



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

FALLA DE ORIGEN

"DISEÑO DE ESTACIONES DE SUMINISTRO DE GAS L.P.
CON APOYO DE COMPUTADORA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N :
LARA GARCIA MARCO ANTONIO
FRANCO CORTES GABRIEL

ASESOR: M.C.A. GUILLERMO RODRIGUEZ ROMERO



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Diseño de Estaciones de Suministro de Gas L.P. con Apoyo
de Computadora.

que presenta el pasante: Marco Antonio Lara García
con número de cuenta: 8409239-1 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico ; en colaboración con :
Gabriel Franco Cortés

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Méx., a 02 de julio de 1995

PRESIDENTE I.O. Fernando Orozco Ferreyra

VOCAL M. en C. Arnulfo Chavando Ramírez

SECRETARIO M. en C. Arturo G. Rodríguez Romero

PRIMER SUPLENTE M. en C. Elicio F. Rivero Martínez

SEGUNDO SUPLENTE I.O. Vladimir A. Escobar Barrios

FALLA DE ORIGEN

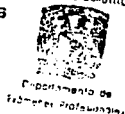


UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULARA: Diseño de Estaciones de Suministro de Gas L.P.

Con Aprob. de Comis. Acad.

que presenta el pasante: Gabriel Franco Cortés
con número de cuenta: 112578 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico; en colaboración con:
Marco Antonio Lara García

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPERITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de Méx., a 11 de Julio de 199 5

PRESIDENTE	<u>L. Q. Fernando Orozco Ferreyra</u> <i>Alejo</i>
VOCAL	<u>M. en C. Arnulfo Chavando Ramírez</u> <i>Arce</i>
SECRETARIO	<u>M. en C. Arturo Guillermo Rodríguez Romero</u> <i>Rodríguez</i>
PRIMER SUPLENTE	<u>M. en C. Eligio Pastor Rivero Martínez</u> <i>Pastor</i>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>L. Q. Vladimir Alonso Escobar Barrios</u> <i>Escobar</i>

A MIS PADRES, HERMANOS y AMIGOS :

Como poder pagarles a todos y cada uno de ustedes todos los momentos que han compartido conmigo y el apoyo que me han dado. Sólo puedo decirles que les agradezco el que sean parte de mi vida y espero que me permitan mostrarles que ustedes también pueden contar conmigo. A nuestro asesor de tesis el M.C. Guillermo Rodríguez le agradezco el haberme apoyado en la realización de este trabajo y muy en especial al Ing. Francisco Javier Vázquez Sánchez sin el cual el presente trabajo no habría sido posible.

SIEMPRE ESTARÁS CONMIGO.

*Siempre estarás conmigo, en mi mente y en mi corazón
no podré echarte de menos por que estoy lleno de tí, viéndote
como eres y no como yo desearía que fueras y así te quiero
sin miedo a que te escapes, a que me faltes, a que no me quieras.*

*Siempre soñare contigo porque el sueño de los que están
despiertos es la esperanza. Mas hoy por hoy ha llegado el
momento de buscar mi propia libertad recordando cada instante
que contigo he aprendido a vivir, a sentir, a amar.*

*Por tí y a tí por que eres lo más hermoso que me ha pasado
y lo más importante que tengo gracias.*

puedes contar conmigo.

Marco Antonio Lara G.

A dios nuestro señor:

Por permitirme lograr está meta.

A mis padres:

Por su apoyo y la fe que me motivo para lograrlo

A mis profesores:

Por que sus enseñanzas son el pilar de mi carrera

A mi esposa e hijas:

Por que creyeron en mi.

A mis hermanos y compañeros:

Por su apoyo durante mis estudios.

A todos ustedes gracias.

Gabriel Franco Cortes

INDICE

INTRODUCCION	3
CAPITULO 1	
GENERALIDADES	
ORIGEN Y FORMACION	5
EL PETROLEO Y SU COMPOSICIÓN	5
PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	7
PRESION DE VAPOR	7
PODER CALORIFICO	8
ENTALPIA	9
CALOR LATENTE	9
RELACION DE EXPANCION	10
MEZCLA INFLAMABLE, EXPLOSIVA Y CARBURADA	11
CAPITULO 2	
CALCULO DE PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	
PRESION DE VAPOR	13
PODER CALORIFICO	15
DENSIDAD	16
CALOR LATENTE	16
PESO POR GALON (DENSIDAD)	18
DENSIDAD RELATIVA	19
VISCOSIDAD	19
CAPITULO 3	
TEORIA DEL FLUJO DE FLUIDOS	
LEY DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA	21
PARAMETROS IMPORTANTES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO	22
VISCOSIDAD CINEMATICA	22
VISCOSIDAD MEDIA DE FLUJO	22
REGIMENES DE FLUJO EN TUBERIAS	23
NUMERO DE REYNOLDS	23
TEOREMA DE BERNOULLI	24
FORMULA DE DARCY	26
FACTOR DE FRICCION	26
BALANCE DE ENERGIA PARA ESTACIONES DE SUMINISTRO DE GAS L.P.	27
CAPITULO 4	
ESTACIONES DE SUMINISTRO DE GAS L.P.	
ESTACIONES DE GAS L.P.	29
RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO DE GAS L.P.	29
RECIPIENTES DE GAS L.P. A MOTORES	29

ACCESORIOS	29
ISLETA	30
TUBERIA DE LLENADO	30
TUBERIA DE RECEPCION O LLENADO	30
TUBERIA DE TRASIEGO	30
TUBERIA DE SUMINISTRO	30
TOMA DE SUMINISTRO	30
INSTALACION TIPICA DE SUMINISTRO DE GAS L.P.	31
LA MEMORIA TECNICO-DESCRIPTIVA	33
INFORMACION BASICA	34
PARA LOS RECIPIENTES	35
PARA LA TUBERIA	35
PARA LOS ACCESORIOS	36
PARA LA BOMBA	36
CALCULO DE LA BOMBA	36

CAPITULO 5
OPCIONES DEL PROGRAMA

EL SUBMENU PROPIEDADES	39
EL SUBMENU DE TUBERIA	40
EL SUBMENU DE ACCESORIOS	41
EL SUBMENU DE REGULADORES	41
EL SUBMENU DE VALVULAS	42
EL SUBMENU DE INSTALACION	44
EL SUBMENU DE RECIPIENTES	45
EL SUBMENU DE COSTOS	45

CAPITULO 6
APLICACIÓN DEL PROGRAMA

PROBLEMA No. 1	46
RESULTADOS DEL PROBLEMA No. 1	47
PROBLEMA No. 2	47
RESULTADOS DEL PROBLEMA No. 2	48

CONCLUSIONES 49

LISTA DE TABLAS	50
APENDICE A NORMAS PARA EQUIPO, TUBERIA Y ACCESORIOS	51
APENDICE B NORMAS PARA INSTALACIONES DE GAS L.P.	55
APENDICE C DATOS TECNICOS PARA EL CALCULO DE PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	56
APENDICE D DATOS TECNICOS	57
APENDICE E LENGUAJE TURBO C DE PROGRAMACION	61
APENDICE F AYUDA PARA EL USO DEL PROGRAMA	64

BIBLIOGRAFIA 67

INTRODUCCION

El objetivo del presente trabajo es el desarrollo de un programa de cómputo llamado Javier, el cual debe principalmente capturar la información relacionada con la especificación técnica del equipo, tubería y accesorios requeridos en el diseño de plantas de almacenamiento, estaciones de suministro o instalaciones de aprovechamiento para gas L.P., ya sea de tipo comercial, industrial, doméstico o para motores de combustión interna.

Una vez capturada la información, el programa también debe permitir al diseñador un manejo más rápido de dicha información, permitiéndole evaluar y seleccionar según los requerimientos de la instalación, el material adecuado para llevar a cabo su ejecución, el programa realizará rutinas de cálculo para evaluar las propiedades fisicoquímicas que afectan el diseño como la presión de vapor, el poder calorífico, el calor latente, la densidad y otras. Debe contener además con una rutina que permite evaluar la capacidad requerida de la bomba para realizar la operación de trasiego en una estación de suministro.

En el contexto del trabajo se da una descripción de las generalidades del petróleo, materia prima a partir de la cual se extrae el gas L.P., explicando el origen, formación y composición del mismo. así como las propiedades fisicoquímicas que serán utilizadas en capítulos posteriores y que afectan el diseño. Se realiza el análisis de la información relacionada con el cálculo de propiedades fisicoquímicas y se obtienen las correlaciones que serán utilizadas en el programa para la obtención de tales propiedades en función de la temperatura.

Así mismo se explica brevemente la teoría del flujo de fluidos en tuberías y en función de las consideraciones para el gas L.P., se deduce la ecuación para calcular el trabajo en función de las pérdidas de presión en la tubería y accesorios, que permitirá el cálculo de la potencia de la bomba requerida para realizar la operación

de trasiego. Se da una descripción del equipo, tubería y accesorios requeridos en las instalaciones de estaciones de suministro de gas L.P.; mostrando los accesorios y las líneas necesarias para la construcción de las mismas, así como los puntos que debe contener la memoria técnico descriptiva para cumplir con los requerimientos de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Se presentan de manera general las diferentes opciones del programa (JAVIER), especificando la forma como se debe de operar para hacer uso del mismo. Finalmente se plantean dos problemas, en los cuales la parte fundamental es el cálculo de la bomba para el trasiego, mostrando los resultados obtenidos con este programa.

El programa elaborado no fue incluido en el desarrollo del escrito debido a que requiere de más de 600 cuartillas para ser presentado.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

En el campo de la investigación tecnológica, 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 del petróleo y puede decirse que se encuentran en una gran cantidad de objetos que actualmente se usan, sin embargo, este trabajo se enfoca en el uso del gas licuado del petróleo o gas L.P. exclusivamente, ya que por sus cualidades específicas se ha convertido en uno de los combustibles mas ventajosos y de mayor utilización en el campo doméstico comercial y de operación industrial.

ORIGEN Y FORMACION

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 confirman el origen orgánico, ya que se han encontrado en ellas ciertas propiedades ópticas, que sólo se localizan en las sustancias orgánicas, así como el 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.

PETROLEO Y SU COMPOSICION

El petróleo se encuentra en el subsuelo impregnado en formaciones geológicas a las que los profesionales llaman trampas, constituidas por una

capa de magma, arcilla u otro terreno impermeable de la cual no puede escapar el petróleo hacia arriba de la superficie. La capa de petróleo de un campo petrolifero no suele medir más de 30 metros de espesor pero puede extenderse en un óvalo de decenas de kilómetros y a profundidades teóricas hasta de 15000 metros.

El petróleo asume los tres estados físicos de la materia: sólido, líquido y gaseoso; según su composición y la temperatura y la 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 extraen mecánicamente el aceite del gas y del agua. Estos materiales se 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 de volatilidad que tienen los diferentes compuestos que lo forman. El procedimiento utilizado consiste en realizar una destilación fraccionada del petróleo, las fracciones se extraen de diferentes platos de la torre. Posteriormente se condensan dando productos cuyas propiedades corresponden a los que conocemos comercialmente como son el gas licuado de petróleo, gasolina, queroseno, diesel, aceite, lubricantes, etc. De los yacimientos constituidos por gases, éstos se extraen por los mismos métodos convencionales empleados en la extracción del petróleo crudo y son tratados en plantas de absorción, donde se separan los hidrocarburos que forman el gas natural, el gas licuado del petróleo y algunos otros como gasolinas ligeras

Este tipo de yacimientos es la fuente principal de producción del gas natural como del gas L.P.

De las plantas de absorción y de las refinarias, 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, barcos tanque y autos-transporte.

Los cuatro primeros hidrocarburos se encuentran a temperatura ambiente en estado gaseoso a presión atmosférica, como son el metano y el etano, estos dos gases son los que forman el gas natural. Los dos siguientes son el propano y el butano y la mezcla de éstos recibe el nombre de gas licuado de petróleo o gas L.P.

Gracias a las propiedades físicas de las mezclas propano-butano este gas se puede licuar a bajas presiones, por esta cualidad es posible almacenar el 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 con capacidad de: 4, 6, 10, 20, 30, y 45 kilogramos respectivamente, con la finalidad de facilitar su transporte y distribución para su aprovechamiento como combustible en usos doméstico, comercial e industrial.

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

PRESION DE VAPOR

Si un líquido como el agua, se confina en un tubo al vacío y se sella después, se evaporará en parte y ejercerá una presión análoga a la de un gas, y si la temperatura es constante se establece un equilibrio entre la fase líquida y el vapor. La presión de vapor establecida es característica de cada líquido y es constante a cualquier temperatura dada; se le conoce como la presión saturada de vapor del líquido que se incrementa continuamente con la temperatura. Así a 25° C la presión de vapor del agua es de 23.75 mm de Hg, mientras que a 100°C es de 760 mm. de Hg. A medida que el agua contenida en el tubo sellado absorbe calor se evapora mas y mas agua y la presión se sigue incrementando, en cualquier caso se mantiene la temperatura del agua dentro del tubo constante llegándose a un equilibrio entre la fase líquida y la fase vapor.

PODER CALORIFICO

El poder calorífico de un combustible es la cantidad de calor por unidad de masa que genera en una combustión. Para los cuerpos sólidos o líquidos, el poder calorífico se toma teniendo en cuenta las calorías producidas en la combustión por unidad de masa de dicho combustible, en el caso de los gases se toma por unidad de volumen.

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 el consumo.

A continuación se cita el poder calorífico de algunas sustancias:

Tabla 1. Poder calorífico de Combustibles
en fase vapor a 1 atm y 20° C (3)

Compuesto	kcal. por metro cubico
Gas natural	8800
Propano	17375
Butano	22880

DENSIDAD

La densidad es una propiedad intensiva y esta se define como:

$$\rho = m / v$$

1.1

Donde: ρ = densidad, m = masa, v = volumen

ENTALPIA

Los cambios térmicos a presión constante se expresan más adecuadamente mediante la función H , llamada entalpia o contenido calórico de un sistema, esta función se define por la relación:

$$H = E + PV \quad 1.2$$

Donde P es la presión, V es el volumen, E la energía interna del sistema. Como E y PV se encuentran caracterizadas por el sistema, H también resulta ser una función de estado. En consecuencia el cambio de entalpia ΔH puede escribirse como

$$\Delta H = H_2 - H_1 \quad 1.3$$

Donde H_2 es la entalpia del sistema en su estado final y H_1 en el estado inicial.

CALOR LATENTE

Se ha mencionado que un líquido colocado en un recipiente se evaporará parcialmente hasta establecer una presión de vapor encima del líquido que depende de la naturaleza de este, y es, en el equilibrio, constante a cualquier temperatura establecida. Esta presión se conoce como presión saturada de vapor del líquido correspondiente. En tanto se mantiene ésta, el líquido no exhibe más tendencia a evaporarse, pero a una presión menor hay una nueva transformación hacia la fase de gas, y a otra más elevada se verifica una condensación, hasta establecer una presión de equilibrio.

Para un líquido cualquiera la vaporización va acompañada de absorción de calor y la cantidad de éste, para una temperatura y presión dadas, requerida para calentar cierto peso del líquido se conoce con el nombre de "calor latente de vaporización" y es la diferencia de entalpia de vapor y líquido, esto es $\Delta H_v = H_v - H_l$, donde ΔH_v es el calor de vaporización y H_v y H_l las entalpias de vapor y líquido.

En una evaporación ΔH_v es positiva siempre, mientras que en una condensación es negativa y numéricamente igual al calor absorbido en la vaporización.

RELACION DE EXPANSION

La gasolina y otros líquidos inflamables similares, permanecen líquidos cuando están a presión atmosférica, excepto por una pequeña vaporización que se va produciendo en el aire, pero el propano y el butano cuando se sacan del recipiente, rápidamente se expanden transformándose de líquidos a gases.

El gas L.P. al ser almacenado en un recipiente se encuentra en dos fases el vapor no ocupa el mismo volumen que el líquido y la relación correspondiente se le denomina relación de expansión, expresándose por la siguiente ecuación:

$$\text{Relación de expansión} = \frac{\text{volumen del gas en fase líquida}}{\text{volumen del gas en fase vapor}} \quad 1.4$$

La relación de expansión debe ser recordada a cada momento. Cuando los gases licuados del petróleo son derramados al aire libre, fácilmente se expanden y se mezclan con el aire, llegando a formar mezclas inflamables, un litro de propano líquido en una proporción de 9.5% y 90.5% de aire, se convierten, primero el litro en 273 litros de vapor mezclados con el aire y en 11870 litros de mezcla inflamable.

La expansión de los gases que se están quemando puede ser tan rápida que su fuerza sería tan violenta como la de una explosión, aun cuando los gases no estén confinados dentro de una área cerrada. De ahí, la importancia que tiene evitar cualquier fuga de gas en estado líquido.

* A 60°F Y 14.7 lb/plg² (Véase pág 1-3, referencia 2 de la bibliografía)

MEZCLA INFLAMABLE, EXPLOSIVA Y CARBURADA

La diferencia entre una mezcla inflamable y una mezcla explosiva depende de la cantidad y localización de la mezcla en el momento de la ignición. Por ejemplo si una mezcla correcta de gas y aire pasan por un tubo venturi a las espesas de salida de un quemador, esta mezcla arderá en el momento en que se encienda, continuando igual mientras el quemador siga proporcionando gas correctamente. Si la mezcla se confina dentro de un lugar sin ventilación, como un cuarto o un sótano, un edificio, un horno o en un espacio ubicado a un nivel inferior al piso, ésta se tornara explosiva, y si se enciende explotara. Sin embargo si la mezcla de aire y gas se vuelve demasiado pobre o demasiado rica en contenido de gas no podrá explotar.

Esta explicación da la idea de que existe un rango de inflamabilidad y contiene por lo consiguiente un límite inferior y un límite superior. Por ejemplo si se tiene un contenido de 2.4% de gas y un 97.6% de aire, la mezcla será inflamable, por el contrario si el contenido de gas está por debajo del 2% la mezcla será no inflamable.

Ahora bien si la mezcla es muy rica en gas, por ejemplo: una mezcla por encima del 10% de gas y menos del 90% de aire, ésta será no inflamable por ser demasiado rica. Mezcla carburada es aquella que se encuentra entre los límites superior e inferior del rango de inflamabilidad.

CAPITULO 2

CALCULO DE PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

El concepto Gas L.P. o gas licuado del petróleo denomina a los productos que están compuestos principalmente por cualquiera de los siguientes hidrocarburos o mezclas de ellos. Propano, propileno, butano, butadieno y butilenos. El Gas L.P. es único entre los combustibles comúnmente usados, porque bajo presiones moderadas y a la temperatura ambiente, puede ser transportado y almacenado en forma líquida, pero cuando se libera a la presión atmosférica y a la temperatura ambiente, se evapora y puede ser manejado y usado en su fase vapor. Por estar almacenado en su forma líquida, recibe el nombre de Gas licuado del petróleo. y comercialmente gas L.P..

De manera general una instalación de gas L.P. ya sea de aprovechamiento, almacenamiento o suministro, consta de manera general de uno o varios recipientes que contienen al gas L.P., así como la tubería a través de la cual fluye. Consta además, cuando así se requiere, de bombas, compresores o simplemente de dispositivos adecuados como reguladores de presión con la finalidad de trasladarlo y que llegue a los dispositivos de aprovechamiento con las especificaciones requeridas.

Dichas instalaciones han sido ampliamente estudiadas ya que el gas L.P. lleva inherente el riesgo de ser un combustible altamente volátil debido a su bajo punto de ebullición formando mezclas explosivas con el aire. Las propiedades físicas y químicas del gas L.P. son parte fundamental de la caracterización del equipo, ya que éstas determinan el tipo de material que se utilizará para la construcción del mismo. A continuación se mencionan las propiedades más importantes; las ecuaciones para calcular dichas propiedades, se muestran junto con los datos tomados como referencia.

Por cuestiones prácticas se ha tomado la siguiente nomenclatura basada en el sistema inglés de unidades, sin embargo los resultados al final se pueden convertir al sistema internacional.

Nomenclatura

x, y, z	Fracción volumen de propano, butano, isobutano.
Qp, Qi, Qn	Calor de combustión Btu/galón de propano, isobutano y butano
Wp, Wi, Wn	Libras por galón de propano, isobutano, y butano
Vp, Vi, Vn	Volumen específico en pies cúbicos de gas por galón a 14.73 lb/plg ² de presión absoluta y 60 °F
Hp, Hi, Hn	Calor latente de vaporización en Btu/lb de líquido
Dp, Di, Dn	Densidad relativa
π	Presión total lb/plg ² absoluta
P	Presión de vapor del gas L.P. en lb/plg ²
t	Temperatura °F
k	Factor de corrección de volumen.
mp, mi, mn	Viscosidad en centipoise cp de propano, isobutano y butano

EVALUACION DE PROPIEDADES.

Para realizar la evaluación de las propiedades a 60°F se utilizan las ecuaciones correspondientes al cálculo de la propiedad junto con los datos de la tabla C.1 del apéndice C de este trabajo. Para realizar el cálculo de alguna de las propiedades a otra temperatura se toma el valor a 60°F y se utilizan los factores de corrección correspondientes (1).

PRESION DE VAPOR

Se utiliza generalmente para seleccionar el tipo de regulador, el tipo de quemador tanto en aparatos domésticos como industriales, esta propiedad depende de la temperatura y para el caso de mezclas también de la composición.

A continuación se muestran los datos con los cuales se correlacionaron las ecuaciones que permiten el cálculo de la presión de vapor a cualquier temperatura(1).

Tabla 2.1. Presión de vapor(1)

Temperatura en °F	Presión de Vapor en lb/plg ²		
	Propano	Butano	Isobutano
-40	16	4.2	2.4
-30	19	5.4	3.2
-20	25	7.2	4.3
-10	30	9.0	5.4
0	36.5	11.5	7.1
10	42	15	9.0
20	53.5	17.8	11.2
30	64	22	14
40	76	26	17.5
50	90	32	21.5
60	104	37.5	25.2
70	120	44	31
80	140	53	36.5
90	160	62	44

Se realizó una regresión logarítmica obteniéndose las siguientes ecuaciones.

Componente	Ecuación
Propano	$t = -201.7643 + 56.7028 \ln P$
Isobutano	$t = -121.3615 + 50.7684 \ln P$
Butano	$t = -97.8843 + 50.79 \ln P$

Se debe tomar en cuenta que el comportamiento de la presión de vapor por efecto de la temperatura no es lineal, y para realizar cálculos fuera del rango de datos estipulados en la tabla es recomendable utilizar las ecuaciones de Antoine las cuales han sido ampliamente investigadas para un gran número de compuestos.

PODER CALORIFICO

El poder calorífico de una sustancia es la cantidad de energía en forma de calor producida por unidad de masa de una sustancia o unidad de volumen. Es una propiedad que sirve para determinar el tamaño y las características del equipo que se requiere.

Esta propiedad no depende de otras cuando se calcula por unidad de masa pero cuando se calcula por unidad de volumen depende de la temperatura y la presión. El poder calorífico al ser resultado de una reacción química de una sustancia (a la que se le denomina combustión), puede verse afectado en su rendimiento por factores como la velocidad de alimentación de la mezcla y la presión con que llega el gas L.P. al equipo.

El cálculo del poder calorífico a cualquier presión y temperatura esta dado por la siguiente expresión(1).

$$\text{Poder Calorífico} = \frac{(xQ_p + yQ_i + zQ_n)}{(xV_p + yV_i + zV_n)} \cdot \frac{\pi}{14.73} \cdot \frac{520}{1+460} \quad 2.1$$

Obteniéndose el poder calorífico en Btu/pe3

$$\text{Poder Calorífico} = (xQ_p + yQ_i + zQ_n) \cdot k \quad 2.2$$

Obteniéndose el poder calorífico en Btu/galón

Para obtener el poder calorífico en Btu/lb se utilizan los datos correspondientes a 60°F, en la siguiente expresión:

$$\text{Poder Calorífico} = \frac{(xQ_p + yQ_i + zQ_n)}{(xW_p + yW_i + zW_n)} \quad 2.3$$

DENSIDAD.

Para evaluar el volumen específico del gas L.P. en pies cúbicos por libra se utiliza la siguiente ecuación.

$$\text{Volumen específico} = \frac{(xV_p + yV_i + zV_n) \cdot 14.73 \cdot t + 460}{(xW_p + yW_i + zW_n) \cdot \pi \cdot 520} \quad 2.4$$

Donde el volumen específico es el inverso de la densidad. Otra de las formas para expresar el volumen específico en el campo del gas L.P. es expresarlo en pies cúbicos de gas por galón; para determinarlo a cualquier temperatura y presión se utiliza la siguiente expresión.

$$\text{Volumen específico} = (xV_p + yV_i + zV_n) \cdot \frac{14.73}{\pi} \cdot \frac{t + 460}{520} \cdot k \quad 2.5$$

CALOR LATENTE

Esta propiedad afecta directamente el tamaño del recipiente, en instalaciones donde se consume gas L.P. en fase vapor, ya que si la velocidad de transferencia de calor desde el recipiente hacia el medio ambiente para producir gas en la fase vapor es menor que la velocidad con que se quema en los aparatos de consumo, el gas encerrado en el recipiente experimentará una expansión adiabática en la que la fase líquida tenderá a evaporarse para ocupar el espacio en el recipiente, absorbiendo calor del mismo, produciendo un descenso en la temperatura y subsecuentemente una disminución de la presión del vapor dentro del recipiente originando problemas en los quemadores.

Se utiliza la siguiente expresión para obtener el calor latente a la temperatura y presión que se requiera para el diseño.

$$\text{Calor Latente} = \frac{zH_p W_p + yH_i W_i + zH_n W_n}{xW_p + yW_i + zW_n} \quad 2.6$$

A continuación se muestran los datos con los cuales se correlacionaron las ecuaciones que permiten el cálculo del calor latente de vaporización en Btu/lb.

Tabla 2.2. Calor Latente(1)

Temperatura °F	Calor Latente en Btu/lb		
	Propano	Butano	Isobutano
10	168.5	158.5	169.5
20	165.0	156.0	167.0
30	163.0	153.0	165.0
40	159.5	151.0	164.0
50	157.0	148.5	163.0
60	153.5	145.0	159.5
70	150.0	143.5	157.0
80	146.0	141.5	159.5
90	142.0	137.5	152.0
100	138.0	134.0	149.5
110	134.5	131.0	146.5

Se realizó una regresión lineal obteniéndose las siguientes ecuaciones

Componente	ecuación
Propano	$H_p = 171.5797 - 0.3289t$
Isobutano	$H_i = 161.6483 - 0.2736t$
Butano	$H_n = 172.6648 - 0.2354t$

DENSIDAD*

A continuación se muestran los datos con los cuales se correlacionaron las ecuaciones mismas que permiten el cálculo de la densidad o peso por galón de mezcla.

La expresión en dichas unidades es para facilitar la conversión de unidades dentro del campo del gas L.P.

Table 2.3. Densidad o Peso por Galón(1)

Temperatura °F	Densidad en libras/galón		
	Propano	Butano	Isobutano
-20	4.73	5.13	
-10	4.68	5.08	
0	4.62	5.025	5.16
10	4.56	4.97	5.11
20	4.5	4.92	5.07
30	4.44	4.86	5.02
40	4.37	4.81	4.97
50	4.31	4.76	4.92
60	4.24	4.70	4.87
70	4.17	4.65	4.82
80	4.10	4.59	4.76
90	4.03	4.53	4.71
100	3.95	4.47	4.65

* Los efectos de la presión no son significativos, véase pag. 1-3, referencia 2 de la bibliografía.

Se realizó una regresión lineal obteniéndose las siguientes ecuaciones

Componente	Ecuación
Propano	$w_p = 4.6270 - 0.00675t$
Isobutano	$w_i = 5.0283 - 0.005573t$
Butano	$w_n = 5.1735 - 0.005225t$

DENSIDAD RELATIVA.

La densidad relativa o gravedad específica es la razón de la masa de un volumen determinado de líquido respecto a una sustancia de referencia la cual generalmente es agua para líquidos y aire para gases.

La gravedad específica a cualquier temperatura referida al agua a 60 °F se calcula con la siguiente expresión. (Para mayor información consultar el cap 4 y 5 de la referencia 1 de la bibliografía)

$$\text{Densidad relativa} = zD_p + yD_i + zD_n \quad 2.7$$

VISCOSIDAD*

La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa. El coeficiente de viscosidad absoluta, o simplemente la viscosidad absoluta es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas.

*Los efectos de la presión no son significativos, véase pag 1-3, referencia 2 de la bibliografía.

Para predecir la viscosidad del gas L.P. se tomaron los siguientes datos.

Table 2.4. Viscosidad(2)

Temperatura °F	Viscosidad en centipois cp		
	Propano	Butano	Isobutano
15	0.149	0.19	0.22
20	0.140	0.195	0.21
30	0.130	0.18	0.20
40	0.120	0.16	0.19
50	0.125	0.15	0.18
60	0.115	0.145	0.17
70	0.11	0.14	0.16
100	0.095	0.135	0.15
125	0.08	0.13	0.14
150	0.07	0.11	0.125
200	0.04	0.08	0.1

Se realizó una regresión lineal obteniéndose las siguientes ecuaciones

Componente	Ecuación
Propano	$mp = 0.1521 - 0.0006345t$
Isobutano	$mi = 0.2058 - 0.00096448t$
Butano	$mn = 0.2354 - 0.000927t$

CAPÍTULO 3

TEORÍA DEL FLUJO DE FLUIDOS.

La energía se define generalmente como la capacidad para producir trabajo, éste a su vez se define como la aplicación de una fuerza a través de una distancia.

Dentro de un sistema, la energía se puede manifestar de muchos modos, pudiendo ser potencial, cinética, mecánica, de fricción, interna, de presión, química, todas estas formas de energía pueden cambiarse de una a otra dentro del sistema. Mientras la energía permanece almacenada dentro del mismo, tiene capacidad para producir efectos, pero no son evidentes, a menos que la energía pueda cruzar el sistema y producir cambios en su contenido o en los alrededores. La energía que se transmite puede adoptar dos formas : trabajo y calor. El calor y el trabajo son las dos formas en que se transmite la energía de un cuerpo a otro, cesan cuando la energía deja de cruzar los límites del sistema. El calor se transmite cuando hay una diferencia de temperaturas y el trabajo cuando hay una diferencia de fuerzas.

LEY DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA.

La energía no puede ser creada ni destruida, solo se transforma.

Esta ley está basada en la observación física, y origina como consecuencia el primer principio de la termodinámica. Para el caso del flujo de fluidos, se trata de un sistema abierto, tomándose en cuenta las transferencias de energía a través de los límites del sistema que no están asociados con la masa, así como las energías asociadas con la masa que fluye por el sistema como son las energías cinéticas, potenciales, de presión, etc. la ecuación general para la conservación de la energía de un sistema es:

$$(Energía\ que\ entra) - (Energía\ que\ sale) = (\text{Acumulación de la energía})$$

PARAMETROS IMPORTANTES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE ESTACIONES DE SUMINISTRO DE GAS L.P.

VISCOSIDAD ABSOLUTA O DINAMICA: La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa. La viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas. La melaza es un fluido muy viscoso en comparación con el agua, a su vez, los gases son menos viscosos que el agua. La unidad de viscosidad dinámica en el sistema internacional es el "pascal segundo" o también "newton segundo por metro cuadrado", o sea "kilogramo por metro segundo".

El poise es la unidad correspondiente en el sistema CGS de unidades y tiene dimensiones de "dinas segundo por centímetro cuadrado o de " gramo por centímetro segundo". El submúltiplo centipoise (cP), es la unidad más común para expresar la viscosidad dinámica.

VISCOSIDAD CINEMATICA: Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad. En el sistema internacional (SI) la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo. La unidad CGS correspondiente es el stoke (St) con dimensiones de centímetro cuadrado por segundo y el centistoke (cSt) que es el múltiplo más utilizado.

VELOCIDAD MEDIA DE FLUJO: El término "velocidad" se refiere a la velocidad media o promedio de un fluido a través de cierta sección transversal dada por la ecuación de continuidad en flujo estacionario:

$$v = q / A$$

3.2

Donde:

v= velocidad

q = flujo volumétrico

A = área de la sección transversal de tubería.

REGIMENES DE FLUJO EN TUBERIAS: LAMINAR Y TURBULENTO

Para poder diferenciar de un tipo de flujo con respecto a otro se realizó un experimento que consistió en inyectar pequeñas cantidades de fluido coloreado en un líquido que circula por una tubería de cristal y observar el comportamiento de los filamentos coloreados en diferentes zonas, después de los puntos de inyección.

Si la descarga o la velocidad media es pequeña las láminas de fluido coloreado se desplazan en líneas rectas. A medida que el caudal se incrementa, estas láminas continúan moviéndose en línea recta hasta que se alcanza una velocidad en donde las láminas comienzan a ondularse y se rompen en forma brusca y difusa, esto ocurre en la llamada "velocidad crítica".

A velocidades mayores que la crítica los filamentos se dispersan de manera indeterminada a través de toda la corriente. El tipo de flujo que existe a velocidades más bajas que la crítica se conoce como régimen "LAMINAR" y a veces como régimen viscoso. Este régimen se caracteriza por el desplazamiento de capas cilíndricas concéntricas una sobre otra de manera ordenada. La velocidad del fluido es máxima en el eje de la tubería y disminuye rápidamente hasta anularse en la pared de la misma.

A velocidades mayores que la crítica, el régimen es turbulento. En el régimen turbulento hay un movimiento irregular e indeterminado de las partículas del fluido en direcciones transversales a la dirección principal del flujo; la distribución de velocidades en el régimen turbulento es más uniforme a lo largo del diámetro de la tubería que en el régimen laminar.

NUMERO DE REYNOLDS

Las investigaciones de Osborne Reynolds¹ han demostrado que el régimen de flujo en tuberías es laminar o turbulento dependiendo del diámetro de tubería, la densidad y

¹ Véase pag 1-5, referencia 2 de la bibliografía.

viscosidad del fluido y la velocidad de flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el número de Reynolds, puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad. La relación del número de Reynolds es la siguiente:

$$Re = \frac{dv\rho}{\mu} \quad 3.3$$

Donde:

d = diámetro interior de la tubería.

v = velocidad del flujo.

ρ = densidad del fluido.

μ = viscosidad absoluta.

Para efectos técnicos, el régimen de flujo en tuberías se considera como laminar si el número de Reynolds es menor que 2000 y turbulento si el número de Reynolds es superior a 4000. Entre estos dos valores está la zona denominada "crítica" donde el régimen de flujo es impredecible, pudiendo ser laminar, turbulento o de transición, dependiendo de muchas condiciones con posibilidad de variación.

TEOREMA DE BERNOULLI

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la ley de la conservación de la energía al flujo de fluidos en una tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica, la altura debida a la presión y la altura debida a la velocidad como se muestra en figura siguiente:

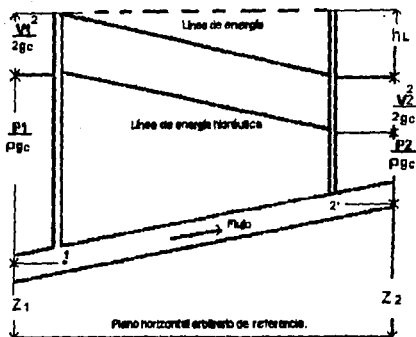


FIGURA No. 1 El balance total de energía para dos puntos de fluido.

Si las pérdidas por rozamiento se desprecian y no existe variación de energía en el sistema, la altura Z en la ecuación anterior permanecerá constante para cualquier punto del fluido. Sin embargo, existen pérdidas o incrementos de energía que deben incluirse en la ecuación de Bernoulli, por lo tanto el balance de energía puede escribirse para ambos puntos del fluido como sigue:

$$Z_1 + P_1/\rho g + v_1/2g = Z_2 + P_2/\rho g + v_2/2g + h_L + W$$

donde:

Z = Altura geométrica.

P = Altura debida a la presión

v = Velocidad del flujo.

ρ = Densidad del fluido.

h_f = Pérdidas de carga por fricción.

g = Aceleración de la gravedad

FORMULA DE DARCY

El flujo de fluidos en tuberías está siempre acompañado de rozamiento de partículas del fluido entre si y, consecuentemente, por la pérdida de energía, esto da como consecuencia una pérdida de presión en el sistema. Si se conectan dos manómetros del tipo Bourdon a una tubería por la que pasa un fluido, el manómetro P1 indicara una presión estática mayor que el manómetro P2 .

La ecuación general de la pérdida de presión conocida como la fórmula de Darcy y que se expresa en metros de fluido es :

$$h_f = f L v / D 2g \quad 3.5$$

Donde f es el factor de fricción, L es longitud de la tubería (m) , D es el diámetro interior de la tubería (m), v es la velocidad de flujo, g es la aceleración de la gravedad.

Esta ecuación puede también escribirse para obtener la pérdida de presión en newtons por m²

$$\Delta P = \rho f L v / 2 D \quad 3.6$$

La ecuación de Darcy es válida tanto para flujo laminar como turbulento de cualquier líquido en una tubería. Para el flujo de gases la ecuación de Darcy no es válida*, sin embargo se esta manejando gas L.P. en fase líquida.

FACTOR DE FRICCIÓN: La fórmula de Darcy puede deducirse por análisis dimensional con la excepción del factor de fricción f , que debe ser determinado

* Véase pag. 1-9, referencia 2 de la bibliografía.

experimentalmente, el factor de fricción para condiciones de flujo laminar ($Re < 2000$) es función solo del número de Reynolds; mientras que para flujo turbulento ($Re > 4000$) es también función del tipo de pared de la tubería.

Si el flujo es laminar ($Re < 2000$), el factor de fricción puede determinarse a partir de la ecuación:

$$f = 64 / Re = 64 \mu / d v \rho \quad 3.7$$

Cuando el flujo es turbulento ($Re > 4000$) el factor de fricción depende no solo del número de Reynolds, sino también de la rugosidad relativa de las paredes de la tubería, e / d , es decir, la rugosidad de la pared de la tubería (e) comparada con el diámetro de la tubería (d). Para tuberías muy lisas, como las de latón extruido o vidrio, el factor de fricción disminuye más rápidamente con el aumento del número de Reynolds, que para tuberías con paredes más rugosas.

Como el tipo de superficie interna de la tubería comercial es prácticamente independiente del diámetro, la rugosidad de las paredes tiene mayor efecto en el factor de fricción para diámetros pequeños. En consecuencia las tuberías de pequeño diámetro se acercan a las condiciones de gran rugosidad y en general tienen mayores factores de fricción que tuberías del mismo material pero de mayores diámetros.

La mayoría de los problemas de flujo no pueden ser resueltos por métodos matemáticos, se necesitan generalmente métodos basados en coeficientes experimentales. Para el gas L.P. se cuenta con información técnica para tubería, válvulas y accesorios los cuales pueden ser consultados en el apéndice D o en la referencia número 1 de la bibliografía.

BALANCE DE ENERGIA PARA LAS ESTACIONES DE SUMINISTRO DE GAS L.P.

Para realizar el balance de energía se debe tomar en consideración los siguientes aspectos: La longitud de las líneas que se utilizan para realizar el trasiego son pequeñas por

lo que los cambios en la presión manométrica y la velocidad no son significativos, dando como resultado que $P_1 = P_2$, $v_1 = v_2$.

Reordenando y eliminando términos de la ecuación 3.4 tenemos

$$W = (Z_2 - Z_1) + h_f + \Delta P/\rho \quad 3.8$$

W = Pérdidas de presión o carga total que tiene que vencer la bomba para trasladar el fluido de un punto a otro, $(Z_2 - Z_1)$ = Pérdidas de carga por altura, h_f = Pérdidas de carga por fricción, $\Delta P/\rho$ = Pérdidas de carga en accesorios.

En base al balance y a las consideraciones anteriores se debe calcular el trabajo requerido para el bombeo, posteriormente proceder al cálculo de la potencia con los factores correspondientes.

Las tablas que contienen la información para realizar el cálculo de la potencia de la bomba en el programa desarrollado para el gas L.P., fueron tomadas del Handbook Butane-Propane Gases(1) y se muestran en el apéndice D. En el cap. 6 se prueba el programa con dos ejemplos de cálculo de potencia

CAPITULO 4

ESTACIONES DE SUMINISTRO DE GAS L.P.

De acuerdo a la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado, corresponde a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, dictaminar las normas para el diseño y construcción de las instalaciones para gas L.P. Dichas normas establecen los requisitos técnicos que se deben observar y cumplir en el Territorio Nacional.

Las especificaciones de la tubería, equipo y accesorios que se utilizan en el manejo del gas L.P. tienen sus correspondientes Normas Oficiales Mexicanas, mismas que se mencionan en el apéndice A de este trabajo.

La NOM-X-25 establece las siguientes definiciones:

Estación de gas L.P.

Es un sistema fijo y permanente para almacenar y trasegar gas L.P. , que mediante instalaciones apropiadas haga el llenado de recipientes montados permanentemente en vehículos que lo usen para su propulsión.

Recipientes de almacenamiento de gas L.P.

Recipientes cuyas características se ajustan a la Norma Oficial Mexicana NOM-X-12 en vigor correspondiente a su fecha de fabricación.

Recipientes para gas L.P. a motores.

Aquellos cuyas características se ajustan a la Norma Oficial Mexicana NOM-X-12/4 en vigor correspondiente a su fecha de fabricación.

Accesorios.

Todos los elementos necesarios para manejar, medir y dar seguridad en una estación de suministro de gas L.P.

Isleta.

Es la plataforma de concreto donde se instalan las tomas de suministro a los recipientes de los vehículos.

Tubería de llenado.

Es el segmento de la instalación de una estación de suministro de gas destinado a transferir gas L.P. del vehículo suministrador al recipiente de almacenamiento.

Toma de recepción o de llenado.

Es el segmento de la tubería de llenado destinado a conectar con los accesorios del vehículo suministrador, consta de todos los accesorios entre el extremo libre de la tubería de llenado y la primera válvula de cierre manual.

Tubería de trasiego.

Es aquella destinada a conducir el gas entre los diferentes componentes de la estación.

Tubería de suministro.

Aquella destinada a conducir el gas hacia los recipientes montados en los vehículos que lo usan como combustible

Toma de suministro.

Es el segmento de la tubería de suministro destinado a conectar con el vehículo que usa gas L.P. como combustible, va desde la última válvula de cierre manual antes del marco del soporte, hasta la punta del conector ACME.*

Las especificaciones de los recipientes, equipo, tubería y accesorios, deben cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, de igual manera la ubicación, urbanización, construcción de edificios deben cumplir con sus respectivas normas.

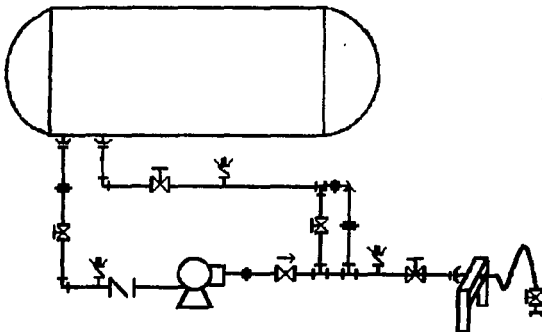
* Esta terminación es la que se maneja en el mercado nacional.

La instalación típica para estaciones de suministro de gas L.P. se muestra en la fig. No. 2 y consta de un tanque de almacenamiento, tubería para realizar las operaciones de trasiego, las válvulas y accesorios requeridos para la construcción de la misma. En la siguiente tabla 4.1 se muestran las válvulas y accesorios requeridos en la tubería a la succión de la bomba, a la descarga y en la tubería de retorno, estos datos junto con el programa (JAVIER), sirven para realizar el cálculo de la bomba.













Tabla 4.1. Accesorios y válvulas típicos en estaciones de suministro para gas L.P.

Válvula y/o accesorio	Succión	Descarga	Retorno
Válvulas de exceso	1	1	1
Cople	1	1	1
Válvula de cierre	1	1	1
Tee	1	1	1
Filtro	1	0	0
Unión	0	0	1
Válvula By Pass	1	1	1
Válvula de seguridad	1	1	1
Manguera	0	1	0
Válvula check	0	1	1

FIGURA No. 2 ESTACION TÍPICA DE ESTACIONES DE SUMINISTRO DE GAS L.P.



Simbología

	Válvula de globo		Válvula de exceso de flujo
	Válvula check de no retroceso		Válvula de seguridad
	Filtro		Válvula de "By Pass"
	Tuerca Union		Tee
	Codo		Aceptor
	Tubería		Bomba

LA MEMORIA TECNICO DESCRIPTIVA DE LA ESTACION DE SUMINISTRO

El uso de gas L.P. como combustible para motores de combustión interna, se realiza por dos razones, la primera para disminuir los costos en el transporte de bienes y mercancías en las empresas mercantiles que poseen flotillas de reparto ó en el auto transporte público, la segunda es por cuestiones ecológicas ya que la composición del gas L.P. puede decirse que es de un 70% de propano y 30% de butano aunque arrastra partes pequeñas de olefinas mas pesadas como el butadieno, la combustión por tanto es mas limpia que la de otros combustibles, por lo que se reducen significativamente las emisiones de contaminantes, sobre todo los óxidos de azufre y de plomo.

Para abastecer de combustible a los vehiculos se requiere de las instalaciones apropiadas, este tipo de instalaciones se conoce como estaciones de suministro y las bases de diseño de las mismas y de otras instalaciones, así como las especificaciones técnicas del equipo y materiales pueden encontrarse en el apéndice A y B de este trabajo, la norma correspondiente es la NOM-X-025-1993.

De acuerdo a la SECOFI, para llevar acabo la construcción de las instalaciones de gas L.P. se requiere de la autorización de una unidad de verificación (antes técnico responsable) éste debe presentar el proyecto junto con la memoria técnico descriptiva de la instalación para la obtención de la licencia de uso y funcionamiento.

LA MEMORIA TECNICO DESCRIPTIVA.

La memoria técnico descriptiva debe contener la información básica, localización, especificaciones del equipo, tubería y accesorios utilizados, la urbanización del terreno, el tipo de construcciones cercanas así como las distancias mínimas de seguridad, las especificaciones del o los recipientes de almacenamiento, las tomas de suministro, datos sobre el sistema eléctrico, el cálculo de la bomba y las bases de sustentación o estructura que soporta a los recipientes de almacenamiento.

INFORMACION BASICA.

- a).- Nombre del propietario del predio o razón social de la empresa.
- b).- Domicilio (calle, número, colonia, zona postal, población y entidad federativa), donde estará ubicada la estación de suministro.
- c).- Nombre y número de registro de la unidad de verificación (antes técnico responsable), encargado del diseño de la instalación.

Debe de contener además los siguientes datos.

- 1.- Clasificación de la instalación.- En base a su uso y capacidad de almacenamiento.
- 2.- Especificaciones de diseño.- Las especificaciones de diseño del equipo, tubería y accesorios que se utilizan.
- 3.- Urbanización.- Descripción de las características generales, accesos, bardas o delimitación del predio, construcciones, indicando los materiales empleados, en la construcción de oficinas, baños, bodegas, talleres, espuelas de ferrocarril, estacionamientos, circulación interior, instalaciones hidráulicas, sanitarias, zona de tanque o tanques así como la zona de la o las bombas.
- 4.- Edificaciones.- Descripción de las características generales, indicando los materiales empleados.
- 5.- Servicios sanitarios.- Descripción de las características generales.
- 6.- Especificaciones de recipiente.
- 7.- Especificación de la o las bombas.
- 8.- Especificación y descripción general de la toma de suministro.
- 9.- Tabla de distancias mínimas.- Especificando las distancias mínimas según los requisitos de la norma correspondiente.
- 10.- Especificación y descripción del sistema eléctrico.- Descripción general, del sistema de alumbrado, sistema de tierras, instalación eléctrica de la bomba.

- 11.- Descripción de los rótulos y pintura empleados.
- 12.- Resultado del cálculo de la bomba.
- 13.- Resultado del cálculo de las bases o estructura que soporta al recipiente.

En el presente trabajo se elaboró un programa que sirve como base de datos y puede capturarse la información necesaria para contestar los puntos 6, 7 y 10, que corresponden a información técnica. La captura de la información sólo se debe realizar una vez ya que posteriormente puede ser utilizada cuantas veces se requiera. En la elaboración de la memoria técnico descriptiva la información mínima requerida es la siguiente.

Para los recipientes.

- Marca.
- Capacidad del recipiente.
- Norma de construcción.
- Diámetro del recipiente.
- Longitud total.
- Espesor de la lámina del cuerpo.
- Espesor de la lámina de las cabezas.
- No. de serie.
- Fecha de fabricación.
- Presión de diseño.
- Tipo de cabezas.
- Tara.

Para la tubería.

- Tipo de tubería.
- Número de cédula.
- Profundidad de las cuerdas.

Para los accesorios.

- Tipo de accesorio.
- Máxima presión que soporta.
- Material de fabricación

Para la bomba.

- Marca.
- Máxima presión de trabajo.
- Motor.
- Capacidad.
- Potencia.
- Velocidad.
- Clase y grupo.

Los puntos 12 y 13 corresponden al resultado del cálculo de la bomba y las bases de sustentación respectivamente. El programa permite calcular la potencia de la bomba requerida para la instalación, el punto 13 debe ser realizado y proporcionado al diseñador por el especialista del área correspondiente.

CALCULO DE LA BOMBA.

Para realizar el cálculo de la potencia de la bomba se tienen que evaluar las pérdidas de presión en cada una de las partes que influyen en el diseño, éstas son las pérdidas en la tubería de succión o alimentación de la bomba, las pérdidas en la tubería de descarga o trasiego y las pérdidas en la tubería de retorno. Generalmente para hacer la estimación de la potencia se toman las pérdidas a la descarga, pero se consideró adecuado comparar las pérdidas de la tubería de retorno, por que puede darse el caso de que éstas sean mayores

que las de la tubería de descarga. El siguiente procedimiento se consideró por ser simple, y además por que utiliza los datos experimentales de pérdidas de carga en tubería y accesorios para el gas L.P. que se han reportado(1). A continuación se describen los pasos que se llevan a cabo para realizar el cálculo de la bombe en una estación de suministro de gas L.P.

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE PRESION EN LA LINEA DE SUCCION.

- 1.- Especificar el diámetro de la tubería.
- 2.- Especificar la longitud total de la tubería.
- 3.- Especificar la cantidad y tipo de accesorios.
- 4.- Utilizar las tablas D.1 y D.2 del apéndice D correspondientes a las pérdidas en equivalentes de longitud para válvulas y accesorios.
- 5.- Calcular las pérdidas de presión en la línea de succión

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE PRESION EN LA LINEA DE DESCARGA

- 1.- Especificar el diámetro de la tubería.
- 2.- Especificar la longitud total de la tubería.
- 3.- Especificar la cantidad y tipo de accesorios
- 4.- Utilizar las tablas D.1 y D.2 del apéndice D correspondientes a las pérdidas en equivalentes de longitud para válvulas y accesorios.
- 5.- Calcular las pérdidas de presión en la línea de descarga.

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE PRESION EN LA LINEA DE RETORNO

- 1.- Especificar el diámetro de la tubería.
- 2.- Especificar la longitud total de la tubería.
- 3.- Especificar la cantidad y tipo de accesorios en la línea de retorno.

- 4.- Utilizar las tablas D.1 y D.2 del apéndice D correspondientes a las pérdidas en equivalentes de longitud para válvulas y accesorios.
- 5.- Calcular las pérdidas en la tubería de línea de retorno.

Una vez que se han encontrado las pérdidas correspondientes, se deben analizar los siguientes aspectos.

- a).- Evaluar la mayor pérdida entre la línea de descarga y la línea de retorno
- b).- Evaluar, el trabajo correspondiente de bombeo.
- c).- Convertir el trabajo en potencia, con los factores correspondientes.
- d).- En base a los datos anteriores seleccionar la bomba adecuada.

CAPÍTULO 5**OPCIONES DEL PROGRAMA**

El cálculo de las propiedades se realiza con el programa (JAVIER) elaborado en Turbo C. Al ejecutar dicho programa aparecerá el menú principal con el siguiente formato en pantalla

(P)ROPIEDADES (T)UBERIA (A)CCESORIOS (I)NSTALACIONES (R)ECIPIENTES (C)OSTOS
(S)ALIR

Al seleccionar la opción p, aparecerá el siguiente menú.

(P)RESION DE VAPOR
P(O)DER CALORIFICO
PIES (C)UBICOS POR GALON
PIES C(U)BICOS POR LIBRA
P(E)SO POR GALON
(C)ALOR LATENTE
(V)ISCOSIDAD
(S)ALIR

Al teclear cualquiera de las opciones el programa solicitará la composición de la mezcla de gas L.P. así como los datos de temperatura y/o presión cuando se requiera y realizará el cálculo de la propiedad desplegando el resultado en la pantalla.

APLICACION DEL PROGRAMA A LA BASE DE DATOS

Otro de los objetivos del trabajo es crear un programa para almacenar la información técnica del equipo, tubería y accesorios para el manejo del gas L.P.. Esto se puede realizar con el programa (JAVIER) utilizando las opciones correspondientes a tubería, accesorios, instalaciones, recipientes y costo. Al seleccionar la opción de tubería el programa despliega el siguiente submenú.

(C)OBRE RIG.

C(O)BRE FLEX.

(F)IERRO

(A)CERO

(S)ALIR

Al seleccionar cualquiera de las opciones se muestra otro submenú al que se denomina general, con las siguientes opciones.

(I)NTRUDUCIR	(L)ISTAR
(V)ISUALIZAR	(B)USCA
(G)UARDAR	(S)ALIR
(C)ARGAR	

Al seleccionar la opción de introducir el programa solicitará al usuario la información técnica correspondiente al material, al seleccionar la opción de visualizar el programa mostrará la información almacenada, si se desea guardar la información de manera permanente se debe guardar dicha información con la opción guardar, de lo contrario no se almacenará tal información. El programa contiene archivos específicos para almacenar información, por lo tanto si se desea leer un disco, éste debe contener ya el archivo y la información, de lo contrario el programa no podrá cargarla y mostrarla en pantalla.

Toda la información contenida tiene una clave en el programa, cuando se desea buscar la información se debe especificar la clave, ésta puede ser proporcionada al usuario seleccionando la opción de listar.

INFORMACIÓN CONTENIDA EN LA OPCION DE TUBERIA

La información que se almacena dentro del programa para las diferentes opciones de tubería es similar para todas, aunque sus usos y especificaciones sean distintas. Corresponde al diseñador la selección del material adecuado para el tipo de instalación que se requiera. A continuación se muestra dicha información

- Diámetro nominal.
- Diámetro exterior.
- Diámetro interior.
- Máxima presión de trabajo
- Intervalo de gasto recomendado.
- Espesor de la pared.
- Peso por cada 6 metros o 20 pies.
- Número de cédula.

EL MENU DE ACCESORIOS

Cuando se tecllea la opción accesorios, aparecerá el siguiente submenú.

- (A) accesorios
- (R) reguladores
- (V) válvulas
- (B) bombas
- (S) salir

EL SUBMENU DE REGULADORES

Seleccionando la opción de reguladores aparece el siguiente submenú.

- (A) ALTA PRESION
- (B) AJA PRESION
- (S) ALIR

Al seleccionar cualquiera de las opciones aparecerá un submenú similar al que aparece en la selección de las opciones de tubería con las opciones: introducir, visualizar, guardar, buscar, etc. cuya función es la de almacenar información, la cual puede ser utilizada por el diseñador. Dicha información se describe a continuación.

INFORMACION CONTENIDA EN LA OPCION REGULADORES DE ALTA Y BAJA PRESION.

- Modelo
- Material
- Usos.
- Presión de trabajo.
- Intervalo de presión de salida del regulador.
- Gasto.
- Diámetro del orificio de entrada en pulgadas.
- Conexión de entrada.
- Conexión de salida.

Al seleccionar la opción de válvulas aparece un submenú general, con las opciones de introducir, visualizar, cargar, etc., siendo la información que almacena la siguiente.

INFORMACION CONTENIDA EN LA OPCION DE VALVULAS.

- Modelo.
- Material.
- Usos.
- Presión de trabajo.
- Intervalo de presión de salida.
- Gasto.
- Tipo de válvula.
- Medidas.

INFORMACION CONTENIDA EN LA OPCION ACCESORIOS

- Marca.
- Material.
- Usos.
- Tipo de accesorio
- Medidas
- Intervalo de gasto.

Al seleccionar la opción de Bombas, aparecerá el siguiente submenú.

(E)SPECIFICACIONES

(C)ALCULO

(S)ALIR

Al seleccionar la opción de especificaciones aparecerá un submenú general para almacenar la información correspondiente. La cual se muestra a continuación.

INFORMACION CONTENIDA EN LA OPCION DE ESPECIFICACIONES.

- Marca.
- Máxima presión de trabajo.
- Tipo de motor.
- Capacidad de la bomba.
- Potencia.
- Gasto recomendado.
- Velocidad en r.p.m.
- Clase.
- Grupo.

Al seleccionar la opción de cálculo aparecerá el siguiente submenú.

EL SUBMENU DE CALCULO

SELECCIONE EL DIAMETRO DE LA TUBERIA A LA SUCCION

- (U)NA PULGADA
- (D)OS PULGADAS
- (D)OS Y MEDIA PULGADAS
- (T)RES PULGADAS
- (C)UATRO PULGADAS
- (S)EIS PULGADAS

Al seleccionar cualquiera de las opciones aparecerá la tabla 12 de este trabajo solicitando la cantidad de accesorios en el trayecto de la tubería, de igual manera para las secciones de la línea a la descarga y la línea de retorno dando como resultado la potencia de la bomba requerida en la estación de suministro de gas L.P. correspondiente al cálculo del usuario.

EL SUBMENU DE INSTALACIONES

Al seleccionar la opción de instalaciones aparece el siguiente submenú.

- (E)ST. DE SUMINISTRO
- (I)NDUSTRIA
- (S)ALIR

Cada una de las opciones anteriores tiene su correspondiente submenú general en el que se muestran las opciones introducir, visualizar, cargar, etc. La información contenida es la siguiente.

INFORMACION CONTENIDA EN LA OPCION DE EST. DE SUMINISTRO E INDUSTRIA.

- Clave.
- Nombre.
- Domicilio.
- Tipo.

- Técnico responsable
- Usos.
- Recipientes
- Reguladores.
- Tubería.

EL SUBMENU DE RECIPIENTES.

Al seleccionar la opción de recipientes aparece un submenú general, en el que se introduce, visualizan, cargan, listan o busca la información correspondiente. La información que se almacena es la siguiente.

INFORMACION CONTENIDA EN LA OPCION DE RECIPIENTES.

- Marca.
- Capacidad.
- Peso del recipiente.
- Longitud.
- Diámetro.
- Capacidad de vaporización.
- Proveedor.
- Clave del proveedor.

EL SUBMENU DE COSTOS.

En el submenú de costos, se pretende mostrar la utilidad de este tipo de programas para la obtención fácil y rápida de la información. En esta opción aparece un submenú general, que al igual que los anteriores, introduce, visualiza, carga, etc., la información contenida en esta opción es la siguiente. Sin embargo la información sólo sirve para tener información relacionada con proveedores.

INFORMACION CONTENIDA EN LA OPCION DE COSTOS.

- Clave.
- Nombre.
- Domicilio.

CAPITULO 6

APLICACION DEL PROGRAMA

Para ejemplificar el uso del programa (JAVIER) , se resuelven dos problemas relacionados con el diseño de estaciones de suministro para gas L.P.

Problema No. 1.

Una empresa mercantil cuenta con una flota de 50 Combis, tipo panel con un consumo promedio de gas L.P. de 1,500 litros diarios de combustible, se cuenta con un predio con la infraestructura adecuada. Especificar los materiales a utilizar y la bomba adecuada para realizar la operación de trasiego a los vehículos.

Según la tabla B.1 del apéndice B, para realizar el diseño de las estaciones de suministro de gas L.P. se debe de utilizar la norma NOM-X-025-1993. Aplicando el programa en la base de datos se pueden obtener las especificaciones de la tubería, utilizando la opción de tubería, utilizando la opción de accesorios, se conocen las especificaciones de las válvulas, por último las especificaciones de los tanques de almacenamiento se obtienen con la opción de recipientes.

Cálculo de la bomba.

Para realizar el cálculo de la bomba, utiliza la opción de accesorios, en la opción de accesorios se debe seleccionar del menú la opción de bombas, una vez seleccionada la opción de bombas seleccionar la opción cálculo,.

Al seleccionar la opción de cálculo aparece el menú del mismo solicitando la selección del diámetro de la línea de succión, una vez seleccionado el diámetro de la tubería aparece en la pantalla la parte de la tabla D.2 del apéndice D solicitando la cantidad de accesorios que existen en la línea de succión, una vez que se ha especificado la cantidad de accesorios en la línea de succión, el programa solicita al usuario la longitud de la tubería de la línea de succión, posteriormente en programa solicitará el diámetro de la tubería en la línea de descarga, una vez seleccionado éste, aparece nuevamente parte de la tabla D.2 del apéndice D. Solicitando la cantidad de accesorios y válvulas en la línea de descarga. Cuando se ha terminado de especificar la cantidad de accesorios en la línea de descarga, el programa solicitará la longitud de la tubería en dicha línea, posteriormente solicitará la elección del diámetro en la línea de retorno, cuando se ha seleccionado la línea de retorno aparecerá

nuevamente parte de la tabla D.2 del apéndice D solicitando se especifique la cantidad de accesorios y válvulas en la línea de retorno. Finalmente el programa solicitará la longitud en de la línea de retorno, así como la altura del tanque a la succión de la bomba, el programa realiza los cálculos correspondientes y proporciona la potencia requerida de la bomba.

Para ejemplificar lo anterior se tomaron los siguientes datos.

Longitud de la tubería a la succión = 13.5 pies.

Longitud de la tubería a la descarga = 20.0 pies

Longitud de la tubería de retorno = 14.5. pies

Longitud de la succión de la bomba al tanque = 3.5 pies.

El resultado de la aplicación del programa se muestra a continuación.

Resultado del cálculo de la bomba para diferentes flujos.

Tabla 6.1. Ejemplos de cálculo de bombas

Gasto en GPM	Diámetro de la línea en pulgadas			Potencia de la bomba en H.P.
	Succión	Descarga	Retorno	
10	1"	1"	1"	1.877
15	1"	1"	1"	2.817
20	2"	1"	1"	3.75
25	2"	1"	1"	4.69
30	2"	1"	1"	5.637

Una vez que se tiene la potencia de la bomba, se puede utilizar la opción de especificaciones del submenú de bombas, para conocer las especificaciones de la misma.

Problema 2.

Una empresa mercantil cuenta con un tanque de almacenamiento de 20,000 litros, se desea dar servicio a una flota de 136 vehículos que requieren de 10,880 litros por día, se requiere especificar los materiales de construcción y la capacidad la bomba para realizar el trasiego. El gasto manejado será de 15 GPM.

Al igual que en el ejemplo anterior, se seleccionan las opciones hasta la opción de cálculo, en dicha opción se especificarán los siguientes datos.

Longitud a la succión = 30 pies.

Longitud a la descarga = 50 pies

Longitud en la tubería de retorno = 40 pies

A continuación se presenta una lista con los accesorios en la línea de succión, en la de descarga y en la de retorno.

ACCESORIOS O VALVULAS	NUMERO DE ACCESORIOS O VALVULAS EN LINEA		
	Succión	Descarga	Retorno
Válvulas de exceso	1	1	1
Cople	1	1	1
Válvula de cierre	1	1	1
Tee	1	1	1
Filtro	1	0	0
Unión	0	0	1
Válvula By Pass	0	0	1
Válvula de seguridad	1	1	1
Válvula check	0	1	1

Resultados

Diámetro de la tubería a la succión	Diámetro de la tubería a la descarga	Diámetro de la tubería de retorno	Potencia de la bomba en H.P.
1 pulgada	¾ de pulgada	¾ de pulgada	3 H.P.

Nota: No existen datos para tuberías de gas de diámetro de ¾, considerando que el diámetro a la descarga es menor que en la succión, se elige tubería de ¾ a la descarga así como en la tubería de retorno, todo esto para una bomba de 3 H.P.

CONCLUSIONES

La rapidez con que una computadora nos maneja grandes cantidades de información y realiza las rutinas de cálculo nos permite ahorrar una gran cantidad de tiempo, lo cual puede observarse en la base de datos del programa (JAVIER), en la base de datos se manejan las especificaciones de la tubería, equipo y accesorios para el gas L.P.. Estas pueden ser llamadas especificando la letra correspondiente del menú y ser utilizadas por el usuario cuando así se requiera. Puede observarse también un considerable ahorro de tiempo en el cálculo de las caídas de presión cuando se realiza el cálculo y caracterización de la bomba requerida en la estación de suministro. Estas rutinas de manejo de información son fácilmente extrapolables a cualquier área que requiera del manejo de grandes cantidades de información y grandes cantidades de cálculos rutinarios sobre todo cuando se trata de optimizar y economizar en el desarrollo de proyectos.

El gas L.P. es una mezcla de hidrocarburos ligeros, el cual puede ser caracterizado en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas a partir del butano y del propano para México y se puede adicionar al isobutano para los Estados Unidos ya que son los que se encuentran en mayor cantidad en la mezcla., existiendo en la bibliografía información suficiente de tipo experimental para realizar correlaciones que permitan elaborar rutinas en un programa para hacer el cálculo de las propiedades que pueden afectar el diseño.

Las instalaciones de gas L.P. son un servicio requerido en industrias, comercios, casas habitación, etc. para utilizar el gas L.P. como combustible., ya que éste es uno de los menos contaminantes y de los más utilizados. Hasta hoy no se encontraba una herramienta que facilitara el uso de la gran cantidad de información con que se cuenta ya que dichas instalaciones están reguladas en cuanto a su diseño y construcción por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, existiendo Normas Oficiales para cada una de ellas. El presente programa puede ser utilizado para auxiliar el diseño de Estaciones de Suministro y puede servir como base para el posterior desarrollo de nuevos programas.

LISTA DE TABLAS**Tabla**

Tabla 1.1 Poder calorífico de combustibles	8
Tabla 2.1 Presión de vapor	14
Tabla 2.2 Calor Latente	17
Tabla 2.3 Peso por galón	18
Tabla 2.4 Viscosidad	20
Tabla 4.1 Accesorios y válvulas típicos en estaciones de suministro para gas L.P.	31
Tabla B.1 Instalaciones para gas L.P.	56
Tabla C.1 Evaluación de propiedades fisicoquímicas	57
Tabla D.1 Resistencia al flujo de tubería de acero extra fuerte (para gas L.P. líquido)	58
Tabla D.2 Resistencia de válvulas y accesorios	59

APÉNDICE A

Normas para equipo, tubería y accesorios para gas L.P.

Equipo y/o accesorios	Norma
Conexión Integral denominada cola de cochino para uso de gas L.P.	NOM-X-001-1993
Conexiones de latón y cobre forjado, usadas en instalaciones de gas L.P. y natural	NOM-X-002-1993
Calentadores de agua para alberca a base de gas natural o gas L.P.	NOM-X-003-1976
Calidad y funcionamiento para conexiones utilizadas en manguera para la conducción de gas natural y gas L.P.	NOM-X-004-1967
Recipientes portátiles para contener gas L.P.	NOM-X-005-1986
Calidad y funcionamiento para medidores de nivel para gas L.P. y amoníaco anhidro usados en recipientes no portátil	NOM-X-006-1987
Válvula de seguridad contra falla de flama	NOM-X-007-1967
Bombas empleadas en gas L.P.	NOM-X-008-1967
Dispositivos a gas válvulas automáticas.	NOM-X-009-1982
Válvulas para recipientes portátiles para gas L.P.	NOM-X-010-1985
Funcionamiento de reguladores de baja presión para gas L.P.	NOM-X-011-1986
Recipientes sujetos a presión no expuestos a calentamiento por medios artificiales para contener gas L.P. tipo no portátil, requisitos generales.	NOM-X-12/1
Recipientes sujetos a presión no expuestos a calentamiento por medios artificiales para contener gas L.P. tipo no portátil destinados a plantas de almacenamiento para distribución y estaciones de aprovisionamiento de vehículos.	NOM-X-12/2
Recipientes sujetos a presión no expuestos a calentamiento por medios artificiales para contener gas L.P. tipo no portátil para instalaciones de aprovechamiento final de gas L.P. como combustible.	NOM-X-12/3

Normas para equipo, tubería y accesorios para gas L.P.
(continuación)

Recipientes sujetos a presión no expuestos a calentamiento por medios artificiales para contener gas L.P. tipo no portátil para sistemas de carburación en motores de combustión interna.	NOM-X-12/4
Válvulas de retención para uso en recipientes no portátiles para gas L.P.	NOM-X-013-1965
Recipientes sujetos a presión, hermeticidad método de prueba	NOM-X-014-1961
Recipientes sujetos a presión comportamiento elástico, método de prueba	NOM-X-015-1961
Automóviles y camiones con sistemas de carburación a gas L.P. reguladores, vaporizadores.	NOM-X-022-1981
Métodos de prueba para la verificación de la resistencia, la presión hidrostática, de recipientes para gas L.P. tipo no portátil.	NOM-X-024-1965
Válvula de llenado para uso en recipientes tipo no portátil para gas L.P.	NOM-X-025-1967
Reguladores de baja presión con válvula de acoplamiento directo	NOM-X-026-1973
Válvula de retorno de vapores para uso en recipientes no portátil para gas L.P.	NOM -X-028-1967
Gas L.P. mangueras con refuerzo de alambre o fibras textiles.	NOM-X-029-1918
Válvulas de paso para instalaciones de gas natural y gas L.P. vapor y aire	NOM-X-031-1967
Calidad y funcionamiento para reguladores de baja presión para gas natural para servicio domestico	NOM-X-032-1967
Termostatos utilizados en hornos domésticos que emplean gas L.P., gas natural , o manufacturado como combustible.	NOM-X-033-1975
Gas L.P. recipientes desechables para descarga	NOM-X-034-1975
Asadores que emplean gas natural, gas L.P. o gas manufacturado como combustible	NOM-X-035-1972

Normas para equipo, tubería y accesorios para gas L.P.
(continuación)

Calidad y funcionamiento para generadores de atmósfera protectora que emplean como combustible gas natural o gas L.P.	NOM-X-038-1970
Dispositivos gas, válvulas automáticas, terminología	NOM-X-037-1981
Calidad y funcionamiento de quemadores industriales a gas L.P. y natural	NOM-X-038-1972
Calidad y funcionamiento de hornos industriales que empleen gas natural, gas L.P. o gas manufacturado como combustible.	NOM-X-039-1972
Turbinas de gas, terminología	NOM-X-040-1982
Calidad y funcionamiento de termómetros bimetalicos de carátula uso gas L.P. y natural y otros usos industriales.	NOM-X-046-1969
Calidad y funcionamiento de inclinadores a base de gas	NOM-X-049-1972
Calidad y funcionamiento para válvulas de servicio en líquidos o vapores con tubo de profundidad de máximo llenado en recipientes para gas L.P. tipo no portátil.	NOM-X-051-1969
Calidad y funcionamiento de válvula de seguridad tipo resorte interno, empleadas en recipientes no portátiles usos gas L.P.	NOM-X-052-1970
Calidad y funcionamiento para dispositivos de ignición; pilotos destinados a usos domésticos e industriales.	NOM-X-053-1972
Calidad y funcionamiento para vaporizadores para gas L.P.	NOM-X-057-1972
Electrodos empleados en la soldadura de recipientes para gas L.P.	NOM-X-058
Láminas de acero para recipientes portátiles	NOM-B-42-1980
Placa de acero para recipientes no portátiles.	NOM-B-43-1980
Tubos de acero con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente	NOM-B-117-1984
Tubos sin costura de acero al carbón para servicio en alta temperatura	NOM-178-1966
Plancha de acero al carbón, con resistencia a la tensión intermedia y baja, para recipientes que trabajan a presión.	NOM-B-242-1983

Normas para equipo, tubería y accesorios para gas L.P.
(continuación)

Acero estructural	NOM-B-254-1987
Adaptador para calentador	NOM-D-181-CT-1981
Filtros para gas L.P.	NOM-D-186-CT-1981
Tubos de polietileno para gas L.P.	NOM-E-83-1977
Medidores de desplazamiento positivo	NOM-CH-25-1967
Válvula solenoide	NOM-J-428-1987
Tortilladoras mecánicas	NOM-O-83-1966
Estufas y hornos a base de gas L.P.	NOM-Q-26-1987
Calentadores para agua tipo almacenamiento	NOM-Q-27-1986
Calentador instantáneo a base de gas L.P.	NOM-Q-28-1987
Tubos de cobre sin costura	NOM-W-18-1981
Conexiones de cobre soldable	NOM-W-101-1982

APENDICE B**INSTALACIONES DE GAS L.P.**

De igual manera las plantas de almacenamiento y distribución, y las instalaciones de aprovechamiento cuentan con su correspondiente norma para el diseño y construcción.

Tabla B.1. Normas para Instalaciones para gas L.P.

INSTALACION	NORMA
Plantas de almacenamiento para gas L.P. diseño y construcción	NOM-X-58
Estaciones de suministro de gas L.P.	NOM-X-25
Instalaciones de aprovechamiento de gas L.P.	NOM-X-69

APÉNDICE C

DATOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO

Tabla.C.1 Datos para el cálculo de propiedades fisicoquímicas a 60 °F (1)

Propiedad	Propano	isobutano	n-Butano
Presión de vapor en lb/plg ²	92.4	24	11.6
Poder calorífico en Btu/galón	91,001	98,550	101,888
Poder calorífico en Btu/pla ³ a 14.73 lb/plg ²	2,518	3,260	3,273
Poder calorífico Btu/lb	21,479	20,994	20,947
Peso por galón lb/galón	4.237	4.694	4.864
Calor latente de vaporización por libra de líquido en Btu/lb	153.0	146	159.5
pesa ³ de vapor por galón de líquido a 14.73 lb/plg ²	36.14	30.23	31.13
Gravedad específica de líquido	0.5082	0.5631	0.5835
pesa ³ de vapor por lb de líquido a 14.73 lb/plg ²	8.527	6.439	6.4

APENDICE D

Tabla D.1 .Resistencia al flujo en tubería de acero extra fuerte (para gas L.P. líquido)

Flujo galón/min	Resistencia de 1 pie de longitud de tubería expresado en pies de carga de líquido para gas L.P.						
	1"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
10	.007	.005					
20	.028	.008					
30	.060	.017	.007	.002			
40	.080	.031	.012	.003			
50		.048	.020	.004			
60		.070	.028	.009			
70		.095	.038	.013			
80		.115	.050	.017			
90		.135	.063	.021			
100		.154	.078	.025	.006	.002	.001
125		.205		.036	.008	.003	.001
150		.305		.051	.012	.004	.002
175				.068	.016	.005	.002
200				.068	.020	.007	.003
225					.025	.009	.003
250					.031	.010	.004
275					.037	.012	.005
300					.043	.014	.006

* Ver referencia cap 11 de la referencia 1 de la bibliografía.

Tabla D.2. Resistencia de válvulas y accesorios comúnmente usados en instalaciones de líneas de gas L.P. sistemas de bombas, expresados en pies equivalentes de tubería.*

tipo de válvula y accesorio	Resistencia en pies equivalentes de tubería en función del diámetro.						
	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
Válvula check de exceso de flujo Regó ,3500 y 7537 2"	10	37	88	290			
Válvula check de exceso de flujo Regó 3500 y 7539 3"	3	11	26	90	410		
Válvula check de exceso de flujo Regó 2139 3"	18	63	158	480			
Válvula check de exceso de flujo Regó 2138 2 1/2"	33	120	289				
Válvula check de exceso de flujo Regó 2137, 3292A, 3292, 3283 2"	49	173	420				
Válvula check de exceso de flujo Wheaterhead 86016,86017 3"	6	20	48	160			
Válvula check de exceso de flujo Wheaterhead 86018,88019 2"	16	55	130	430			
Válvula check de exceso de flujo Wheaterhead 86021, 1 1/4"	60	200					
Válvula interna Bohnhardt de 3"	6	23	55	183			

* Ver cap. 11 de la referencia 1 de la bibliografía.

tipo de válvula y accesorio	Resistencia en pies equivalentes de tubería en función del diámetro.						
	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
Válvula de seguridad Fisher c-168 de 3"	4	13	32	102	434		
Válvula de exceso de flujo Reidroad Tank, ACF No. 1042, 2" 1401, 2 1/2"	33	121	290	970			
	5	6	8	10	14	17	20
Válvulas de globo	40	50	60	80	110	130	160
	20	25	30	40	55	79	80
Válvulas check	10	13	16	19	25	31	36
Swing							
Codos 90	4	5	6	8	11	13	16
Codos 45	2	2 1/2"	3	3 1/2"	5	8	7
Tee	8	10	13	16	21	27	33
Tee	2 1/2"	3	4	5	7	8 1/2"	11
Filtro igual diámetro	25	60	42	42	50	50	50
Filtro diferente diámetro	16	17	14	20	30	30	
Cople	2	2	3	4	5	6	7
Contracciones							
Expansiones							

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

* Las pérdidas son consideradas para contracciones y restricciones como 0.75 cargas de velocidad.

Tabla D.3 Resistencia al flujo de medidores para servicio de gas L.P.*

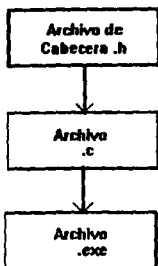
Gasto en GPM	Caída de presión del en el medidor en lb/plg2		
	1 1/4"	1 1/2"	2"
	5 a 30 GPM	12 a 60 GPM	20 a 100 GPM
5	0.3	No se utiliza	No se utiliza
10	0.5	No se utiliza	No se utiliza
15	0.9	0.8	No se utiliza
20	1.4	1.1	0.3
25	2.2	1.7	0.6
30	3.1	2.4	0.8
40	No se utiliza	4.1	1.2
50	No se utiliza	6.3	1.8
60	No se utiliza	9.0	2.6
70	No se utiliza	No se utiliza	3.7
80	No se utiliza	No se utiliza	4.9
90	No se utiliza	No se utiliza	6.3
100	No se utiliza	No se utiliza	7.8

* Ver cap. 11 de la referencia 1 de la bibliografía.

APENDICE E

LENGUAJE TURBO C DE PROGRAMACION.

El lenguaje de programación Turbo C, utiliza archivos creados con funciones específicas, estos tienen una extensión .h y los hay para el manejo de datos, para el desarrollo de ecuaciones matemáticas, para el manejo de bloques de datos o archivos etc. A continuación se muestra un esquema de cómo funciona el lenguaje mencionado.



Los programas que se desarrollan por el programador son con extensión .c, estos utilizan las funciones como printf(), scanf(), fclose(), textcolor(), etc.. contenidas en los archivos de cabecera o biblioteca integrados al lenguaje con la extensión .h. Los cuales al ser compilados y ejecutados nos generan el archivo ejecutable con la extensión exe.

Para construir un programa con la extensión .c se utilizan instrucciones para el control lógico, como el if, if else, switch, como ejemplo de ello se muestra uno de los archivos del programa indicando la parte correspondiente a los archivos .h (con letra negrita) y el cuerpo del programa desarrollado en c.

```

#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>
#include "Inicio.h"
  
```

```
void ventana_seleccion(void);
```

```
void seleccion(void)
```

```
{  
    char opcion;  
  
    do{  
        opcion = menu();  
        switch(opcion){  
            case 'p': propiedades();  
                break;  
            case 't': tuberia();  
                break;  
            case 'a': accesorios();  
                break;  
            case 'I': instalaciones();  
                break;  
            case 'r': clrscr();  
                seleccion_recipientes();  
                break;  
            case 'c': clrscr();  
                seleccion_proveedores();  
                break;  
            case 's': clrscr();  
                break;  
        }  
    }while(opcion != 's');  
}
```

```
menu(void)
```

```
{  
    char c;  
  
    clrscr ();
```

```
textmode (C80);
textcolor(14);
textbackground(1);

do{
  /*Dibuja una ventana */
  window(1, 1, 80, 25);
  gotoxy(1,1);
  cprintf("(P)ROPIEDADES (T)UBERIA (A)CCESORIOS
  (I)NSTALACIONES
  (R)ECIPIENTES (C)OSTOS");
  gotoxy(70,24);
  cprintf("(S)ALIR");
  c = tolower ( getch());
  }while( c!='p'&& c!='t' && c!='a' && c!='i' && c!='r' && c!='c' && c!='s');
  return c;
}
```

APENDICE F

AYUDA PARA EL USO DEL PROGRAMA

Cuando se está utilizando el programa aparece desplegado en un cuadro de diferente color alguna de las siguientes alternativas.

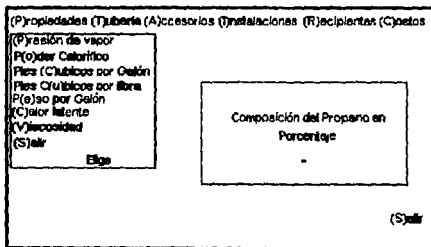
- Solicitud de información.
- Mensajes de advertencia.
- Mensajes para hacer uso correcto del programa.

Solicitud de información.

Aparecen cuando se requieren datos externos al programa, éstos son parámetros que serán utilizados por el programa para hacer alguna rutina de cálculo, por ejemplo la solicitud de composición, temperatura, gasto etc.

En la siguiente figura se muestra cómo aparece en pantalla la solicitud de composición de propano:

Figura No. 3. Una solicitud de información.



En la pantalla aparece la solicitud de la composición de los componentes del gas L.P., el máximo número de componentes es tres (propano, butano e isobutano) y deben ser especificados para que la mezcla sea de un 100%, de lo contrario aparecen mensajes de advertencia al usuario. Cuando aparecen este tipo de mensajes el usuario debe tener cuidado para seguir usando el programa.

Mensajes de advertencia.

Los mensajes de advertencia aparecen cuando se están introduciendo datos externos al programa y estos son inadecuados o incorrectos, por ejemplo cuando se está especificando un flujo negativo, cero o demasiado alto para determinado diámetro.

Figura No. 4. Un mensaje de advertencia.

SELECCIONE EL DIAMETRO DE LA TUBERÍA A LA SUCCION

(U)NA PULGADA
(D)OS PULG
(O)S Y ME
(T)RES PUL
(C)UATRO P
(S)EIS PULG
(S)ALIR

El gasto es demasiado alto, verifique sus especificaciones de diseño o utilice un diámetro mayor.

CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

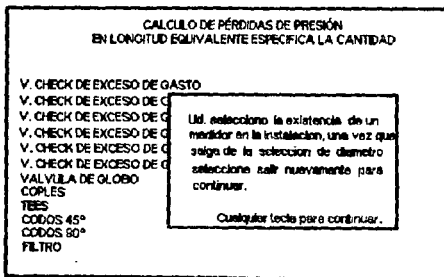
SELECCIONE LA OPCION

Mensajes para hacer uso correcto del programa.

Los mensajes para hacer uso correcto del programa aparecen cuando se está utilizando éste y son confusos los pasos a seguir para continuar con determinado cálculo e informar al usuario que debe realizar alguna operación específica para poder continuar usando el programa.

En la siguiente figura aparece un mensaje para hacer uso correcto del programa informando al usuario la secuencia que debe seguir.

Figura No. 5. Un mensaje de advertencia.



BIBLIOGRAFÍA

- 1.- CHILTON COMPANY, "HANDBOOK BUTANE - PROPANE GASES"
CHILTON COMPANY, LOS ANGELES, 1962.
- 2.- CRANE, "FLUJO DE FLUIDOS EN VALVULAS , ACCESORIOS Y TUBERIAS"
MC GRAW-HILL, MÉXICO, D.F. 1989
- 3.- BLUMENKRON FERNANDO F.* MANEJO Y USO DEL GAS L.P. Y
NATURAL",MANTENIMIENTO Y EQUIPOS KRON., MÉXICO, D.F., 1992
- 4.- LEMOFF THEODORE C. "LIQUID PETROLEUM GASES HANDBOOK"
NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, MASSACHUSETTS, 2a. Ed. 1989
- 5.-LUDWING ERNEST E. APPLIED PROCESS DESIGN FOR CHEMICAL
AND PETROQUIMICAL PLANTS, GULF PUB. VOL 1., 2a. Ed. HOUSTON , 1986
- 6.- PERRY Y CHILTON, CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK
MC GRAW-HILL , 2a. Ed. MEXICO, D.F., 1973
- 7.-S. REGO COMPANY "L.P. GAS SERVICEMANS CORPORATION"
LIBRO TECNICO, MEXICO 1988.
- 8.- CORKEN INTERNATIONAL CO. BULLETIN VE10J
SERIE TECNICA No. 21 MEXICO 1987
- 9.-HELBERT SHILDT, "TURBO C/C++ MANUAL DE REFERENCIA."
MC. GRAW-HILL INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A. MADRID, 1990
- 10.- ATKINSON AND ATKINSON "USING BORLAND C++ "
QUE CORPORATION, INDIANAPOLIS, 1991