



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Facultad de Ingeniería





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA

“Regulación del transporte, distribución y almacenamiento de gas Licuado de Petróleo. Vigilancia en el cumplimiento de las condiciones técnicas y de seguridad de tales actividades por parte de la Secretaría de Energía a través de la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo.”

**TESINA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO PETROLERO**

PRESENTA:

ISAAC IGNACIO GONZÁLEZ GONZÁLEZ

DIRECTOR DE TESINA:

ING. MANUEL ENRIQUEZ POY



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F., 2014

ÍNDICE

Objetivo	I
Justificación	I
Resumen	II
Capítulo 1.....	1
Función de la Secretaría de Energía en Materia de Gas Licuado de Petróleo.....	1
1. Función de la Secretaría de Energía en materia de Gas Licuado de Petróleo.	3
1.1 Atribuciones de la Secretaría de Energía	3
1.2 Reglamento de Gas Licuado de Petróleo	5
1.3 Marco Regulatorio de la Industria del Gas Licuado de Petróleo.	6
1.4 Marco Constitucional.....	8
1.5 Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.	8
1.6 Ley de Petróleos Mexicanos	9
Capítulo 2.....	11
Permisos otorgados por la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo.....	11
2. Permisos otorgados por la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo.....	13
2.1 Transporte	13
2.1.1 Transporte por medio de auto-tanques, semirremolques, Carro-tanques o buque-tanques.....	13
2.2 Almacenamiento	14
2.2.1 Almacenamiento mediante planta de depósito.....	14
2.2.2 Almacenamiento mediante planta de suministro	14
2.2.3 Almacenamiento mediante estación carburación de autoconsumo	14
2.2.4 Almacenamiento mediante instalación de aprovechamiento para autoconsumo	14
2.3 Distribución.....	15
2.3.1 Distribución mediante planta de distribución.....	15
2.3.2 Distribución mediante estación para carburación	15
2.3.3 Distribución Mediante Establecimiento Comercial	15
2.4 Requerimientos para la obtención de permisos para el transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo	15
2.5 Revisión de Solicitudes y Avisos.....	17
2.5.1 Solicitudes.....	17
2.5.2 Avisos	18
Capítulo 3.....	19
Normas aplicables al transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo.	19
3. Normas aplicables al transporte, distribución y almacenamiento de gas Licuado de Petróleo.....	21
3.1 Normalización.....	21
3.2 Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDG-1996	21

Plantas de almacenamiento para gas LP Diseño y construcción.....	21
3.3 Norma Oficial Mexicana NOM-002-SESH-2009.....	22
Bodegas de distribución de Gas L.P. Diseño, construcción, operación y Condiciones de seguridad.....	22
3.4 Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDG-2004.....	22
Estaciones de gas licuado de petróleo para Carburación. Diseño y Construcción.....	22
3.5 Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDG-2004,.....	23
Instalaciones de aprovechamiento de gas LP Diseño y construcción.....	23
3.6 Norma Oficial Mexicana NOM-005-SESH-2010.....	23
Equipos de carburación de gas LP en motores de combustión interna. Instalación y mantenimiento.....	23
3.7 Norma Oficial Mexicana NOM-007-SESH-2010.....	24
Vehículos para el transporte y distribución de gas LP.....	24
Condiciones de seguridad, operación y mantenimiento.....	24
3.8 Norma Oficial Mexicana NOM-013-SEDG-2002.....	24
Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de pulso-eco, para la verificación de recipientes tipo no portátil para contener gas LP, en uso.....	24
Capítulo 4.....	25
Verificación de los dictámenes emitidos por las Unidades de Verificación.....	25
4. Verificación de los dictámenes emitidos por las Unidades de Verificación.....	27
4.1 Funciones de la Secretaría de Energía en materia de Verificación.....	27
4.2 Unidades de Verificación.....	28
4.3 Obligaciones de las Unidades de Verificación.....	28
Capítulo 5.....	31
Estudio de caso, Análisis del diseño de una planta de distribución de gas LP.....	31
5.1 Generalidades del Gas Licuado de Petróleo.....	33
5.1.1 Historia.....	33
5.1.2 Origen y Formación.....	33
5.1.3 Composición del Petróleo.....	34
5.1.4 Hidrocarburos: Carbono, Hidrógeno.....	35
5.1.5 Gas Licuado de Petróleo.....	36
5.2 Características Físicas, Químicas y Térmicas de los Hidrocarburos.....	37
5.2.1 Presión de Vapor.....	37
5.2.2 Ebullición.....	38
5.2.3 Vaporización del líquido.....	39
5.2.4 Densidad relativa.....	40
5.2.5 Combustión.....	40
5.2.6 Unidades de Medición.....	41
5.2.7 Poder Calorífico.....	41

5.3 Análisis del gas L.P.....	43
5.3.1 Octanaje	43
5.3.2 Átomo	43
5.3.3 Peso Atómico.....	43
5.3.4 Átomo Gramo.	44
5.3.5 Molécula.....	44
5.3.6 Fórmula Molecular.....	44
5.3.7 Pesos Moleculares.....	44
5.3.8 Mol-Gramo.....	45
5.3.9. Procedimiento para la obtención del gas LP.	46
5.4 Leyes que rigen a los Gases	49
5.4.1 Ley de Charles	49
5.4.2 Ley General de los Gases.....	49
5.5 Otras Leyes Generales con datos prácticos	50
5.5.1 La ley de Pascal.....	50
5.5.2 Ley de Avogadro.....	50
5.5.3 Ley de Gay Lussac	50
5.6 Flujos de Gas en las tuberías.....	51
5.6.1 Teoría de flujo.....	51
2.6.2 Ecuación de Bernoulli	53
5.7 Diseño de una planta de distribución de Gas Licuado de Petróleo con capacidad equivalente a 274,800 litros de agua al 100 %	54
5.7.1 Almacenamiento	54
5.7.2 Maquinaria	56
5.7.3 Controles manuales y automáticos.....	57
5.7.4 Justificación técnica del diseño de planta.	58
5.7.5 Teorema de Bernoulli (principio de Conservación de la Energía):.....	59
5.7.6 Pérdidas por fricción o resistencia al flujo dentro del sistema (F)	59
5.7.7 Justificación técnica de la potencia del compresor para la recepción de Gas L.P.	63
5.7.8 Condiciones de operación iniciales (1) y finales (2):.....	64
Bibliografía	69

Objetivo

Presentar los fundamentos teóricos necesarios, para realizar las actividades relacionadas al servicio social dentro de la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo de la Secretaría de Energía. Describir las actividades ejecutadas durante este período, en donde se aplicaron los conocimientos obtenidos durante el estudio de la carrera de ingeniería petrolera en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y poder también demostrar el ejercicio de la práctica profesional así como los conocimientos adquiridos durante la realización del servicio social. Demostrar que a lo largo de este período se consolidó la formación académica y la capacitación profesional además de una conciencia de solidaridad con la sociedad.

Justificación

Los principales retos que presenta el país en materia de gas licuado de petróleo son: regular el transporte, almacenamiento y distribución, así como reglamentar estas actividades. La Secretaría de Energía a través de la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo es la encargada de vigilar el cumplimiento de las condiciones técnicas y de seguridad de tales actividades. Actuar conforme al reglamento de gas licuado de petróleo permite al gobierno federal marcar las directrices sobre como los sectores social y privado podrán operar y construir instalaciones y equipos para el manejo del gas licuado de petróleo. El cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas coadyuva a que el manejo del gas licuado de petróleo sea más seguro y por lo tanto su debida aplicación en las actividades de transporte, almacenamiento y distribución contribuya a una sociedad con un mayor y más seguro acceso a este energético.

Resumen

El presente trabajo describe el marco teórico y técnico que reglamenta y regula el manejo del gas licuado de petróleo en México, haciendo énfasis en la metodología para la obtención de permisos, revisión de solicitudes y avisos para el transporte, almacenamiento y distribución del gas licuado de petróleo otorgados únicamente por la Secretaría de Energía, se describen las actividades realizadas durante el servicio social en esta dependencia gubernamental. En los capítulos de este trabajo se brinda una síntesis de las actividades ejecutadas y de todos aquellos fundamentos teóricos y técnicos que permitieron realizar estas actividades de manera competente. La finalidad del capítulo número I es poder documentar los fundamentos con los que cuenta la Secretaría de Energía para reglamentar estas actividades y que permitieron ejecutar la labor de revisión de solicitudes de permisos, así mismo es en este capítulo donde se resumen las atribuciones con las que cuenta la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo para regular los términos y condiciones a los que deben de sujetarse las actividades de transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo. El capítulo II detalla los permisos otorgados por parte de la Secretaría de Energía referentes al transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo. Es en este capítulo donde se describen los requerimientos por parte de la Secretaría así como el procedimiento de revisión de las solicitudes para la obtención de los permisos, principal actividad ejecutada durante el servicio social. En este capítulo también se mencionan los tipos de solicitudes y avisos que son materia de análisis por parte del departamento de Permisos de la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo, los cuales fungían como actividades encargadas al prestador del servicio social. Posteriormente en el Capítulo III se enlistan las Normas Oficiales Mexicanas que regulan las condiciones técnicas y de seguridad que dictan las condiciones de diseño y construcción de las instalaciones así como de los equipos utilizados para el manejo del gas licuado de petróleo. Se hace mención a estas Normas ya que durante el período de prestación del servicio social se analizaron los proyectos de instalaciones así como sus diseños mecánicos, eléctricos, civiles y de seguridad y se verificó que fueran conformes a estas Normas. En el capítulo IV se menciona el papel de las Unidades de Verificación, sus atribuciones, otorgadas por la Secretaría de Energía así como su papel en la emisión de dictámenes garantizando el cumplimiento de lo estipulado en las Normas Oficiales. Esto con la finalidad de verificar que los dictámenes que emitían de las instalaciones y equipos y los cuales eran estudiados y cotejados con los planos de diseño de las instalaciones para las solicitudes de permisos así como de los equipos para el transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo correspondieran con los proyectos autorizados. Por último se concluye en el capítulo V con el diseño mecánico de una planta de distribución de gas licuado de petróleo con capacidad equivalente a 274800 litros de agua llenados al 100 %. Se hace una síntesis de los fundamentos teóricos y técnicos para este diseño mecánico así como de las características de este hidrocarburo para su correcto manejo.

Capítulo 1

Función de la Secretaría de Energía en Materia de Gas Licuado de Petróleo

1. Función de la Secretaría de Energía en materia de Gas Licuado de Petróleo.

La Secretaría de Energía tiene la obligación de regular las actividades de Transporte, Almacenamiento y Distribución de Gas Licuado de Petróleo que no se realice mediante ductos, estas actividades podrán ser llevadas a cabo, previo permiso, por los sectores social y privado, los que podrán construir, operar y ser propietarios de instalaciones y equipos, en los términos de las disposiciones contenidas en el Reglamento de Gas Licuado de Petróleo, así como, en las disposiciones técnicas y de regulación que se expidan.

La Secretaría es la encargada de interpretar y aplicar el Reglamento de Gas Licuado de Petróleo para efectos administrativos, de esta manera corresponde a la Secretaría regular los términos y condiciones a los que deberán sujetarse las actividades de Transporte, Almacenamiento y Distribución.

1.1 Atribuciones de la Secretaría de Energía

Las principales atribuciones de la Secretaría de Energía en materia de gas LP, en términos de lo dispuesto por el Artículo 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, son las siguientes:

- Establecer y conducir la política energética del país.
- Ejercer los derechos de la Nación en materia de petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos y gaseosos.
- Conducir y supervisar la actividad de las entidades paraestatales sectorizadas en la Secretaría de Energía, así como la programación de la exploración, explotación y transformación de los hidrocarburos.
- Promover que la participación de los particulares en las actividades del sector sea en los términos de la legislación y de las disposiciones aplicables.
- Llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal.

- Integrar el Consejo Nacional de Energía y expedir sus reglas de funcionamiento para realizar tareas de planeación energética.
- Otorgar, y en su caso, cancelar permisos y autorizaciones en materia energética, conforme a las disposiciones aplicables.
- Regular y, en su caso, expedir NOM sobre producción, comercialización, compra-venta, condiciones de calidad, suministro de energía y demás aspectos que promuevan la modernización, eficiencia y desarrollo del sector, así como controlar y vigilar su debido cumplimiento.
- Ordenar que se realicen visitas de inspección a las instalaciones de los órganos, organismos y empresas del sector y, en general, a toda persona física o moral que realice cualquiera de las actividades a que se refiere la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.
- Iniciar, tramitar y resolver procedimientos administrativos e imponer las sanciones que correspondan, en términos de las disposiciones aplicables.

Por otra parte, en términos de lo establecido en el Reglamento de Gas Licuado de Petróleo, la Secretaría de Energía cuenta con la atribución consistente en otorgar permisos en materia de:

- Transporte: por medio de auto-tanques, semirremolques y carro-tanques o buque-tanques.
- Almacenamiento: refiriéndose a plantas de depósito y suministro, incluyendo estaciones de gas LP para carburación y de aprovechamiento para autoconsumo o auto abasto.
- Distribución: por medio de planta, estaciones de carburación y establecimiento comercial para su venta directa al público, el objetivo principal es proveer físicamente el producto final.

Dicha atribución se ejerce por conducto de la Dirección General de Gas LP, como se establece en el artículo 23, fracción I del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.

La misión de la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo es aplicar los ordenamientos legales y demás normas jurídicas, cuyas disposiciones regulen las actividades de transporte y distribución de gas licuado de petróleo, que se realice por medios distintos a ductos

1.2 Reglamento de Gas Licuado de Petróleo

El Reglamento de Gas Licuado de Petróleo publicado en diciembre de 2007, constituye un instrumento integral que determina los derechos y obligaciones de los participantes en el mercado de gas LP, a fin de contar con mayor certeza jurídica ante los actos que realicen permisionarios y autoridades. Con base en él, las cuatro actividades principales del mercado de gas LP son:

- Almacenamiento, corresponde a la actividad de recibir y conservar gas LP, a Granel, para su posterior suministro, para consumo propio, o para su posterior devolución a terceros.
- Distribución, considerada como la actividad de recibir gas LP a granel, para su posterior traslado, conducción, entrega o venta a adquirientes y usuarios finales.
- Transporte, es la actividad de recibir, conducir y entregar gas LP, a granel propiedad de terceros, por medio de auto-tanques, semirremolques, carro-tanques, buque-tanques o ductos.
- Ventas de primera mano , se refiere a la primera enajenación del gas LP de origen nacional, llevada a cabo por Petróleos Mexicanos (Pemex) a un tercero, para su entrega en territorio nacional. Se considerará también Venta de Primera Mano la que realice Petróleos Mexicanos a un tercero en territorio nacional con gas LP, importado, cuando éste haya sido mezclado con gas LP, de origen nacional.

Conforme a lo dispuesto por el artículo 9 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, las Ventas de Primera Mano así como el transporte, almacenamiento y distribución de gas LP son actividades de exclusiva jurisdicción federal; y en consecuencia, únicamente el Gobierno Federal puede dictar las disposiciones técnicas, reglamentarias y de regulación que las rijan.

El Reglamento de Gas Licuado de Petróleo constituye el instrumento regulatorio a través del cual se delimitan los alcances, obligaciones y responsabilidades que se deben observar en el ejercicio de dichas actividades, a fin de garantizar un manejo adecuado del hidrocarburo en términos de seguridad para la población y competitividad para la industria.

El Reglamento atiende los aspectos relativos a la promoción de un mercado con una regulación más adecuada para beneficio de los consumidores, de los distribuidores y de la economía nacional. El objetivo es mejorar integralmente las condiciones del mercado, proporcionando certidumbre a los inversionistas del sector, reduciendo la discrecionalidad de las autoridades participantes y fortaleciendo las condiciones de seguridad y calidad del servicio.

Sus objetivos principales se enmarcan a continuación:

1. Impulsar y proteger la inversión y la seguridad en la industria; así como transparentar y mejorar el servicio a los usuarios.
2. Establecer de manera clara y precisa los requisitos para la obtención de permisos.
3. Crear nuevas figuras involucradas con la distribución y carburación de gas LP, tales como los establecimientos comerciales, centros de destrucción de recipientes transportables y los talleres autorizados para la conversión de vehículos de gasolina a gas LP.
4. Institucionaliza figuras importantes del mercado (algunas, de apoyo para el gobierno), tales como unidades de verificación, laboratorios de prueba, y organismos de certificación.
5. Reafirmar responsabilidades del sector distribuidor, en beneficio de la seguridad de los consumidores.

1.3 Marco Regulatorio de la Industria del Gas Licuado de Petróleo.

El marco regulatorio del mercado de gas LP en México está conformado por leyes, reglamentos y normas, fundamentadas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, a través de las cuales se definen las bases jurídicas, técnicas, metodológicas, económicas, comerciales, organizacionales y, en general, todos los mecanismos que permiten el mejor aprovechamiento de gas LP.

El conjunto general de disposiciones que regulan a la industria de gas LP en México se integra por los instrumentos jurídicos siguientes:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.

- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Ley de la Comisión Reguladora de Energía.
- Ley de Petróleos Mexicanos.
- Ley Federal de las Entidades Paraestatales.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- Ley de Planeación.
- Ley de los Impuestos Generales de Importación y Exportación.
- Ley de Inversión Extranjera.
- Ley Federal de Protección al Consumidor.
- Ley Federal de Competencia Económica.
- Ley de Comercio Exterior.
- Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.
- Reglamento de la Ley de Petróleos Mexicanos.
- Reglamento de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales.
- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.
- Reglamento de Gas Licuado de Petróleo.
- Reglamento de la Ley Federal de Competencia Económica.
- Reglamento de la Ley Federal de Protección al Consumidor.
- Reglamento de la Ley de Inversión Extranjera y del Registro Nacional de Inversiones Extranjeras.
- Normas Oficiales Mexicanas.
- Directivas y Resoluciones expedidas por la CRE.
- Acuerdos y Decretos.

La regulación vigente del mercado de gas LP considera la participación pública y privada. Petróleos Mexicanos concentra la producción nacional del combustible, las Ventas de Primera Mano, el transporte por ductos y la operación de las terminales de suministro de su propiedad. Por su parte, el sector privado participa en las actividades de transporte (principalmente por vía terrestre), a través de ductos o por otros medios; la distribución, ya sea mediante estaciones de carburación para vehículos o directamente hacia los usuarios finales requiriendo para ello auto-

tanques y recipientes transportables; el almacenamiento y la operación de varias terminales de suministro.

1.4 Marco Constitucional

Las disposiciones constitucionales relativas al gas LP, se encuentran previstas en los Artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El Artículo 25, párrafo primero señala que el Estado debe garantizar que el desarrollo nacional sea integral y sustentable, con el objetivo de fortalecer tanto la soberanía como la democracia de nuestro país. Asimismo, debe fomentar el crecimiento económico, el empleo y una distribución del ingreso más justa. Por su parte, en el párrafo segundo de dicho Artículo, se establece que el Estado debe planear, conducir, coordinar y orientar la actividad económica nacional. Asimismo, deberá llevar a cabo la regulación y fomento de las actividades que demanden el interés general de la nación. En el párrafo cuarto también se señala que el sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el Artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, manteniendo siempre la propiedad y el control sobre éstos.

La disposición constitucional más importante en materia de hidrocarburos es el Artículo 27, en cuyo párrafo cuarto se establece que le corresponde a la Nación el dominio directo del petróleo y los hidrocarburos. A su vez, el párrafo sexto de dicho Artículo señala que cuando se trate del petróleo, hidrocarburos o minerales radioactivos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán aquellos que se hayan otorgado previamente. Asimismo, establece que la Nación llevará a cabo la explotación de estos recursos, en los términos que señale la Ley Reglamentaria respectiva.

1.5 Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.

La Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo considera los siguientes aspectos aplicables en la materia:

- Sólo la Nación podrá llevar a cabo las distintas explotaciones de los hidrocarburos, que constituyen la industria petrolera.
- La industria petrolera abarca, entre otras actividades, la exploración, explotación, elaboración y ventas de primera mano del gas, así como el transporte y el almacenamiento indispensables y necesarios para interconectar su explotación y elaboración.
- La Nación llevará a cabo la exploración y la explotación del petróleo y las demás actividades a que se refiere el Artículo 3o., que se consideran estratégicas en los términos del Artículo 28, párrafo cuarto, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por conducto de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios.
- Salvo lo dispuesto en el Artículo 3º, el transporte, el almacenamiento y la distribución de gas podrán ser llevados a cabo, previo permiso, por los sectores social y privado, los que podrán construir, operar y ser propietarios de ductos, instalaciones y equipos, en los términos de las disposiciones reglamentarias, técnicas y de regulación que se expidan.

1.6 Ley de Petróleos Mexicanos

En materia de gas LP, destacan las siguientes disposiciones de la Ley de Petróleos Mexicanos:

- El Estado realizará las actividades que le corresponden en exclusiva en el área estratégica del petróleo, demás hidrocarburos y la petroquímica básica, por conducto de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios, de acuerdo con la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo y sus Reglamentos.
- PEMEX y sus Organismos Subsidiarios, de acuerdo con sus respectivos objetos, podrán celebrar con personas físicas o morales toda clase de actos, convenios, contratos y suscribir títulos de crédito, manteniendo en exclusiva la propiedad y el control del Estado Mexicano sobre los hidrocarburos, con sujeción a las disposiciones aplicables.

Capítulo 2

Permisos otorgados por la Dirección General de Gas Licuado de
Petróleo.

2. Permisos otorgados por la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo.

En términos de lo establecido en el Reglamento de Gas Licuado de Petróleo, la Secretaría de Energía cuenta con la atribución consistente para poder otorgar permisos en materia de:

I. De Transporte

a) Por medio de Auto-tanques, Semirremolques, Carro-tanques o Buque-tanques.

II. De Almacenamiento

a) Mediante Planta de Depósito.

b) Mediante Planta de Suministro.

c) Mediante Estación de Gas L.P., para Carburación de Autoconsumo.

d) Mediante Instalación de Aprovechamiento para Autoconsumo.

III. De Distribución

a) Mediante Planta de Distribución.

b) Mediante Estación de Gas L.P., para Carburación.

c) Mediante Establecimiento Comercial.

2.1 Transporte

2.1.1 Transporte por medio de auto-tanques, semirremolques, Carro-tanques o buque-tanques.

En base al artículo 27 del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo se define al Transporte por medio de Auto-tanques, Semirremolques, Carro-tanques o Buque-tanques, como la actividad de conducción de gas LP, a Granel a través de dichas unidades de Transporte, entre Sistemas de Transporte por Ductos, Plantas de Depósito, Plantas de Suministro, Plantas de Distribución, Estaciones de gas LP, para Carburación e Instalaciones de Aprovechamiento para Autoconsumo.

2.2 Almacenamiento

2.2.1 Almacenamiento mediante planta de depósito

El Almacenamiento mediante Planta de Depósito, comprende la actividad de recibir gas LP, de terceros, conservarlo en depósito y devolverlo al depositante en una Planta de Depósito, conforme a lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones aplicables.

2.2.2 Almacenamiento mediante planta de suministro

El Almacenamiento mediante Planta de Suministro comprende la actividad de recibir y conservar Gas L.P., en una Planta de Suministro, incluidas las de Petróleos Mexicanos, para su venta o entrega a Permisarios.

2.2.3 Almacenamiento mediante estación carburación de autoconsumo

El Almacenamiento mediante Estación de gas LP, para Carburación de Autoconsumo tiene por objeto adquirir y almacenar gas LP, en dichas instalaciones, para su aprovechamiento exclusivo en vehículos automotores con Equipos de Carburación de gas LP, cuya propiedad o legal posesión esté a cargo del Almacenista correspondiente.

2.2.4 Almacenamiento mediante instalación de aprovechamiento para autoconsumo

El Almacenamiento mediante Instalación de Aprovechamiento para Autoconsumo tiene por objeto adquirir y almacenar gas LP, en dichas instalaciones, incluido el gas LP, objeto de Venta de Primera Mano, a fin de satisfacer exclusivamente las necesidades de consumo del Almacenista correspondiente, quedando estrictamente prohibida su enajenación o venta a terceros.

2.3 Distribución

2.3.1 Distribución mediante planta de distribución

La Distribución mediante Planta de Distribución, comprende la actividad de adquirir, recibir y conservar gas LP, a Granel, en una Planta de Distribución, para su venta o entrega a Permisarios y Usuarios Finales.

2.3.2 Distribución mediante estación para carburación

La Distribución mediante Estación de Gas L.P., para Carburación tiene por objeto realizar la venta de ese combustible en dichas instalaciones, para su entrega mediante trasiego en recipientes instalados en vehículos automotores con Equipos de Carburación de Gas L.P.

2.3.3 Distribución Mediante Establecimiento Comercial

La Distribución mediante Establecimiento Comercial tiene por objeto realizar la comercialización y venta de Gas L.P., exclusivamente a Usuarios Finales a través de Recipientes Portátiles en Bodegas de Distribución. Las ventas que incluyan envíos, se harán mediante Vehículos de Reparto, en cuyo caso, el Distribuidor deberá ofrecer el servicio de conexión correspondiente.

2.4 Requerimientos para la obtención de permisos para el transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo

En base al Artículo 17 del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo todos los interesados en obtener los permisos mencionados anteriormente deberán presentar una solicitud a la Secretaría conforme a lo siguiente:

I. En todos los casos:

- a) Si es persona física: nombre, domicilio y copia certificada de identificación oficial con firma del solicitante.

Si es persona moral: la denominación o razón social, la marca comercial con la que, en su caso, se identifique, domicilio y copia certificada del instrumento otorgado ante fedatario público que acredite su constitución como persona moral;

- b)** En su caso, la acreditación de su representante legal, el nombre y domicilio del mismo y de las personas autorizadas para oír y recibir toda clase de notificaciones;
- c)** Tipo de permiso que desea obtener, y
- d)** Dictámenes técnicos de una Unidad de Verificación aprobada por la Secretaría acreditando que el proyecto y vehículos cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

Los solicitantes de los permisos establecidos a continuación:

I) de Almacenamiento:

- a)** Mediante Planta de Depósito;
- b)** Mediante Planta de Suministro;
- c)** Mediante Estación de Gas L.P., para Carburación de Autoconsumo, y

II) de Distribución:

- a)** Mediante Planta de Distribución;
- b)** Mediante Estación de Gas L.P., para Carburación;
- c)** Mediante Establecimiento Comercial,

Adicionalmente deberán presentar documentación que contenga:

- a)** En relación con las especificaciones técnicas:

1.Descripción, ubicación y capacidad de almacenamiento del proyecto, incluyendo los planos civil, mecánico, eléctrico, del sistema contra-incendio, planométrico y memorias técnico descriptivas, los cuales deberán incluir el nombre y firma autógrafa del proyectista, del representante legal del solicitante, y de la Unidad de Verificación correspondiente, aprobada por la Secretaría, y

2. Medidas de seguridad con que cuenten.

b) Programas de inversión para la realización del proyecto, de conformidad con las características del servicio que pretende prestar, con excepción de los permisos de Almacenamiento para Autoconsumo, y

c) Copia simple de los documentos que acrediten la propiedad, posesión o título jurídico que permita hacer uso de los terrenos o predios que se vayan a utilizar, incluyendo, en su caso, Centrales de Guarda, identificando el número oficial.

2.5 Revisión de Solicitudes y Avisos

La Dirección General de Gas Licuado de Petróleo tiene el deber de atender todas las solicitudes y avisos que marca el Reglamento de Gas Licuado de Petróleo. Estos avisos y solicitudes están estipulados conforme al artículo 84 del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo. A continuación se enlistan los tipos de solicitudes y avisos que fueron recibidos y analizados y que conformaron parte de las actividades realizadas dentro de la Secretaría de Energía.

2.5.1 Solicitudes

- I.** De autorización para operar como Centro de Intercambio, en el caso de Distribuidores mediante Planta de Distribución.
- II.** De autorización para instalar Bodegas de Distribución adicionales a las establecidas en el título de permiso correspondiente.
- III.** De autorización para la suspensión del servicio.

- IV.** De autorización para realizar modificaciones técnicas que incrementen, disminuyan o afecten el diseño básico de las instalaciones
- V.** De extinción del permiso

2.5.2 Avisos

En base al artículo 85 del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo los Permisarios deberán presentar a la Secretaría de Energía los siguientes avisos.

- I.** De inicio de operaciones,
- II.** De incremento del número de Centrales de Guarda, Semirremolques, Carro-tanques, Buque-tanques, Auto-tanques y Vehículos de Reparto,
- III.** De disminución del parque vehicular o terminación de operaciones de las Bodegas de Distribución o Centrales de Guarda
- IV.** De cualquier circunstancia previsible que a juicio del Permisario pudiera resultar en una modificación a las condiciones de operación del servicio o que pudiera repercutir en el abasto o en la seguridad de la población
- V.** De cualquier modificación en la siguiente información: Nombre, denominación o razón social y domicilio del Permisario en el territorio nacional, así como cualquier marca comercial con la que el Permisario se identifique y cualquier modificación a los programas de mantenimiento, seguridad y contingencias.

Capítulo 3

Normas aplicables al transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo.

3. Normas aplicables al transporte, distribución y almacenamiento de gas Licuado de Petróleo

3.1 Normalización

La Normalización consiste en la determinación de especificaciones técnicas fundamentales con la finalidad de evaluar y hacer prevención integral de riesgos en la implantación del manejo y distribución del gas L.P. en México. Sus herramientas son la formulación y expedición de normas- Norma Oficial Mexicana (NOM), Norma Mexicana (NMX) y Norma de Emergencia (NOM-EN) y la evaluación de la conformidad (organismos de certificación, laboratorios de pruebas y unidades de verificación). Lo anterior, para que todos los proyectos de instalaciones en materia de gas L.P. se realicen con la infraestructura tecnológica adecuada, garantizando las actividades de aprovechamiento del gas LP, así como la seguridad de la población general.

El Subcomité de Normalización en Materia de Gas Licuado de Petróleo tiene a su cargo la elaboración o actualización de las NOM, destacando las siguientes:

3.2 Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDG-1996 Plantas de almacenamiento para gas LP Diseño y construcción.

La NOM-001-SEDG-1996 tiene como objetivo establecer los requisitos mínimos técnicos y de seguridad que se deben cumplir en el territorio nacional para el diseño y construcción de plantas de almacenamiento para Gas L.P. Es en esta Norma donde se especifican los requisitos del proyecto, el cual debe estar integrado por memoria técnico descriptiva y planos de cada uno de los proyectos civil, mecánico, eléctrico y contra incendio. También debe contar con dictámenes de Unidades de Verificación en Plantas y en Instalaciones Eléctricas.

La memoria y los planos deben llevar el número de cédula profesional correspondiente a la licenciatura relacionada en la materia de los proyectos mencionados en el párrafo anterior, nombre completo y firma autógrafa del proyectista; nombre completo y firma autógrafa del propietario o su representante legal; nombre completo, firma autógrafa y datos del registro de las Unidades de Verificación. La memoria debe contar con la antefirma del propietario o su representante legal y de la Unidad de Verificación en Plantas, en cada una de sus páginas. Es en

esta Norma donde se describen los lineamientos de los planos de los proyectos civil, mecánico, eléctrico y contra incendio. De igual manera se definen los requisitos mínimos que deben de contener las memorias descriptivas de los proyectos civil, mecánico, eléctrico y contra incendio, así como las especificaciones de los proyectos anteriormente mencionados.

3.3 Norma Oficial Mexicana NOM-002-SESH-2009 Bodegas de distribución de Gas L.P. Diseño, construcción, operación y Condiciones de seguridad.

La NOM-002-SESH-2009 regula y establece las especificaciones técnicas de seguridad que como mínimo se deben cumplir en el diseño, construcción y operación de las bodegas de distribución de gas licuado de petróleo en el territorio nacional. Una bodega de distribución es definida como un establecimiento destinado a la distribución de Gas L.P. a través de recipientes transportables, para su venta directa, envío a usuarios finales, o su reexpedición a otras bodegas. La Norma establece los diferentes tipos de bodegas de distribución que existen en base a su capacidad de almacenamiento de gas licuado de petróleo así como especificaciones para cada uno de estos tipos de bodegas. Las memorias y los planos deben llevar el número de cédula profesional expedida por la Secretaría de Educación Pública, del profesionista en la licenciatura relacionada en la materia de los proyectos.

3.4 Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDG-2004 Estaciones de gas licuado de petróleo para Carburación. Diseño y Construcción.

La NOM-003-SEDG-2004 establece los requisitos técnicos mínimos de seguridad que se deben observar y cumplir en el diseño y construcción de estaciones de gas LP, para carburación con almacenamiento fijo, que se destinan exclusivamente a llenar recipientes con gas LP de los vehículos que lo utilizan como combustible. Asimismo se establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad correspondiente. La norma establece las diferentes clases de estaciones de gas licuado de petróleo para carburación que existen en base a su capacidad de almacenamiento, de igual manera define los requisitos del proyecto que debe estar integrado por Memoria Técnico-Descriptiva y planos de cada uno de los proyectos: civil, mecánico, eléctrico y contra incendio. Deben contener nombre o razón social del solicitante del permiso y fecha de

elaboración. La memoria y los planos deben llevar el número de cédula profesional expedida por la Secretaría de Educación Pública, del profesionista en la licenciatura relacionada en la materia de los proyectos mencionados anteriormente así como, nombre completo y firma autógrafa del proyectista, nombre completo y firma autógrafa del solicitante del permiso o su representante legal.

El profesionista que elabora los proyectos mecánico y contra incendio debe ser ingeniero químico, petrolero, mecánico, civil o industrial. La memoria técnico-descriptiva debe contar con la antefirma del solicitante del permiso o su representante legal, en cada una de sus páginas. Debe contar con dictamen emitido por una Unidad de Verificación en materia de Gas L.P. Para las estaciones de Gas L.P. con capacidad de almacenamiento total mayor a 10 000 litros de agua, se requiere además el dictamen emitido por una Unidad de Verificación en Instalaciones Eléctricas.

3.5 Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDG-2004, Instalaciones de aprovechamiento de gas LP Diseño y construcción.

La NOM-004-SEDG-2004 establece las especificaciones técnicas mínimas de seguridad para el diseño, construcción y modificación de las instalaciones fijas y permanentes de aprovechamiento de Gas L.P., así como el procedimiento para la evaluación de la conformidad. En instalaciones que reciben Gas L.P. proveniente de una red de distribución, esta Norma aplica a partir del medidor del usuario. Esta Norma Oficial Mexicana no aplica a instalaciones temporales realizadas con fines de demostración. La Norma Oficial Mexicana establece 6 clases de instalaciones de aprovechamiento de gas Licuado de Petróleo en base al tipo de aprovechamiento al que se destina el gas LP así como las especificaciones de los componentes de la instalación.

3.6 Norma Oficial Mexicana NOM-005-SESH-2010 Equipos de carburación de gas LP en motores de combustión interna. Instalación y mantenimiento.

La NOM-005-SESH-2010 establece los requisitos mínimos de seguridad, especificaciones y métodos de prueba que deben cumplir los reguladores y/o reguladores-vaporizadores utilizados en los equipos de carburación que utilizan Gas L.P. En esta Norma se contemplan los requisitos técnicos de seguridad de los equipos de carburación instalados en vehículos automotores de combustión interna y motores estacionarios de combustión interna. Asimismo quedan

comprendidos los sistemas automotrices a Gas L.P. en fase vapor operados con vaporizador, ya sea con mezclador o inyectores, así como también sistemas en fase líquida operados con bomba e inyectores. De igual esta Norma se establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad.

3.7 Norma Oficial Mexicana NOM-007-SESH-2010 Vehículos para el transporte y distribución de gas LP Condiciones de seguridad, operación y mantenimiento.

La NOM-007-SESH-2010 tiene como objetivo establecer las condiciones mínimas de seguridad, operación y mantenimiento que se deben cumplir en lo que se refiere al uso de vehículos para el transporte y distribución de gas licuado de petróleo. La Norma aplica para los siguientes vehículos: Semirremolques, Auto-tanques de distribución, Auto-tanques de transporte y Vehículos de reparto.

3.8 Norma Oficial Mexicana NOM-013-SEDG-2002 Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método de pulso-eco, para la verificación de recipientes tipo no portátil para contener gas LP, en uso.

La NOM-013-SEDG-2002 establece los métodos para la medición por ultrasonido y para la evaluación de los espesores de la sección cilíndrica y casquetes de los recipientes tipo no portátil destinados a contener gas LP, en uso, así como el procedimiento de la evaluación de la conformidad correspondiente. La finalidad de esta Norma es poder garantizar las condiciones físicas de los recipientes utilizados para el Transporte, Almacenamiento y Distribución de Gas Licuado de Petróleo.

Capítulo 4

Verificación de los dictámenes emitidos por las Unidades de Verificación

4. Verificación de los dictámenes emitidos por las Unidades de Verificación

4.1 Funciones de la Secretaría de Energía en materia de Verificación

Entre las funciones de la Secretaría de Energía, se encuentra vigilar que los permisionarios de distribución, transporte y almacenamiento de gas licuado de petróleo, excepto aquellos que son competencia de la Comisión Reguladora de Energía, cumplan con el marco jurídico aplicable, con el fin de realizar dichas actividades de forma segura. Para ello la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo lleva a cabo anualmente un Programa de Supervisión y Verificación aplicable al total de los permisionarios de transporte, almacenamiento y distribución de gas Licuado de Petróleo a lo largo del territorio nacional. Dicha supervisión se realiza a través de tres modalidades:

1. Verificación de las instalaciones en operación mediante Unidades de Verificación, las cuales fungen como terceros acreditados y aprobados en Normas Oficiales Mexicanas en materia de gas LP para verificar en sitio las instalaciones de los permisionarios. Estos últimos tienen la obligación de presentar anualmente, ante la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo, los resultados de dichas verificaciones conforme a un calendario publicado en el Diario Oficial de la Federación.
2. Verificación a través de visitas directas por parte de verificadores adscritos a la DGGLP.
 - a) se utiliza un Modelo de Administración de Riesgos que permite identificar aquellas instalaciones que presenten una mayor probabilidad de materialización de un riesgo y por otro lado,
 - b) se llevan a cabo verificaciones a las instalaciones de permisionarios que no presentan el Reporte Técnico en cumplimiento al Programa de Supervisión. Con ello, se da seguimiento al “Procedimiento para la evaluación de la conformidad general para llevar a cabo la verificación de seguimiento de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de Gas L.P., sujetas a la observancia por parte de permisionarios de transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo”.
3. Adicionalmente, existe la modalidad de verificaciones extraordinarias que se realizan como resultado de la atención a alguna queja ciudadana o por parte de otra autoridad.

Una de las principales actividades realizadas dentro de la Secretaría de Energía fue analizar los dictámenes emitidos por las Unidades de Verificación en donde se garantizaba la conformidad en el cumplimiento de las condiciones técnicas y de seguridad de los proyectos para el manejo del gas licuado de petróleo. A continuación se describirá el papel que desempeñan las Unidades de Verificación así como las facultades otorgadas por la Secretaría de Energía para el desempeño de sus labores.

4.2 Unidades de Verificación

La Secretaría de Energía es la encargada de aprobar a las personas físicas o morales interesadas en ejercer actividades como Unidad de Verificación en materia de Gas Licuado de Petróleo previa solicitud presentada conforme a los requisitos que se establezcan y las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

4.3 Obligaciones de las Unidades de Verificación

Conforme al Artículo 89 del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo son obligaciones de las Unidades de Verificación:

- I. Verificar el cumplimiento de la normatividad respecto del diseño y la ejecución de Obras e instalaciones de gas LP, asegurándose de que los proyectos y su realización cumplan con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables;
- II. Verificar el cumplimiento de las especificaciones y disposiciones de seguridad de las obras, instalaciones, vehículos y equipos de gas LP, previstas en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables;
- III. Verificar que la operación y mantenimiento de instalaciones, vehículos y equipos de gas LP, cumplan con las especificaciones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables;
- IV. Verificar que los manuales de capacitación, operación, mantenimiento y contingencias cumplan con las normas correspondientes;
- V. Abstenerse de emitir o suscribir dictámenes, Reportes Técnicos, informes de pruebas, certificados o cualquier otro documento que avale el cumplimiento de Normas Oficiales

Mexicanas, sin estar debidamente acreditados y aprobados en términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y de la normatividad aplicable;

- VI. Informar a la Secretaría de cualquier modificación en la información relativa a nombre o denominación social, domicilio, o representante legal, en un plazo máximo de tres días posteriores a la modificación correspondiente;
- VII. Apegarse a los Procedimientos para la Evaluación de la Conformidad, Directivas y demás lineamientos que emita la Secretaría, en relación a las disposiciones y criterios que deberán seguirse durante los actos y programas de verificación;
- VIII. Abstenerse de emitir en los dictámenes, Reportes Técnicos, informes de pruebas, certificados o cualquier otro documento de evaluación de la conformidad, información relacionada con el incumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas o de cualquiera de las disposiciones establecidas en las mismas;
- IX. Abstenerse de emitir o suscribir dictámenes, Reportes Técnicos, informes de pruebas, certificados o cualquier otro documento de evaluación de la conformidad, con información falsa en relación al cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas o de cualquiera de las disposiciones establecidas en las mismas;
- X. Presentar a la Secretaría, en el caso de las Unidades de Verificación, un informe trimestral durante los primeros quince días de los meses de Enero, Abril, Julio y Octubre de cada año, de los dictámenes que hayan emitido para cada una de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de gas LP, en las que se encuentren aprobadas, así como informar de aquellas normas en las que no hayan dictaminado. Los informes deberán presentarse a través de los medios y formatos que establezca la Secretaría para tal efecto, y
- XI. Las demás que se establezcan en este Reglamento y en la aprobación correspondiente.

Las Unidades de Verificación aprobadas por la Secretaría, son directamente responsables por la veracidad de los dictámenes, pruebas y certificados que emitan o que realicen, así como de cualquier otra información que les requiera dicha instancia.

Capítulo 5

Estudio de caso, Análisis del diseño de una planta de distribución de gas LP.

5. Estudio de caso. Diseño de una planta de distribución de gas licuado de petróleo.

5.1 Generalidades del Gas Licuado de Petróleo

5.1.1 Historia

En el campo de la investigación científica, una de las materias de importancia primordial, es el origen y las aplicaciones del petróleo, ocupando el primer lugar como base para el desarrollo económico y social de un país, así mismo es el energético de mayor demanda mundial.

Son innumerables los derivados de tan preciado elemento y puede decirse que se encuentra en todos los objetos que actualmente usamos, sin embargo en este estudio, analizaremos el gas licuado de petróleo exclusivamente ya que por sus cualidades específicas se ha convertido en uno de los combustibles más ventajosos y de mayor utilización en el ramo doméstico, comercial y de operación industrial.

El descubrimiento del petróleo es antiguo en la humanidad, se supone que los fuegos perpetuos en templos paganos fueron manantiales de petróleo encendidos en la superficie de la tierra. En la biblia aparece con el nombre de Betún, mineral combustible. Los babilonios y los asirios, lo emplearon en el alumbrado. Los árabes y hebreos en medicinas. Los chinos utilizaron el gas natural para el alumbrado, sirviéndose de tubos de bambú y también como elementos de guerra. Los indios norteamericanos vendían petróleo con el nombre de “Aceites Seneca” para diversos propósitos, como la cura del reumatismo. En México, los Totonacas de la región de Papantla lo recogían de la superficie de las aguas para utilizarlo como medicina y como incienso en sus ritos, algunas tribus de la costa lo utilizaron para blanquear su dentadura.

5.1.2 Origen y Formación

Las teorías del origen y formación del petróleo se siguen discutiendo hasta la fecha. Las primeras defendieron su origen como mineral, otros investigadores se inclinaron por el origen orgánico, sosteniendo que provienen de la descomposición de residuos animales y vegetales que se transformaron en aceite a través de los años. Los análisis hechos de rocas petrolíferas de campos

productores, hechos en laboratorios confirman el origen orgánico, ya que se han encontrado en ellas, ciertas propiedades ópticas, que solo se localizan en las sustancias orgánicas, así como el propio contenido de nitrógeno.

También nos puede confirmar el origen orgánico, el hecho de que la mayor parte de los yacimientos en el mundo, se localizan en lugares que fueron ocupados por lagos y mares hace millones de años.

En 1860 nació la industria de la refinación para extraer otros productos de este filón lodoso que progresa y sigue progresando a grandes pasos al grado que no hay productos desperdiciados, ya que todas las riquezas contenidas en el petróleo bruto son utilizadas, algunos son elementos extraños que conviene eliminar del petróleo como sulfuros, por sus propiedades corrosivas o de olor desagradables sin embargo el azufre es riqueza envidiable en la economía mundial.

5.1.3 Composición del Petróleo.

El petróleo se encuentra en el subsuelo, impregnado en formaciones geológicas a las que los profesionales llaman trampas, constituidas por una capa de margas o arcilla impermeable de la cual no puede escapar el petróleo a la superficie.

El petróleo asume los tres estados físicos de la materia: sólido, líquido y gaseoso, según su composición y la temperatura y presión a que se encuentra, su color varía entre el ámbar y el negro, su densidad es menor que la del agua. En estado gaseoso es inodoro, incoloro e insípido.

El aceite que producen los pozos, es enviado hasta un centro de recolección llamado batería de separadores en donde se separa mecánicamente el aceite del gas y del agua, se miden y envían a otros centros recolectores de mayor importancia y de ahí a centros de tratamiento y refinación.

El petróleo crudo es un compuesto de hidrocarburos, es decir una combinación de carbono e hidrógeno exclusivamente y que comprende desde el asfalto hasta el gas natural. Su separación en columnas de destilación se logra aprovechando las diferencias de volatilidad que tienen unos y otros. El procedimiento utilizado, consiste en calentar el petróleo crudo a una temperatura en que los componentes ligeros se evaporen y a continuación se condensan los hidrocarburos evaporados.

La condensación se efectúa a diferentes temperaturas: Los hidrocarburos más volátiles se condensan a menor temperatura que los menos volátiles.

De esta manera se obtienen distintos condensados cuyas propiedades corresponden a los productos comerciales que conocemos como el gas licuado de petróleo, gasolina, queroseno, diésel, aceite, lubricantes etc.

De los yacimientos constituidos por gases, éstos se extraen por los mismos métodos convencionales empleados en la extracción de petróleo crudo y son tratados en plantas de absorción, donde se separan los hidrocarburos que forman el gas natural, el gas licuado de petróleo y algunos otros como gasolina ligera. Este tipo de yacimientos es la fuente principal tanto del gas natural como del gas LP.

Las refinerías de petróleo vienen produciendo también cada vez, mayores cantidades de gas LP mediante la instalación de los equipos especiales requeridos. De las plantas de absorción y de las refinerías, los productos comerciales derivados del petróleo, hidrocarburos que se encuentran en estado gaseoso como el gas natural se hacen llegar a los centros de consumo por ductos; los que se encuentran en estado líquido, se hacen llegar a plantas almacenadoras, ubicadas en los centros de consumo por ductos, ferrocarril, buques-tanque y auto-transporte. En la actualidad en lugares que carecen de yacimientos naturales como en Japón, cuenta con almacenamientos de grandes dimensiones para Gas natural como en la terminal de Osaka Gas Company que lo almacena a temperatura muy baja de menos 160° centígrados.

5.1.4 Hidrocarburos: Carbono, Hidrógeno.

Los hidrocarburos son cuerpos compuestos de carbono e hidrógeno exclusivamente. El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro e insípido, muy difícilmente licuable. Es la sustancia más ligera que se conoce. Se encuentra muy poco en la naturaleza en estado de libertad. Lo expulsan algunos volcanes y pozos petroleros, si bien mezclados con otros gases. Abunda combinado; forma parte del agua, de los ácidos e hidróxidos, de los organismos vegetales animales y del petróleo.

El carbono es un elemento no metálico, que se encuentra en la naturaleza en combinación con todas las sustancias vegetales y animales (materia orgánica) y con muchos minerales.

Los porcentajes de carbono e hidrógeno que forman cada compuesto tienen importancia decisiva en el comportamiento de cada hidrocarburo, sus propiedades varían a medida que cada compuesto tiene mayor número de carbonos.

El átomo de carbono se representa por un núcleo central, rodeado de cuatro antenas llamadas valencias, susceptibles de retener cuatro átomos de hidrógeno, por lo que se dice carbono tetravalente.

Por la combinación entre sí de los átomos de carbono y por la fijación de los átomos de hidrógeno sobre las antenas o valencias, se forman un gran número de hidrocarburos.

El primero, es el formado por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno CH_4 y recibe el nombre de Metano. El segundo, está formado por la combinación de dos carbonos y seis de hidrógeno C_2H_6 se le conoce como Etano. De manera general corresponde a la fórmula de los hidrocarburos saturados $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

Los cuatro primeros hidrocarburos, metano, etano propano y butano, se encuentran a la temperatura ordinaria y a presión atmosférica, en estado gaseoso. Los dos primeros, metano y etano forman lo que se conoce como gas natural, el propano y el butano, reciben el nombre de gas licuado de petróleo, gas LP. Cuando el número de átomos de carbono son más de cuatro, se encuentran en estado líquido a las condiciones ordinarias de presión y temperatura, formando los compuestos que conocemos con el nombre de gasolina, petróleo diáfano, diésel, etc.

Vienen después los que son más viscosos que los anteriores, los aceites lubricantes hasta llegar a ser sólido como las parafinas, grasas y finalmente los asfaltos. Así, llegamos especialmente al estudio de los gases propano y butano que corresponden al gas LP, a continuación analizaremos sus características.

5.1.5 Gas Licuado de Petróleo

El concepto de gas LP o gas Licuado de Petróleo denomina a los productos que están compuestos principalmente por cualquiera de los siguientes hidrocarburos o mezclas de ellos. Propano, Propileno, Butano (normal e isobutano) y Butilenos.

El gas LP es único entre los combustibles comúnmente usados, porque bajo presiones moderadas y a la temperatura ordinaria, puede ser transportado y almacenado en forma líquida, pero cuando se libera a la presión atmosférica y a temperatura relativamente baja, se evapora y puede ser manejado y usado como gas. Por estar almacenado en forma líquida recibe el nombre de “Gas Licuado de Petróleo” y comercialmente Gas L.P.

Gracias a que la mezcla propano-butano se puede licuar a bajas presiones, es posible almacenar este producto en recipientes del orden de un millón de litros. En las plantas de almacenamiento y distribución se embotella el gas L.P. en recipientes más pequeños de 4, 6, 10, 20, 30 y 45 kilogramos, con objeto a facilitar su transporte y distribución para su aprovechamiento como combustible en usos domésticos, comerciales e industriales.

5.2 Características Físicas, Químicas y Térmicas de los Hidrocarburos

Por su naturaleza, el gas L.P. carece de olor y de color. Sin embargo para anunciarse su presencia se ha optado por odorizarlo, para ello se un aroma penetrante y molesto conocido con el nombre de Mercaptano, sustancia también carente de color. Esta sustancia se mezcla total y libremente con el gas y no es venenosa, no reacciona con los metales comunes y es inofensiva a los medidores. Su olor es tan penetrante que basta poner en cada litro de gas solo una gota de mercaptano.

5.2.1 Presión de Vapor

El gas L.P. se almacena y se transporta en estado líquido, sin embargo se consume en estado de vapor. Analicemos como sucede esta transformación.

En todos los cuerpos las moléculas que los forman están en movimiento, es decir, no están fijas. En cuerpos sólidos las moléculas están relativamente próximas una a otras y se mueven despacio.

Si calentamos ese sólido, las moléculas se mueven más aprisa y tienden a separarse. Cuando están suficientemente separadas, las sustancias se “funden o derriten”, tomando el estado líquido. Si continuamos calentando ese líquido aún más, las moléculas se moverán todavía más aprisa y se alejarán más entre sí, hasta que el líquido hierva y forme el gas. Ese proceso puede ser invertido y al bajar la temperatura lo suficiente, el vapor se condensará en líquido y con una nueva reducción en la temperatura ese líquido tomará el estado sólido.

Las moléculas de un líquido están en constante movimiento, aunque con una velocidad menor a los gases. Como un líquido presenta una superficie libre, algunas moléculas atraviesan esta superficie fugándose del líquido. Si el recipiente es cerrado las moléculas se irán acumulando gradualmente en el espacio libre y al ir aumentando presentarán una tendencia a regresar al

líquido. Cuando el número de moléculas que se libera del líquido es igual al que regresa, se dice que la fase gaseosa y la fase líquida están en equilibrio.

Los impactos que ejercen fuerzas sobre las paredes del recipiente y expresadas por unidad de área recibe el nombre de presión de vapor, o para mayor interpretación, es la presión ejercida por el gas encerrado cuando éste se haya en presencia de fase líquida.

Un aumento de temperatura sube la presión de vapor de un líquido. La razón de esto es que la velocidad de las moléculas aumenta con el incremento de temperatura, pasando con mayor rapidez las moléculas al estado gaseoso, incluso se formarán burbujas de vapor en el seno del líquido, lo que se llama ebullición.

Si el butano, en estado de vapor lo almacenamos en un recipiente cerrado y se desciende la temperatura, se podrá comprobar que a menos 0.5°C se licúa o en un día de invierno que registre esta temperatura o menor, podemos manejar el butano en estado líquido en recipientes abiertos, así como estamos acostumbrados a manejar el agua. Si lo mismo queremos hacer con el propano veremos que se requiere descender la temperatura a -42.1°C

A estas temperaturas se les denomina de condensación si se está pasando del estado gaseoso al líquido, pero si se pasa del estado líquido al gaseoso se llama temperatura de ebullición.

5.2.2 Ebullición

El punto de ebullición de una sustancia es la temperatura a la cual cambiará del estado líquido al gaseoso.

Agua	100°C	212°F
Butano	-0.5°C	31.1°F
Propano	-42.1°C	-43.8°F
Metano	-161.5°C	-258.7°F

Independientemente de que el gas L.P. se encuentre por arriba de su temperatura de ebullición no podrá hervir, ya que está sometido a una presión mayor que la atmosférica u ordinaria, por encontrarse en un recipiente cerrado, donde se produce un equilibrio entre las fases líquida y gaseosa. Pero si esa presión se baja a la atmosférica abriendo la válvula de servicio del tanque,

el gas empezará su ebullición tumultuosa. Al cerrar la válvula se empezará a generar un equilibrio entre las fases.

Esa propiedad es la que nos permite almacenar el gas L.P. en estado líquido y aprovecharlo en estado gaseoso. El cambio de un fluido de estado líquido al estado gaseoso, va acompañado de una absorción de calor, es decir se registra un descenso de temperatura. Tratándose de gas L.P. en estado líquido, ya sea propano o una mezcla de éste con butano, también absorberá calor en su paso al estado gaseoso. Sólo que como estos gases tienen una temperatura de ebullición por debajo de los 0° C, ese calor se obtiene directamente de la atmósfera ambiente.

5.2.3 Vaporización del líquido

El líquido tiene almacenada en sí cierta cantidad de calor; de esa cantidad de calor se utiliza la necesaria para vaporizar el volumen de líquido, pero claro está que al usar esa cantidad, la temperatura del líquido descenderá y solo se podrá recuperar calor de la única fuente que se dispone; el calor de la atmósfera ambiente, que llega hasta el líquido por el único camino disponible, o sea las paredes del tanque, en la zona en que estén bañadas por el líquido.

Si la velocidad con que el líquido recupera calor, es igual o similar a la velocidad con que la pierde no hay problema.

Pero si esto no sucede, empezará a descender la temperatura del líquido por debajo de los 0°C y en ese momento se podrá apreciar la congelación de la humedad del aire en el área del recipiente, que está en contacto con el gas L.P. en estado líquido. Este problema se resuelve aumentando la capacidad de almacenamiento.

Naturalmente, existen fórmulas para calcular la cantidad de vaporización de un recipiente y si contamos con el cálculo del consumo de los aparatos de que consta una instalación, podemos determinar la capacidad del recipiente a utilizar.

5.2.4 Densidad relativa

En la naturaleza existen gases más ligeros y más pesados que el aire, los más ligeros se pueden apreciar en los globos y los humos que ascienden, a los más pesados como el anhídrido carbónico, tienden a depositarse en la superficie del suelo.

En los hidrocarburos gaseosos, mientras el gas L.P. es más pesado que el aire, el gas natural es más ligero. A la comparación de la cantidad de materia de un gas con respecto a la del aire se llama “densidad relativa”.

Por eso si comparamos el peso del gas L.P. con respecto al aire tenemos que la densidad relativa del propano es de 1.522, la densidad relativa del butano es de 2.006. Es decir, que el propano pasa de 1.52 veces más que el aire y el butano lo doble del peso del aire.

El gas L.P. como es más pesado que el aire una vez que ha escapado, si no existe una corriente de aire que lo disipe se extiende pegado al suelo, acumulándose en mezclas explosivas y con grandes posibilidades de encontrar una fuente de ignición que lo encienda.

Al gas L.P. en estado de vapor lo comparamos con el gas que más abunda en la naturaleza y que es el aire, ahora el gas L.P. en su estado líquido lo podemos comparar con el agua que es el líquido de mayor abundancia.

Podemos decir que un litro de propano pesa 508.9 gramos y de butano 582.4 gramos. Las densidades mencionadas se han calculado para una temperatura de 15.5 °C es decir 60 °F.

Como los volúmenes se dilatan o contraen con los cambios de la temperatura, los valores de las densidades serán diferentes.

5.2.5 Combustión

Cuando en forma controlada, se mezcla gas con oxígeno del aire en presencia de una fuente de ignición, el resultado será una combustión y solamente puede existir cuando se juntan estos tres elementos, si aislamos cualquiera de ellos jamás podremos efectuar una combustión.

Recibe el nombre de combustión, el proceso por el cual el combustible se combina en forma rápida con el oxígeno (también llamado carburante) con desprendimiento de luz y calor, se dice que se efectúa en forma rápida para diferenciarlo de otros procesos; el lento, comúnmente llamado oxidación y el ultra rápido o instantáneo llamado explosión.

Generalmente, cuando se realiza una combustión es con el objeto de aprovechar su calor, por eso es importante medir la cantidad de calor que producen los combustibles.

5.2.6 Unidades de Medición

La unidad para medir el calor en el sistema métrico decimal se llama caloría y se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura del agua un grado, de 15° a 16° C. Se elige este intervalo, porque es donde se obtiene el valor medio de las cantidades de calor necesarias para elevar grado a grado la temperatura de un gramo de agua desde cero a cien grados. Generalmente, a esta unidad se le designa con el nombre de caloría pequeña o caloría gramo, para diferenciarla de caloría grande o kilocaloría, que es mil veces mayor que ella, o sea, la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de un kilogramo de agua.

En el sistema británico, la unidad correspondiente es la unidad térmica británica (British Thermal Unit), que se representa por las iniciales B.T.U. de su nombre en inglés. Se define, como la cantidad de calor necesaria para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.

5.2.7 Poder Calorífico

Conociendo las unidades para medir el calor que produce un combustible en una combustión, el calor que se desarrolla se mide por la unidad de peso o de volumen. En otras palabras, se dice que el “poder calorífico” de un combustible es la cantidad de calorías capaz de producir por cada gramo, kilogramo, litro o metro cúbico.

Para los cuerpos sólidos o líquidos, el poder calorífico se toma teniendo en cuenta las calorías producidas en la combustión de un kilogramo de combustible, para los gases se toma la unidad de volumen o sea el metro cúbico.

Los valores de los poderes caloríficos de los cuerpos, sirven para determinar el consumo de combustibles, pues dividiendo la cantidad total de calorías necesarias para una operación entre el poder calorífico del combustible obtendremos su consumo.

Poder calorífico de combustibles (en estado gaseoso a las condiciones de una atmósfera de presión y una temperatura de 20° C)

Gas Natural	8800 kilo caloría por metro cúbico
Propano	17375 kilo caloría por metro cúbico
Butano	22880 kilo caloría por metro cúbico

Poder calorífico de combustibles (en estado líquido)

Propano	12000 kilo caloría por kilogramo
Butano	11800 kilo caloría por kilogramo
Gasolina	10900 kilo caloría por kilogramo
Petróleo diáfano	10650 kilo caloría por kilogramo
Diésel	10300 kilo caloría por kilogramo

El gas L.P no es peligroso cuando se maneja con cuidado. El hombre primitivo, sentía verdadero pánico al fuego, porque se desconocía lo que era, solamente sabía de él los daños que ocasionaba, ante el temor llegó a rendirle culto. Hoy en día, sabemos todo acerca del fuego; sabemos controlarlo, lo dominamos y hemos hecho que sea eficaz colaborador del hombre.

Siguiendo los principios de seguridad que se derivan del comportamiento de estos gases, encontramos el camino hacia la seguridad, pues día a día se construyen mayor cantidad de instalaciones y las exigencias requieren del mantenimiento dirigido y realizado por personal capacitado.

5.3 Análisis del gas L.P

5.3.1 Octanaje

El número de octanos de un combustible u octanaje, se derivan de una escala arbitraria, calculada midiendo la máxima relación de compresión que puede ser usada en un motor de combustión interna, sin detonación audible (knock). La estándar usada es derivada del iso-octano puro (Octanaje=100) y las propiedades relativas anti-knock de cualquier otro combustible pueden definirse mediante comparación de su octanaje con el iso-octano.

Debido a sus relativamente altos octanajes, los gases licuados de petróleo están siendo usados en un grado creciente en motores de combustión interna.

Propano	Octanaje 125
Butano	Octanaje 91

5.3.2 Átomo

Es la misma porción de cada cuerpo simple que puede entrar en combinación con otros. Es indivisible por medios químicos.

5.3.3 Peso Atómico.

Es el peso del átomo. Difiere de cada elemento. Su valor absoluto no ha sido hasta el presente bien establecido. En cambio se conoce perfectamente su valor relativo, es decir, comparado con el peso de un elemento tomando como unidad (Oxígeno 16). Anteriormente se tomaba como unidad el hidrógeno por ser el más ligero.

Hidrógeno	1.0080
Carbono	12.0100

5.3.4 Átomo Gramo.

Es el peso atómico expresado en gramos. Así el átomo-gramo de Carbono, cuyo peso atómico es de 12.010 pesará 12.010; el átomo grammo de Hidrógeno pesa 1.0080 gramos.

5.3.5 Molécula

Es la porción mínima de una sustancia que participa de la naturaleza del todo y que puede existir en estado de libertad. Es indivisible por medios físicos.

5.3.6 Fórmula Molecular.

Los constituyentes elementales de una sustancia, o sea la clase de átomos que integran su molécula y sus proporciones relativas.

Metano	CH ₄
Propano	C ₃ H ₈
Butano	C ₄ H ₁₀

5.3.7 Pesos Moleculares

Propiedad física fundamental de una sustancia; es el peso de la molécula, y equivale a la suma de los pesos atómicos de los diferentes elementos que la integran. Su valor es relativo como el del peso atómico. Si se dice de un cuerpo que su peso molecular es 32, se intenta expresar que su molécula pesa 2 veces lo que el átomo de Oxígeno.

Propano C ₃ H ₈ :	Peso molecular 44.094
Butano C ₄ H ₁₀ :	Peso molecular 58.120

5.3.8 Mol-Gramo

Se entiende por un mol de cualquier sustancia, la cantidad de esa sustancia cuyo peso (en kilos, gramos, libras o cualquier otra unidad que convenga que se use) sea numéricamente igual a su peso molecular. Si se expresan en gramos se denomina “mol-gramo”, si es en libras “mol-libra” etc.

En lenguaje corriente de la química la molécula mol-gramo se llama también mol. Si el peso de la molécula se expresa en miligramos, entonces se llama “milimol”.

Así una molécula de agua, que está formada por 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno, tendrá un peso molecular de 16.000 más 1.008 o sea 18.016 (la molécula del agua tiene 3 átomos: 2 de hidrógeno y 1 de oxígeno: HOH ó H₂O ó 2(H) + 1(O)). La molécula de hidrógeno está formada por 2 átomos de hidrógeno, por lo tanto, su peso molecular será igual a 2.016.

La molécula de oxígeno tiene un peso molecular de 32, ya que consta de 2 átomos de oxígeno.

Una molécula de oxígeno de Propano (C₃H₈) tiene 3 carbonos con un peso cada uno de ellos de 12.01 y 8 átomos de hidrógeno con un peso cada uno de ellos de 1.008 por lo tanto su peso molecular es:

$$\text{Carbono } 12.010 \times 3 = 36.030$$

$$\text{Hidrógeno } 1.008 \times 8 = 8.064$$

$$44.094$$

Un mol-gramo de Propano, será la cantidad suficiente de este gas que pese 44.094 gramos. En otras palabras, para tener un mol-gramo de Propano se pesa cuidadosamente 44.094 gramos de este gas.

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, el Butano tiene un peso molecular de 58.120 unidades; entonces, si queremos tener un mol-gramo de Butano, pesaríamos 58.120 gramos de este gas.

Por estudios hechos por Avogadro se encontró que el mol de cualquier gas, estando a 0° C y una presión de 760 milímetros de mercurio, ocupa siempre un volumen y éste es de 22.4 litros. En

otras palabras, 2.016 gramos de hidrógeno (un mol) estando a 0°C y una presión de 760 milímetros de mercurio ocupa 22.4 litros.

32 gramos de oxígeno (un mol) a 0°C y una presión de 760 milímetros de mercurio ocupa 22.4 litros.

44.094 gramos de propano (un mol) o 58.120 gramos de butano (un mol) a 0°C y 760 milímetros de mercurio ocupan 22.4 litros

Entonces, vemos que existen ciertas relaciones fundamentales y encontramos que en un volumen de 22.4 litros y estando a 0°C y 760 milímetros de mercurio existe siempre un número constante de moléculas de cada gas.

Ahora bien, los pesos de un volumen igual difieren, ya que un mol-gramo de hidrógeno necesita 2.016 gramos, un mol-gramo de butano 58.120 gramos y eso debido a que cada molécula de hidrógeno es 26 veces más ligera que una de butano. Es decir, todas las sustancias (excepto los isómeros) tienen pesos moleculares diferentes.

Se entiende por isómero la sustancia química que teniendo una fórmula bruta igual, tiene una estructura diferente al desarrollarla; el caso típico, en el gas L.P. es el N.Butano (Butano Normal) y el isobutano (iso mero del Butano Normal) como se ve en las siguientes fórmulas:

5.3.9. Procedimiento para la obtención del gas LP.

Estos gases no se obtienen como gases puros (naturales), sino como mezcla con otros hidrocarburos. Los procedimientos de obtención de estos gases se realizan por alguno de los siguientes métodos:

- Destilación del petróleo crudo.
- A través de subproductos de hidrocarburos pesados.
- Mediante la purificación del gas natural.

En su producción debe eliminarse el azufre (libre, así como el sulfuro de hidrógeno), y el agua. Con la eliminación de estos elementos se consigue un elevado poder calorífico y se evita la concentración de agua para evitar condensaciones de agua en las instalaciones y la congelación en las tuberías.

Para su manipulación y transporte estos son almacenados en depósitos a presión (fijos y móviles) en estado líquido aunque siempre con alguna proporción en fase gas en el interior de los depósitos, ya que estos no pueden llenarse por seguridad al 100% en fase líquida debido a su elevada vaporización a temperatura ambiente.

La gasificación de estos combustibles se realiza mediante dos procedimientos distintos, uno de ellos por medios naturales y el segundo forzando. En ambos casos se comparte en común el aporte de energía calorífica para su gasificación.

1. Gasificación Natural. Mediante este método la energía calorífica es producida por el salto térmico existente entre la temperatura ambiente (aire) y la temperatura del gas en el interior del depósito. El hilo conductor del salto térmico es la envolvente o piel del depósito que deberá de poseer un elevado coeficiente de transmisión térmica con el fin de obtener una mayor eficacia en la energía transmitida. Este método está condenado a un suministro de caudal que es función del salto térmico y de las características técnicas del depósito, es decir, no se puede garantizar al cien por ciento un caudal constante.
2. Gasificación forzada. Mediante este método la energía calorífica es aportada a través de un artefacto denominado gasificador. Normalmente el gasificador es una caldera que suministra la energía calorífica mediante la combustión del propio gas o mediante otro tipo de combustible transmitiendo esta energía al gas en fase líquida consiguiendo su gasificación. éste tipo de instalaciones poseen la ventaja de poder suministrar siempre un caudal constante con independencia de la temperatura ambiente, tipología de instalación y del coeficiente de transmisión térmica del depósito. La desventaja de este sistema es que encarece mucho la instalación.

Existe un tercer caso que consiste en una gasificación mixta, es decir, gasificación natural más gasificación forzada. Esta solución consiste en aprovechar las mejores ventajas que aporta cada una de las soluciones descritas, con ello se consiguen instalaciones de coste intermedio.

El propano y el butano son excelentes combustibles pero que por lo general resultan bastante caros debido al coste de manipulación y almacenamiento a presión. Las ventajas de estos combustibles son:

- Facilidad de puesta en funcionamiento de los quemadores debido a su elevada volatilidad.
- Rendimientos de la combustión muy elevados.
- Elevada limpieza en los inyectores de los quemadores.
- No reaccionan con el plomo, cobre, acero, bronce, latón y polietileno, que considerando su coste medio bajo relativo y sus elevadas propiedades mecánicas los hacen ideales para el transporte y distribución.

El gas propano y butano son inflamables y explosivos, si se mezclan con la proporción adecuada de aire. No obstante el escape de una pequeña cantidad de gas de un quemador podría no ser causa de una mezcla explosiva en un recinto normalmente ventilado, porque la mezcla de aire y gas sería tan pobre que no podría inflamarse.

Estos gases son prácticamente inodoros, es por ello que para poder apreciarlo cuando hay una fuga es necesario añadir productos especiales que posean un olor pronunciado.

A presión atmosférica y temperatura ambiente (1 atmósfera y 15 °C) el propano y el butano se encuentran en estado gaseoso. En cambio para que estos gases puedan ser licuados se requiere.

- A presión atmosférica (1 atmósfera): una temperatura para el propano por debajo de -42.5°C y para el butano de -5°C .
- A temperatura ambiente (15°C): una presión relativa aproximada de 0,9 atmósferas para el butano y 6,65 atmósferas para el propano.

5.4 Leyes que rigen a los Gases

5.4.1 Ley de Charles

La relación conocida como “Ley de Charles”, dice que el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, si la presión permanece constante:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Si la presión permanece constante, T significa temperatura absoluta, y V volumen.

La ley de Boyle relaciona la presión y el volumen. (Robert Boyle, 1627-1691), dice que el volumen de un gas varía inversamente a la presión que lo soporta, cuando la temperatura es constante.

$$P_1 V_2 = P_2 V_1$$

Si la presión es constante; P significa presión absoluta.

Las leyes de Boyle y de Charles pueden ser combinadas proporcionando así una relación entre la presión, el volumen y la temperatura de una cantidad determinada de un gas.

Esta relación, que se conoce como la “Ley General de los Gases”, se expresa como sigue:

5.4.2 Ley General de los Gases

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Esta Ley de Boyle y Mariotte es conocida por la relación que guarda sus factores entre sí. (Edmé Mariotte, 1620-1684)

Esta fórmula es casi, exactamente correcta para cualquier gas o mezcla de gases. Sin embargo cuando un gas está cerca de su temperatura de licuación, no se comporta de acuerdo a la Ley General de los Gases. Un pequeño incremento de la presión licuará el gas, reduciendo su volumen enormemente. Esta propiedad hace posible el uso de los gases licuados de petróleo, como el propano, el butano y sus mezclas, no así el gas natural (metano) que sería muy costoso licuarlo.

5.5 Otras Leyes Generales con datos prácticos

5.5.1 La ley de Pascal

Se puede relacionar con los gases licuados de petróleo y se debe a Blaise Pascal (1623-16619), Ley fundamental de la hidrostática, según la cual la presión aplicada en un punto del seno de un líquido se transmite en todas direcciones con el mismo valor.

5.5.2 Ley de Avogadro.

Físico italiano, Amadeo Avogadro (1776-1856). Dice que volúmenes iguales de gases cualesquiera, en iguales condiciones de presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas. La ley de Avogadro determina que: bajo las mismas condiciones de presión y temperatura, volúmenes iguales de todos los gases ideales contendrán el mismo número de moléculas. Esto es equivalente a un peso molar a una temperatura y presión determinada de cualquier gas ocupa el mismo volumen que un peso molecular de cualquier otro gas ideal. Existen 2.73×10^{26} moléculas por cada libra-mol de un gas ideal.

5.5.3 Ley de Gay Lussac.

Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850). A presión constante, un gas perfecto (y, en forma aproximada, los gases reales cuyo comportamiento se acerca al de los gases ideales) tiene un coeficiente de dilatación que no depende de la naturaleza, de la temperatura ni de la presión del gas, dicho coeficiente vale, a presión constante.

$\alpha = \frac{1}{273}$ Este coeficiente α es igual al coeficiente β de variación 273 de presión del gas a volumen constante.

Es interesante conocer algunas leyes generales de los gases aun cuando para ser aplicables estrictamente, requieren de los datos prácticos que dan factores, que en ciertos casos son llamados parámetros cuando son aplicables a leyes.

Se entiende por presión de vapor la presión interna de un líquido, formada por el choque de sus moléculas.

La presión de vapor aumenta al aumentar la temperatura y el valor numérico de la presión de vapor de cada substancia, es la presión requerida para que el líquido hierva.

Un líquido hierve cuando su presión de vapor alcanza a la que existe encima de su superficie libre, es decir se igualan presiones de vapor líquido. Ejemplo el agua a nivel del mar a 45 ° de latitud y 100° C tiene una presión de vapor de 760 milímetros de mercurio, 10.33 metros de agua ó 1.033 kilogramos por centímetro cuadrado, puesto que es la presión en la cual se mantiene el equilibrio entre la presión externa y la presión interna.

Par que un líquido se evapore intervienen tres factores fundamentales: primero la temperatura, a mayor temperatura mayor grado de evaporación, segundo la presión, a menor presión externa (vacío) mayor grado de evaporación, tercero, la superficie, a mayor superficie de líquido en contacto del vapor mayor velocidad de evaporación, esto nos interesa por lo siguiente: para aumentar la evaporación, se requieren elementos que calienten los cilindros o recipientes.

5.6 Flujos de Gas en las tuberías

5.6.1 Teoría de flujo

El método más comúnmente usado para trasladar fluidos de un punto a otro es forzándolo a fluir a través de un sistema de tuberías. La tubería de sección circular es la más frecuentemente usada

por que su forma no solamente ofrece fuerza estructural sino mayor área seccional por unidades de superficie en sus paredes que cualquier otra forma.

Sólo algunos problemas especiales en la mecánica de fluidos, flujo laminar en tuberías, por ejemplo pueden resolverse matemáticamente; todos los demás problemas requieren métodos de solución con determinados coeficientes experimentales. Muchas fórmulas empíricas han sido propuestas para problemas de flujo en tuberías, pero éstas son extremadamente limitadas y pueden ser aplicadas solamente cuando las condiciones del problema se aproximan muy de cerca a las condiciones de los experimentos de cuyas fórmulas han sido derivadas.

Dada la gran variedad de fluidos que se manejan en los modernos procesos industriales, una simple ecuación, que puede usarse para el flujo de cualquier fluido en tuberías, ofrece grandes ventajas. Semejante a una ecuación es la fórmula de Darcy. Esta fórmula puede derivarse racionalmente del significado de los análisis dimensionales; sin embargo una variable en la fórmula, el factor de fricción debe ser determinado experimentalmente. Esta fórmula tiene gran aplicación en el campo de la mecánica de fluidos y su uso es muy extenso.

La solución de cualquier problema de flujo requiere el conocimiento de las propiedades físicas del fluido que se va a usar. Los valores exactos de estas propiedades afectan el flujo de los fluidos, y son la viscosidad y la densidad, que han sido establecidas por muchas autoridades que comúnmente usan esos fluidos.

La viscosidad expresa la dificultad con que el fluido fluye cuando es movido por una fuerza exterior. El coeficiente de viscosidad absoluta o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido en una medida de su resistencia a la deformación interna. La densidad substancia, es su masa por unidad de volumen. En el sistema C.G.S. se expresa en gramos masa por centímetro cúbico, y en M.K.S. en kilogramos masa por metro cúbico.

El volumen específico viene siendo lo recíproco de la densidad y se expresa como la cantidad de centímetros cúbicos de espacio ocupado por un gramo de una substancia, aunque en ingeniería se mide en metros cúbicos por un kilogramo masa.

Densidad

La densidad en los gases y vapores se altera por el cambio de presiones.

La densidad relativa es la medida relativa de la densidad tomando como referencia ya sea la densidad del agua, o bien la del aire.

La naturaleza del flujo en las tuberías es laminar o turbulento. Si la velocidad es pequeña el flujo es laminar; si el flujo se incrementa gradualmente se vuelve turbulento.

2.6.2 Ecuación de Bernoulli

Cuando el gas fluye a través de una tubería, la energía total del gas en varios puntos consiste en energía debida a la presión, energía debida a la velocidad y energía debida a la posición o elevación encima de un dato establecido. La ecuación de Bernoulli simplemente conecta estos componentes de la energía del fluido fluyendo para formar una ecuación de la conservación de la energía. La ecuación de Bernoulli es declarada de la siguiente manera, considerando dos puntos 1 y 2 como se muestra a continuación.

$$X_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + W = X_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + F + F_c$$

Donde W es el equivalente al trabajo añadido al fluido por el compresor F y F_c representan la pérdida presión total debida a la fricción entre los puntos 1 y 2.

Iniciando con la ecuación básica de energía, aplicando las leyes de los gases, y después de simplificaciones, se desarrollaron varias fórmulas a través de los años para predecir el desempeño de una tubería transportando gas. Estas fórmulas tuvieron como propósito demostrar la relación entre las propiedades de los gases como gravedad y factor de compresibilidad, con la tasa de flujo, diámetro de la tubería y longitud y las presiones a lo largo de la tubería.

Por lo tanto para una tubería de un tamaño y longitud, podemos predecir la tasa de flujo posible a través del ducto basados en la presión de entrada y presión de salida de un segmento de la tubería. Algunas simplificaciones son introducidas, como las temperaturas de gas uniforme y no existe ninguna transferencia de calor entre el gas y el entorno que lo rodea.

5.7 Diseño de una planta de distribución de Gas Licuado de Petróleo con capacidad equivalente a 274,800 litros de agua al 100 %.

5.7.1 Almacenamiento

- a) La planta de distribución almacenará el equivalente a 274800 litros de agua para ello contará con dos tanques de almacenamiento tipo planta cilíndricos horizontales, especiales para contener gas LP, con una capacidad equivalente individual de 148000 y 126800 litros de agua respectivamente.
- b) Estarán montados sobre bases de concreto armado de tal modo que puedan desarrollar libremente sus movimientos de contracción y dilatación.
- c) Las bombas (para el llenado y suministro) y el compresor para la recepción de gas LP se encuentran en la zona de almacenamiento. Por lo tanto cumplen con las distancias mínimas reglamentarias.
- d) Los tanques tienen una altura mínima de 1.60 m, medido de la parte inferior de los mismos al nivel de piso terminado.
- e) Las características de los tanques son las siguientes:

Tanque I con capacidad equivalente a 148000 litros de agua

Construido por: CYTSA	Capacidad Nominal (l de agua):148000
Año de fabricación:1998	Diámetro exterior (m): 3.38
Longitud total (m): 18 m	Presión de trabajo (kg/cm ²): 14
Forma de cabezas: Semiesféricas	Eficiencia: 100 %
Espesor lámina cabezas (mm): 9.52	Espesor lámina cuerpo (mm): 16.66
Material lámina cabezas: SA-455	Material lámina cuerpo:SA-612
Coples (kg/cm ²):210	Número de Serie:TP-98264
Tara (kg):24600	Capacidad al 90%:133200

Tanque II con capacidad de: 126800 litros

Construido por: CYTSA	Capacidad Nominal (l de agua):126800
Año de fabricación: 2013	Diámetro exterior (m): 3.38
Longitud total (m): 15.57	Presión de trabajo (kg/cm ²):14
Forma de cabezas: Semiesféricas	Eficiencia: 100 %
Espesor lámina cabezas (mm):9.9	Espesor lámina cuerpo (mm):18.4
Material lámina cabezas: SA-612	Material lámina cuerpo:SA-612
Coples (kg/cm ²):210	Número de Serie:TP-13538
Tara (kg):23295	Capacidad al 90%: 114120

Cada tanque contará con los siguientes accesorios:

- a) Un medidor de nivel marca Magnetel de 64mm (2 ½”) de diámetro para el tanque I
- b) Un medidor rotatorio de nivel de 25 mm marca Rego modelo A8991 Roney.
- c) Un termómetro marca Rochester con graduación de -20 a +50 °C de 13 mm (½”) de diámetro toma posterior, carátula de 51mm (2”) de diámetro.
- d) Un manómetro marca Eva con graduación de 0 a 21 kg/cm² de 6 mm (¼”) de diámetro toma posterior con carátula de 51 mm (2”)
- e) Dos válvulas de máximo llenado marca Rego modelo 3165 de 6 mm (¼”) de diámetro una al 90% y la otra al 85% del nivel del tanque
- f) Dos válvulas de exceso de flujo marca Rego modelo 7539V6F de 76 mm (3”) de diámetro (el tanque II, solo cuenta con una válvula)
- g) Dos de exceso de flujo marca Rego modelo A3292CA de 51 mm (2”) de diámetro.
- h) Una válvula de no retroceso marca Rego modelo A 3196 de 76 mm (3”) de diámetro.
- i) Dos válvulas de no retroceso marca Rego modelo A 3186 de 51 mm (2”) de diámetro.
- j) Una válvula multi-port bridada marca Rego modelo A8574AG de 102 mm (4”) de diámetro con 4 válvulas de seguridad marca Rego modelo A3149G de 64 mm de (2 ½”) de diámetro con capacidad de 776 m³/min (27,400 CFM) cada una (estas válvulas cuentan con puntos de ruptura).Las válvulas de seguridad cuentan con tubos de descarga de 76 mm (3”) de diámetro y 2 m de altura.
- k) Una válvula duo-port marca Rego modelo 8542G con dos válvulas de seguridad de 32 mm (1 ¼”) de diámetro marca Rego, modelo 3135MG, con tubo de descarga de 51 mm (2”) de diámetro y 2 m de longitud (solo para el tanque I)

- l) Una entrada hombre de 0.61 m (24") de diámetro.
- m) Una conexión soldada al tanque para el cable del sistema de "tierras"

5.7.2 Maquinaria

La maquinaria necesaria para las operaciones básicas de trasiego es la siguiente:

a) Bombas

Número: 1

Operación básica: Llenado de cilindros.	Marca: Corken
Modelo:1021	Motor eléctrico:10 C.F.
Revoluciones por minuto RPM:640	Capacidad Nominal:455 l/min 120 (GPM)
Presión diferencial de trabajo máximo:5 kg/cm ²	Tubería de succión:76 mm (3")
Tubería de descarga:76 mm (3")	

Numero: 2

Operación básica: Llenado de cilindros.	Marca: Corken
Modelo:1021	Motor eléctrico:10 C.F.
Revoluciones por minuto RPM: 640	Capacidad Nominal:455 l/min 120 (GPM)
Presión diferencial de trabajo máximo: 5 kg/cm ²	Tubería de succión: 76 mm (3")
Tubería de descarga:76 mm (3")	

b) Compresores

Número: 1

Operación básica: Descarga de remolques-tanques	Marca: Blackmer
Modelo:LB-361B	Motor eléctrico:15 C.F.
Revoluciones por minuto RPM:825	Capacidad Nominal:749 l/min 198 (GPM)
Desplazamiento:61.17 m ³ /hr (36 CFM)	Relación de compresión:1.51
Tubería Gas-Líquido:102 mm (4")	Tubería Gas-Vapor:76 mm (3")

Las bombas y el compresor se encontrarán dentro de la zona de almacenamiento. Estos equipos deben cumplir con las distancias mínimas reglamentarias. Los motores eléctricos acoplados a las bombas y a los compresores, deben ser apropiados para operar en atmósferas de vapores combustibles contando con un interruptor automático de sobrecarga y además se conectaron al sistema general de “tierra”.

5.7.3 Controles manuales y automáticos.

a) Controles Manuales:

En diversos puntos de la instalación se encuentran válvulas de globo y de bola de operación manual, para una presión de trabajo de 28.00 kg/cm², las que permanecen “cerradas” o “abiertas”, según el sentido del flujo requerido.

b) Controles Automáticos:

A la descarga de cada bomba se requiere un control automático para retorno de gas-líquido excedente a los tanques de almacenamiento, consistiendo en una válvula automática (bypass), las que actúan por presión diferencial y están calibradas para una presión de apertura de 5.27 kg/cm² (75 lb/pulg²) de 51 mm (2”) de diámetro.

c) Controles de Medición:

Se requieren 2 medidores volumétricos de Gas L.P., marca Neptune para el control en el llenado de los recipientes de los auto-tanques en las tomas de suministro; los medidores volumétricos tienen la siguiente descripción:

Operación: Llenado de auto-tanques

Marca: Neptune	Modelo:4
Diámetro de entrada mm (in): 32 (1 ¼)	Diámetro de salida mm (in): 32 (1 ¼)
Capacidad l/min (GPM):19 a 114 (5 a 30)	Presión de trabajo (kPa):2413

5.7.4 Justificación técnica del diseño de planta.

a) Se justifica la capacidad total de almacenamiento equivalente a 274800 litros de agua en la Memoria Técnica, misma que se tiene dividida en dos recipientes, marca Cytsa, especiales para contener gas LP , tipo intemperie cilíndrico horizontal, cada uno de 148000 y 126800 litros de capacidad respectivamente.

b) Capacidad de llenado o gasto de la probable operación.

Experimentalmente se ha determinado que la capacidad de las bombas debe satisfacer el llenado máximo y que el flujo no exceda de 30 l/min por recipiente portátil, por lo que un recipiente de 30 kg se llena en 1.8 minutos aproximadamente. En esta Planta se cuenta con una línea de llenado, con 2 múltiples de 4 salidas, por lo que en cada línea se requieren 240 l/min (63.40 GPM) de gas. Se tiene una bomba marca Corken, con motor de 10 C.F. y una capacidad de 455 l/min (120 GPM), así que el resto del líquido regresa a los tanques de almacenamiento de gas LP.

c) Cálculo del flujo en la tubería de alimentación y de descarga del sistema de bombeo, así como el retorno del líquido.

Para efecto de cálculo, analizamos el sistema de bombeo más crítico. La mecánica de flujo dentro de un sistema conteniendo un fluido encerrado, donde existen diferentes alturas y presiones en sus puntos extremos, se resuelve mediante un balance de energía mecánica de flujo como sigue:

5.7.5 Teorema de Bernoulli (principio de Conservación de la Energía):

$$X_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + W = X_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + F + Fc$$

Donde:

$$X_2 - X_1 = \Delta X = \text{Diferencia de alturas}$$

$$P_2 - P_1 = \Delta P = \text{Presión diferencial del sistema}$$

$$V_1 \text{ y } V_2 = \text{Velocidades en los puntos extremos del sistema}$$

$$g = \text{Aceleración de la fuerza de gravedad (9.81 m/seg}^2\text{)}$$

$$F = \text{Pérdidas por fricción en las tuberías}$$

$$W = \text{Trabajo mecánico o carga que tiene que vencer la bomba}$$

$$Fc = \text{Pérdidas por contracción}$$

$$\gamma = \text{peso específico del gas - líquido (531 kg/m}^3\text{) (70 \% Propano - 30 \% Butano)}$$

$$\text{En este caso } V_1 = V_2 \text{ y } Fc = 0$$

Por lo tanto

$$W = \Delta X + \frac{\Delta P}{\gamma} + F$$

5.7.6 Pérdidas por fricción o resistencia al flujo dentro del sistema (F)

El valor de F se ha determinado experimentalmente sumando las longitudes equivalentes de los accesorios instalados en la tubería más la longitud de la tubería misma. También experimentalmente se ha calculado para cada diámetro de tubería y para un determinado gasto volumétrico, el valor de la resistencia al flujo de Gas L.P., por unidad de longitud.

Cálculo de F_a en la alimentación de la bomba:

(De los tanques a las bombas para llenado de cilindros)

Dos válvulas de bola recta de 76 mm (3") de diámetro: 6.80 m
Una válvula de exceso de flujo de 76 mm (3") de diámetro: 28.4 m
Una tee de 102 mm (4") de diámetro: 6.15 m
Un codo de 76 mm (3") de diámetro y 90 °: 2.35 m
Un filtro de paso de 76 mm (3") de diámetro: 12.80 m
Metros de longitud tubería: 5.30 m
Longitud equivalente (Le): 61.80 m

La bomba nos suministra un gasto de 455 l/min (120GPM) en 1 metro (3.28 ft) de longitud de tubería de 76 mm (3") de diámetro, la resistencia es de 0.27 m (0.88 ft) col. líquido por metro de tubería.

$$F_a = 61.80 \times 0.27 = 16.70 \text{ m columna de líquido}$$

Resistencia al flujo de la bomba F_b :

Para 455 l/min (120 GPM) la resistencia al flujo en las bombas es de 0.37 metros de columna de líquido (1.21 pie columna de líquido) por metro de tubería

$$F_b = 0.37 \text{ metros columna de líquido.}$$

Cálculo de F_d en la descarga de la bomba:

(De bomba más favorable al múltiple de llenado)

Cuatro codos de 76 mm (3") de diámetro y 90 °: 9.40 m
Un indicador visual de flujo de 76 mm (3") de diámetro: 3.90 m
Dos tees de 76 mm (3") de diámetro: 6.30 m
Dos codos de 76 mm (3") de diámetro y 45 °: 2.14 m
Dos válvulas de bola de 76mm (3") de diámetro: 6.10 m
Longitud de la tubería de 76 mm (3") de diámetro: 35 m
Longitud equivalente: 62.84 m

Para un 455 l/m (129GPM) en 1 metro (3.28 ft) de longitud de tubería de 76 mm (3") de diámetro, la resistencia es de 0.27 m (0.88 ft) columna de líquido.

$$F_d = 62.84 \times 0.27 = 17 \text{ metros columna de líquido}$$

Calculo de F_m en Múltiple de llenado:

La velocidad de llenado de un recipiente portátil está supeditada a la válvula de servicio del mismo, en la cual consideraremos un gasto de 30 l/min. Como se dijo anteriormente, existen 48 tomas para llenar los cilindros alimentados por 4 bombas (cada una alimenta 12 tomas):

Flujo por salida = 30 l/min (7.93 GPM)
Una válvula de bola de 13 mm ($\frac{1}{2}$ ") de diámetro: 0.80 m
Una válvula de cierre rápido de 13 x 6 mm ($\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{4}$ ") de diámetro: 1.20 m
Una punta pol de 6mm ($\frac{1}{4}$ ") de diámetro: 0.80 m
Una válvula de llenado del recipiente de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ") de diámetro: 0.90 m
Longitud total equivalente: 4.63m

$$F_m = 8 \times 4.63 = 37.04 \text{ metros de columna de líquido}$$

Pérdida total F por fricción dentro del sistema:

$$F = F_a + F_b + F_d + F_m$$

$$F = 16.70 + 0.37 + 17 + 37.04 = 71.10 \text{ metros columna de líquido}$$

Diferencia de alturas (Carga por presión):

$$\Delta X = X_1 - X_2 = 3.80 - 1.50 = 2.30 \text{ metros de columna de líquido}$$

Presión Diferencial (Carga por presión):

La presión diferencial en el sistema de bombeo para el llenado de los cilindros se considera de 3.00 kg/cm^2 , valor promedio observado durante un ciclo normal de trabajo.

$$\frac{\Delta P}{\gamma} = \frac{3 \text{ kg/cm}^2 \times 10,000}{531 \text{ kg/m}^3} = 56.50 \text{ m. col de líquido.}$$

Por lo que el trabajo mecánico dentro del sistema a vencer por la bomba es:

$$W = \Delta X + \frac{\Delta P}{\gamma} + F$$

$$W = 2.30 + 56.60 + 71.10 = 129.90 \text{ metros de columna de líquido}$$

Potencia de la Bomba:

$$\text{Potencia} = \frac{W \cdot Q \cdot \gamma}{76 \cdot \eta} = C.F$$

Donde

$$W = \text{Trabajo mecánico dentro del sistema} = 130 \text{ metros de columna de líquido}$$

$$Q = \text{Gasto o caudal} = 455 / (60 \times 1000) = 0.0076 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$\gamma = \text{Peso específico del gas - líquido} = 531 \text{ kgf/m}^3$$

$$76 = \text{Factor de conversión adimensional}$$

$$\eta = \text{Eficiencia de la bomba} = 74\%$$

Sustituyendo

$$\text{Potencia} = \frac{130 \times 0.0076 \times 531}{76 \times 0.74} = 9.33 \text{ C.F.}$$

La potencia del motor con que cuenta cada bomba son 10 C.F.

d) Retorno de Gas Líquido:

Se indicó que para protección de las bombas para sobrecarga, se instaló una válvula automática para relevo de presión diferencial después de las mismas, calibrada a 5.27 kg/cm² (75 lb/in²) de 51mm (2”) de diámetro.

e) Suministro a autos-tanque :

Para el suministro a auto-tanques se tienen 2 tomas, alimentadas por 1 bomba marca Corken de 10 H.P. modelo 1021 con capacidades de 455 l/min (120 GPM), por lo que los tanques de 12,500 al 90 % de su capacidad se llenan en 25 minutos aproximadamente.

5.7.7 Justificación técnica de la potencia del compresor para la recepción de Gas L.P.

Para la recepción de remolques-tanque se instaló 1 compresor con las siguientes características:

Marca: Blackmer	Modelo:LB-361B
Motor eléctrico de: 15 C.F.	Diámetro de tubería Gas-Líquido:102 mm (4”)
Diámetro de tubería Gas-Vapor:76 mm (3”)	

Para un flujo de Gas L.P. en estado líquido por tubería de 102 mm (4”) de diámetro, se recomienda que éste tenga un rango de velocidad de 67 a 265 cm/seg (conforme al “Handbook Butane -Propane gases”) para reducir al mínimo las pérdidas por fricción en las tuberías. Por lo tanto, para una transferencia de gas-líquido (capacidad del compresor) de 749 l/min (198 GPM) con un desplazamiento de gas vapor de 61.17 m³/hr (36 CFM), tenemos:

$$Q = V \cdot A \text{ De aquí que: } V = \frac{Q}{A}$$

En donde:

$$Q = \text{Flujo (Caudal) en cm}^3/\text{seg} = 749 \text{ l/min (198 GPM)}$$

$$A = \text{Área transversal de la tubería} = 82.132 \text{ (4" céd. 40 A/C) cm}^2$$

$$V = \text{Velocidad media en cm/seg} = ??$$

$$\text{Por lo tanto } V = [749 \times (1000/60)/82.13] = 152 \text{ cm/seg}$$

Por lo que se confirma estar dentro de los límites recomendados

5.7.8 Condiciones de operación iniciales (1) y finales (2):

(Según mediciones promedio observadas por el tipo de mezcla de gas LP suministrado por Petróleos Mexicanos PEMEX)

$$P_1 = 7 \text{ kg/cm}^2 = 7 + 0.854 = 7.854 \text{ kg/cm}^2 = 111.72 \text{ psia}$$

$$T_1 = 17.5^\circ\text{C} = 63.5^\circ\text{F}$$

$$P_2 = 11 \text{ kg/cm}^2 = 11 + 0.854 = 11.854 \text{ kg/cm}^2 = 168.62 \text{ psia}$$

$$T_2 = 33.3^\circ\text{C} = 92^\circ\text{F}$$

Relación de compresión (r)

$$r = P_2/P_1 = 168.62 / 111.72 = 1.51$$

Exponente de compresión (k):

$$k = C_p/C_v = 1.15 \text{ para el propano (tablas de propiedades)}$$

Eficiencia volumétrica (V_e):

$$V_e = 90.2\% \text{ (con } r = 1.51; k = 1.15 \text{ y } P_1 = 111.72 \text{ psia)}$$

Desplazamiento mínimo del pistón (P_d):

Para transferir un flujo de 749 l/min (198 CFM) de Gas líquido, se requiere un desplazamiento de Gas-Vapor de 61.17 m³/hr (36 CFM):

$$P_d = (198 / 7.48) \times 1.51 \times 0.90 = 36 \text{ CFM (61.17 m}^3\text{/hr)}$$

Velocidad máxima de operación (R.P.M.)

$$\text{R.P.M.} = \text{cfm} \frac{100}{4.3} = 36 \text{ cfm} \frac{100}{4.35} = 827.6 \text{ RPM}$$

(del fabricante, tenemos que para el modelo LB-361B el desplazamiento del pistón por cada 100 RPM es de 4.35 CFM)

Potencia requerida (C.F):

$$C.F. = \frac{BHP}{10 CFM} \cdot PD \cdot 1.10$$

BHP = Brake Horsepower o potencia al freno, se obtiene de gráficas del fabricante con:

$$k = 1.15 \quad r = 1.51 \quad y \quad P_1 = 112 \text{ psia} \rightarrow BHP = 2.7$$

$$C.F. = 2.7 (36 / 10 CFM) \times 1.10 = 10.70 C.F.$$

La potencia del motor con que cuenta el compresor son 15 C.F.operando a 825 R.P.M. con un desplazamiento de 61.17 m³/hr (36 CFM) y una capacidad de 749 l/min (198GPM)

Conclusiones

El desarrollo del servicio social dentro de la Secretaría de Energía arrojó resultados, experiencias y conocimientos positivos que sirvieron como bases para la formulación de las siguientes conclusiones. En el caso del presente trabajo se consideran las siguientes.

La regulación vigente en materia de gas licuado de petróleo garantiza el control del Estado en actividades estratégicas y permite a los sectores social y privado participar dentro del desarrollo de una industria con certidumbre jurídica.

La vigilancia de las condiciones técnicas y de seguridad por parte de la Secretaría de Energía a través de la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo permite determinar modelos eficientes y confiables en el manejo de este hidrocarburo. Las disposiciones reglamentarias, técnicas y regulatorias han contribuido a desarrollar una industria capaz de enfrentar las necesidades energéticas en materia de gas licuado de petróleo.

La creación y actualización de Normas Oficiales Mexicanas más detalladas permitirá desarrollar mecanismos para la realización de mejores y distintos proyectos para el transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo.

La realización del servicio social como estudiante de la carrera de ingeniería petrolera me permitió consolidar la formación académica y profesional en beneficio de la sociedad mexicana. La responsabilidad de analizar las solicitudes de permisos y avisos permite entender la importancia de una formación sólida y con valores como la recibida en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por último el desarrollo de la ingeniería de diseño de calidad garantiza niveles competitivos a nivel internacional y funciona como motor de desarrollo garantizando un acceso generalizado a los energéticos necesarios para el país.

Bibliografía

- 1) Diario Oficial de la Federación de México (2007,5 de diciembre) Reglamento de Gas Licuado de Petróleo. Secretaría de Energía.
- 2) Ley de Petróleos Mexicanos (2008, 29 noviembre). [En línea].México: Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión.
- 3) Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo (2008, 28 noviembre) [En línea].México: Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión.
- 4) Romero, Sedó Antonio Manuel, Burillo Arrué, Paloma (2007) Diseño y cálculo de instalaciones de gases combustibles. Redes: Pearson
- 5) Zucke, Robert D. y Biblarz Oscar (2002). Fundamentals of Gas Dynamics: John Wiley & Sons.
- 6) Hicks, Tyler. G. (1986) Bombas su selección y aplicación, México: Cía. Editorial Continental
- 7) Brennen, Christopher (1994) Hydrodynamics of Pumps, United States of America: Cambridge
- 8) Duarte Aguledo, Carlos Arturo (2011).Mecánica de Fluidos e Hidráulica. Colombia: Facultad de Ingeniería.
- 9) Levi, Enzo (1965) Mecánica de los fluidos, México: Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
- 10) Garaicochea, Petrirena, Francisco, (1991) Transporte de Hidrocarburos por ductos, Colegio de Ingenieros Petroleros de México, México
- 11) Blumenkron, G. F. Fernando, (1995) Manejo y Uso del gas Licuado de Petróleo y Natural, Grupo Kron, México.
- 12) Márquez Díaz, Remigio, (2004) Estudios relativos para el diseño y construcción de una planta de almacenamiento de gas licuado de petróleo. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

- 13) Leonar Pérez, José Manuel, (2004) Instalación para gas licuado de petróleo. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
- 14) Montes Hernández, Tomas, (1997) Diseño de una planta de almacenamiento de gas licuado de petróleo. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón. Universidad Nacional Autónoma de México
- 15) Lyons, C. William (2010) Petroleum and Natural Gas Production Engineering Elsevier.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Por ser pública, gratuita y laica.

Por la oportunidad de pertenecer a la máxima casa de estudios.

A la Facultad de Ingeniería

Por ser el reto más grande hasta ahora y prepararme para los demás.

A todos mis profesores

Por ser un ejemplo de constancia y dedicación.

Por su paciencia y perseverancia.

A mis padres

Por su amor incondicional.

A mi familia

A mis compañeros y amigos.

Por su honestidad y su apoyo.

A la vida

Por toda la sabiduría escondida en ella y por transmitírnosla.

