora, intenta componer o recuperar ciertas degradaciones ambientales históricas, sobre todo cuando ponen en peligro de manera significativa la salud y el bienestar de las personas, o el desarrollo de ciertas actividades

productivas o de servicios (como el turismo); en general, se trata de volver a poner ciertos recursos o aptitudes del medio ambiente en condiciones de ser utilizados para el desarrollo (Guías para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local. ILPES y SEGEPLAN).

- Eje de evaluación, control y seguimiento ambiental: el seguimiento ambiental, en general, tiene por objetivo seguir la evolución del ambiente desde las condiciones iniciales del ambiente, pasando por las fases de construcción, operación y abandono de la actividad. El control ambiental, se aplica sobre todo al cumplimiento de las medidas de mitigación, protección y mejoramiento comprendidos en un proyecto (Guías para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local, ILPES, SEGEPLAN). Dicho programa permitirá la verificación del cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas y emitirá periódicamente información a las autoridades y entidades pertinentes, acerca de los principales logros alcanzados en el cumplimiento de las medidas ambientales, o en su defecto, de las dificultades encontradas para analizar y evaluar las medidas correctivas correspondientes.

Así como en el cumplimiento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos Decreto número 109-97 y su reglamento Acuerdo Gubernativo 522-99, en el capítulo IV, artículo 45, que en la legislación aplicable, en la planificación y operación de proyectos de refinación, transformación y la cadena de comercialización de petróleo y productos petroleros, se deben acatar las leyes sobre protección ambiental (ver anexo 8).

En las publicaciones anuales de la nómina de productos, se deberá actualizar según las leyes y normas en la protección del medio ambiente, así

como las propiedades físicas químicas de los productos petroleros y por ende la cadena comercialización, con el propósito de proteger la vida y el ambiente.

CONCLUSIONES

1. La falta de control de calidad en las especificaciones de la materia prima y accesorios utilizados en la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, genera deficiencias en la fabricación del cilindro eficiente y eficaz, elevando el riesgo de no cumplir con las pruebas y requisitos de calidad, establecidos para su comercialización.
2. Los ensayos no destructivos son pruebas para detectar defectos superficiales, volumétricos y visuales en la materia prima metálica para la fabricación de los cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, los cuales al ser llevados por controles estadísticos, esto permitirá hacer las correcciones pertinentes al encontrarse algún defecto, cumpliendo así con las especificaciones y reglamentos de calidad, aplicados en la fabricación de cilindros.
3. Todos los ensayos y pruebas aplicadas a la materia prima y a los accesorios para la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, son llevados por cartas de control de calidad para minimizar el riesgo de defectos, por lo que se utilizan gráficas donde se indican los límites de control, las cuales se comparan con las especificaciones y normas establecidas en la materia prima y en los accesorios para fabricación de dichos cilindros.

4. La deficiente selección de proveedores que cumplan con estándares de la calidad en materias primas y accesorios para la fabricación de cilindros metálicos portátiles para contener GLP, genera un impacto negativo en los costos de operación; además, debilita la posibilidad de controlar técnicamente la calidad de dicho cilindro.

5. Al retenerse un lote por rechazo por no pasar el control de calidad del Ministerio de Energía y Minas por medio de la Dirección General de Hidrocarburos, no se podrá comercializar, generando pérdidas económicas considerables por cada día de retención, hasta que se corrijan los defectos en dicho cilindro; por tal razón es necesario que se estandaricen controles de calidad en la materia prima por medio de los ensayos y pruebas mencionadas.

6. Al crear un plan ambiental se podrá mitigar la falta de control en la generación de los desechos sólidos de la materia prima e insumos que se utilizan en la construcción de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP; por lo que se tendrá el manejo adecuado de los desechos generados en la fabricación en dichos cilindros.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar un sistema de control de calidad en la materia prima y en los accesorios, para evitar pérdidas tanto económicas como de materiales y accesorios que se utilizan para fabricar los cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, y poder así fabricar un cilindro con las especificaciones y normas de calidad requeridos en dicho cilindro.
2. Desarrollar ensayos no destructivos, así como la prueba mecánica y del ensayo por corrosión, para prevenir defectos en las láminas de acero, antes del proceso de fabricación de los cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, que conlleven a los rechazos de los mismos.
3. Realizar una base estadística para detectar, los posibles defectos en los materiales y/o accesorios (material metálico y válvulas) y poder controlar y/o corregir los defectos potenciales en el proceso de producción de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP.
4. Es necesario que todos los proveedores presenten las certificaciones de la materia prima para comparar las especificaciones del producto, con lo requerido por el Reglamento Técnico Centroamericano aplicable en cuanto a la fabricación de cilindros metálicos portátiles para envasar GLP, y poder seleccionar a los mejores proveedores que tengan productos de calidad.
5. Es importante enfatizar que se supervise y se vele por el cumplimiento de las leyes, normas, reglamentos del Ministerio de Energía y Minas en

la materia prima y accesorios, para evitar rechazos y por ende pérdidas económicas considerables a las empresas fabricantes de cilindros metálicos portátiles.

6. Es necesario que la empresa se comprometa con la política, objetivos y la misión establecidos en la creación del plan ambiental, así como la vigilancia en el cumplimiento de las leyes y normas aplicadas a la misma, lo cual llevará a un manejo adecuado en los desechos sólidos generados en la fabricación de los cilindros metálicos.

BIBLIOGRAFÍA

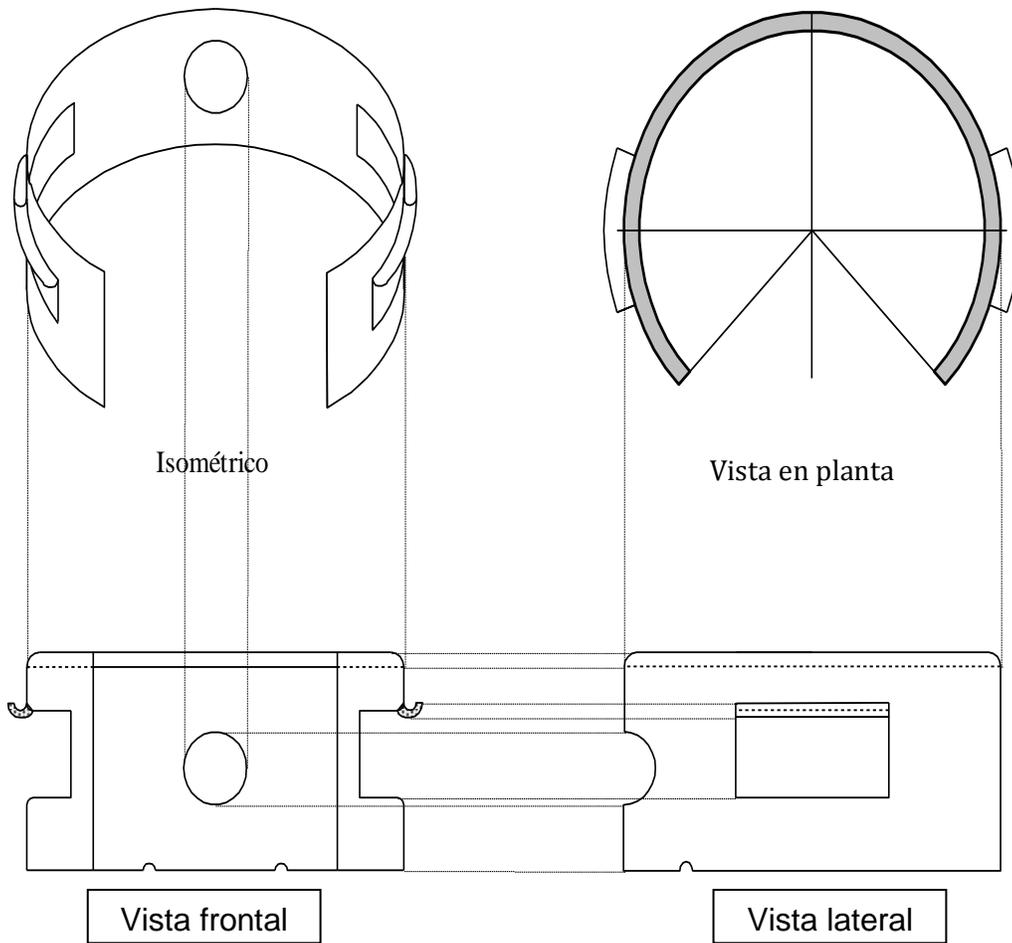
1. ARRIAZA GARCÍA, Ángel Arnoldo. *Diagnóstico y rediseño de los procesos de fabricación de cilindros en CILCASA, en relación al Reglamento Centroamericano RTCA 23.01.29:05*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 76 p.
2. Consejo de Ministros de Integración Económica. *Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05*. Guatemala: COGUANOR, 2005. 45 p.
3. EVANS, James R; LINDSAY, William M. *Administración y control de la calidad*. 6a ed. México: Thomson, 2005. 455 p.
4. GUATEMALA. Congreso de la República, *Ley de Comercialización de Hidrocarburos: Decreto Número 109-97 y su Acuerdo Gubernativo 522-99*, 2007. 45 p.
5. _____. *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*. Decreto Número 68-86. Guatemala: Congreso de la República 1986. 14 p.
6. GUTIÉRREZ MIRANDA, Oliver Antonio. *Diseño e implementación de un sistema de calidad de un proceso de inspección no destructiva utilizado, en análisis de cilindros de gas licuado de petróleo en la Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas*.

Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 299 p.

7. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad* 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005, 420 p. ISBN 970-10-4877-6.
8. SALATINO DÍAZ, Fabián Eduardo. *Diagnóstico y rediseño del laboratorio de análisis de ensayos no destructivos del Ministerio de Energía y Minas, a través del Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 155 p.
9. TORRES GARCÍA, Julio César. *Manual técnico para mediciones de productos petroleros en tanques atmosféricos verticales*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 126 p.

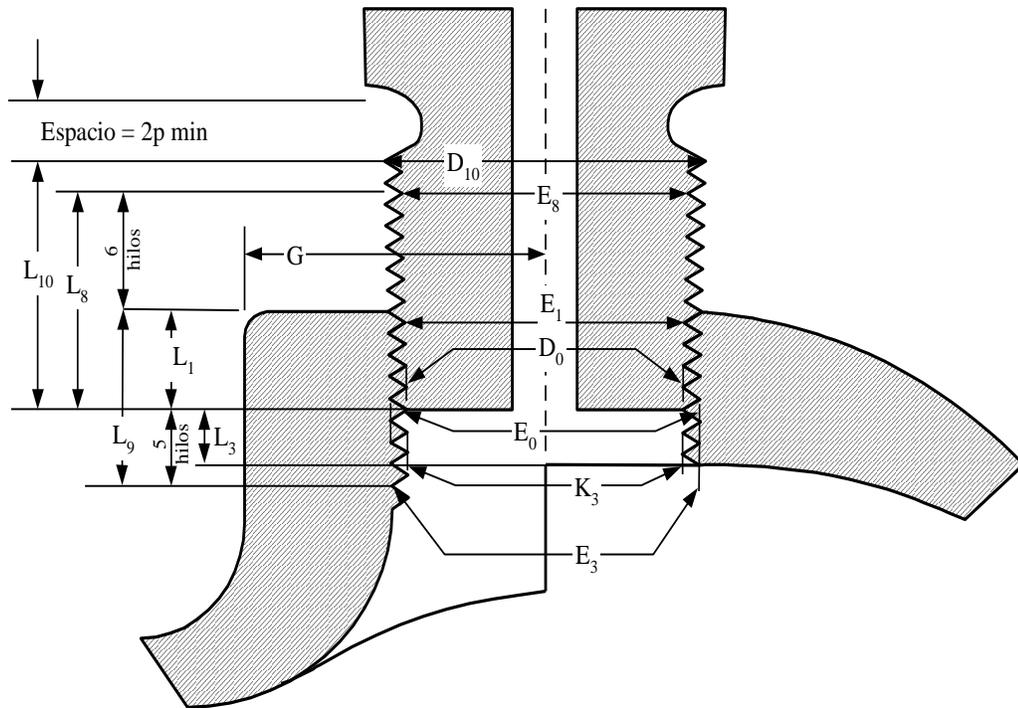
ANEXOS

Anexo 1. Cuello protector de la válvula



Fuente: Reglamento Centroamericano RTCA 23.01.29:05. p. 22.

Anexo 2. Rosca hembra para la válvula de acople $\frac{3}{4}$ NGT - 14



Fuente: Reglamento Centroamericano RTCA 23.01.29:05. p. 26.

Anexo 3. **Especificaciones particulares**

De acuerdo con el Reglamento Centroamericano RTCA 23.01.29:05 (2005), para cilindros con diámetro externo mayor de 15,24 cm (6 pulgadas), el espesor de pared mínimo debe ser 2,28 mm (0,090 pulgadas) y en cualquier caso, el espesor de pared mínimo debe ser tal, que el esfuerzo de pared calculado a la presión de prueba mínima (dos veces la presión de diseño), no debe exceder los siguientes valores:

- 157 200 kPa (28 000 psi) para cilindros con soldadura longitudinal de cobre o aleación de plata.
- 124 106 kPa (18 000 psi) para cilindros con soldadura longitudinal traslapada.
- El esfuerzo es determinado con la fórmula siguiente:
$$E = [P(1,3 D^2 + 0,4 d^2)] / (D^2 - d^2)$$

Donde:

E= Máximo esfuerzo a la tensión, en kPa.

P= Presión de prueba mínima prescrita para prueba con camisa de agua o 3 103 kPa (450 psi), el que sea mayor

D= Diámetro externo, en centímetros

d= Diámetro interno, en centímetros

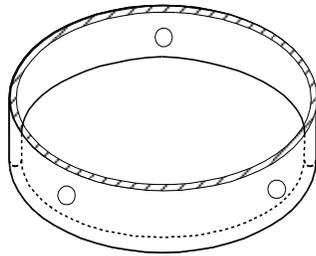
El espesor efectivo de los casquetes, medido en cualquier punto de ellos, debe ser mayor o igual que el 90 % (2,05 mm) del espesor mínimo del material.

Anexo 4. **Factores para la construcción de las cartas de control**

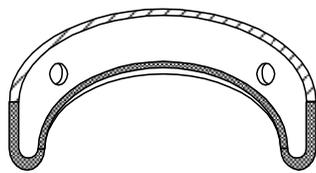
Tamaño de la muestra, n	Carta X	Carta R		Estimación
	A2	D3	D4	d2
2	1.88	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.97
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	3.336
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	0.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.608	3.64
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.18	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931

Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. Calidad total y productividad. p. 320.

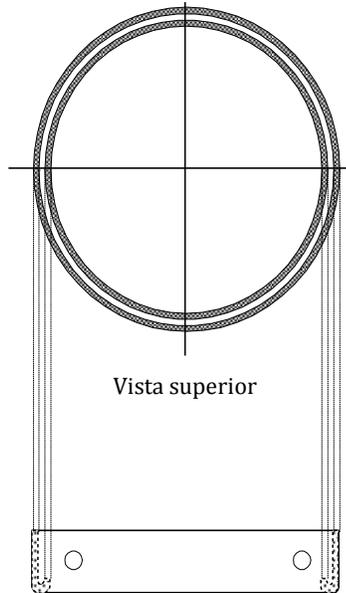
Anexo 5. **Base de sustentación del cilindro**



Isométrico



Sección transversal



Vista superior

Vista frontal

Fuente: Reglamento Centroamericano RTCA 23.01.29:05. p. 22.

Anexo 6. **Informes de resultados de las pruebas del laboratorio del MEM**

Informe de inspección no destructiva y destructiva en cilindros GLP

FECHA:
16/03/2011
INFORME No. LEND-01
Pág. No. 1/3

REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESORES

CLIENTE: Fabricante xx CAPACIDAD DE LOS CILINDROS: 25 lbs.

TAMAÑO DE MUESTRA: 8 CILINDROS DE GLP PROCEDIMIENTO: ULTRASONIDO

No.	NÚMERO DE CILINDRO	ESPESOR DE PARED (mm)		A/R
		CASQUETE SUPERIOR	CASQUETE INFERIOR	
1.	109687	2.08	2.10	A
2.	109337	2.07	2.08	A
3.	109009	2.10	2.10	A
4.	110777	2.10	2.05	A
5.	110523	2.09	2.08	A
6.	109943	2.07	2.08	A
7.	109124	2.08	2.10	A
8.	110443	2.07	2.08	A

A = ACEPTADO

R = RECHAZADO

RESULTADOS: se realizaron mediciones de espesor de lámina en cada cilindro-muestra (casquete inferior y casquete superior), cuyos valores en su totalidad son mayores al mínimo espesor de pared recomendado por el reglamento RTCA 23.01.29:05, el cual es de 1.98 mm. En la tabla se encuentran los valores más bajos de espesor encontrados en cada componente analizado.

Continuación del anexo 6.

INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL

FECHA: 16/03/2011
 INFORME No. LEND-01
 Pág. No. 2/3

CLIENTE: <u>Fabricante xx</u>				EQUIPO: TUBO DE RAYOS X GILARDONI					
CAPACIDAD: 25 Lbs.				MUESTRA: 8 CILINDROS DE GLP					
No.	CILINDRO NÚMERO	DISCONTINUIDAD							A/R
		FT	FL	FF	FP	SO	PO	ES	
1.	109687								A
2.	109337								A
3.	109009								A
4.	110777								A
5.	110523								A
6.	109943					X			R
7.	109124								A
8.	110443								A

FT = FISURA TRANSVERSAL	PO = POROSIDAD
FL = FISURA LONGITUDINAL	ES = ESCORIA
FF = FALTA DE FUSIÓN	A = APROBADO
FP = FALTA DE PENETRACIÓN	R = RECHAZADO
SO = SOCAVADO	

RESULTADOS: luego de haber realizado la inspección radiográfica en los 8 cilindros muestra, se determinó que uno de estos cilindros presentaba una socavadura en un segmento de la soldadura circunferencial.

Fuente: Laboratorio del Ministerio de Energía y Minas.

Anexo 7. Criterios de aceptación o rechazos de los cilindros metálicos portátiles contenedores de GLP

Lot or batch size			Special inspection levels				General inspection levels		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	to	8	A	A	A	A	A	A	B
9	to	15	A	A	A	A	A	B	C
16	to	25	A	A	B	B	B	C	D
26	to	50	A	B	B	C	C	D	E
51	to	90	B	B	C	C	C	E	F
91	to	150	B	B	C	D	D	F	G
151	to	280	B	C	D	E	E	G	H
281	to	500	B	C	D	E	F	H	J
501	to	1200	C	C	E	F	G	J	K
1201	to	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	to	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	to	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	to	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	to	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001		and over	D	E	H	K	N	Q	R

Anexo 8. **Capítulo único de protección del medio ambiente**

ARTÍCULO 44. Calidad de los combustibles. En las especificaciones de calidad del aceite combustibles para motores diesel, para uso automotriz, el contenido de azufre en ningún caso debe exceder las cinco décimas por ciento en masa; el contenido de agua y sedimento no debe exceder las cinco centésimas en porcentaje en volumen y la temperatura máxima al recuperar el noventa por ciento de su destilación no debe exceder los trescientos cincuenta grados centígrados; para las gasolinas de uso automotriz, el contenido de azufre no debe exceder las quince centésimas en porcentaje en masa y el contenido del plomo no debe exceder las trece milésimas de gramo por litro. En las publicaciones anuales de las nóminas de productos, la dirección debe actualizar los valores de estas y otras sustancias, así como las propiedades físico-químicas de los productos petroleros, con el propósito de proteger la vida y el ambiente.

ARTÍCULO 45. Legislación aplicable. En la planificación y operación de proyectos de refinación, transformación y la cadena de comercialización de petróleo y productos petroleros, se deben acatar las leyes sobre protección ambiental.

Fuente: Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Decreto número 109-97. p. 11.