



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

MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE COMBUSTIBLE GILBARCO SERIE C

Pedro Rodrigo Cordón Posadas

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE
COMBUSTIBLE GILBARCO SERIE C**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PEDRO RODRIGO CORDÓN POSADAS

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

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	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Osmar Omar Rodas Mazariegos
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE COMBUSTIBLE GILBARCO SERIE C

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha noviembre de 2010.

Pedro Rodrigo Cordón Posadas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE COMBUSTIBLE GILBARCO SERIE C, del estudiante **Pedro Rodrigo Córdón Posadas** procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, octubre de 2011

JCCP/behde

Guatemala, 6 de julio de 2011

Ingeniero
Julio César Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

A través de la presente deseo informar que asesoré al estudiante Pedro Rodrigo Cordón Posadas, con número de carné 2000-10729, cursante de la carrera de Ingeniería Mecánica, durante la elaboración del trabajo de graduación titulado: **“MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE COMBUSTIBLE GILBARCO SERIE C”**.

Por lo anterior, me hago corresponsable de la realización del mismo.

Atentamente,


INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

F) _____
Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Colegiado 3,071

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor del trabajo de graduación titulado, **MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE COMBUSTIBLE GILBARCO SERIE C**, del estudiante **Pedro Rodrigo Cerdón Posadas**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, julio de 2011.

/behdei.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE COMBUSTIBLE GIBARCO SERIE C**, presentado por el estudiante universitario **PEDRO RODRIGO CORDÓN POSADAS**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2011

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mi familia

Ana, mi madre, quien con su cariño, devoción y excelente ejemplo me dirigió siempre a través del camino correcto.

Luis, mi padre, quien con sus consejos y ejemplo me enseñó que nunca hay que dejar de atreverse a soñar.

Luis, mi hermano y amigo, que siempre ha influenciado en mis decisiones y vida.

Mi esposa

Joanne, mi compañera de vida, quien me inspiró día a día y me brindó ese último impulso para culminar mi carrera.

Mi abuela

Marina (q.e.p.d.), por su excelente ejemplo de fortaleza y absoluta devoción a su familia.

Mis amigos

Sin tener necesidad de mencionar nombres ellos saben quiénes son: los de siempre, los que jamás me han negado su apoyo y en los que confío ciegamente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
GLOSARIO	III
RESUMEN.....	VII
OBJETIVOS.....	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. GENERALIDADES DE LOS COMBUSTIBLES	1
1.1. Gasolina.....	1
1.1.1. Origen	1
1.1.2. Composición	2
1.1.3. Hoja de especificaciones técnicas	2
1.1.4. Proceso de refinamiento	5
1.2. Diesel.....	6
1.2.1. Origen	6
1.2.2. Composición	7
1.2.3. Hoja de especificaciones técnicas	7
1.2.4. Proceso de refinamiento	9
2. GENERALIDADES DEL MEDIDOR GILBARCO SERIE C.....	11
2.1. Aplicación del medidor.....	11
2.2. Diseño y construcción.....	12
2.3. Funcionamiento del mecanismo interno de medición	14
2.4. Normativa	17
2.4.1. ISO 9000 Gestión de calidad	17
2.4.2. ISO 14000 Gestión medioambiental	19

3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN.....	21
3.1.	Mantenimiento del medidor	21
3.1.1.	Frecuencia de mantenimiento preventivo	21
3.1.2.	Lubricación y limpieza.....	26
3.1.3.	Reparación de averías del medidor	30
3.2.	Calibración del medidor	32
3.2.1.	Herramientas y equipo.....	32
3.2.2.	Normas y unidades.....	35
3.2.3.	Proceso de calibración y variables a considerar	36
4.	EJEMPLOS DE CALIBRACIÓN	43
4.1.	Ejemplo 1.....	45
4.2.	Ejemplo 2.....	53
4.3.	Ejemplo 3.....	57
	CONCLUSIONES.....	63
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Hoja de especificaciones técnicas para gasolinas.....	4
2.	Hoja de especificaciones técnicas para diesel	8
3.	Medidor Gilbarco serie C desmontado	12
4.	Diagrama de sección horizontal del medidor Gilbarco serie C	15
5.	Formato de hoja de mantenimiento de medidores	25
6.	Ilustración de filtro y colador de rejillas.....	27
7.	Aplicación de película de aceite al filtro previa a su instalación	29
8.	Medidor volumétrico patrón marca <i>Seraphin</i>	34
9.	Sistema de calibración de ajustes del medidor	39
10.	Rueda de ajustes del medidor con seguro y marchamo.....	41
11.	Medición del volumen dentro del <i>Seraphin</i> después de la primera corrida en el ejemplo 1	47
12.	Medición del volumen dentro del <i>Seraphin</i> después de calibración en el ejemplo 1	49
13.	Forma correcta de instalar el seguro y el marchamo al finalizar la calibración del medidor.....	51
14.	Lectura del volumen despachado según el totalizador mecánico al final de la calibración	52
15.	Método correcto de utilización del <i>Seraphin</i>	54
16.	Lectura del panel electrónico de la bomba dispensadora mostrando el volumen despachado.....	55
17.	Lectura del volumen dentro del <i>Seraphin</i> después de la segunda corrida en el ejemplo 3	58

18. Lectura del volumen dentro del *Seraphin* después de
calibración en el ejemplo 3..... 60

GLOSARIO

Calibración	Procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que debiera indicar de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido.
Corrida	Cantidad de galones despachados en cada muestra del proceso de calibración.
Diesel	Combustible derivado del petróleo utilizado en motores de ignición por compresión.
Eje de transmisión	Objeto axisimétrico especialmente diseñado para transmitir potencia.
Exactitud	Capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real.
Filtro de combustible	Dispositivo utilizado para retener las impurezas contenidas en el combustible.
Gasolina	Hidrocarburo derivado del petróleo utilizado como combustible en la mayoría de automotores con motor de combustión interna.

Hidrocarburo	Cualquier combinación de los elementos carbono e hidrógeno. También puede ser cualquier derivado del petróleo.
Hidrotratamiento	Término utilizado en la industria petroquímica distintos tratamientos con el hidrógeno.
Índice de cetano	Indica la relación de tiempo en que un combustible inicia la combustión.
ISO 9000	Designa un conjunto de normas sobre calidad y gestión continua de calidad, establecidas por la Organización Internacional de Normalización.
Leva	Elemento mecánico que va sujeto a un eje y tiene un contorno con forma especial.
Lubricación	Proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra.
Mantenimiento	Cualquier actividad necesaria para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones.
Marchamo	Tipo de etiqueta cuya característica principal es que no se puede reutilizar una vez removida.

Material Safety Data Sheet

Documento que indica las particularidades y propiedades de una determinada sustancia para su adecuado uso.

Medidor

Instrumento utilizado para medir la transferencia de un volumen de combustible.

Mojado

Proceso de preparación del *Seraphin* previo a la primera corrida de combustible.

Octanaje

Escala que mide la capacidad antidetonante del combustible a detonar cuando se comprime dentro del cilindro de un motor.

Pistón

Émbolo que se ajusta al interior de las paredes de un cilindro.

Precisión

Capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

Queroseno

Líquido transparente que se tiene de la destilación del petróleo y es utilizado como combustible en motores de reacción y turbinas de gas.

Seraphin

Dispositivo utilizado para comprobar la precisión del volumen despachado por un medidor de combustible

Solenoides	Cualquier dispositivo físico capaz de crear una zona de campo magnético uniforme.
Tolerancia	Capacidad de un sistema de seguir en funcionamiento aún en caso de producirse algún fallo.
Totalizador	Dispositivo que registra la cantidad de galones despachados por una dispensadora.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene información requerida para el correcto y prolongado funcionamiento del medidor volumétrico de combustible Gilbarco serie C. Se describirá su funcionamiento, los componentes del mecanismo interno de medición y se describirá una propuesta de mantenimiento del mismo, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y cumpliendo con las leyes y regulaciones del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala.

Las rutinas de mantenimiento escritas en este trabajo incluyen desde inspecciones periódicas, mantenimiento preventivo, reparación de averías y procedimientos de calibración. El Ministerio de Energía y Minas en su Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Capítulo VIII, Artículo 37, párrafo 5 denota; -los equipos, surtidores o bombas de despacho, de calibrarse cada tres meses en el servicio para uso automotor-, por lo que los procedimientos descritos no solamente cumplen con esto sino también cobran una alta importancia para que las estaciones de servicio puedan operar.

OBJETIVOS

General

Definir un procedimiento eficaz de mantenimiento y calibración de medidores volumétricos de combustible Gilbarco serie C que cumpla con las regulaciones del Ministerio de Energía y Minas.

Específicos

1. Conocer de forma detallada las generalidades, características y funcionamiento del medidor de combustible Gilbarco serie C.
2. Definir un calendario con rutinas de mantenimiento y calibración para dichos medidores, siguiendo las recomendaciones del fabricante para obtener una vida útil prolongada y un funcionamiento preciso.
3. Describir ejemplos prácticos de calibración para el medidor Gilbarco serie C en diferentes escenarios que permiten al lector tener un criterio definido al momento de realizar dicho procedimiento.

INTRODUCCIÓN

Los combustibles gasolina y diesel son comercializados diariamente al público a través de estaciones de servicio. La inversión que inicia desde la exploración, perforación, transporte del crudo, refinación y distribución del combustible, culmina en la venta al consumidor final en una gasolinera. La competitividad de volúmenes de venta y de ganancias de los diferentes distribuidores, desde los internacionalmente conocidos hasta los más pequeños, exige que los servicios prestados sean los mejores y garanticen la mejor eficiencia posible.

El medidor de combustible en las bombas dispensadoras juega un papel importante garantizando un despacho preciso del volumen al consumidor por lo que se debe garantizar su correcto funcionamiento.

El medidor volumétrico Gilbarco serie C es incluido por dicho fabricante en casi todos sus modelos de bomba dispensadora de combustible, y en los casos excepcionales se encuentran otros medidores con un funcionamiento similar. En Guatemala la marca Gilbarco es la más utilizada por las empresas comercializadoras de combustibles, debido a la alta calidad de sus productos patentados y a una historia de casi 140 años en el negocio.

Como cualquier equipo, estos medidores requieren de mantenimiento para que su vida útil será prolongada y su funcionamiento lo más preciso posible. Es por eso que en este trabajo de graduación se ha recopilado información del fabricante, de empresas especializadas en la materia y la experiencia de campo

personal de servicio y técnicos para producir un programa de mantenimiento eficiente en tiempo y costo y sostenible en el tiempo.

Aparte del mantenimiento requerido, también es necesario realizar pruebas de medición, calibración y de ser requerido, ajustes al mecanismo de medición para garantizar que los volúmenes despachados sean lo más exacto posible, situación que beneficiará directamente tanto a la empresa que comercializa el combustible como al consumidor.

También existen regulaciones de ley locales regidas por el Ministerio de Energía y Minas que estipula en la Ley de Comercialización de Hidrocarburos lo siguiente, -los propietarios de las instalaciones y equipo o los titulares de licencias para efectuar operaciones de refinación, transformación, terminal de almacenamiento, depósito, estación de servicio y expendio de GLP para uso automotor. Ellos son los responsables de mantener debidamente calibrados los tanques estacionarios de almacenamiento y el equipo de despacho o surtidores que pertenezcan a sus instalaciones-, lo que compromete a los propietarios de estaciones de servicio a realizar las calibraciones requeridas para poder tener licencia para operar.

Debido a este control, se describirá el procedimiento de calibración así como ejemplos reales para referencia del lector.

1. GENERALIDADES DE LOS COMBUSTIBLES

1.1. Gasolina

1.1.1. Origen

La gasolina es un derivado del petróleo que es principalmente utilizado como combustible en motores de combustión interna con encendido a chispa. Es producida en refinerías de crudo y es un combustible no renovable. Las refinerías producen alrededor de 20 galones de gasolina de cada barril de 42 galones de petróleo crudo al ser refinado.

Antes de que los motores de combustión interna fueran inventados en el siglo 19, la gasolina era comercializada como limpiador de metales y de textiles. También era utilizada en cocinas como combustible y para iluminación. En el siglo 20 se inició a producir de forma masiva y aumentando sus índices de octanaje al aumentar la compresión interna en los motores.

Conforme la demanda aumentó se inició a comercializar por medio de gasolineras. La primera gasolinera instalada con este propósito fue en 1905. Una gasolinera, básicamente, es una instalación que comercializa lubricantes y combustibles para automotores. Las más comunes proveen gasolina y diesel, principalmente.

1.1.2. Composición

Los principales componentes que presentan las gasolinas son un amplio grupo de compuestos hidrocarbonados, cuyas cadenas contienen hasta 10 átomos de carbono. Se puede encontrar casi todos los compuestos hidrocarbonados, al menos en pequeños porcentajes. La composición principal, sin embargo, va a estar formada por pocos componentes que son los que van a aumentar el octanaje.

En la composición de las gasolinas, los cinco tipos de componentes que suelen estar presentes son: parafinas normales y ramificadas, ciclopentano, ciclohexano, benceno y sus derivados.

1.1.3. Hoja de especificaciones técnicas

La hoja de especificaciones técnicas, más conocida por sus siglas en inglés, MSDS que significan Material Safety Data Sheet, es un formulario que contiene las propiedades e información de un material o sustancia particular. Estas hojas son un componente importante en el lugar de trabajo y su principal objetivo es proveer a los trabajadores y personal de respuesta a emergencias con procedimientos específicos para manipular y trabajar con la sustancia descrita en una forma segura y correcta.

Por lo general como las hojas de especificaciones técnicas de un material incluyen información tal como propiedades físicas y químicas, nivel de toxicidad, efectos en la salud, primeros auxilios requeridos en situaciones específicas, reactividad, métodos de almacenaje, riesgos de incendio y explosión, equipo de

protección personal requerido para su manejo y procedimientos de respuesta en caso de derrame.

A continuación un ejemplo de la hoja de especificaciones para gasolinas, nótese que esta misma aplica para gasolina súper o regular:

Figura 1. Hoja de especificaciones técnicas para gasolinas

	<p>GASOLINA PARA AUTOMOTRICES</p>	<p>TELS. EMERGENCIA BOMBEROS: 121,122</p>
<p align="center">IDENTIFICACIÓN Gasolina Extra o Super, Gasolina Regular.</p>		
<p>PROPIEDADES FÍSICAS APARIENCIA: Líquido claro o amarillo naranja. Olor característico. Contiene Benceno. PUNTO DE CHISPA: -38°C INSOLUBLE EN AGUA</p>	<p>PROPIEDADES QUÍMICAS ESTABILIDAD: Bajo condiciones normales INCOMPATIBILIDADES: Con halógenos, ácidos fuertes, alcalis y aguas oxidantes. La combustión produce monóxido de carbono. No exponga al fuego.</p>	
<p>ALMACENAMIENTO En contenedores o tanques cerrados, en un lugar bien ventilado y alejado de fuentes de ignición o calor. Proteja los contenedores de daños físicos. Al transferir el material use polo a tierra.</p>	<p>RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN Peligroso líquido extremadamente inflamable. Sus contenedores pueden explotar en el fuego. Sus vapores son más pesados que el aire. Agentes EXTINTORES del fuego: Dióxido de carbono, espuma, PQS, o neblina de agua. En caso de INCENIDO: Enfríe con agua el recipiente. Corte el flujo de combustible. Extinga el fuego.</p>	
<p>PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAME *Elimine toda fuente de ignición. *Ventile y aisle el área. *Evite que el producto entre a alcantarillas u otras corrientes de agua. *Detenga la fuga o lleve el recipiente a un lugar seguro, al aire libre. *Contenga, agrupe y cubra el área con material absorbente o arena. *Los residuos se pueden incinerar en una cámara de combustión adecuada. *Minimice la aspiración de vapores y el contacto con la piel. *Avisé a las autoridades.</p>	<p>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL USO NORMAL: Ropa de fibra natural o retardante al fuego, guantes de nitrilo Latex, zapatos con protección metatarsal y suela antideslizante resistente a hidrocarburos. CONTROL DE DERRAMES: Equipo de respiración autocontenido (SCBA) y ropa de protección total</p>	
<p>PRIMEROS AUXILIOS INHALACIÓN: Lleve a la víctima al aire fresco. Si la respiración es dificultosa, suministre oxígeno y/o respiración artificial. Para tratar el shock eleve los pies y mantenga a la víctima en reposo. Llame a un médico. INGESTIÓN: No induzca al vómito. Acuda al médico de inmediato. PIEL: Lave con agua y jabón. Retire la ropa contaminada. No frote la parte afectada. OJOS: Lave con abundante agua a baja presión durante 15 minutos, abriendo bien los párpados. Busque ayuda médica.</p>	<p>RIESGOS PARA LA SALUD Puede liberar vapores de Benceno. INHALACIÓN: A bajas concentraciones causa sed y opresión en el pecho. A concentraciones mayores puede causar irritación del aparato respiratorio y asfixia. Los síntomas incluyen fatiga, descoordinación, somnolencia, dolor de cabeza, confusión mental, shock, inconciencia y muerte. INGESTIÓN: Baja toxicidad puede causar náusea, vómito y quemaduras de boca y garganta. PIEL-OJO S: Irritación y quemaduras, dermatitis, conjuntivitis Valor Límite Permisible (TLV): 100 p.p.m.</p>	
<p align="center">RECOMENDACIONES GENERALES No use gasolina para limpieza o cocinas. Solo úsela para motores de combustión. Antes de manejar este producto elimine las fuentes de ignición. Hágalo en espacios abiertos y bien ventilados. Use los elementos de protección personal. Conozca las vías de evacuación, la ubicación de alarmas y extinguidores, las duchas y teléfonos de emergencia. Evite inhalar vapores y el contacto con piel y ojos.</p>		

Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Proceso de refinamiento

El producto más comercializado de los derivados del petróleo crudo es la gasolina. El proceso de refinación no es sencillo y requiere el empleo de diversos y complicados pasos:

El primer paso del proceso es la destilación atmosférica. El petróleo es almacenado en tanques cilíndricos de gran tamaño, en donde se calienta y se conduce a columnas de destilación, en donde aprovechando la volatilidad de los componentes, se logra la separación en diferentes partes que incluyen el gas de refinería, el gas licuado de petróleo, gasolina, queroseno, diesel, y residuos que no se logran evaporar.

El contenido de azufre varía de acuerdo al lugar de origen del crudo, sin embargo, se puede decir que la gasolina que se obtiene en la destilación atmosférica, contiene alrededor de 800 partes por millón en peso. Debido a esto, se tiene que estas gasolinas sólo alcanzan un número de octano aproximadamente de 57, sin embargo, el contenido de azufre puede ser reducido mediante un proceso denominado hidrotratamiento.

Este proceso consiste en calentar la gasolina aproximadamente a 280°C y luego se pasa a través de un lecho catalizador de cobalto y molibdeno, el cual permite la remoción del azufre hasta reducir este contenido a solamente 0,1 ppm. Luego de esto, la gasolina está lista para el proceso de reformación.

En el proceso de reformación, la temperatura de la gasolina es elevada hasta 480°C y luego se hace pasar a través de cuatro lechos fijos catalizadores que contienen platino como componente activo. Es necesario hacer pasar la gasolina por cuatro etapas debido a que en cada lecho se llevan a cabo

diferentes reacciones químicas que transforman diferentes familias de hidrocarburos. Sin embargo, después de cada lecho, es necesario volver a elevar la temperatura de la gasolina debido a que hay pérdida de calor en cada reacción química. En este proceso, dependiendo de la intensidad con que se lleve a cabo, se puede lograr aumentar el octanaje de la gasolina hasta 100, sin embargo, mediante controlar el proceso, se logra balancear este valor hasta los índices requeridos dependiendo de la gasolina a procesarse.

1.2. Diesel

1.2.1. Origen

El diesel es conocido también como gasoil o gasóleo y es un líquido de color verdoso y se caracteriza por tener una densidad mayor a la gasolina. El diesel es utilizado principalmente como combustible en motores de combustión diesel y también es utilizado como fuente de calefacción.

Este popular combustible, dependiendo de su origen, se denomina petrodiesel cuando es obtenido del petróleo, y biodiesel cuando es obtenido de aceites naturales orgánicos. En este trabajo de graduación, nos enfocaremos en el diesel derivado del petróleo.

El diesel suele tener un costo de refinación menor a la gasolina y, por lo tanto, también el precio de venta al consumidor final es menor. Contradictoriamente, a pesar que su precio es menor, el diesel es un combustible más eficiente que las gasolinas.

1.2.2. Composición

El combustible diesel tiene una composición que consiste de una compleja mezcla de hidrocarburos alifáticos y aromáticos. Los hidrocarburos alifáticos, también conocidos como parafinas y naftalinas son saturados de hidrógeno y componen aproximadamente del 80 al 90% del diesel y los aromáticos, como el benceno, componen aproximadamente del 10 al 20%.

Dentro de la composición química del diesel, es importante mencionar al cetano, que dependiendo de la cantidad presente, proporcionalmente será el cetanaje o índice de cetano. Cuanto más elevado es el índice de cetano, menor será el retraso de la ignición del diesel y mejor será la calidad de la combustión.

1.2.3. Hoja de especificaciones técnicas

Así como se hizo en la sección anterior con las gasolinas, a continuación se muestra la hoja de especificaciones técnicas para el diesel o gasoil. Hay que considerar que en una estación de servicio o en cualquier trabajo en que se manipulen gasolina y diesel, se deberán tener presentes las hojas para ambos combustibles pues existe una variación considerable entre ellas.

Figura 2. Hoja de especificaciones técnicas para diesel

	DIESEL	TELS. EMERGENCIA BOMBEROS: 121,122
IDENTIFICACIÓN ACPM		
<p>PROPIEDADES FÍSICAS APARIENCIA: Líquido claro a ámbar con olor a hidrocarburo. PUNTO DE CHISPA: 52°C INSOLUBLE EN AGUA</p>	<p>PROPIEDADES QUÍMICAS ESTABILIDAD: Bajo condiciones normales INCOMPATIBILIDADES: Con halogemos, ácidos fuertes, alcalis y aguas oxidantes. La combustión produce monóxido de carbono. No exponga al fuego.</p>	
<p>ALMACENAMIENTO En contenedores o tanques cerrados, en un lugar bien ventilado y alejado de fuentes de ignición o calor. Proteja los contenedores de daños físicos. Al transferir el material use polo a tierra.</p>	<p>RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN Líquido moderadamente inflamable. Posible formación de mezcla inflamable vapor-aire. Los contenedores vacíos pueden contener residuos de producto que incluyen vapores explosivos e inflamables. Agentes EXTINTORES del fuego: Dióxido de carbono, espuma, PQS, o neblina de agua. En caso de INCENIDO: Enfríe con agua el recipiente. Corte el flujo de combustible. Extinga el fuego.</p>	
<p>PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAME *Elimine toda fuente de ignición. *Ventile y aisle el área. *Evite que el producto entre a alcantarillas u otras corrientes de agua. *Detenga la fuga o lleve el recipiente a un lugar seguro, al aire libre. *Contenga, agrupe y cubra el área con material absorbente o arena. *Los residuos se pueden incinerar en una cámara de combustión adecuada. *Minimice la aspiración de vapores y el contacto con la piel. *Avisé a las autoridades.</p>		<p>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL USO NORMAL: Ropa de fibra natural o retardante al fuego, guantes de nitrilo Latex, zapatos con protección metatarsal y suela antideslizante resistente a hidrocarburos. CONTROL DE DERRAMES: Equipo de respiración autocontenido (SCBA) y ropa de protección total.</p>
<p>PRIMEROS AUXILIOS INHALACIÓN: Lleve a la víctima al aire fresco. Si la respiración es dificultosa, suministre oxígeno y/o respiración artificial. Llame a un médico. INGESTIÓN: Si la víctima está consciente déle a beber agua. No induzca al vómito. Acuda al médico de inmediato. PIEL: Lave con agua y jabón minuciosamente. OJOS: Lave con abundante agua a baja presión durante 15 minutos, abriendo bien los párpados. Busque ayuda médica.</p>	<p>RIESGOS PARA LA SALUD INHALACIÓN: Irritación del sistema respiratorio, dolor de cabeza, excitación, vértigo, fatiga, bronquitis, náuseas y depresión. INGESTIÓN: Quemaduras de boca, garganta y epigastrio. Náusea, vómito. PIEL: Irritación, resequedad y cuarteamiento. OJOS: Irritación y conjuntivitis Valor Límite Permissible (TLV): 100 p.p.m.</p>	
<p>RECOMENDACIONES GENERALES Antes de manejar este producto elimine las fuentes de ignición. Hágalo en espacios abiertos y bien ventilados. Use los elementos de protección personal. Conozca las vías de evacuación, la ubicación de alarmas y extinguidores, las duchas y Teléfonos de emergencia. Evite inhalar vapores y el contacto con piel y ojos.</p>		

Fuente: elaboración propia.

1.2.4. Proceso de refinamiento

En una refinería, el petróleo es convertido a una variedad de productos mediante procesos físicos y químicos. El primero de éstos, es la destilación para separarlo en diversas fracciones. Dentro de las torres de destilación, los líquidos y los vapores se separan tomando ventaja de su peso molecular y de su temperatura de ebullición. Las partes ligeras que se vaporizan, como la gasolina, se condensan en la parte superior de la torre.

El diesel, que es de las partes medianamente pesadas, se queda en la parte media. En un tiempo, la manufactura del diesel se basaba en reutilizar lo que quedaba después de remover otros productos más valiosos del petróleo. Hoy, el proceso de fabricación del diesel es muy complejo ya que se debe escoger y mezclar diversas fracciones del petróleo para cumplir con las especificaciones requeridas.

La calidad del diesel producido se puede medir por medio del índice de cetano, ya que de ser apropiada esta cualidad, la ignición del combustible será correcta. La propiedad más deseable en el diesel es la autoignición, que está vinculada directamente al cetanaje.

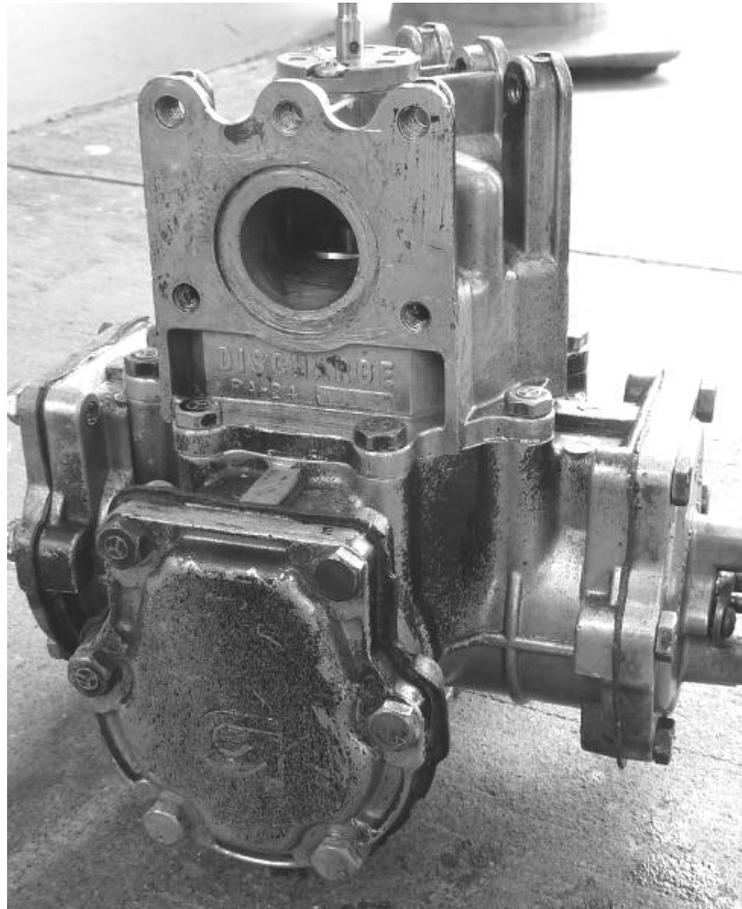
2. GENERALIDADES DEL MEDIDOR GILBARCO SERIE C

2.1. Aplicación del medidor

Una de las más importantes funciones de una bomba dispensadora de combustible en una estación de servicio, sino la más importante, es la medición precisa y consistente del flujo y volumen despachado. Esta medición es realizada comúnmente por un medidor volumétrico de operación mecánica, conectado a un panel electrónico que contabiliza el volumen y realiza la conversión hacia la moneda local para finalmente cobrar al consumidor.

El medidor Gilbarco serie C es utilizado específicamente con combustibles y la empresa Gilbarco lo utiliza en la gran mayoría de sus bombas dispensadoras dedicadas a la comercialización de estos. A su vez, los dispensadores Gilbarco son utilizados en la mayoría de estaciones de servicio en Guatemala.

Figura 3. **Medidor Gilbarco serie C desmontado**



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

2.2. Diseño y construcción

El medidor Gilbarco serie C es un metro del tipo de de pistones y es utilizado en dispensadoras de combustible debido a su alta precisión al medir volúmenes de combustible. Consiste de una serie de cuatro pistones accionados por la presión del combustible que es forzado dentro del mismo número de cilindros bajo el control de una válvula rotacional. El sistema está

conectado a un eje que es activado por medio del movimiento recíproco de los pistones y que energiza un registro que contabiliza la cantidad de combustible que fluye a través del medidor.

El medidor tiene dos secciones: superior e inferior. La sección inferior está formada por cuatro cilindros perpendiculares a una cámara central con la cual todos los extremos internos de los cilindros se comunican. Estos cilindros están distribuidos en pares, y los cilindros de cada par están dispuestos de forma opuesta en un eje axial.

Los cuatro cilindros comparten un plano en común. Un pistón se encuentra ubicado de forma precisa dentro de cada cilindro y los pistones dentro de los cilindros opuestos están interconectados por medio de un marco. Estos marcos están rígidamente ajustados a cada pistón y a su vez, ajustados a una leva que transmitirá el movimiento de los pistones hacia un eje de transmisión que atraviesa el medidor en su totalidad de forma perpendicular a los marcos y al movimiento de los pistones. Cada pistón tiene un rodamiento cuya función es el seguimiento de la superficie de la leva.

El eje de transmisión se encuentra montado verticalmente dentro de la cámara central y pasa en un ángulo perpendicular al punto de intersección de los ejes de los dos pares de cilindros. El extremo inferior de este eje de transmisión está montado en dos juegos de cojinetes de bola, uno de estos, ubicado en la parte inferior de la cámara principal y el otro en una cabeza removible que se encuentra durante la operación normal ajustado a la sección inferior del medidor. La función de estos dos juegos de cojinetes es limitar el movimiento del eje de transmisión en cualquier dirección, pero a su vez permitiendo el movimiento rotacional del mismo.

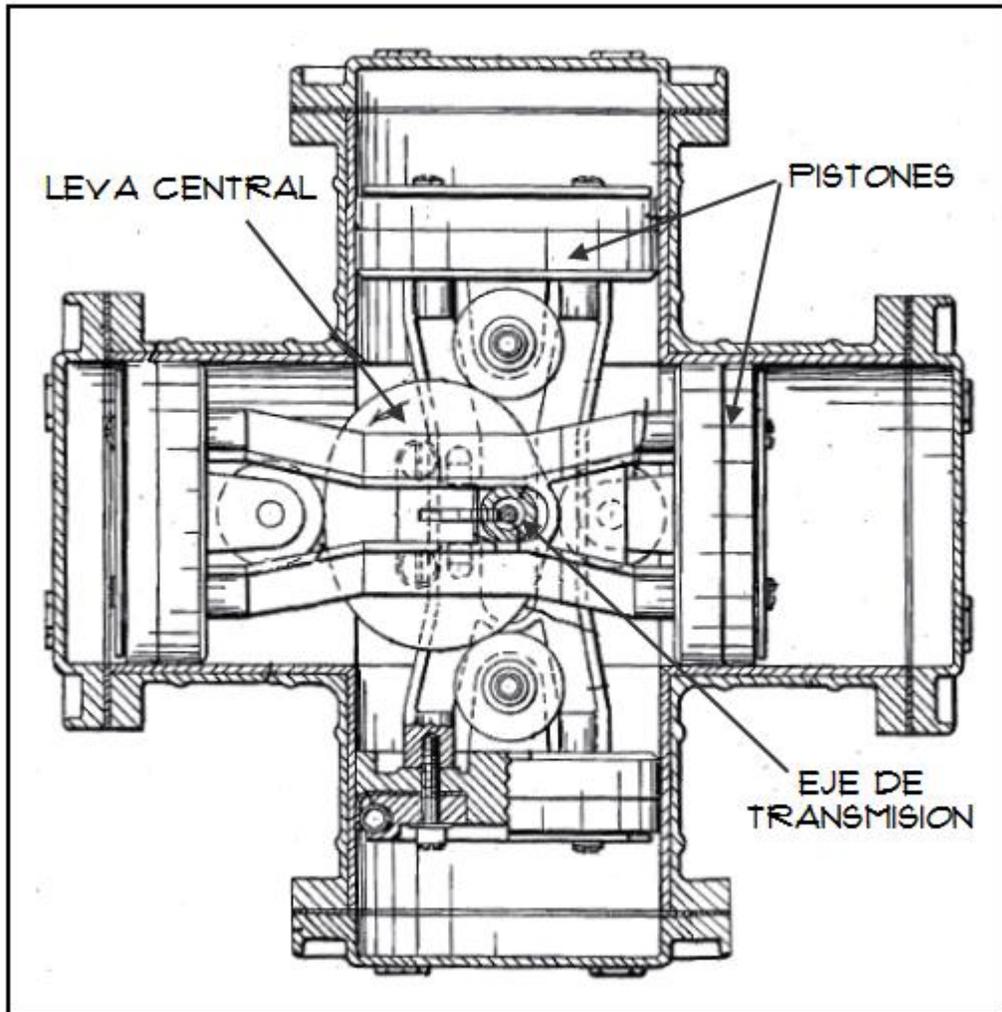
En la sección superior se encuentra el conducto a través del cual se bombea el combustible presurizado hacia el interior del medidor identificado físicamente como “*INLET*” y también un conducto de escape a través del cual sale el combustible del sistema identificado como “*DISCHARGE*”. Entre la sección superior e inferior se encuentra una válvula sujeta al eje de transmisión vertical y, por lo mismo, rota directamente al ritmo del movimiento de los pistones y la leva central. Esta válvula contiene un único agujero que permite que el flujo pase a través de ella hacia los conductos de admisión y se deposite en el espacio entre el cilindro y el pistón.

La válvula tiene en ubicada en su extremo opuesto, siguiendo el diámetro del orificio de admisión, un único agujero de descarga. La válvula rota en el sentido opuesto a las manecillas del reloj, una admisión alternativa se lleve a cabo hacia los cilindros. Lo mismo sucede con el escape, que se lleva a cabo en el mismo orden como se admite el combustible a los cilindros, por lo que mientras un cilindro se llena de combustible, el cilindro opuesto está descargándose.

2.3. Funcionamiento del mecanismo interno de medición

Para comprender mejor aún el funcionamiento mecánico del medidor, se toma como base la siguiente imagen:

Figura 4. Diagrama de sección horizontal del medidor Gilbarco serie C



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la imagen, el pistón de arriba está moviéndose hacia abajo para mover la leva en dirección contraria a las manecillas del reloj y se encuentra casi a la mitad de su carrera. El movimiento del pistón de arriba, impulsado por el combustible que llena el cilindro, provoca que el pistón de

abajo expulse el combustible hacia afuera del cilindro correspondiente. En este momento, solamente uno de los pistones, el de arriba, está movilizand o la leva central. El pistón de la izquierda acaba de finalizar su movimiento de escape y está iniciando la admisión de combustible.

El pistón de la derecha también está en su movimiento de reversa, acaba de finalizar su movimiento de escape y dará inicio al movimiento de admisión. El pistón de la izquierda, al dar inicio su movimiento de reversa, también le transmitirá movimiento a la leva central, la cual por un momento será movilizad a por una combinación de los esfuerzos de dos pistones: el de arriba y el izquierdo.

Cuando el pistón de arriba finalice su carrera, dejará de impulsar la leva y el pistón izquierdo estará a la mitad de su trayecto, y el pistón de abajo iniciará a movilizar la leva. Cuando el pistón izquierdo cese su trabajo, el derecho iniciará y así sucesivamente. De esta forma la leva estará siendo impulsada por dos pistones a la vez, excepto en los instantes en que uno de los pistones alcance el fin de su carrera.

El contorno de la leva está diseñado de tal forma que a igual movimiento angular, la suma del volumen de combustible liberado sea constante. Por tanto, se obtiene un flujo uniforme y el movimiento del eje de transmisión es en todo momento proporcional al volumen descargado, de esta forma se garantiza la obtención de un registro preciso en el mecanismo contador sin importar en qué momento del ciclo se detienen los pistones.

2.4. Normativa

A continuación se describirán las normas publicadas por la *International Organization for Standardization* ISO a las que el diseño, operación y mantenimiento del medidor Gilbarco serie C. La empresa Gilbarco, Inc., fue originalmente certificada de cumplimiento con los estándares de la normativa el 4 de junio de 1999 y fue certificada por los nuevos estándares ISO 9001:2000 el día 22 de mayo del 2003.

Las normativas a describirse en esta sección son la ISO 9000 titulada Gestión de calidad, y la ISO 14000 titulada Gestión medioambiental.

2.4.1. ISO 9000 Gestión de calidad

La familia de normas ISO 9000 se refieren a los sistemas de administración de calidad y están diseñados para ayudar a las organizaciones a asegurarse que cumplan con las necesidades de sus clientes y sus accionistas.

Para fines de este trabajo, tomando en cuenta que se evalúa un medidor volumétrico de combustible, se toma como referencia el capítulo 7 de la norma, titulado “Realización de Producto”, específicamente la sección 7.1 Control de Dispositivos de Medición y Monitoreo.

El proceso de medición inicia con la definición de medida, la cantidad que será medida, y siempre involucra una comparación de la medida tomada con un patrón numérico previamente determinado. Cualquier cantidad medida requiere que el proceso de medición sea capaz de realizarse de una manera precisa y consistente. Para que esto suceda, los factores que afectan el resultado deben ser identificados y un proceso diseñado que tome en consideración dichos

factores y que entregue un resultado que sea confiable y preciso dentro de un límite aceptable.

El proceso de control de mediciones debe asegurar que se obtengan resultados consistentes. Para asegurarse que esto suceda, se debe tomar en consideración lo siguiente:

- a. Un medidor de combustible califica como un dispositivo de verificación de producto y debe tener un proceso de control.
- b. Los medidores deben ser identificados y localizados para que se les pueda realizar mantenimiento y un proceso de calibración.
- c. Se debe tener conocimiento de qué se debe hacer en el momento en que se llegue a identificar que los resultados medidos no son satisfactorios.
- d. Se debe llevar un registro de calibración y fechas para poder tener confianza en los resultados que se obtienen.
- e. Al realizarse el proceso de calibración se debe etiquetar cada medidor para una rápida referencia a los registros.
- f. Realizar pruebas al instrumento de referencia contra el que se compararán las medidas tomadas por el medidor al momento de la calibración y mantenimiento.
- g. Se debe cumplir con los parámetros del fabricante, por lo tanto, se deberá usar el medidor sólo para el fin de medir volúmenes de combustible.

También debe considerarse, como en cualquier proceso de medición, la incerteza del dispositivo realizado para medir, en nuestro caso, el medidor serie C. La incerteza es básicamente la diferencia en la cantidad medida con el mismo dispositivo en diferentes repeticiones bajo las mismas condiciones.

El proceso de medición del medidor Gilbarco serie C cumple con las normas ISO 9000 y el proceso de calibración que será descrito más adelante en este trabajo de graduación, cubre todos los puntos previamente descritos.

2.4.2. ISO 14000 Gestión medioambiental

La familia de normativas contenidas dentro de la norma ISO 14000 son un grupo de estándares destinados para asistir a las organizaciones a minimizar la forma en que sus operaciones afectan negativamente al medio ambiente, por ejemplo, el impacto causando cambios al aire, el agua o el terreno. Esta norma también ayuda a las organizaciones a cumplir con las leyes, regulaciones y otros requerimientos medioambientales que apliquen en su entorno.

La importancia de esta serie de normas se ha ido incrementando con el pasar de los años mientras se ha ido haciendo necesario para la sociedad reflejar una apropiada administración ambiental. Ignorar estos cambios repercute directamente en los indicadores y retornos de una empresa ya que de no hacerse se puede incidir en penalizaciones legislativas o financieras.

La aplicación de estas normas al proceso de medición de combustibles está regida por los siguientes principios:

- a. La necesidad de cumplir con las regulaciones medioambientales locales.
- b. El compromiso de la operación a resguardar el medio ambiente.
- c. La administración de los riesgos medioambientales.

Debido a que los productos a manejarse al utilizar el medidor Gilbarco serie C son combustibles es importante tomar medidas para evitar impactar el medio ambiente y también para evitar las penalizaciones correspondientes. Lo más importante respecto a esto es evitar derrames en la operación. Reconociendo que es imposible eliminar el riesgo, dos factores mitigantes entran en juego. El primero es garantizar que el dispositivo no presente ninguna fuga. Para lo mismo se realizarán inspecciones periódicas de mantenimiento y cambios preventivos a los kits de empaques.

En la sección de mantenimiento se discute con detalle este tema. El segundo esfuerzo de mitigante es, más bien, un punto de contingencia en caso el primero falle. En caso el medidor presente fallas que permitan un derrame del combustible, se instalan depósitos de recolección debajo de la bomba dispensadora, los cuales son revisados periódicamente como parte de las rutinas de mantenimiento.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN

3.1. Mantenimiento del medidor

A pesar de que el fabricante ha etiquetado al medidor Gilbarco serie C como un dispositivo de bajo mantenimiento, es necesario hacer una serie de revisiones periódicas para alargar su vida útil y cerciorarse de que el mismo opere eficientemente. En esta sección se describirán una serie de procedimientos y revisiones de mantenimiento así como la frecuencia de los mismos.

La propuesta de mantenimiento que se describirá en este capítulo intenta balancear los intereses de la organización que es propietaria de la estación de servicio en donde se encuentran las dispensadoras de combustible y las especificaciones del fabricante, y basándose siempre en la normativa legal y la normativa de la International Organization for Standardization ISO previamente detallada.

3.1.1. Frecuencia de mantenimiento preventivo

Las rutinas de mantenimiento preventivo a considerar respecto al medidor Gilbarco serie C inician con una inspección visual del medidor así como de sus alrededores. Es imposible desvincular el medidor del resto de la bomba dispensadora, dependiendo del funcionamiento de esta, se puede detectar una posible avería en el medidor o en algún otro sistema. Dentro de la inspección

que se debe realizar está el revisar posibles fugas de combustible alrededor del medidor, revisar que no se encuentre mucha suciedad afuera del medidor, constatar que los sellos de calibración se encuentren en perfecto estado. De encontrarse alguna anomalía en las inspecciones, se deberá proceder a una revisión más detallada del sistema.

Estas revisiones se realizarán con una frecuencia de una vez al mes, y deberán ser realizadas por personal capacitado y acreditado para realizar dicho trabajo. Para garantizar que nadie tenga acceso al interior de las bombas dispensadoras, se tomará ventaja de las cerraduras que traen desde la fábrica en los paneles inferiores, a través de los cuales se puede tener acceso a los medidores. Dicha llave la deberá tener en su poder solamente el gerente de la estación de servicio o personal designado y se llevará un registro escrito en donde se documentarán la fecha y hora en que sean utilizados así como el nombre y empresa del contratista a realizar el trabajo.

Aparte del registro de llaves, es importante también guardar registros de las rutinas de mantenimiento realizadas así como los hallazgos y acciones tomadas para corregir anomalías. Estos registros deben de ser detallados por medidor, por lo que se recomienda identificarlos por número de bomba dispensadora, por cara y producto.

Una bomba dispensadora Gilbarco tendrá un medidor por cada manguera de despacho, es decir, si una bomba tiene dos caras de servicio y tres productos por ejemplo, diesel, gasolina regular y súper, tendrá seis medidores. Tener los medidores identificados permitirá una eficiente logística de servicios a la vez que se podrá tener acceso al historial de mantenimiento.

Dentro de las rutinas de mantenimiento también se encuentra el cambio de los filtros de combustible así como el colador de rejillas metálicas, que son la principal barrera entre posibles impurezas contenidas dentro de los tanques subterráneos de almacenamiento de combustible. Se recomienda cambiar los filtros regularmente y bajo el siguiente criterio:

- a. Después de 50 000 galones dispensados o un mes para dispensadoras nuevas.
- b. Después de 300 000 galones dispensados o seis meses después del reemplazo inicial.

Dentro del mantenimiento preventivo se puede también incluir las rutinas de calibración del medidor. Según Gilbarco, el fabricante, se recomienda calibrar una vez al año, sin embargo, el Ministerio de Energía y Minas en la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, estipula que la calibración debe llevarse a cabo cada tres meses. Tomando la normativa más estricta, se realizará la calibración de forma trimestral.

A continuación se presenta el formato a utilizarse en la estación de servicio para registrar las revisiones y mantenimientos realizados a los medidores de combustible. En este se tendrán los mantenimientos agrupados de acuerdo a la frecuencia requerida y también identificarán de forma sencilla los medidores por número, para que cualquiera que revise estos formatos pueda saber exactamente cuándo fue la última revisión y a que procesos ha sido sometido un medidor.

El formato también cuenta con un espacio para ingresar la fecha, el nombre de la estación de servicio y los comentarios que el técnico encargado considere necesario.

Figura 5. Formato de hoja de mantenimiento de medidores

Nombre de la estación:	Fecha:										
HOJA DE MANTENIMIENTO DE MEDIDORES											
FORMATO FIUSAC-EIM-01.2011											
	Identificador de medidor:										
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">6</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">7</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">8</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">9</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">10</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
INSPECCIÓN MENSUAL:											
Fugas en empaques y tuberías.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
Buscar combustible en sump tank.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
Marchamo de calibración.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
MANTENIMIENTO PREVENTIVO:											
Cambio de filtros.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
Limpieza de colador.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
Cambio de colador.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
REPARACIONES:											
Reemplazo de kit de empaques.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
Reemplazo de medidor.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
PROCESO DE CALIBRACIÓN:											
Calibración dentro de tolerancia.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
Marchamo nuevo.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table>										
Observaciones:											

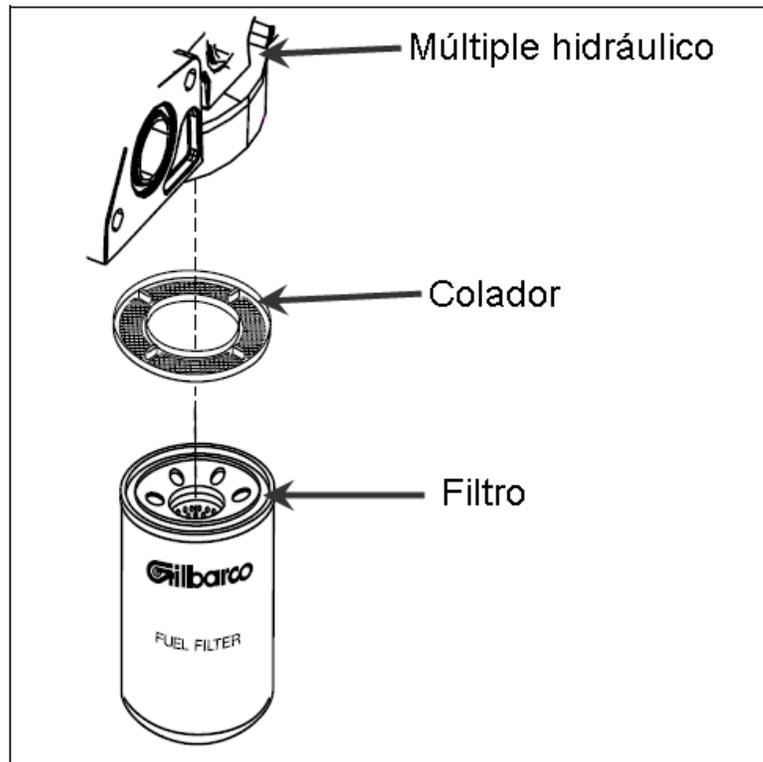
Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Lubricación y limpieza

El medidor de combustible Gilbarco serie C no requiere ningún mecanismo de lubricación adicional a el mismo combustible que fluye dentro del mismo. El desgaste al friccionar los pistones dentro de los cilindros es mínimo debido a las características de la gasolina o el diesel. Para que este principio se cumpla, es necesario utilizar combustible de buena calidad y evitar que impurezas entren en el medidor. Esto último es debido a que en el tanque de almacenamiento se puede ir acumulando sedimentos y que la bomba sumergible puede enviar hacia la dispensadora, para evitarlo se utilizan mecanismos para filtrar el combustible justo antes de hacerlo pasar por el medidor.

La dispensadora cuenta con un filtro de flujo estándar de 10 micrones por cada producto que maneja, es decir, si una dispensadora tiene tres productos, tendrá tres filtros. Esto significa que un filtro puede prevenir el ingreso de impurezas a dos medidores simultáneamente, esto hace aún más importante que se encuentre en buenas condiciones. Adicionalmente a los filtros, también se cuenta con un colador de rejillas que detendrá partículas de mayor tamaño antes de que el combustible pase a través del filtro.

Figura 6. Ilustración de filtro y colador de rejillas



Fuente: Gilbarco, The Advantage Series Pumps and Dispensers Illustrated Parts Manual. p. 24.

Como se mencionó con anterioridad, los filtros deberán ser reemplazados cada 300 000 galones despachados o seis meses, cual sea primero, excepto para dispensadoras nuevas, en las cuales el filtro deberá ser reemplazado a los 50 000 galones solamente la primera vez. Los coladores también deberán recibir mantenimiento y se recomienda realizarlo al momento de reemplazar el filtro, sin embargo, a diferencia de este los coladores pueden ser limpiados y reutilizados.

El procedimiento para realizar el reemplazo de filtro y la limpieza de colador es el siguiente:

- a. Cerrar la válvula de paso entre el tanque y la bomba dispensadora para evitar que el combustible fluya.
- b. Realizar un proceso de sangrado de combustible del dispensador de la siguiente forma: levantar la manecilla de despacho del producto, ubicar la pistola de despacho dentro de un contenedor designado, dispensar todo el producto restante dentro de la manguera, bajar la manecilla de despacho y ubicar la pistola de vuelta.
- c. Desenergizar la bomba dispensadora.
- d. Remover el filtro despacio, desenroscándolo en contra de las manecillas del reloj y desecharlo usado dentro de un contenedor designado para este propósito. Es importante considerar que todos los desechos de combustible deben ser manipulados responsablemente y sensiblemente con el medio ambiente.
- e. Remover el colador metálico, éste se encuentra entre el múltiple hidráulico y el filtro, utilizando un par de pinzas de ser necesario. Se debe inspeccionar el colador y si las rejillas están completas, bastará una limpieza utilizando un cepillo y alcohol. Si se observa un daño mayor, el colador deberá ser reemplazado.
- f. Una vez posicionado el colador de nuevo, se procederá a instalar el nuevo filtro. Antes de realizarlo, se recomienda poner una película de aceite limpio en la rosca del mismo. Enroscar el filtro en su posición en sentido

de las manecillas del reloj hasta que se encuentre resistencia, y luego, media vuelta adicional. Para asegurar el filtro no se recomienda utilizar ninguna herramienta más que la mano, esto permitirá que al momento de ser necesario reemplazarlo, se pueda hacer sin mayor resistencia.

Figura 7. **Aplicación de película de aceite al filtro previa a su instalación**



Fuente: Gilbarco, The Advantage Series Pumps and Dispensers Illustrated Parts Manual. p. 24.

- g. Energizar la dispensadora y abrir la válvula de paso para permitir el flujo de combustible.

- h. Revisar que no existan fugas, para lo mismo se recomienda realizar un despacho de combustible y luego revisar alrededor del filtro.
- i. Realizar un sangrado de aire del sistema. Una recomendación es despachar diez galones dentro de un contenedor por cada manguera relacionada con el filtro reemplazado. Al finalizar, revisar fugas nuevamente.

3.1.3. Reparación de averías del medidor

Realizar reparaciones mayores al medidor, es decir, reemplazar componentes del mecanismo interno de medición, suele ser costoso y no resulta efectivo debido a que los costos de estos componentes son muy elevados. Tampoco es recomendable realizar reconstrucciones maquinadas de piezas internas debido a que esto evitará que las mediciones sean precisas y, tomando en cuenta lo delicado que es el negocio de la venta de combustibles, resulta inconveniente.

Algunas partes también se podrán encontrar genéricas, de nuevo, no es recomendable pues el buen funcionamiento del medidor no se podrá garantizar.

Los síntomas más comunes de averías del medidor por lo general incluyen flujo disminuido de combustible, imposibilidad de realizar una calibración sostenible, fugas visibles y pérdidas de presión. El mantenimiento preventivo evitará la probabilidad de que las situaciones anteriormente descritas se presenten. Después de una inspección detallada del medidor por parte del técnico especialista, se podrá determinar si es o no conveniente realizar alguna reparación.

Si el problema es un bajo flujo de combustible, las principales razones suelen ser un medidor con sedimentos en su interior o bien, un filtro bloqueado por impurezas. La primera prueba que se deberá realizar es el reemplazo del filtro de combustible y la limpieza del colador de rejillas, como se describió en la sección anterior. La limpieza interna del medidor se realiza separando la sección superior del medidor de la inferior, es decir, desatornillando los ocho pernos en el plano horizontal del mismo. Una vez seccionado el dispositivo, será posible realizar una limpieza de la cámara central y de la sección superior.

Como se describió anteriormente, si al inspeccionar el interior del medidor se encuentra algún componente dañado, por ejemplo, el eje de transmisión o un pistón, se recomienda reemplazar el medidor.

Otras partes que de ser necesario pueden reemplazarse son los sellos y los empaques; nuevamente se recomienda utilizar repuestos originales ya que éstos presentarán una prolongada y eficiente duración. Los sellos y empaques deben ser revisados periódicamente para detectar hinchamiento excesivo del material, endurecimiento, ablandamiento o cualquier otra degradación que pueda comprometer al rendimiento de los mismos.

Al reemplazar estos componentes se debe limpiar la superficie antes de la instalación de los nuevos repuestos, se aconseja reemplazarlos como sea necesario para maximizar la vida útil de estos. Al momento de la instalación también se recomienda aplicar una ligera película de silicón para que el empaque se sujete en posición.

Se recomienda fuertemente que al realizar una rutina de mantenimiento o calibración a los medidores que se encuentran en servicio, se tenga uno o dos medidores adicionales, en caso que la reparación no se pueda realizar dentro

del período de tiempo deseado, ya que en caso de alargarse este tiempo las pérdidas financieras por tener detenido un dispensador completo pueden ser elevadas, por lo tanto resulta conveniente reemplazar temporalmente el medidor averiado para poder dar continuidad a la operación.

3.2. Calibración del medidor

La calibración del medidor es también muy importante para garantizar el funcionamiento óptimo del mismo. El objetivo de este proceso es asegurarse que el volumen de combustible que es despachado a los clientes sea consistente y preciso. Normalmente estas características son las más importantes por parte de un dispensador debido a que es del interés de ambas partes en la transacción de venta de combustible; el cliente requiere que se le despache el volumen exacto por el que ha pagado y la compañía proveedora de combustible quiere tener un retorno y a la vez cumplir con las leyes locales.

Así como se cumplirá la frecuencia requerida por el Ministerio de Energía y Minas, una vez cada tres meses por requerimiento de su reglamento, también se describirá un proceso de calibración que cumpla con las guías sugeridas por dicho ministerio. En esta sección se describirá el proceso de calibración del medidor Gilbarco serie C.

3.2.1. Herramientas y equipo

A continuación se describirán las herramientas y equipos a utilizar en el proceso de calibración de medidores:

El equipo principal que se utiliza es un medidor volumétrico patrón en el que se despachará un volumen de combustible de cinco galones en repetidas

ocasiones. El Ministerio de Energía y Minas se reserva la revisión periódica de estos dispositivos de medición y colocar un marchamo autorizando la utilización del equipo.

El medidor volumétrico patrón que se utilizará es de cinco galones y marca *Seraphin*. Este dispositivo es diseñado y construido de acuerdo a las normas del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de Estados Unidos y las recomendaciones del Manual de Estándares de Medición del Petróleo de API. La exactitud de un *Seraphin* es de 0,1%.

Figura 8. **Medidor volumétrico patrón marca *Seraphin***



Fuente: Estación de servicio Las Carcas.

Se utilizarán también herramientas como tenazas, pinzas y desarmadores para manipular el mecanismo de calibración del medidor, así como para instalar los marchamos nuevos y cortar los anteriores.

También debe considerarse un depósito en donde se vaciará el combustible previamente despachado dentro del *Seraphin*. Preferiblemente, este segundo contenedor deberá tener ruedas para facilitar su movimiento

desde las bombas dispensadoras en donde se realiza la calibración hacia el tubo de descarga de los tanques.

El equipo de protección personal a utilizarse durante las calibraciones es el siguiente: gafas de seguridad para evitar irritación en los ojos debido a los vapores, respiradores debido a que la prolongada exposición puede provocar complicaciones respiratorias, guantes de nitrilo para evitar quemaduras en las manos debido al contacto con la gasolina, zapatos con suela anti deslizante para mitigar el riesgo de resbalones y caídas, finalmente, un chaleco de color de alta visibilidad de tráfico debido a que otras dispensadoras estarán aún operando es importante que los conductores noten la presencia de los trabajadores.

Con la misma finalidad se utilizarán conos de color naranja con una altura mínima de 1 metro y cinta de color amarillo para restringir el paso de terceros en el área de calibración.

3.2.2. Normas y unidades

El proceso de calibración que se describirá en este trabajo de graduación está basado en la norma API en su capítulo 4 titulado "calibración por medio de probador volumétrico". El objetivo de esta norma es que el equipo de medición de combustible y los medidores tengan un porcentaje mínimo de variación para que el despacho sea lo más preciso de acuerdo a la cantidad solicitada.

Como se observará más adelante, el proceso a describirse está alineado con estas normas y su intención principal es alcanzar un porcentaje de exactitud, en este caso reflejado como una pérdida o una ganancia de combustible, lo más cercano a cero. También se observará de una forma

práctica como cumplir con algunas generalidades de la norma, como asegurar que el medidor volumétrico patrón se encuentre limpio, nivelado, conectado a tierra y en una temperatura apropiada.

3.2.3. Proceso de calibración y variables a considerar

El proceso de calibración da inicio con la notificación del trabajo por parte de la cuadrilla de mantenimiento hacia el personal de despacho de la estación de servicio, esto es muy importante debido a que la colaboración conjunta permitirá que el proceso sea eficiente y que las dispensadoras a ser calibradas puedan retornar a su operación regular lo antes posible. También es muy importante iniciar con la señalización del área de trabajo, la presencia de terceros o de vehículos en la proximidad de la dispensadora o de la zona de descarga en la que se trabajará representa un riesgo y posibles pérdidas de tiempo.

Una vez informado el personal de los trabajos que se realizarán, se procede a remover la tapa del dispensador que protege las válvulas de impacto, los medidores, los filtros, los solenoides y el depósito de recolección de fugas de combustible. Se debe realizar una inspección previa comprobar que los marchamos existentes estén intactos, en caso contrario se debe dar cuenta y de ser necesario, se realizará una investigación. También se debe realizar una limpieza inicial de los medidores a fin de detectar posibles fugas y facilitar el proceso de calibración.

Se procede entonces a la preparación del medidor volumétrico *Seraphin*, el cual debe ubicarse sobre un área completamente horizontal, es necesario hacer una comprobación con un nivel ya que de haber una mínima inclinación la medición dejará de ser confiable. Una vez nivelado el medidor se procede a

llenar con combustible para luego ser vaciado, este proceso se conoce como mojado, y consiste en adherir una película de combustible en las paredes internas para elaborar consistencia entre las medidas que se tomarán a continuación.

El proceso de mojar el interior del *Seraphin* se realiza sólo al inicio de la calibración y al cambiar de producto, por ejemplo, de gasolina a diesel. El *Seraphin* se debe conectar hacia el chasis de la dispensadora ya que este se encuentra puesto a tierra.

El proceso de calibración en sí consiste en despachar un volumen de 5 galones a través del mismo medidor en cinco ocasiones y comparar los resultados. Las primeras dos mediciones se realizan a flujo alto, es decir, accionando toda la carrera de la pistola dispensadora. Las siguientes tres mediciones se realizan en flujo alto y medio alternado. Es importante realizar medidas en varios tipos de flujo debido a que habrá clientes con diferentes preferencias al momento de operar el equipo.

Cada corrida será de cinco galones exactos. En las gasolineras que cuentan con un dispositivo electrónico remoto que libera el despacho de un volumen específico de combustible, se deberá solicitar al operador que defina volúmenes de 5 galones, mientras que donde no se cuente con este equipo se definirán los 5 galones manualmente en la dispensadora. Se procede a despachar el volumen definido dentro del *Seraphin*, se deja asentar el combustible y luego se toma la medida. En el medidor del *Seraphin* se deberá tomar el punto más bajo de la superficie del combustible.

La escala de medición se encuentra en pulgadas cúbicas. El Ministerio de Energía y Minas permite una tolerancia en la variación del volumen despachado

de +/- 2 pulgadas cúbicas por cada cinco galones. Sin embargo, considerando la precisión y la permisibilidad de calibración del medidor Gilbarco serie C, se puede apuntar a una incerteza de cero pulgadas cúbicas. Esto quiere decir que se sugerirá calibrar a cero cada uno de los medidores, en caso de no ser posible se documentará que sea revisado durante el próximo mantenimiento, siempre que la medida se encuentre dentro de la tolerancia del Ministerio de Energía y Minas.

En el caso de que el medidor no pueda ser calibrado dentro de dicha tolerancia, se procederá a reemplazarlo. Es por esto que es importante tener disponibilidad de medidores de repuesto para poder continuar con el proceso de calibración de los demás medidores y poner la dispensadora en funcionamiento lo antes posible.

En el caso de que las dos primeras medidas realizadas sean consistentemente inciertas, se procede entonces al ajuste del mecanismo de medición del medidor. Es hasta este momento en que se corta el marchamo existente de la calibración anterior, esto quiere decir que en el caso de que el medidor no requiera ningún ajuste, no se reemplazará dicho marchamo. Una vez retirado el marchamo anterior, se procede a remover el seguro y luego a girar la rueda de ajustes. Esta rueda presenta una serie de agujeros que representan el aumento o disminución de volumen despachado.

Si la rueda se hace girar en el sentido contrario a las agujas del reloj, se estará aumentando el volumen mientras que si se hace girar en sentido de las agujas del reloj se estará disminuyendo. Este mecanismo de ajustes permite realizar correcciones de pulgadas cúbicas enteras o de medias pulgadas cúbicas. Si se inserta el seguro en la parte superior de la rueda se estarán haciendo modificaciones de pulgadas cúbicas enteras, mientras que si se

inserta la parte inferior se estarán realizando modificaciones de medias pulgadas cúbicas.

Figura 9. Sistema de calibración de ajustes del medidor



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

Entonces, si las medidas tomadas con el *Seraphin* son de pulgadas cúbicas negativas, en el medidor se deberá aumentar una cantidad volumétrica proporcional. En el caso contrario, se deberá disminuir el volumen en el mecanismo de ajustes del medidor. Luego de estos ajustes se procederá a

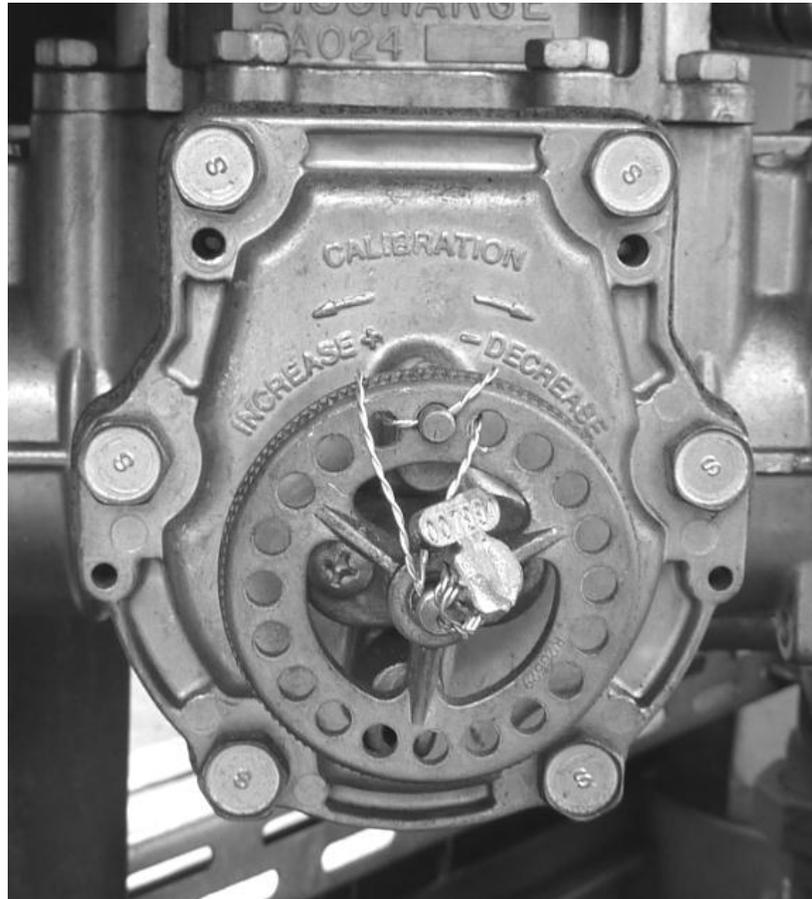
tomar otra medida de 5 galones haciendo uso del *Seraphin*. En caso de ser necesario se podrá volver a ajustar el medidor, esto se puede realizar hasta que se obtenga una medida precisa.

Al momento de lograr la exactitud deseada, en nuestro caso cero pulgadas cúbicas, se procederá a instalar un marchamo nuevo dentro del seguro y sujetando firmemente la rueda de ajustes para evitar que se pueda hacer cualquier modificación. El número de este marchamo deberá ser anotado en la hoja de control de calibraciones.

Una vez finalizadas las cinco mediciones se procederá a devolver el combustible al tanque subterráneo que contiene el producto en cuestión. Se tomará también una última medida del totalizador mecánico del medidor y se apuntará en la hoja de control de calibraciones. Al finalizar la calibración de todos los medidores de la bomba dispensadora se procederá a una limpieza final, a cerrar con llave en la tapa de acceso, se le notificará al personal que se terminó el proceso de calibración en dicha dispensadora y se removerá la señalización de seguridad.

La hoja de control de calibración debe ser presentada al Ministerio de Energía y Minas por parte de la empresa acreditada por esta misma entidad para realizar dicho trabajo. Esta hoja deberá llevar la siguiente información: producto medido, lectura del totalizador anterior, número de marchamo anterior, incerteza inicial, incerteza final, lectura del totalizador final y el número de marchamo que se deja instalado.

Figura 10. Rueda de ajustes del medidor con seguro y marchamo



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

4. EJEMPLOS DE CALIBRACIÓN

En esta sección se presentarán algunos ejemplos prácticos de calibración de medidores Gilbarco serie C así como la resolución de posibles problemas que podrían presentarse al ejecutar el proceso descrito en el capítulo anterior. También se hará énfasis en la forma correcta de documentar los resultados de las mediciones y datos para finalmente ser presentados ante el Ministerio de Energía y Minas de acuerdo a su normativa.

A continuación se dará una breve descripción de la estación de servicio en donde se realizaron los siguientes ejemplos. Se cuenta con cuatro islas de servicio y en cada una de ellas hay un dispensador Gilbarco modelo *Advantage* que cuenta con los tres productos: gasolina súper, gasolina regular y diesel. Este modelo de dispensadora cuenta con dos caras y en cada una de ellas se tiene despacho de los tres productos. Esto significa entonces que se tienen seis mangueras y seis medidores de combustible por cada dispensadora.

La estación de servicio cuenta con un sistema remoto de activación de las bombas sumergibles así como de las dispensadoras, así que la coordinación del contratista de mantenimiento y del personal de la estación es muy importante.

La forma en que se trabajará para poder continuar con la operación de despacho de combustible será cerrar solamente una isla a la vez, y se realizará la limpieza y la calibración de todos los medidores de esta antes de volver a habilitarla y cerrar la siguiente. La forma de notificar a terceros de que se está realizando el trabajo es señalizado con conos y una barrera de cinta amarilla de

precaución. También se ubicará un cerramiento de seguridad con cinta y conos en el área donde están ubicados los tanques de almacenamiento de combustible subterráneos, esto se hace debido a que se estará transportando el combustible una vez medido de regreso al tanque.

El personal de mantenimiento será conformado de la siguiente forma: un técnico especialista que realizará las pruebas y ajustes de calibración, un ayudante que se encargará de limpieza y transporte del combustible hacia los tanques, y un supervisor que documentará todos los resultados y generará el reporte final que se presentará tanto al gerente de la estación de servicio como a el Ministerio de Energía y Minas.

El equipo de protección personal que todos utilizarán es casco, gafas de seguridad, respirador, guantes de nitrilo, chaleco de color naranja con cinta reflectiva y botas con suela antideslizante. Como parte de la mitigación de riesgos también se tendrán dos extintores en el área de trabajo, uno en la isla donde se realiza la calibración y otro en el área de tanques.

El equipo que se utilizará para las mediciones y calibración de los medidores son los siguientes:

- a. Un medidor volumétrico patrón *Seraphin* de 5 galones. Se verifica que este tenga el marchamo del Ministerio de Energía y Minas que lo certifica para ser utilizado en este proceso. También se revisa que el interior del mismo esté completamente limpio y se hace una inspección para detectar posibles golpes o grietas tanto en el interior como del exterior.
- b. Un tanque de almacenamiento de combustible con ruedas y una capacidad de 30 galones que será utilizado para vaciar el *Seraphin*

después de cada medición. El ayudante del técnico conducirá este depósito hacia la zona de descarga de los tanques para devolver el combustible al final de cada medición.

- c. Desarmadores, tenazas, alicate y set de llaves combinadas. Estas serán utilizadas en los procesos de corte y colocación de marchamos, ajuste del medidor y en caso de ser necesario, servirán para desinstalar e instalar los medidores.

Se le hace saber al personal de la estación de servicio que se realizará la calibración, una vez que obtenga autorización se iniciará a señalizar las áreas de trabajo y a descargar el equipo. Los dispensadores Gilbarco Advantage tienen una cerradura en cada cara que impide destapar el acceso a los medidores. El gerente de la estación es quien tiene las llaves y a él se le deben solicitar.

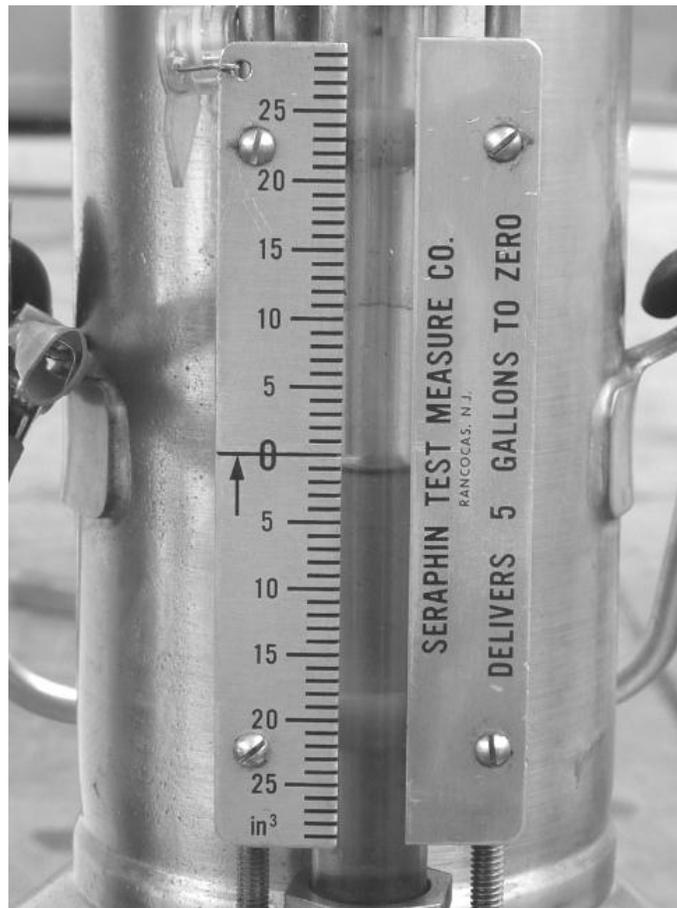
4.1. Ejemplo 1

Realizando la calibración del medidor Gilbarco serie C ubicado en la isla número dos de la estación de servicio, el producto que cuantifica es gasolina súper. Una vez delimitada el área de trabajo, notificado al personal a su servicio, y habiéndose realizado una inspección del equipo protección personal y del equipo operativo, el procedimiento descrito en el capítulo anterior se sigue, a continuación un detalle de los pasos:

- a. Realizar una limpieza e inspección del medidor para detectar posibles fugas o algún desperfecto mecánico.

- b. Ubicar el medidor volumétrico patrón, el *Seraphin*, en una superficie nivelada y se corrobora nuevamente con un nivel que no exista ninguna pendiente.
- c. El medidor se pone a tierra conectando el cable al chasis de la bomba dispensadora.
- d. Solicitar al operador del sistema remoto que autorice el despacho de exactamente 5 galones en 5 descargas.
- e. Realizar la primera medición accionando en su totalidad la carrera de la pistola de despacho vertiendo los 5 galones dentro del *Seraphin*. Se espera que el combustible asiente y que todas las burbujas desaparezcan.
- f. Tomar la lectura del volumen indicado en el *Seraphin*, se nota que hay una variación de -1 pulgada cúbica por cada 5 galones despachados, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. **Medición de volumen dentro del *Seraphin* después de la primera corrida en el ejemplo 1**



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

- g. Vaciar el *Seraphin* dentro del depósito móvil que se utilizará para regresar el combustible hasta la descarga de los tanques sumergibles y preparar la dispensadora y el *Seraphin* vacío para realizar una segunda medición.
- h. Realizar la segunda medición nuevamente a 5 galones exactos a máximo flujo, y una vez asentado el combustible y desaparecido el burbujeo, tomar

nuevamente la medida. En este caso se nota una variación de -1 pulgada cúbica denotando una inexactitud consistente en ambas medidas.

- i. Al notar que se tiene una variación no deseada se decide realizar ajustes al mecanismo de calibración del medidor. Se anota en la hoja de control el número del marchamo existente, en este caso es el 06388, y luego se corta haciendo uso de tenazas.

- j. Quitar el seguro de la rueda de ajustes y debido a que la variación es de -1 pulgada cúbica, se hace girar en sentido opuesto a las agujas del reloj una medida, es decir, que el seguro se ubica en el siguiente agujero después del giro. Esto en teoría aumentará el volumen despachado.

- k. Una vez ubicado el seguro pero antes de ubicar un nuevo marchamo, se realiza una tercera medición. De nuevo a máximo flujo y después de que el combustible se asienta se revisa el nivel en el *Seraphin*. En esta ocasión la variación es cero.

Figura 12. **Medición del volumen dentro del *Seraphin* después de calibración en el ejemplo 1**



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

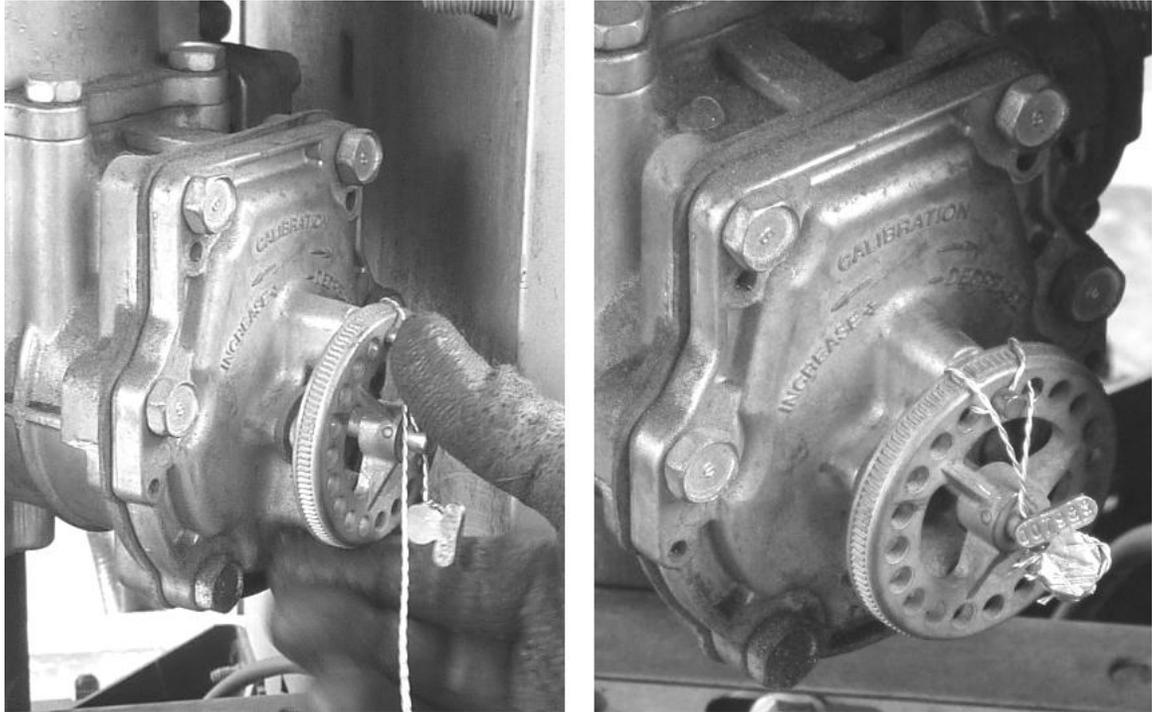
- I. Debido a que la última fue satisfactoria, se decide realizar una cuarta medición sin realizar ningún ajuste y una vez más a máximo flujo. El objetivo de esta corrida es verificar que los ajustes realizados fueron exitosos y consistentes. El resultado de esta cuarta corrida es una variación de cero pulgadas cúbicas.

- m. Una vez confirmado que el medidor está despachando el combustible consistentemente a la tolerancia deseada, es decir, con una exactitud de

cero pulgadas cúbicas, se debe hacer una última medición pero esta vez accionando la pistola de despacho solamente a media carrera. Con esto se busca confirmar que el sistema estará despachando la cantidad deseada tanto a flujo alto como flujo medio. El resultado de esta última medición es un despacho de 5 galones con cero pulgadas cúbicas de variación.

- n. Después de las cinco corridas y de confirmar que el medidor se encuentra calibrado de acuerdo en la tolerancia deseada, se debe instalar un nuevo marchamo. Este marchamo se instala de tal forma que sujete el seguro en posición y evite que la rueda de ajustes pueda girar. En las siguientes imágenes se demuestra la forma apropiada de instalar el marchamo.

Figura 13. **Forma correcta de instalar el seguro y el marchamo al finalizar la calibración del medidor**



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

- o. Anotar en la hoja de control de calibraciones el número del nuevo marchamo. El número marchamo instalado en este medidor es el 07983.
- p. Revisar y tomar nota del registro de galones despachados en el totalizador mecánico correspondiente al medidor; el número final para este medidor es de 107 278.

Figura 14. **Lectura del volumen despachado según el totalizador mecánico al final de la calibración**



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

- q. El combustible utilizado para las cinco mediciones se transporta en el depósito con ruedas y finalmente se devuelve a través de un tubo de descarga de gasolina súper.
- r. Una vez finalizada la calibración de los seis medidores ubicados en esta bomba dispensadora, se realiza la limpieza final, se recolectan las herramientas y equipo, se retira la señalización y se rehabilita el sistema para continuar la operación.
- s. Toda esta información debe ser actualizada en la hoja de control de calibración, el supervisor revisa que todos los datos han sido

correctamente ingresados. Estas lecturas deberán ser presentadas ante el Ministerio de Energía y Minas.

4.2. Ejemplo 2

Se realiza el proceso de verificación y calibración del medidor de gasolina súper en la isla número tres, se tiene lista el área trabajo y el equipo de medición ha sido probado anteriormente en otros medidores. El personal de la estación está al tanto de los trabajos que se realizarán y han proveído los registros anteriores de calibración. La información contenida en estos registros es muy importante debido a que en el formato de la hoja de control de calibración se debe anotar el volumen de galones despachados según el totalizador mecánico de cada medidor al momento que se realizó la última calibración. El valor para este medidor es 2 790 527 galones.

El procedimiento de calibración del medidor se sigue de la siguiente forma:

- a. Ubicar el *Seraphin* sobre una superficie nivelada, en este caso justo al lado de la bomba dispensadora en la isla fundida de concreto. El técnico también se asegura que el medidor se encuentre aterrizado. En la siguiente figura se demuestra la forma correcta de ubicar el *Seraphin* y de aterrizarlo.

Figura 15. **Método correcto de utilización del *Seraphin***



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

- b. Solicitar al encargado de la estación de servicio que programe el sistema para permitir cinco despachos de exactamente 5 galones cada uno. Es importante en el panel de la dispensadora que las descargas realizadas indiquen precisamente 5 galones, pues no hay que olvidar que el proceso de calibración está basado en la verificación de la cantidad transmitida por el medidor hacia el contador electrónico contra la cantidad real despachada.

Figura 16. **Lectura del panel electrónico de la bomba dispensadora mostrando el volumen despachado**



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

- c. Realizar la primera medición a flujo máximo y al terminar de depositar los 5 galones dentro del *Seraphin* y esperar que el combustible se asiente, se encuentra una variación de cero pulgadas cúbicas, que es precisamente el resultado que estamos buscando.
- d. Tomar una segunda medida nuevamente a flujo máximo, y como en la anterior se encuentra una variación ideal de cero pulgadas cúbicas.

Este es el escenario ideal desde el punto de vista de eficiencia y de tiempo, en este caso se hará una excepción: considerando que el medidor está bien calibrado y sus resultados precisos, se prevé que no será necesario hacer ningún ajuste por lo que tampoco será necesario cambiar el marchamo existente. A este punto no quedará nada más que confirmar que el medidor es preciso también han venido flujo.

- e. Realizar una tercera corrida, en este caso la pistola de despacho será accionada tan sólo a la mitad de su carrera. El medidor Gilbarco serie C por su funcionamiento interno del movimiento alternativo de pistones que accionan con su movimiento una leva central diseñada precisamente para trabajar de igual forma con flujos altos como bajos, difícilmente será necesario calibrarlo de forma diferente para alto o mediano flujo. En efecto, después de despachar los 5 galones la variación es de cero pulgadas cúbicas.

Se confirma entonces que el medidor está calibrado pues no existe ninguna imprecisión en sus despachos. No hay necesidad de continuar con una cuarta o una quinta corrida por lo que el proceso termina aquí.

- f. Registrar la cantidad de galones despachados de acuerdo al totalizador mecánico y apuntar en la hoja de control.
- g. Debido a que el marchamo no fue reemplazado, dentro de la hoja de control de calibración se pondrá dos veces el mismo número: 06303.

Cabe recordar que el fabricante, Gilbarco, recomienda realizar la calibración del medidor serie C una vez al año, sin embargo, el Ministerio de Energía y Minas exige que se realice una vez cada tres meses. Esto significa que el escenario del ejemplo 2 donde el medidor no requiere ningún ajuste de calibración es bastante probable. Cabe mencionar que en esta estación de servicio una vez finalizados los trabajos de calibración, el 65% no requirió de ajustes para alcanzar la tolerancia deseada.

4.3. Ejemplo 3

Se realizará la verificación de volúmenes despachados del medidor del producto diesel ubicado en la isla número cuatro de la estación de servicio. Se tienen los registros de la última calibración y se le ha solicitado al personal nuestro servicio que autorice el despacho de cinco descargas de 5 galones cada una. El proceso se lleva a la siguiente forma:

- a. Señalizar y aislar el área trabajo ubicando el equipo de seguridad como conos, cinta amarilla y extintores.
- b. Ubica y nivelar el *Seraphin*. También se aterriza conectándolo a la bomba dispensadora.
- c. Despachar la primera corrida de 5 galones de diesel a máximo flujo. Este combustible tomó un poco más de tiempo que las gasolinas en asentarse, sin embargo al hacerlo se puede tomar una medida clara y legible. En este caso la medida tiene una variación de -2 pulgadas cúbicas en el volumen despachado. Se vacía el diesel dentro del depósito con ruedas que será utilizado para devolver el combustible hasta el tanque una vez terminadas las cinco corridas.
- d. Realizar una segunda corrida de cinco galones a flujo máximo a fin de corroborar el resultado obtenido en la primera. Al finalizar, la medida presenta nuevamente una variación de -2 pulgadas cúbicas. Confirmado entonces que el medidor debe ajustarse.

Figura 17. **Lectura del volumen dentro del *Seraphin* después de la segunda corrida en el ejemplo 3**



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

- e. Proceder a cortar el marchamo existente no sin antes tomar nota del número del mismo. Una vez cortado el marchamo se remueve el seguro liberando la rueda de ajustes de calibración del medidor. Para incrementar el volumen se debe hacer girar la rueda en sentido opuesto a las manecillas del reloj, en este caso dos agujeros de acuerdo a la guía superior para ajustar las dos pulgadas cúbicas que hacen falta en las corridas.

- f. Una vez realizado el ajuste en el medidor se hace una tercera corrida, siempre a flujo máximo. Al asentarse el combustible se toma la medida y se nota que esta vez la variación es de $-\frac{1}{2}$ pulgada cúbica, lo que significa que será corregido en su mayoría la variación pero no en su totalidad.

- g. Realizar una cuarta corrida sin realizar ningún ajuste para evaluar de qué forma se comporta el medidor al realizar descargas a flujo medio, por lo que los cinco galones se despachan accionando la pistola a media carrera. La medición esta vez da una variación de $-\frac{1}{2}$ pulgada cúbica nuevamente. Se confirma esta mínima variación y se comprueba que es consistente tanto en alto como el medio flujo.

- h. Con el objetivo de alcanzar la precisión deseada, es decir cero pulgadas cúbicas de variación, se realiza un segundo ajuste. Se requiere aumentar solamente $\frac{1}{2}$ pulgada cúbica por lo que en esta ocasión el seguro del mecanismo de calibración del medidor se insertará en la guía inferior a través del primer agujero que coincida girando la rueda de ajustes en sentido contrario a las agujas del reloj.

- i. Despachar la quinta corrida una vez más a flujo máximo. La medida cambia pero de forma mínima, una vez más se tiene alrededor de $\frac{1}{2}$ pulgada cúbica menos en el volumen despachado.

Figura 18. **Lectura del volumen dentro del *Seraphin* después de la calibración en el ejemplo 3**



Fuente: Estación de servicio Las Charcas.

- j. Debido a que esta variación se encuentra dentro de la tolerancia del Ministerio de Energía y Minas y está muy cerca de la tolerancia deseada de acuerdo a nuestro procedimiento se decide no hacer ningún ajuste adicional y poner la bomba dispensadora en operación como se encuentra. Se debe anotar esta ligera imperfección del medidor para que en el siguiente mantenimiento se revise e intente corregir el problema.

Trabajar con tolerancias más estrechas que las estipuladas por la ley permite un rango más amplio en la toma de decisiones, que en un caso como éste resultó útil para continuar la operación de la estación de servicio en su totalidad.

Estos fueron sólo unos ejemplos de la calibración de los 24 medidores que se encuentran operando en la estación de servicio. Una vez finalizadas las calibraciones se procede a recoger todo el equipo y limpiar el área de trabajo. También se debe de finalizar la hoja de registro de calibración y corroborar que se encuentran todos los datos requeridos. De esta hoja se deben hacer tres copias, una para registro de la estación de servicio, otra para registros de la empresa contratista que realiza las calibraciones, y la última para ser presentada ante el Ministerio de Energía y Minas.

CONCLUSIONES

1. El mantenimiento del medidor Gilbarco serie C permite que su funcionamiento sea preciso de una forma prolongada. Es necesario contar con un calendario predeterminado para asegurarse que dichos mantenimientos se realicen puntualmente.
2. Es necesario realizar verificaciones de medición de forma periódica para comprobar que el volumen despachado sea el correcto. La calibración de cada medidor debe ser realizada cada tres meses.
3. La comprobación del volumen despachado hace a través de un medidor volumétrico patrón conocido como *Seraphin*, el cual debe ser inspeccionado y certificado por el Ministerio de Energía y Minas una vez por año.
4. Debido a los riesgos que conlleva realizar un trabajo en un área con alto tráfico vehicular y la manipulación de combustibles, el equipo de protección personal y la señalización se convierten en requisitos para realizar la tarea.
5. Los resultados de la calibración deben ser documentados y presentados ante el Ministerio de Energía y Minas.

RECOMENDACIONES

1. Revisar periódicamente las acreditaciones del Ministerio de Energía y Minas realizadas a los equipos a utilizar.
2. Tomando ventaja de la precisión del medidor Gilbarco serie C debido a su mecanismo interno de medición, se recomienda realizar la calibración a una variación de cero pulgadas cúbicas, a pesar de que el Ministerio de Energía y Minas permite hasta dos pulgadas cúbicas por cada 5 galones.
3. Antes de iniciar el proceso de calibración de cada medidor se debe corroborar que el *Seraphin* se encuentre nivelado pues su precisión depende directamente de esto.
4. Cada medidor debe ser calibrado a flujo máximo y medio, esto es para comprobar que el volumen despachado será preciso sin importar la preferencia de la persona que utilice el equipo.
5. Los registros de calibración deben ser completados en tres copias, una de ellas se deben conservar en la estación de servicio, otra la debe archivar la empresa que realiza el trabajo, y la última será presentada al Ministerio de Energía y Minas.

6. Al realizarse una rutina de mantenimiento o un proceso de calibración, debe tenerse a disposición un medidor adicional que será instalado en caso uno de los medidores en funcionamiento requiera una revisión o reparación más detallada, a fin de no interrumpir la venta de combustible.

BIBLIOGRAFÍA

1. DE LANCEY, WARREN H. *Fluid meter*. United States Patent Office. 2121120. 1937-06-11.
2. *Gilbarco. Encore and eclipse start-up/service manual*. Estados Unidos: Gilbarco, Inc Literature, 2007. 390 p.
3. _____. *The advantage series pumps and dispensers illustrated parts manual*. Estados Unidos: Gilbarco, Inc Literature, 2008. 176 p.
4. GRISE, ALFRED L. *Calibration means for piston meters*. United States Patent Office. 2326637. 1942-09-14.
5. Guatemala. Decreto número 109-97 y su reglamento, Ley de Comercialización de Hidrocarburos. *Diario Oficial*, 21 de julio de 1999. 59 p.
6. HOYLE, David. *ISO 9000 Quality Systems Handbook*. 4a ed. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann, 2001. 686 p.
7. MEZA CORADO, Mauricio José. “Calibración de Medidores Volumétricos Smith de Doble Cubierta y Desplazamiento Positivo para Combustibles”. Escuela de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. 79 p.

8. *Seraphin test measure operating and maintenance instructions*. Estados Unidos: Pemberton Fabricators Inc, 2004. 8 p.