



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

“ANTEPROYECTO PARA PLANTA  
ALMACENADORA DE GAS L. P. DE  
GRAN CAPACIDAD PARA EL SER-  
VICIO DE AUTOTANQUES”.

243

T E S I S

Que para obtener el título de  
INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a n

ROSENDO JIMENEZ GOMEZ

EDGAR ARTURO MARTINEZ RUBALCABA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

CLAS. TESIS 1976  
ABO. N. E. 248  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC. \_\_\_\_\_  
? \_\_\_\_\_



0011010A

PRESIDENTE: PROF. EDUARDO ROJO Y DE REGIL

VOCAL: PROF. JOSE LUIS PADILLA DE ALBA

SECRETARIO: PROF. EMILIO BARRAGAN HERNANDEZ

1er. SUPLENTE PROF: MARIO RAMIREZ Y CTERO

2do. SUPLENTE PROF: ALFONSO FRANYUTTI ALTAMIRANO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: MEXICO D.F.

SUSTENTANTE: JIMENEZ GOMEZ ROSENDO

MARTINEZ RUBALCABA EDGAR ARTURO

ASESOR DEL TEMA: I.Q. JOSE LUIS PADILLA DE ALBA

Con cariño y gratitud a mis  
padres que con su amor y -  
apoyo siempre me alentaron.

*Rosendo.*

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I .....	8
CAPITULO II .....	18
CAPITULO III .....	36
CAPITULO IV .....	50
CAPITULO V .....	66

## I N T R O D U C C I O N

El hombre a través de su desarrollo ha buscado facilitar su vida cotidiana, uno de los factores que ha sido determinante en los avances logrados por él es la utilización de la energía calorífica. En el transcurso del tiempo se ha preocupado no sólo por la obtención de calor, sino por descubrir materiales que lo proporcionen con un mínimo de productos como humos, cenizas y olores desagradables, su deseo de eliminar las molestias ha hecho que los materiales empleados hayan ido cambiando con el tiempo, así sucesivamente se han empleado madera, carbón y productos del petróleo.

El petróleo ha dado origen a diversos combustibles en diferentes estados físicos: sólidos como el carbón de coque, líquidos como la gasolina y gases como el etano y propano. Cada uno de estos estados encuentra usos específicos, pero se han encontrado técnicas que permiten cambios de estado, propiciando así diversidad de empleos para cada uno de ellos.

Aun cuando existen otras formas de obtención de energía calorífica (solar y nuclear), la generalización de su uso tardara aun bastante tiempo debido a dificultades técnicas. Por ello para la obtención de calor la combustión seguirá siendo la más común de las formas empleadas.

Uno de los combustibles derivados del petróleo es el conocido como "gas licuado de petróleo" que actualmente tiene una gran demanda en los diversos sectores tanto doméstico, comercial como industrial; el gas licuado de petróleo está considerado como el combustible ideal por su facilidad de transporte, de uso, manejo seguro y características físicas y químicas especiales para este empleo.

El gas L.P. es único entre los combustibles comúnmente usados, porque a presión y temperatura moderadas, puede ser transportado y almacenado en forma lí-

quida, razón por la cual recibe el nombre de "gas licuado de petróleo", comercialmente conocido como "Gas L.P."

Al decir "Gas L.P." nos referimos al combustible derivado del petróleo en el cual predominan en su composición química los hidrocarburos n- propano, butanos - y/o mezclas de ellos, teniendo como impurezas principales propileno y butilenos.

En México, se utiliza como combustible y - en excepcionales ocasiones como materia prima, en las cuales se trata de aprovechar su contenido de propano.

En las refinerías la obtención de gases licuados de petróleo, por destilación fraccionada es incidental a la producción de gasolina, originalmente se obtenían en las plantas de absorción de gasolina natural; sin embargo, aunque todavía se obtienen grandes cantidades en esas condiciones, las refinerías vienen produciendo cada vez mayores cantidades mediante la instalación de los equipos especiales requeridos.

El gas licuado obtenido en plantas de absorción de gasolina natural consiste en forma predominante de propano, isobutano y butano normal, el obtenido en procesos de separación fraccionada contiene propileno y butileno; podrán estar presentes en ambos casos y en proporción reducida el etileno, etano, isopentano y n-pentano.

El gas L.P. tiene actualmente una gran demanda, previendo en el futuro un constante aumento de esta situación que ha obligado a Petróleos Mexicanos a incrementar la producción como se muestra a continuación.

Producción en barriles (U.S.) de gas licuado de petróleo.

1968.....	11,079,027	1969.....	12,002,034
1970.....	13,213,603	1971.....	13,645,788
1972.....	14,728,524	1974.....	18,438,656
	1975.....		18,819,479

Datos de "Memorias de Labores" de PeMex. (Petróleos Mexicanos).

En nuestro país, particularmente hablando de la zona metropolitana del Distrito Federal y zonas aledañas, hace como 40 años que se empezó a utilizar el Gas L.P. como combustible sustituto del petróleo diáfano, la leña y el carbón, y como es natural su almacenamiento tanto como su distribución y envase se hicieron en forma rudimentaria, debido a que en ese tiempo se carecía de los materiales y accesorios adecuados, así como del personal con los conocimientos técnicos necesarios en las empresas distribuidoras.

Aún cuando en esa época los distribuidores del combustible en el D.F. y zonas aledañas eran un número muy reducido, cada uno buscaba la forma de conservar la cliente la que iba adquiriendo, para lo cual ideaba artefactos exclusivos ó recipientes de capacidades diferentes a las de los demás; dichas capacidades variaban desde los 4 kg hasta los de 50 kg, teniendo como capacidades intermedias las de 5, 10, 15, 20 y 30 kilogramos netos.

En 1945 aproximadamente, era ya tanta la aceptación de este producto y la rapidez con que estaba entrando al mercado, que empezaban a resultar insuficientes los sistemas distribuidores de las empresas y sus vehículos transportadores para satisfacer las necesidades de los usuarios con la frecuencia que lo requerían, de manera, que los distribuidores empezaron a pugnar por eliminar algunos recipientes cuyas capacidades resultaban ya obsoletas en la práctica, debido a que para satisfacer un consumo dado resultado del uso continuo de los aparatos, la frecuencia de reemplazo de los recipientes resultaba sumamente incómoda para el usuario y costosa para el distribuidor, además por su frecuente manejo la resistencia del material de los recipientes se iba debilitando creando un riesgo constante y habiendo sido causa de algunos accidentes por fugas en los mismos recipientes y/o en sus accesorios.

Al mismo tiempo las autoridades gubernamentales comenzaron a elaborar las bases para una reglamentación de

la distribución, uso y manejo del Gas L.P., ya que dada la peligrosidad del producto debido a su mal manejo, equipo -- inadecuado e instalaciones efectuadas sin ningún margen de seguridad estaba siendo causa de continuos accidentes. El reglamento referido(1) se empezó a aplicar aceleradamente -- para terminar con la anarquía imperante, exigiéndose una -- uniformidad en los sistemas de servicio de los distribuidores, tanto en los aspectos de capacitación técnica al personal como en el almacenamiento del combustible.

Se estableció que los recipientes a presión que consumiría el público tendrían una capacidad estandar de 20, 30 y 45 kg netos; estas capacidades se establecieron con el objeto de aumentar el tiempo de consumo del combustible que proporcionan, reduciéndose así la frecuencia de cambio de los recipientes, con lo que se disminuyen a la vez molestias a los usuarios y los riesgos ya mencionados por manejo continuo de los recipientes, unificando también los criterios al disponerse de capacidades tipo generales para lograr los objetivos antes mencionados.

Debido a las necesidades de consumo se empezó a diversificar el tipo de recipientes que contenían al combustible y actualmente podemos encontrar dos tipos de estos a saber:

a) Portátiles o intercambiables.

Son aquellos recipientes que por su tamaño y peso pueden ser transportados desde la planta de almacenamiento hasta el domicilio del usuario, cambiándose los llenos por los vacíos, cobrándose el importe de su contenido en razón de su peso en kilogramos netos.

b) Estacionarios o fijos.

Se entiende por tanque estacionario al recipiente que por su tamaño y peso no puede ser transportado a la planta almacenadora para su abastecimiento, debiendo realizarse este en el sitio de ubicación permanente del tanque.

en el domicilio del usuario, cobrandose el -  
importe de la operación en razón del volúmen-  
(litros) de Gas L.P. líquido surtido.

Este último tipo de recipiente se empezó a cons-  
truir inicialmente para cubrir las necesidades de abasteci-  
miento de las industrias, ya que por sus grandes volúmenes-  
de consumo era apto para sustituir al inoperante e incostea-  
ble manejo de cilindros intercambiables. Subsecuentemente-  
se extendió su empleo a comercios y hogares debido a las -  
mismas ventajas.

En la actualidad es tanta la aceptación por el -  
público de este tipo de recipientes para los nuevos servi-  
cios, así como para sustituir a los cilindros intercambia-  
bles actualmente en uso que se espera que en un futuro no -  
muy lejano estos serán casi totalmente desplazados.

Es interesante hacer notar que en el Distrito -  
Federal y Zona Metropolitana se han consumido los siguien-  
tes valores mensuales promedio de Gas L.P. líquido:

<u>A Ñ O</u>	<u>PROMEDIO MENSUAL EN TONELADAS</u>
1968	42,900
1969	46,600
1970	51,000
1971	45,500
1972	67,600
1973	67,900
1974	65,900
1975	64,400 (+)

(+) Dato promedio hasta el mes de Julio de ese año.

Fuente: Asociación Nacional de Distribuidores de Gas.A.C.

En el mes de Septiembre de 1975, se realizó el -  
primer estudio de la forma en que se encuentra dividido el -  
reparto del Gas L.P., los resultados de este son los siguien-  
tes (en forma aproximada):

37,000 toneladas de líquido/mes en tanques  
portátiles  
32,000 toneladas de líquido/mes en tanques  
estacionarios

Es decir casi el 50% (porcentaje en peso) del suministro se hace en la actualidad por medio de autotanques para surtir a tanques estacionarios, y el porcentaje restante se hace por vehículos de carga comunes.

De estos sistemas de reparto se ha observado que el reparto de cilindros portátiles es menos ventajoso que el realizado por autotanques, siendo éstos vehículos automotores que constan de un recipiente a presión de gran capacidad con equipo y accesorios adecuados para surtir tanques estacionarios. A estos transportes se les conoce como "PI-PAS" en el ambiente de esta industria.

Así el servicio de abastecimiento por autotanques transporta y reparte una gran cantidad de combustible con un alto índice de eficiencia y seguridad, siendo lo más importante el hecho de hacerlo con número reducido de vehículos. En el aspecto de seguridad es importante hacer notar que también en el aspecto técnico de los servicios existe una gran diferencia, ya que en el reparto de intercambiables la preparación técnica y cultural del obrero es mínima debido al tipo de trabajo que desempeña y que es únicamente esfuerzo físico, en contraste con el personal de reparto por autotanques donde es seleccionado señalándosele un mínimo de estudios y capacidad que le permita asimilar los cursos y conferencias que se le imparten antes de dar servicio, lo que proporciona un mayor margen de seguridad, reduciéndose al mínimo los accidentes en el manejo del Gas L.P. por falta de preparación del personal responsable de este.

Se observa que actualmente el suministro de Gas L.P. y zona metropolitana se hace por 30 compañías en forma anárquica, ya que la falta de planeación y asignación de zonas de reparto hace que estas compañías distribuyan todas al mismo tiempo en todas y cada una de las colonias, además -

tomando en cuenta la inadecuada localización y distribución de las plantas almacenadoras, que casi en su totalidad están ubicadas al norte de la ciudad, así como la escasa capacidad por planta en relación con la fuerte demanda (2300 toneladas/día aproximadamente) tanto como su gran número, hace notoria la necesidad de coordinar y optimizar al sistema que actualmente opera.

La solución que se propone es la instalación de un número reducido de modernas plantas almacenadoras de gran capacidad a las cuales denominaremos MACROPLANTAS, y en razón de la tendencia de uso respecto a los recipientes atenderán únicamente la operación de vehículos autotancques; por supuesto estas plantas estarán localizadas y distribuidas de forma adecuada y funcional a las necesidades de la demanda real existente. En la solución propuesta no se excluye la presencia de plantas de almacenamiento para el servicio de recipientes portátiles, pero estas existirán en número reducido.

La creación de un sistema de esta índole requiere la asignación de zonas de reparto para cada macroplanta; esto permitirá que se efectúe el reparto del Gas L.P. con mayor eficiencia, seguridad y economía, ya que una vez zonificado el reparto la planeación y asignación de los sectores correspondientes a las macroplantas reducirá al mínimo el número de vehículos transportadores del combustible y el público, se verá así beneficiado en servicio y seguridad; y las empresas por el manejo y distribución más económicos.

## C A P I T U L O I

## PROPIEDADES DEL GAS L. P.

Las propiedades del Gas L.P. están comprendidas como mezcla que es entre las de sus componentes puros, es decir su comportamiento es variado dependiendo de su composición. Las principales propiedades del propano y butano se muestran a continuación (+):

	n-propano	n-butano
Fórmula Molecular	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$
Peso Molecular	44.084	58.120
Temperatura de Ebullición (760 - mm Hg)	-42.1 °C	-0.5 °C
peso específico 60/60	0.507	0.584
grados API	147.2	110.6
kg/1 (65 °C)	0.505	0.582
Densidad del Vapor (760 mm Hg, 15 °C) aire = 1		
kg/1	1.87	2.46

(+) "Gas Machinery" Gulf Publishing Co. (1974) y "Manual de Instalaciones para Gas L.P. y Natural" de Fernando F. Blumenkron, Mex.D.F. (1976)

	n-propano	n-butano
LIMITES EXPLOSI VOS (% gas en el aire) Inferior -	2.37	1.86
Superior	9.50	8.44
m <sup>3</sup> de aire para- quemar 1 m <sup>3</sup> de gas	23.82	30.97
presión de vapor ( 0 °C) kg/cm <sup>2</sup>	3.79	0
Calor latente de Evaporación, kcal/kg	103	92

También podemos señalar que el propano y el butano cuando se extraen de un recipiente que los contenga se vaporizan, transformándose de líquidos a gases en una Relación de Expansión de Líquido a Vapor a razón de 269 por uno en el propano y 234 por uno en el butano (cuando las condiciones son: 760 mm de Hg y 15 °C; por ejemplo: Un litro de propano líquido en 9.5% y 90.5% de aire se convierten en 273 litros de vapor y estos forman 11,870 litros de mezcla inflamable.

Es esta serie de propiedades lo que permite reducir de modo significativo el volumen de este combustible al pasarlo del estado gaseoso al estado líquido como lo demuestran las siguientes relaciones, habiéndose tomado para ello una muestra de propano puro para ejemplificar los cálculos.

La figura 1.1 muestra las condiciones que existen en el interior de un recipiente que contiene propano y el cual no se encuentra lleno a su máxima capacidad.

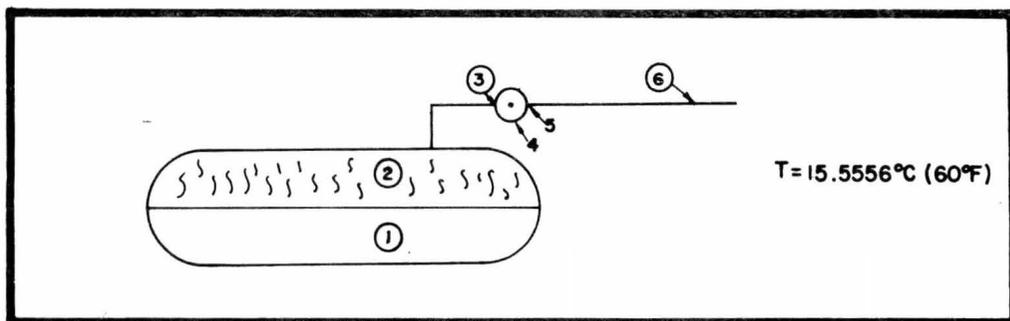


Fig. 1.1

## CONDICIONES DE EVAPORACION DEL GAS L. P.

SISTEMA TANQUE - REGULADOR - TUBERIA

En el punto (1) se encuentra el propano como líquido saturado el cual está en equilibrio con su vapor que llena el espacio marcado con el punto (2) y que también es saturado.

El punto (4) señala un dispositivo mecánico que nos va a permitir regular la presión y el gasto de vapor de propano que pasa del punto (3) al (5); esquemáticamente esto estaría representado en la figura 1.2.

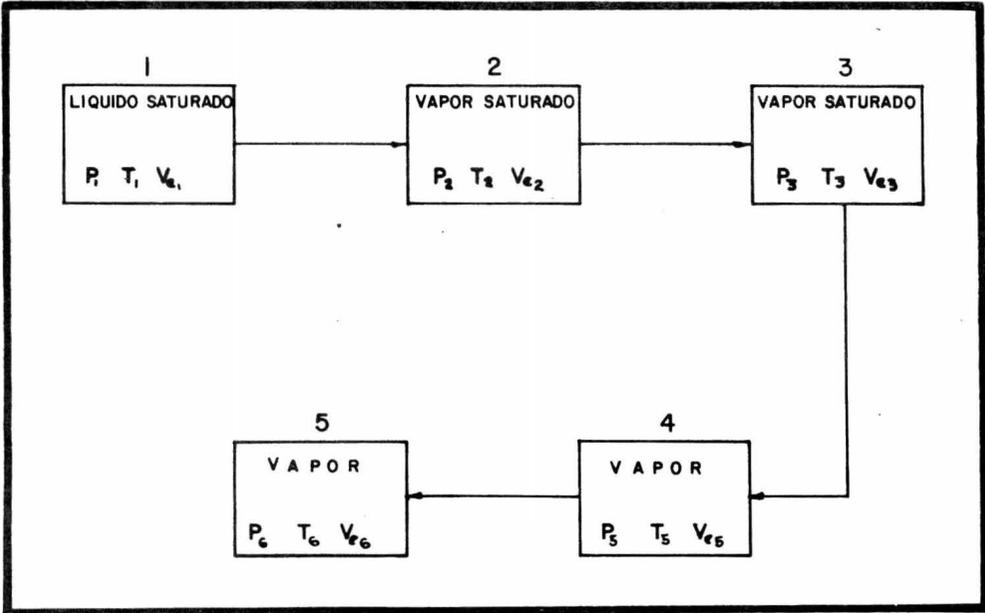


Fig. 1.2

## DIAGRAMA DE BLOQUES

Donde:  $P_{(n)}$  = Presión en el punto n

$T_{(n)}$  = Temperatura en el punto n

$V_{e(n)}$  = Volumen específico en el punto n.

Siendo, por las condiciones del líquido y del vapor (saturación) en los puntos (1) y (2):

$$P_{(1)} = P_{(2)} \quad \text{y} \quad T_{(1)} = T_{(2)} = T_{(\text{ambiente})}$$

Para el punto (4) y por reglamento (1), - la presión a la salida (punto (5)) deberá ser de 26.36 g/cm<sup>2</sup> para la mayoría de las aplicaciones, - los cuales equivalen en el sistema inglés de unidades (F.P.S.) a 0.37492 psi. Como esta es la -- presión dada por el elemento del punto (4) esta -- presión es manométrica.

La expansión en el dispositivo mecánico del punto (4) no es isotérmica (efecto Joule-Thompson) - por lo cual:

$$T_{(3)} \neq T_{(2)} \quad \neq T_{(1)} \quad \neq T_{(5)}$$

y en general:

$$T_{(3)} > T_{(5)}$$

Aún cuando como ha quedado establecido - la expansión en el punto (4) no es isotérmica, -- existe un punto (6) tal que:

$$T_{(6)} = T_{(2)} ; T_{(1)} ; T_{\text{ambiente}}$$

Siendo esta última la máxima temperatura permitida para  $T_{(6)}$  cuando las condiciones de presión permanecen (6) *sensiblemente iguales o sea*  $P_{(5)} = P_{(6)}$ , sin embargo para ellas:

$$V_{e(5)} \neq V_{e(6)}$$

Por último nos es útil recordar que:

$$V_e = 1/\rho$$

Donde  $\rho$  es la densidad de la fase en unidades cuyas dimensiones son  $M L^{-3}$ . Debido a la forma en la cual se reportaron los datos en la literatura consultada los cálculos se harán en el sistema inglés de unidades, realizándose las transformaciones al sistema M.K.S. solamente de los resultados.

Se ha representado la trayectoria descrita anteriormente, así como también se ha marcado el punto final (6) en la figura 1.3, la cual proviene de la misma fuente de referencia que los datos utilizados. El cálculo se ejemplificara para condiciones de presión de una atmosfera y temperatura ambiente promedio de  $15.5556\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $60\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).

## E J E M P L I F I C A C I O N N U M E R I C A

1.- Bajo las condiciones anteriores de una carta de Presión-Entalpía (2) leemos los siguientes datos para el punto (1) (líquido saturado).

$$\text{Presión Absoluta } P_{(1)} = 110 \text{ psia}$$

$$\text{Temperatura } T_{(1)} = 60\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Volumen específico } V_{e(1)} = 0.0315 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

2.- Para las condiciones en el punto (2) (vapor saturado) se tienen los siguientes datos:

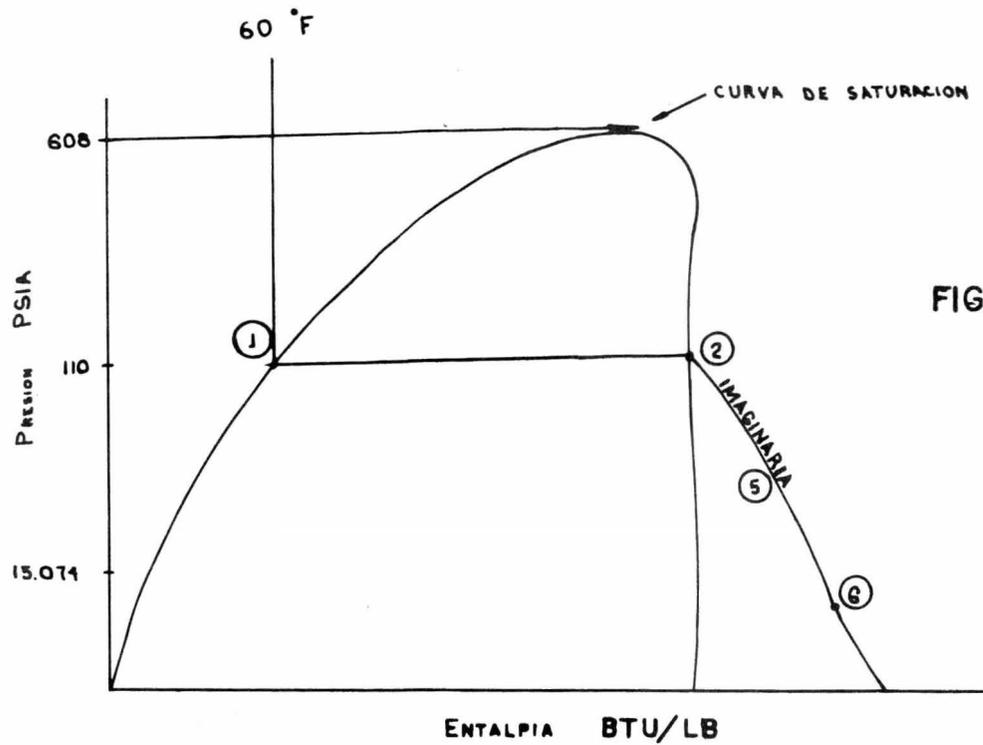


FIG. 1.3

DIAGRAMA ENTALPIA — PRESION

Presión Absoluta  $P_{(2)} = 110$  psia

Temperatura  $T_{(2)} = 60$  °F

Volumen específico  $Ve_{(2)} = 1.00$  ft<sup>3</sup>/lb

3.- Para el líquido en el punto (1):

$$\rho_L = 1/ve_L = 1/0.0315 \text{ (ft}^3\text{/lb)} = 31.74603 \text{ lb/ft}^3$$

Para el vapor en el punto (2):

$$\rho_V = 1/ve_V = 1/1.00 \text{ (ft}^3\text{/lb)} = 1.00 \text{ lb/ft}^3$$

4.- Si tomamos como base de cálculo 1.0-litros de Propano puro líquido a la temperatura citada, el cual equivale a 0.035315 ft<sup>3</sup>, tendremos en él 1.12112 lb. Cuando hayamos vaporizado -- 1.12112 lb de propano líquido se habrán producido esa misma cantidad de pies cúbicos de vapor saturado para el punto (2) dado que:

$$1.12112 \text{ lb} \times 1.0 \text{ ft}^3\text{/lb} = 1.12112 \text{ ft}^3 \text{ (vapor)}$$

5.- En el punto (5) se tienen las siguientes condiciones:

Presión Absoluta = Presión Atmosférica +

Presión reglamentaria.

$$= (14.7 + 0.37942) \text{ psia}$$

$$P_{(5)} = 15.07492 \text{ psia}$$

Temperatura  $T_{(5)} = ?$  (por efecto Joule - Thompson)

Volumen específico  $Ve_{(5)} = ?$  (por desconocer  $T_{(5)}$ )

6.- En el punto (6) se tienen las siguientes condiciones:

Presión absoluta  $P_{(6)} = 15.07492$  psia

Temperatura  $T_{(6)} = 60$  °F

Volumen específico  $Ve_{(6)} = 8.4$  ft<sup>3</sup>/lb

7.- Por lo cual nuestros 1.12112 lb que tenemos en el punto nos producirán:

$$1.12112 \text{ lb} \times 8.4 \text{ ft}^3/\text{lb} = 9.417408 \text{ ft}^3 \text{ (vapor)}$$

Lo cual quiere decir que se producen (bajo las condiciones del cálculo):

9.417408 ft<sup>3</sup> de vapor/litro de líquido

8.- Son estos 9.417408 ft<sup>3</sup> de vapor en el punto (6) los que realmente se van a aprovechar síes que el sistema de la figura 1.1 estuviese conectado a algún aparato consumidor.

Si consideramos que para las condiciones de temperatura que tenemos la diferencia que existe entre 1 dm<sup>3</sup> y un litro es despreciable, tendremos que por cada litro de líquido que vaporicemos se producirán:

$$9.417408 \text{ ft}^3 \text{ (vapor)} \times \frac{28.31702}{1 \text{ ft}^3} \text{ litros} =$$

$$= 266.67293 \text{ litros (vapor)}$$

Lo cual nos conduce a que para obtener  $1 \text{ m}^3$  (1000 litros) de vapor en el punto (6) deberemos vaporizar solamente 3.74991 litros de líquido en el punto (1).

Esto nos muestra que el cambio de estado permite su fácil almacenamiento, transporte y suministro y a recipientes a presión construidos especialmente para este objeto, dado que aún cuando su empleo es en el estado gaseoso, debido a esta reducción de volúmen se puede manejar grandes cantidades de vapor moviendo volúmenes mucho menores de líquido.

## C A P I T U L O     I I

## ESTRUCTURA Y OPERACIONES DE UNA PLANTA DE ALMACENAMIENTO.

En el aspecto del almacenamiento del combustible lo que caracteriza a la industria del Gas L.P. Este almacenamiento tiene lugar en instalaciones específicas y características que actúan únicamente como intermediarios inmediatos entre las zonas de producción y el público consumidor; es decir, este tipo de compañías no se dedica en México a la producción del Gas L.P. sino únicamente a su envasado y distribución.

Dado que el sistema de distribución del Gas L.P., como cualquier otra actividad de la iniciativa privada que afecta al interés y seguridad públicas, se encuentra regido por las disposiciones de la dependencia gubernamental correspondiente, en este caso la Secretaría de Industria y Comercio; esta ha proporcionado la definición de lo que se debe extender por "Planta de Almacenamiento", siendo la vigente la expedida por el C. Presidente Adolfo López Mateos el 29 de febrero de 1960 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de Marzo del mismo año, consignada en el artículo sexto, inciso (a) del "Reglamento de la Distribución del Gas L.P.", que al efecto dice:

ART. 6o.- Para los efectos de este reglamento se entenderá:

- a) Por "Planta de Almacenamiento", un sistema fijo y permanente -- para almacenar Gas L.P., que mediante instalaciones apropiadas haga el trasiego de este utilizando recipientes adecuados.

Como es evidente este trasiego ó envasado del combustible se efectúa en zonas específicas y apropiadamente delimitadas de la planta, siendo esta la operación más importante - pero no la única que tiene lugar dentro de ella, es a la ubicación de esta zona así como a la de aquellas en las cuales - tienen lugar el resto de las operaciones a lo que aquí nos vamos a referir como la "Estructura de la Planta".

En general todas las plantas de almacenamiento realizan las siguientes operaciones, las cuales se han esquematizado en la figura 2.1 en forma de diagrama de bloques para faci

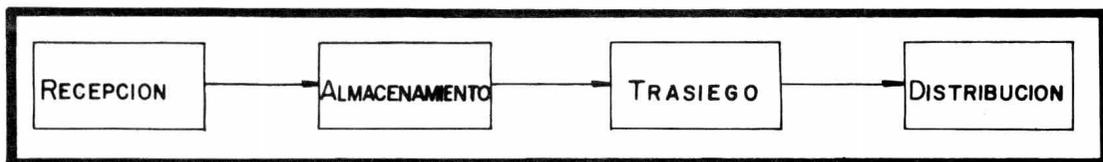


Fig. 2.1

## OPERACIONES EN UNA PLANTA

Como se indicó anteriormente estas operaciones se realizan en zonas específicas y apropiadamente delimitadas de la planta, en general las plantas de almacenamiento cuentan con las siguientes zonas:

- 1.- Zona de Recepción.
- 2.- Zona de Almacenamiento.
- 3.- Zona de Trasiego o Llenado
  - a).- A Recipientes Portátiles.
  - b).- A Autotanques.

- 4.- Zona de Estacionamiento y Maniobras.
- 5.- Zona de Mantenimiento y Talleres.
- 6.- Zona de Administración de Planta.
- 7.- Zona de Servicios Sanitarios.
- 8.- Zona de Control de Residuos.

A continuación se hará una breve descripción de las operaciones y configuración en lo general de estas zonas, así como de los servicios que prestan en relación con la operación total de la planta.

#### 1.- ZONA DE RECEPCION

Es la parte de la planta destinada a la recepción del combustible en estado líquido que es transportado a ellas en carrotanques de ferrocarril (34,000 a 120,000 litros/carrotanques) y autotransportes de gran capacidad (32,000 a 40,000 litros/autotransporte) llamados en el lenguaje común de esta industria "Trailers", estos hacen el transporte del combustible por carretera. Este último tipo de abastecimiento es el preferido en la actualidad, hasta la fecha ha sido causa de menor número de accidentes que el sistema de abastecimiento ferroviario.

Existe en la zona del D.F. y suburbios unicamente una planta que es surtida directamente por gaseoducto, siendo la más moderna con que se cuenta actualmente. Para este caso la zona de recepción estará considerada como el sistema conductor del combustible desde los límites de batería de la planta hasta la zona de almacenamiento.

#### 2.- ZONA DE ALMACENAMIENTO

Es propiamente la zona principal de cualquier planta dado que, como ya se mencionó, este es el aspecto característico de esta actividad. En esta zona se encuentran locali-

zados, generalmente colocados en batería, los re-  
ría los recipientes a presión de gran capacidad, -  
de 25,000 a 250,000 litros de agua (+), que con-  
tienen al combustible líquido.

La capacidad de esta zona varía considerable-  
mente con las plantas (++) , desde 68,130 has-  
ta 2,773,615 litros de agua, tanto en la forma de  
distribución del almacenamiento (desde 1 a 17 re-  
cipientes) como en las diferentes capacidades de-  
los que integran una misma batería.

### 3.- ZONA DE TRASIEGO O LLENADO

Esta es la parte de la planta en la cual  
se realiza el envasado del combustible en los di-  
ferentes tipos de recipientes para su distribu- -  
ción al público. Esta zona puede dividirse en:

- a).- Zona de llenado a recipientes portá-  
les.
- b).- Zona de llenado a Autotanques (pipas)

Debido a las maniobras que se realizan -  
en ambos sitios y por razones de espacio, estas -  
casi nunca se encuentran adyacentes en las plan-  
tas, aún cuando son pocas aquellas en las cuales-  
se aprecia una clara y adecuada separación entre-  
ellas.

La zona de trasiego a recipientes portá-  
tiles consiste en un andén elevado construido de-  
manera reglamentaria, ampliamente ventilado y un-  
sistema de llenaderas automáticas con báscula pa-  
ra la operación.

(+) Ver tabla II

(++) Ver tabla III

La zona de llenado de autotanques o "pipas" (la capacidad promedio de las pipas es de -- 10,000 litros de gas L.P.), por su propia naturaleza ocupa un área mucho mayor que la dedicada a los recipientes portátiles, en general utiliza el mismo equipo que el de la zona de carga-descarga de carrostanque de ferrocarril y trailers.

#### 4.- ZONA DE ESTACIONAMIENTO Y MANIOBRAS

Es muy importante el que esta zona posea una extensión y localización adecuadas, función -- esta última de la ubicación del resto de las zonas principalmente de las de trasiego. Esta zona tiene restricciones marcadas por la Dirección General de Gas de la S.F.C. en cuanto a las distancias mínimas entre las zonas de almacenamiento y trasiego y las de estacionamiento y maniobras.

La zona de estacionamiento propiamente dicha deberá estar delimitada por indicaciones visuales y estar lo suficientemente separada de la parte dedicada a las maniobras para no entorpecer estas.

La zona debe seleccionarse de modo que -- los vehículos guarden entre si una posición tal que puedan ser rápidamente evacuados en una emergencia.

La parte dedicada a maniobras comprende el espacio requerido por los vehículos para poder efectuar sus movimientos de acomodo en los andenes de llenado, así como su fácil acceso tanto como salida durante la operación normal de la planta como en una situación de emergencia y evitar que se ponga en peligro a la seguridad de las instalaciones.

Punto que es muy importante y en la mayo

ría de los casos olvidado es que el sentido de la circulación de los vehículos dentro de la zona de maniobras deberá ser claramente indicado y respetado a fin de poder hacerla fluida y segura.

#### 5.- ZONA DE MANTENIMIENTO Y TALLERES

Esta es una zona optativa para las plantas de almacenamiento deberá estar alejada de las zonas de almacenamiento y trasiego y constituir - en si misma una unidad operativa independiente, - así como también estar aislada de las posibles -- acumulaciones de gas llevadas a esta zona por el viento, dado que en muchos casos existen en ella puntos de ignición.

Se observa frecuentemente que en esta zona no existe un almacén de refacciones lo suficientemente completo para llenar las necesidades de mantenimiento, todo esto producto de la improvisación.

#### 6.- ZONA DE ADMINISTRACION DE PLANTA

Esta zona no tiene ingerencia directa en las funciones operativas de la planta, generalmente se encuentra ubicada cerca de la puerta de entrada y su tamaño es función de las necesidades administrativas de ella.

#### 7.- ZONA DE SERVICIOS SANITARIOS.

Se encuentra localizada generalmente junto a la zona administrativa, su extensión varía - según el tamaño de la planta pudiendo estar constituida en las más pequeñas tan solo por el servicio sanitario, hasta contar con servicio sanita--

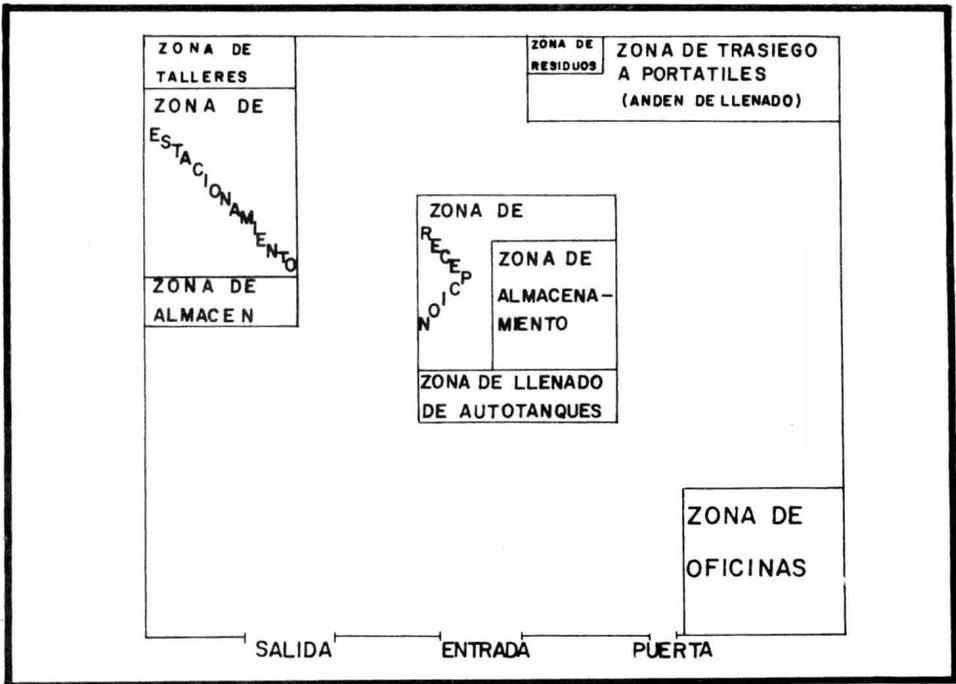
rios separados para el personal obrero y el administrativo, así como en algunos casos regaderas - y vestidores.

8.- ZONA DE CONTROL DE RESIDUOS (TANQUES PORTATILES).

Esta zona se encuentra separada de las - instalaciones principales. Su ubicación depende de las necesidades de espacio de la planta, siendo su tamaño generalmente reducido y su ubicación junto al andén de llenado de recipientes portátiles.

Se conocen como "RESIDUOS" a ciertos hidrocarburos que acompañan al Gas L.P., haciéndose necesaria su remoción de los recipientes portátiles ya que disminuyen la cantidad de líquido contenido en ellos por causar alteración en la tarad del tanque.

Es importante hacer notar que debido a - la reglamentación correspondiente a este renglón- (1) no es posible dar una estructura general de - las plantas, puesto que esta es función de la localización y características del sitio de asentamiento de las instalaciones, solamente a modo de ejemplo se ha representado la estructura de una - planta en la figura 2.2



UNA PLANTA CUALQUIERA

Fig. 2.2

## CAPACIDADES DE TANQUES (RECIPIENTES) A PRESION Y DIMENSIONES

Litros $\times 10^{-3}$	Diámetro metros	Longitud metros	Kg. de Gas <sup>(x)</sup> - al 90%
25	2.05	8.17	12,600
35	2.05	11.22	17,640
40	2.20	11.36	20,328
52	2.20	14.41	26,168
63	2.20	17.45	32,007
76	2.65	14.86	38,304
93	2.65	17.91	46,872
110	2.65	21.00	55,440
158	3.50	17.73	79,632
181	3.50	20.00	91,224
204	3.50	22.45	102,816
227	3.50	24.82	114,408
250	3.50	27.17	126,000

Tomado de "Datos Técnicos"

Tanques de Acero Trinity (TATSA)

(x) Densidad = 0.560 kg/l

## T A B L A      I I I

RAZON SOCIAL	UBICACION	CAPACIDAD EN LITROS DE AGUA	No. DE TANQUES	No. DE - VEHICULOS PORTATIL	No. de AUTOTANQUES
ALMACENADORA DE GAS, S.A.	STA CLARA EDO. DE MEX CALZ. LA LAGUNA No. 9	153,146	2	9	5
CENTRO GAS, S.A.	PROLG. INGS. MILITARES No. 146, MEXICO 16,D.F.	228,734	4	32	8
COMB. LICUADOS Y EQUIPOS,S.A.	KM. 14.5 CARRETERA MEX. LAREDO, STA. CLARA EDO. DE MEX.	533,451	8	35	7
CIA. DE ESTUFAS Y GAS, S.A.	PONIENTE 140 No. 829 IND. VALLEJO MEXICO, D.F.	120,680	2	13	4
CIA. HIDRO GAS COMB. DE MEX, S.A. DE C.V.	AV. JUAREZ S/N SAN PABLO , XALPA, EDO. DE MEX.	517,847	8	9	2
GAS RAPIDO, S.A.	CARR. CIRCUNVALACION 4900 BARRIENTOS TLALNEPLANTLA EDO. DE MEX.	172,930	3	25	4
CIA. MEXICANA DE GAS COMB, S.A.	TALISMAN No. 488 MEXICO 14, D.F.	609,576	12	-	13
CIAS. UNIDAS DE GAS, S.A.	NORTE 35 No. 717 IND. VALLEJO MEXICO 15, D.F.	68,130	1	30	3
GASOMATICO, S.A.	AV. SAN JOSE # 7-BIS SAN JUAN IXHUATEPEC EDO. DE MEX.	1,080,930	16	65	-
DANIEL VELA, S.A.	AV. SAN JOSE No. 33 SAN JUAN IXHUATEPEC EDO. DE MEX.	784,505	11	37	13

RAZON SOCIAL	UBICACION	CAPACIDAD EN LITROS	No. DE TANQUES	No. DE VEHIC. BORT.	No. DE AUTOTANQUES
EQUIPOS Y GAS, S.A. DE C.V.	AV. JUAREZ S/N SAN PABLO XALPA, EDO. DE MEX.	738,719	9	13	15
FLAMA GAS, S.A.	CALZ. LA LAGUNA # 25 STA. CLARA, EDO. DE MEX.	425,313	6	67	9
GARZA GAS, S.A.	PONIENTE 150 # 805 COL. IND. VALLEJO, MEXICO 16, D.F.	767,746	11		26
GAS AMERICA, S.A.	KM. 15.500 CARRETERA MEX. LAREDO, STA. CLARA EDO. DE MEX.	274,000	4	25	13
GAS BUTANO DE MEXICO, S.A.	AV. ING. EDUARDO MOLINA No. 6688, México 14, D.F.	183,968	4	19	6
GAS CHAPULTEPEC, S.A.	SIDERURGIA Y CARLOS B. ZETINA, XALOSTOC, EDO. DE MEXICO	268,174	4	13	5
GAS DE TLALNEPANTLA, S.A.	KM. 25.700 AUTOPISTA MEX. QUERETARO, TEQUESQUINAHUAC EDOL DE MEX.	446,967	4	20	10
GAS LICUADO DE MEXICO, S.A.	PROLONG. AV. SAN ANTONIO # 80, SAN PEDRO DE LOS PINOS Z.P. 18	221,257	4	19	
GAS METROPOLITANO, S.A.	AV. SIDERURGIA Y CARLOS B. ZETINA, XALOSTOC, EDO. DE MEXICO	907,700	8	45	28
GAS MEX, S.A. DE C.V.	AV. ING. EDUARDO MOLINA # 6640, MEXICO, 14 D.F.	218,508	3	30	7

RAZON SOCIAL	UBICACION	CAPACIDAD EN LITROS	No. DE TANQUES	No. DE VEHIC. PARA PORTATIL	No. DE AUTOTANQUES
GAS NAVARTE, S.A.	SIDERURGIA Y CARLOS B. ZETINA, XALOSTOC, EDO. DE MEX.	234,850	3		10
GAS PARA ESTUFAS, S.A.	ORIENTE 171 # 316, MEXICO 14, D.F.	201,383	3		9
GAS PRESTO, S.A.	EMILIANO ZAPATA No. 25 SAN JUAN IXHUATEPEC, EDO. DE MEX.	197,317	3	9	15
GAS SUPREMO, S.A.	KM. 13.500 CARRETERA MEX. LAREDO, XALOSTOC, EDO. DE MEX.	255,070	5	24	10
GAS URIBE, S.A.	RECURSOS PETROLEROS # 9 TLALNEPANTLA, EDO. DE MEX.	453,217	4		22
GAS Y SERVICIO, S.A.	KM. 13.5 CARRETERA MEX. LAREDO STA. CLARA EDO. DE MEX.	350,175	4	23	14
MA. GARCIA VDA. DE LOPEZ	CARLOS B. ZETINA Y SIDERURGIA XALOSTOC, EDO. DE MEX.	197,931	4	30	8
SUPER GAS DE MEXICO, S.A.	AV. CIRCUNVALACION Y SAN NICOLAS, TLALNEPANTLA, EDO. DE MEX.	476,959	7		13
UNIGAS, S.A.	AV. SAN JOSE # 7 SAN JUAN IXHUATEPEC EDO. DE MEX.	2,773,615	17	-	61
CENTRAL DE GAS, S.A.	KM. 43.5 CARRETERA MEX. QUERETARO. TEPOTZOTLAN, EDO. DE MEX.	474,000	3	10	9

## OPERACIONES EN UNA PLANTA DE ALMACENAMIENTO.

Las operaciones que se verifican en una planta de almacenamiento de Gas L.P. son:

- 1.- Recepción.
- 2.- Almacenamiento.
- 3.- Trasiego.
- 4.- Distribución.

Las dos primeras se realizan simultáneamente, la tercera se hace en forma independiente y la cuarta es hecha fuera de la planta. Describiremos las operaciones como:

- 1.- Recepción o vaciado del combustible en estado líquido, bien sea de trailers o de carrostanque de ferrocarril.
- 2.- Almacenamiento temporal.
- 3.- Llenado de recipientes portátiles.
- 4.- Llenado de autotanques o "pipas".

Una descripción general de tales operaciones se ilustra por medio de las siguientes figuras:

### FIGURA 2.3: RECEPCION O VACIADO

La operación se lleva a cabo mediante diferencia de presión entre el recipiente del vehículo transportador y el de la zona de almacenamiento, fluyendo del primero a este último. La tube-

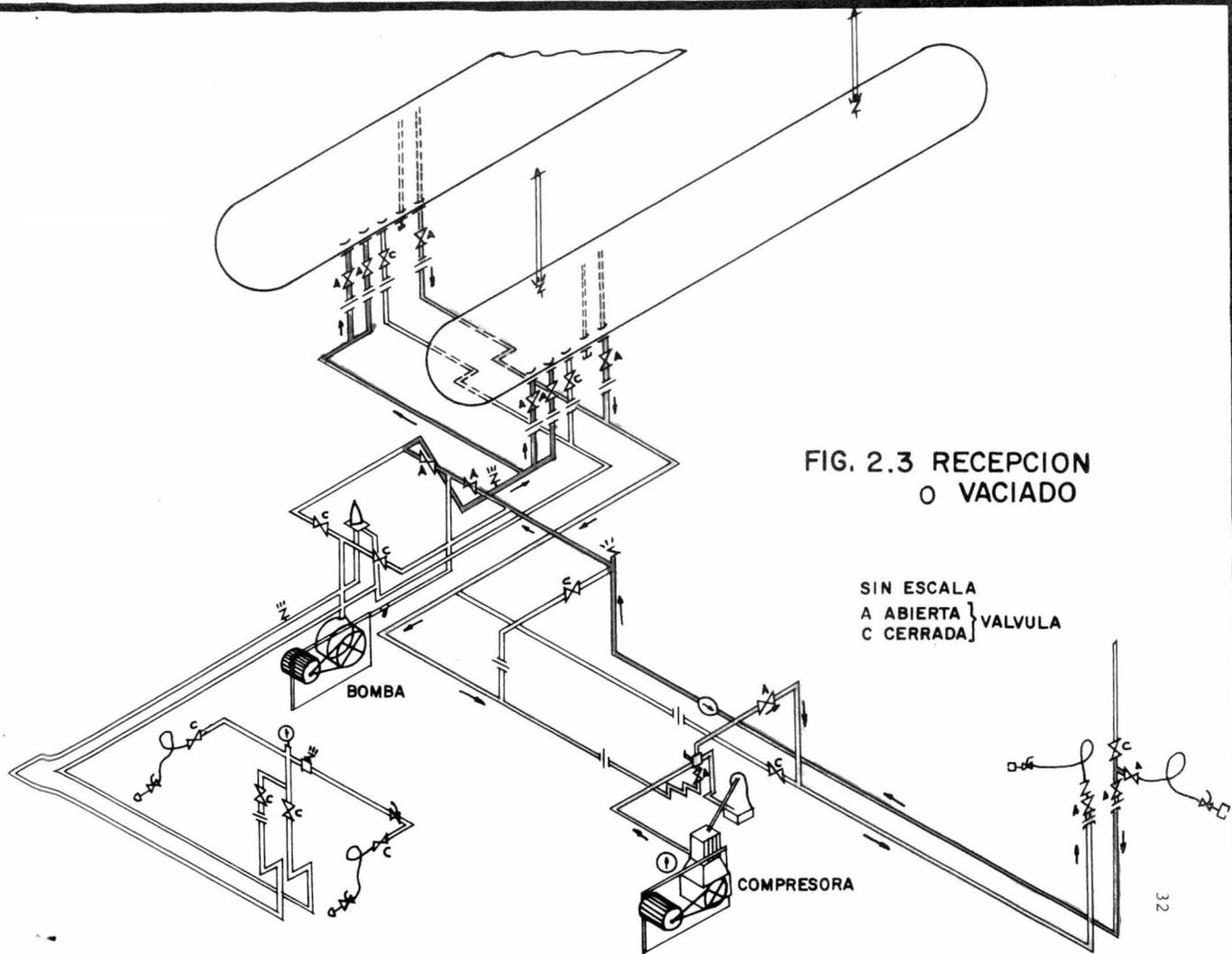


FIG. 2.3 RECEPCION  
O VACIADO

SIN ESCALA  
A ABIERTA } VALVULA  
C CERRADA }

ría de color amarillo es la que conduce al Gas L.-P. en estado de vapor que causa la diferencia de presión (impulsado por la compresora), y la tubería de color rojo conduce al líquido siendo transvasado.

#### FIGURA 2.4.: LLENADO DE RECIPIENTES PORTATILES.

Operación consistente en transvasar el líquido de los tanques de almacenamiento a los recipientes portátiles conectados en las llenaderas del andén, generalmente se realiza utilizando bomba.

El líquido se mueve hacia las llenaderas por la tubería de color rojo, la verde es la tubería de retorno de líquido.

#### FIGURA 2.5: LLENADO DE AUTOTANQUES

Operación que se realiza transvasando el líquido de la zona de almacenamiento a los autotanques empleando bomba o un sistema bomba-compresora simultáneamente (utilizando línea de igualación de presiones en el primer caso) para que la operación sea más rápida. El líquido fluye por la tubería en color rojo y por la verde cuando es el que retorna (by-pass), la de color amarillo es la que conduce el vapor de Gas L.P.

Todas las operaciones anteriores se ilustraron de manera general, utilizando en ellas el equipo que es práctica común en cada caso y tomando el sistema más simple posible que las contuviera a todas.

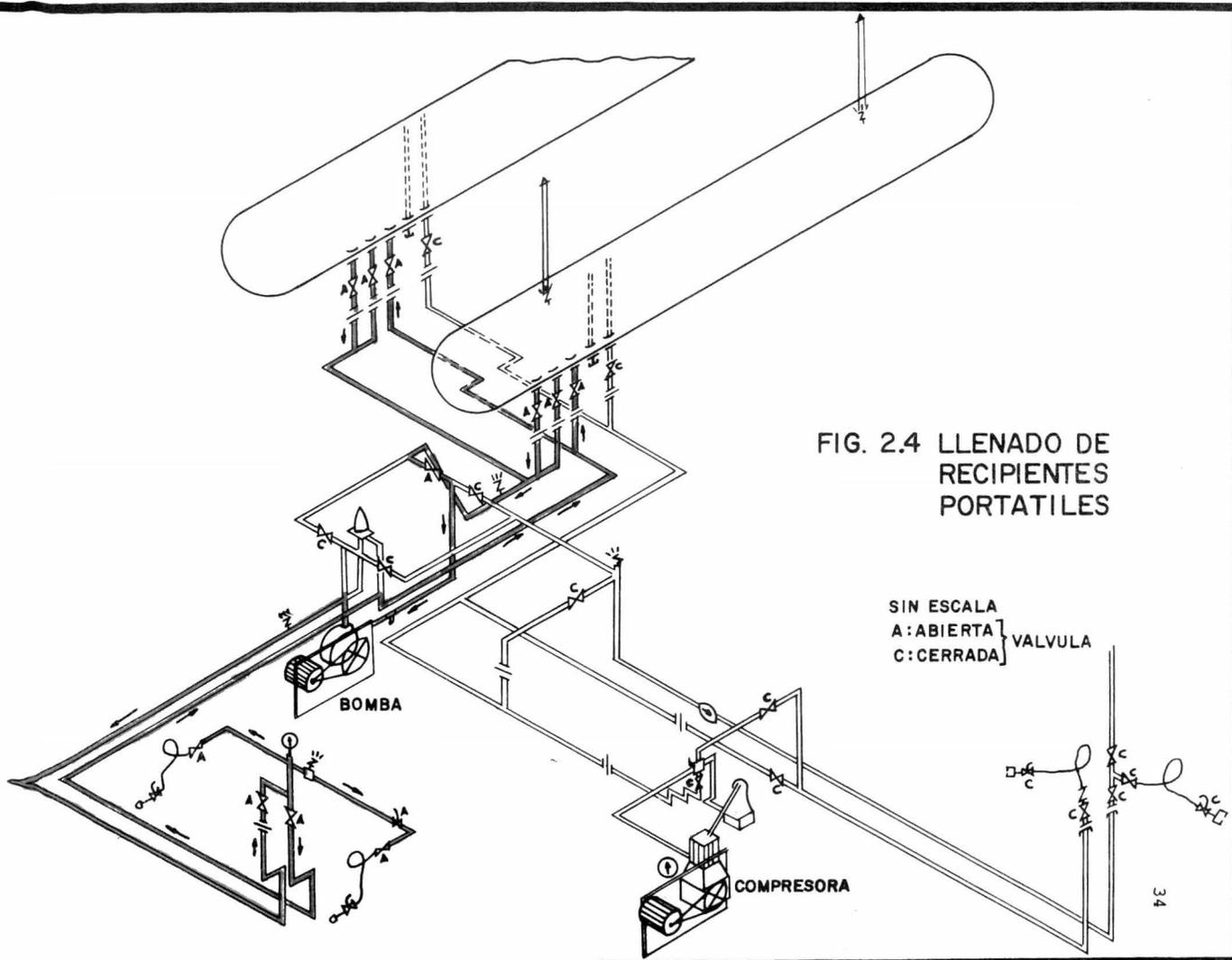


FIG. 2.4 LLENADO DE  
 RECIPIENTES  
 PORTATILES

SIN ESCALA  
 A: ABIERTA } VALVULA  
 C: CERRADA }

BOMBA

COMPRESORA

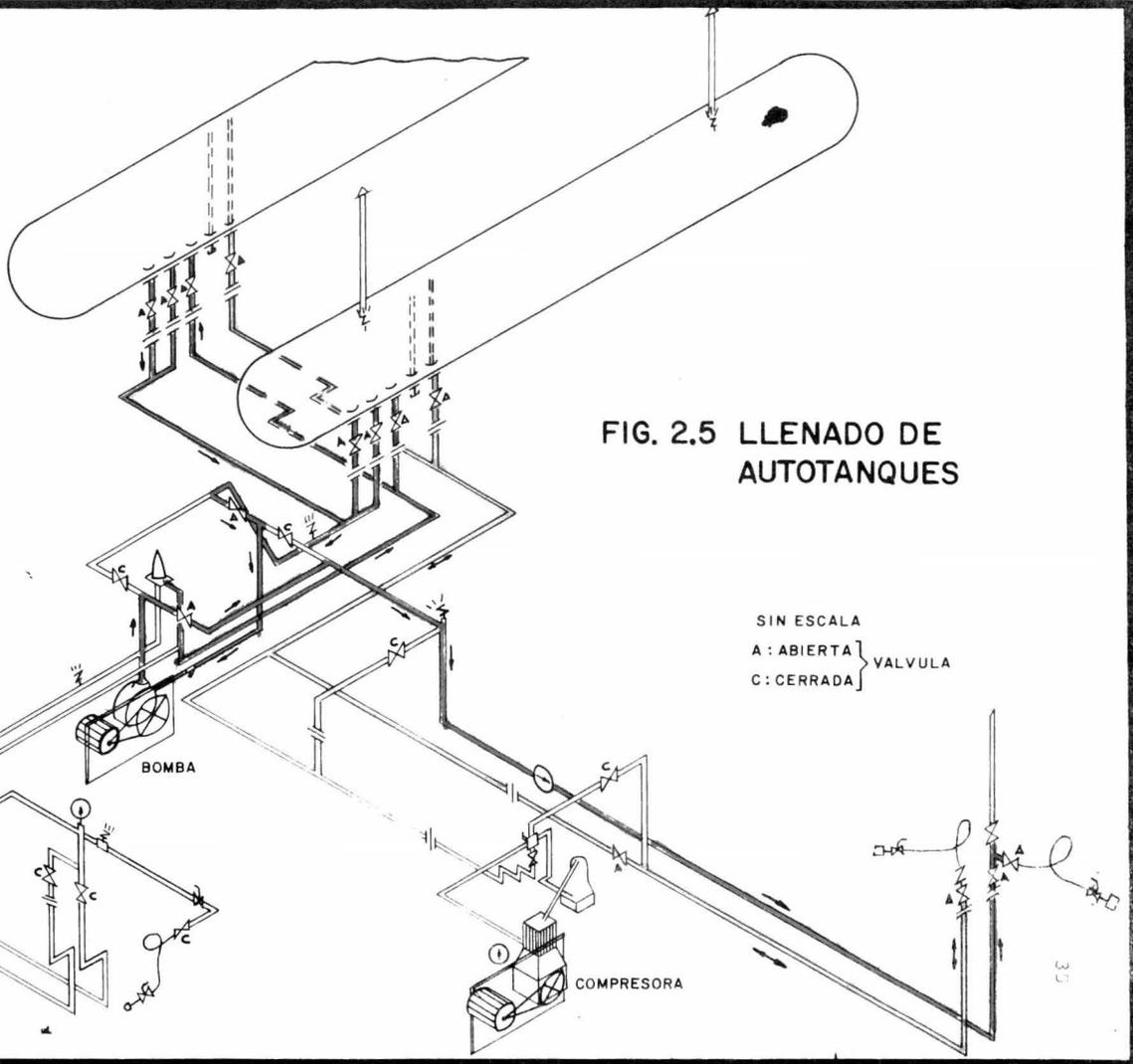


FIG. 2.5 LLENADO DE AUTOTANQUES

SIN ESCALA  
 A : ABIERTA } VALVULA  
 C : CERRADA }

BOMBA

COMPRESORA

## C A P I T U L O     I I I

## QUE ES UNA MACROPLANTA

Una vez que se ha tratado en el capítulo anterior como se encuentran constituidas y operan las plantas almacenamiento en la actualidad, es evidente el encontrar nuevas soluciones a las necesidades que se han creado por las características del aumento de población y el consecuente aumento en la demanda del combustible, dado que el sistema operativo actual de esta industria es el adecuado para núcleos de población más pequeños, -- por ejemplo ciudades de mediana población como Monterrey y Guadalajara, pero para el caso de grandes ciudades como la Ciudad de México con una gran densidad de habitantes se requieren de nuevos métodos tanto de almacenamiento como de distribución.

Dado que la macroplanta cumplirá con las mismas funciones que cualquier otra planta de actualidad, su parámetro distintivo será la capacidad instalada de almacenamiento, así como debido a la misma el hecho de que cada una de las partes y operaciones que la integran constituirá en si misma una unidad operativa independiente en lo que respecta a instalaciones y equipo. La adopción de estas solo será fructífero si se zonifica el reparto respecto al número de consumidores y volumen de -- distribución correspondiente a cada macroplanta lo que dará a esta industria una flexibilidad tal que permitirá la creación de un sistema de distribución coordinado y planificado para surtir con seguridad, rapidez y eficacia a los usuarios del combustible.

A la compañía o consorcio de compañías que opere estas macroplantas les traerá un factor de mayor economía en el manejo y almacenamiento del combustible, puesto que, teniendo el combus

tible un precio de venta fijo establecido por la--  
Secretaría de Industria y Comercio, los otros facto--  
res que podemos manejar para buscar una mejor eco--  
nomía son menor distancia a recorrer por los auto--  
tanques y menor tiempo de entrega del combustible--  
a mayor número de usuarios, lo que se logra por me--  
dio del establecimiento de zonas específicas de --  
distribución y consumo.

Para lograr esto es necesario estable--  
cer el volumen de Gas L.P. que se va a consumir en  
la Ciudad de México y zonas aledañas, así como el  
número de zonas y su respectiva macroplanta.

Debido al aumento en la tendencia del -  
uso de recipientes estacionarios estas macroplantas  
se enfocarán al abastecimiento exclusivo de autotan--  
ques, aún cuando está implícito el que existirán -  
plantas de almacenamiento que se dedicarán a dar -  
servicio a recipientes portátiles los cuales tie--  
nen una gran demanda en el sector popular.

Para obtener el tamaño y volumen de las--  
operaciones de cada unidad se procederá a estable--  
cer el consumo potencial del combustible líquido -  
que se hará durante una determinada unidad de tiem--  
po, lo que nos permitirá cuantificar el volumen a--  
manejar por el sistema de macroplantas.

#### ESTIMACION DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA MACROPLANTA.

Por inexistencia de datos confiables de  
orden oficial sobre el consumo de combustible en -  
la zona metropolitana, de estudios serios y datos--  
sobre la división en portátiles y estacionarios --  
del reparto del Gas L.P. se recurrió a los siguien--  
tes criterios para la determinación de la capaci--  
dad en función del consumo

- 1).- La población se consideró agrupada en unidades consumidoras de 5 personas en promedio.
- 2).- Se consideró como doméstico el consumo de pequeños comercios (restaurantes, tortillerías,.. etc.) y pequeñas industrias (cerámica, secadores, ...etc.).
- 3).- Por medio de consultas a personas de esta industria y a una pequeña muestra de consumidores se consideró que actualmente se presenta un consumo de 45-50 kg/quincena en cada unidad consumidora (80-90 lts, si la densidad es de 0.560 kg/lt).
- 4).- El valor del punto anterior fue establecido en función de considerar que las unidades consumidoras poseen al menos una estufa de cuatro quemadores con horno y un calentador de almacenamiento sencillo.
- 5).- La capacidad instalada actual del sistema de almacenamiento de Gas - L.P. es totalmente distribuida en dos días, esto considerando que las plantas tuviesen completo su almacenamiento, por lo tanto el sistema no cuenta actualmente con reservas.
- 6).- El reparto máximo diario a recipientes estacionarios es aproximadamente igual al realizado por todos los autotanques actualmente en servicio (ver tabla III en el capítulo II).

- 7).- La capacidad promedio de los autotanques es 10,000 litros/unidad, considerando el lleando al 80% de su capacidad total en litros de agua.
- 8).- La tendencia actual es la substitución del sistema de abastecimiento doméstico de recipientes portátiles por el sistema de recipientes estacionarios.
- 9).- Aún cuando se está consciente del potencial de desarrollo de un substituto del combustible en el futuro (energía solar, nuclear,...etc.) se cree que cuando menos durante el período de amortización del sistema este no alcanzará niveles de comercialización tales que lo hagan accesible al público mexicano a corto plazo.

En la tabla III del capítulo II localizamos los siguientes datos:

- a) Número de autotanques en servicio en la actualidad. (353 hasta 1976).
- b) Existencia de 31 plantas de almacenamiento hasta 1976 en el área metropolitana.
- c) Capacidad total instalada de almacenamiento en 1976, 14,336,798 litros de agua.
- d) Total de tanques de almacenamiento instalados - hasta 1976: 171.

Sabemos que los recipientes de las plantas almacenadoras se llena como máximo al 85% de su capacidad total de almacenamiento en litros de agua, de ahí que la capacidad instalada de almacenamiento verdadera del sistema actual es de:

14,336,798 litros x 0.85 = 12,186,278 litros de - Gas L.P.

Esto representa el máximo almacenamiento posible actualmente, situación que estará dada al tenerse llenos a su máxima capacidad a todas las plantas simultaneamente (ver tabla III cap. II).

Por consultas con el personal encargado de las plantas almacenadoras se llegó a la conclusión que en promedio estas se vacían cada dos días, es decir su capacidad instalada de almacenamiento solamente alcanza a cubrir dos días de sus necesidades de reparto si por algún motivo vieses suspendidos sus abastecimientos diarios por PEMEX. Esta situación nos conduce a que el consumo actual diario es:

12,186,278 litros/2 días = 6,093,139 litros/día.

Cantidad que incluye tanto el consumo por recipientes portátiles como por estacionarios. Ahora bien el máximo reparto diario a recipientes estacionarios esta dado por (ver tabla III en el capítulo II):

$$353 \frac{\text{autotanques}}{\text{día}} \times \frac{10,000 \text{ litros}}{\text{autotanque}} = 3,530,000 \text{ l/día}$$

Son estos 3,530,000 litros, el total que sale a ser repartido diariamente, sin embargo en la práctica se ha visto que en promedio los autotanques venden solamente el 80% de su capacidad.

Tomando en cuenta lo anterior se tiene que solamente se reparten 8,000 litros/día por cada autotanque, o sea un total de 2,824,000 litros repartidos diariamente a recipientes estacionarios. Lo cual representa el :

$$\frac{2,824,000}{6,093,139} \times 100 = 46.34\%$$

del reparto total diario.

Este porcentaje representa un reparto --- de 11,296,000 litros, a tanques estacionarios dia-- riamente, como se considera por la experiencia que el almacenamiento ideal instalado deberá ser el su ficiente para cuatro días, se tiene que para lle-- nar actualmente este requisito en el área de servi-- cio a recipientes estacionarios al almacenamiento-- instalado deberá de ser de 11,294,000 litros de -- gas L.P. líquido. La Secretaría de Industria y Co-- mercio en su "Instructivo del Diseño de Instalaci-- nes de Gas", publicado por esta dependencia señala que en la década 1960-1970 el consumo de este com-- bustible aumento en un 225%, por lo tanto podemos-- esperar que para el período 1975-1985 el consumo - conserve esta tendencia duplicandose.

De lo anterior podemos estimar el consumo para 1985 en tanques estacionarios en 5,648,000 li-- tros/día. Este consumo es independiente de las -- consideraciones que fundamentaron el hecho de con-- siderar cuatro días de almacenamiento como capaci-- dad instalada ideal, por lo cual el almacenamiento-- de combustible para servicio a recipientes estacio-- narios será:

$5,648,000 \text{ litros/día} \times 4 \text{ días} = 22,592,000 \text{ litros.}$

Debido a las ventajas que ofrece el servi-- cio de recipientes estacionarios se ha visto una - marcada tendencia por parte de los usuarios a subs-- tituir los recipientes portátiles por los estacio-- narios, estos son los preferidos para los nuevos - sistemas de aprovechamiento que se ponen en servi-- cio, por ello, podemos considerar que para 1985 el porcentaje del consumo por recipientes estaciona-- rios crezca hasta alcanzar el 65% del consumo to-- tal del combustible.

Este porcentaje representa un consumo dia-- rio de 22,592,000 litros de Gas LP. líquido a la fe-- cha indicada, el total antes indicado corresponde--

a una capacidad ideal instalada de almacenamiento de 26,578,823 litros de agua, capacidad que es la necesaria para 1985.

La cantidad anterior es para toda la zona metropolitana del valle de México, de ahí que para establecer la capacidad a manejar por cada macroplanta es necesario establecer el número que de ellas habría. Se escogió para su comparación sistemas formados por 4, 6 y 8 macroplantas, donde cada una de las integrantes del sistema tendrá la misma capacidad de almacenamiento. Para facilitar el diseño, economía y construcción en los sistemas de macroplantas se propone que las unidades sean de tipo modular en las zonas de almacenamiento; es decir que tengan las mismas características de almacenamiento, operaciones y equipo. Para reducir al mínimo el número de tanques necesarios y el área requerida para su instalación -- (área de la zona de almacenamiento) se recurrió a recipientes de gran capacidad, siendo el mayor de ellos el de un cuarto de millón de litros -- (250,000 litros).

Estos recipientes están diseñados para una presión de trabajo de  $14.0 \text{ kg/cm}^2$ , de acuerdo con la norma D.G.N.-X-12-1969 y código ASME sección VII de 1971. El recipiente de 250,000 litros es el de mayor capacidad que se construye en forma comercial bajo pedido, por ello se evitó seleccionar recipientes especiales (esféricos) de mayor capacidad.

Así podemos generalizar respecto a las operaciones y equipos principales que integran la macroplanta, fijándose un turno de llenado de 8 horas, una llenadera para atender a un solo autotanque a la vez y que cada uno de estos se abastezca en media hora (30 min) con un volumen de -- 8,000 litros (ya que los autotanques no se vacían por completo en la realidad,) se requerirá una bomba que maneje 400 litros/minuto, pero la práctica indica que se debe utilizar una con un valor tres

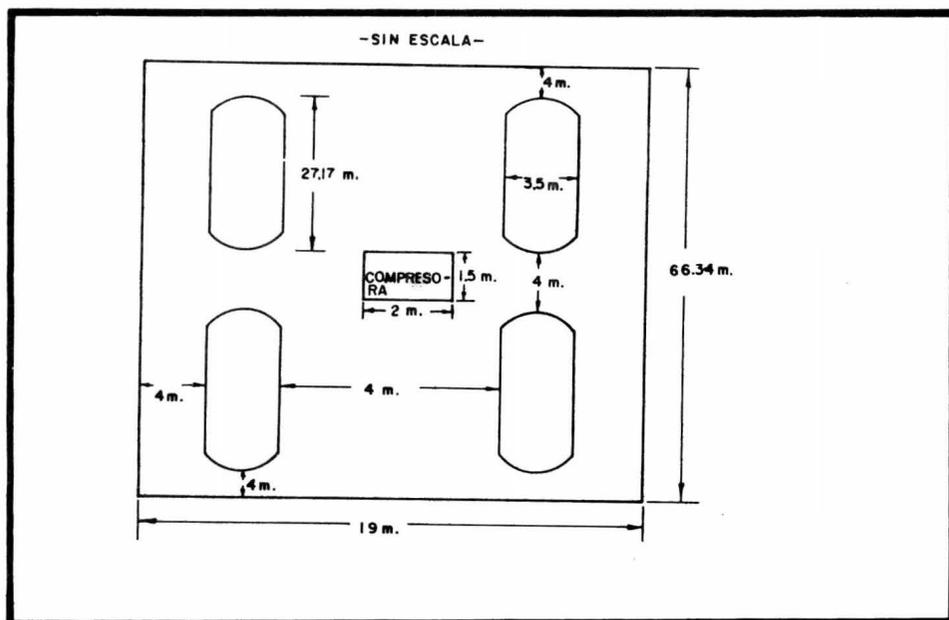
veces superior, es decir 1,200 litros/minuto --  
(300 gpm).

Esto nos conduce a establecer el número de llenaderas que serían necesarias en cada macroplanta de los diferentes sistemas.

La compresora se seleccionó de tipo estándar, acoplada a motor eléctrico a prueba de ex--  
plosión y para atmósfera de vapores inflamables -  
de 5 Hp; al igual que la bomba cuenta con inte--  
rruptor automático de sobrecarga. Este tipo de -  
compresora se encuentra con facilidad en el mercado. Dado que en general no se tiene premura--  
en la descarga de los vehículos abastecedores se--  
le seleccionó para manejar 333 litros/minuto - --  
(88 gpm).

Cualquiera de las variantes de los sistemas propuestos se encontrará constituida por uni--  
dades modulares en la zona de almacenamiento, - -  
siendo estas un conjunto integrado por los reci--  
pientes de gran capacidad independientes en su --  
operación pero interconectados por medio de múltiple, su equipo y accesorios.

Cada unidad modular de la zona de almacenamiento estará básicamente formada por cuatro recipi--  
pientes a presión con capacidad de 250,000 litros de agua cada uno, una bomba y una compresora  
como las descritas anteriormente, tubería y accesorios. Todo el equipo anterior quedará instala--  
do dentro de los límites de la unidad modular de -  
acuerdo con lo conducente señalado en el "Instructivo para la proyección y ejecución de obras e --  
instalaciones relativas a Plantas de Almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo" emitido por la S.Í.  
C. y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de diciembre de 1970.



UNIDAD MODULAR

Un aspecto que frecuentemente se omite o no se le da la debida atención, es de la seguridad. En el presente anteproyecto no es posible definirlo completamente, debido a la gran variedad de sistemas de seguridad aplicables; ya que se tendrían que evaluar cada uno de ellos y luego seleccionar el más adecuado a las necesidades del proyecto conjuntamente con el aspecto económico, lo que por sí mismo es motivo de extenso estudio.

Sin embargo para tener una guía en este aspecto de la seguridad podemos recurrir a las disposiciones en la materia emitidas por la Secretaría de Industria y Comercio (1), (7).

Una vez tomadas en cuenta todas las consideraciones anteriores los límites de batería de la unidad modular de la zona de almacenamiento que darán como se muestra en el siguiente esquema, y se detalla en la Fig. 3.1.

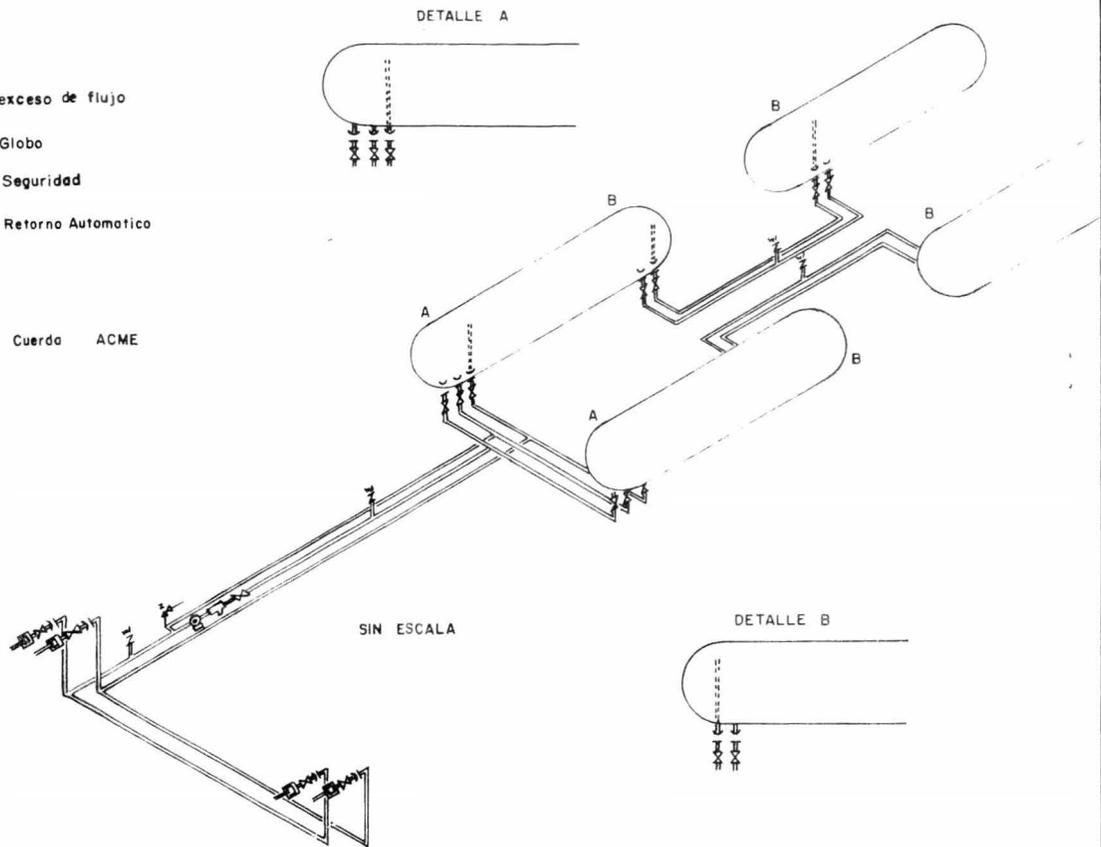
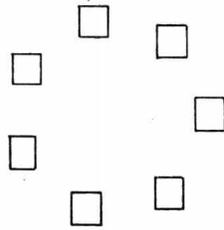


DIAGRAMA ISOMETRICO DE LA UNIDAD MODULAR

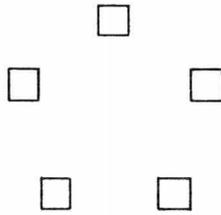
FIGURA 3-1

Los arreglos geométricos mostrados en la fig. 3.2 son los escogidos para las unidades modulares de los diferentes sistemas de macroplantas por ser los que ocupan menor área, sin mermar la funcionalidad de las instalaciones.

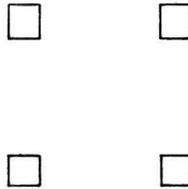
Los puntos anteriormente expuestos se encuentran a continuación resumidos en forma de tabla para las diferentes alternativas de sistemas de macroplantas, todos fueron evaluados tomando como base las necesidades para 1985.



a) SISTEMA 4 MACROPLANTAS



b) SISTEMA 6 MACROPLANTAS



c) SISTEMA 8 MACROPLANTAS

FIG. 3-2

DISTRIBUCION DE UNIDADES MODULARES  
EN ZONA DE ALMACENAMIENTO

Sistema de : Macroplantas	4	6	8
Capacidad de almacenamiento necesaria por planta (litros de agua)	6,644,706	4,449,804	3,284,853
Capacidad de almacenamiento por planta (litros de agua)	6,750,000	4,500,000	3,500,000
Capacidad de almacenamiento total del sistema (litros - de agua).	27,000,000	27,000,000	28,000,000
Número de Tanques por Macro planta (250,000 litros de - agua c/u).	27	18	14
Número de tanques total por sistema de macroplantas.	108	108	112
Reparto diario por planta (litros de Gas L.P. líquido)	1,411,781	941,187	705,890
Número de autotanques por - macroplanta (10,000 litros Gas L.P. líquido).	177	118	89
Número total de autotanques por sistema de macroplantas (10,000 litros Gas L.P. líquido).	708	708	712
Número de llenaderas por -- planta según cada sistema - de macroplantas.	12	8	6

## C A P I T U L O      I V

## EVALUACION ECONOMICA.

Evaluación del capital total de inversión.

Esta será enfocada a un estudio preliminar o anteproyecto para la estimación del Capital Total de Inversión que requerirá la creación del sistema de macroplantas almacenadoras para surtir autotanques que tomarán en la zona metropolitana - del Valle de México.

Sabemos que se requiere una inversión de capital para la creación de cualquier proyecto, - para conocer la magnitud de esta inversión y su posterior aprovechamiento es necesario establecer los elementos que la componen: la Inversión Total consiste de Inversión fija y Capital de Trabajo.

El primero representa el equipo de operación y servicios de la planta, y el segundo es el capital que deberá estar disponible para la obtención de materia prima, refacciones, pago de salarios y en general de todos aquellos gastos que requieren de su inmediata liquidación.

Existen factores que afectan a las inversiones, entre otros podemos citar: préstamos o financiamiento externo, intereses sobre el anterior política fiscal, infraestructura disponible, servicios, disponibilidad de mano de obra, calidad de la misma, etc., por ello se tomarán las siguientes consideraciones para facilitar su evaluación.

- 1).- Todo el capital necesario será propio.
- 2).- No se incluyen por lo tanto intereses sobre préstamos de capital.

- 3).- Cualquier comparación o alternativa de inversión se realizará en base - de los puntos anteriores.
- 4).- No se incluyen las políticas sobre impuestos.
- 5).- Los precios utilizados para la evaluación de la inversión son para el año de 1976 (hasta el 31 de agosto).

Entre los factores que contribuyen a una mala estimación de la magnitud de la inversión de capital la más significativa es debida a omisiones en el establecimiento de las dimensiones y -- cantidad del equipo más que a errores de costos - en los mismos; por ello es necesario establecer - una lista de rubros que requerirán de evaluación.

La estimación del capital de inversión - variará en razón de la información disponible sobre el proyecto a evaluar que va de un simple pre diseño a una detallada estimación a partir de especificaciones y diseños concisos. Entre estos - extremos se pueden hacer estimaciones cuyos grados de precisión dependerán de la etapa de desarrollo del proyecto a evaluar, esas estimaciones - reciben varios nombres y según la American Association of Cost Engineers se han clasificado de - la siguiente forma (+):

1.- Estimación de magnitud.

Se basa en datos previos de costos.-  
Su precisión es de  $\pm 30\%$ .

2.- Estudio de estimación (estimación de factores):

(+) H.C. Bauman "Fundamental of Costo Engineering in the Chemical Industry", Reinhold Publishing Corporation, New York, (1964).

Basado en el conocimiento de la mayoría del equipo de operación a utilizar. Su precisión es de  $\pm 30\%$ .

### 3.- Estimación preliminar.

Basada en datos suficientes para permitir que la estimación sea presupuestable. Su precisión es de  $\pm 20\%$ .

### 4.- Estimación definitiva (Estimación de control del proyecto).

Se basa en la casi completa colección de datos, antes de dibujos y especificaciones del proyecto. Su precisión es de  $\pm 10\%$ .

### 5.- Estimación detallada (Estimación de contratista).

Se basa en el proyecto completamente detallado, con dibujos técnicos y especificaciones. Su precisión es de  $\pm 5\%$ .

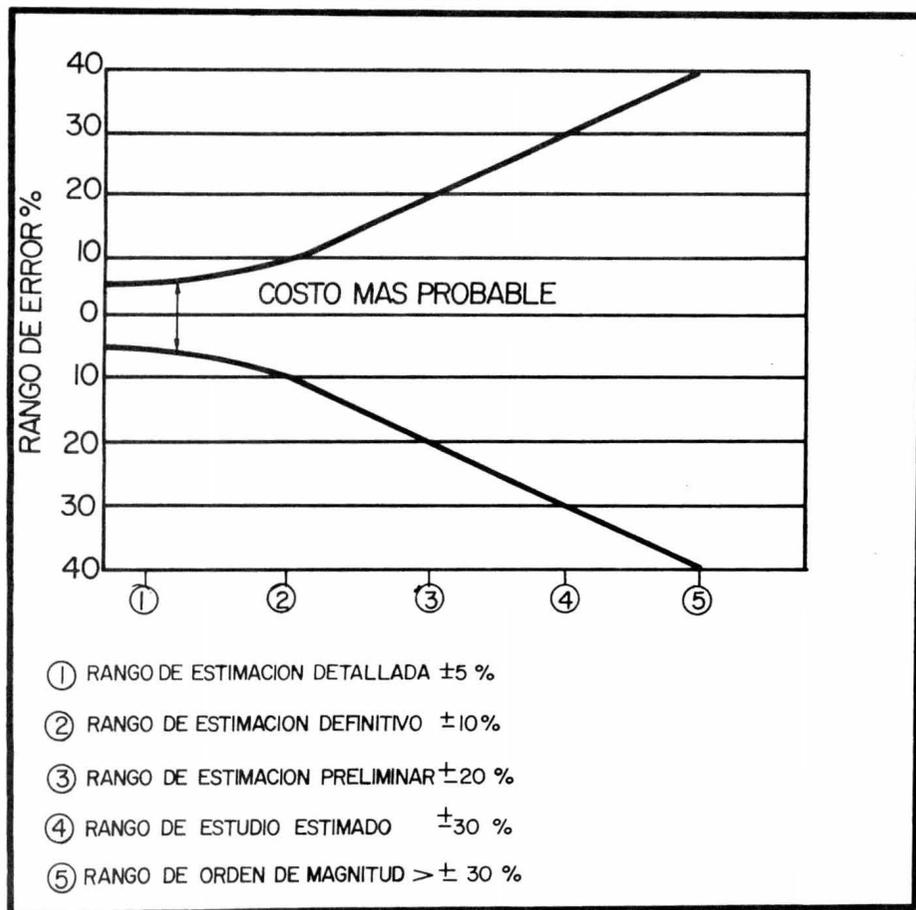
El comportamiento de los puntos anteriores sigue el mostrado en la figura 4.1.

### Inversión fija

La inversión fija representa al capital necesario para la adquisición e instalación del equipo de operación con todos los auxiliares que se necesitan para el completo funcionamiento de la planta e.g. tubería, instrumentación, cimentación, tanques, bombas, compresoras, accesorios, etc.

También se incluye en la inversión fija el capital requerido para la construcción como terrenos, edificios, estacionamientos, protecciones,

FIG 4-1  
ESTIMACIONES



drenajes, etc.; finalmente se pueden considerar - también los gastos generales de construcción que consisten en gastos de ingeniería y supervisión, materiales y mano de obra.

### Capital de Trabajo

El "Capital de Trabajo" se refiere únicamente en nuestro caso al capital necesario para mantener en operación y funcionamiento las instalaciones de la planta. Como ejemplo podemos mencionar la compra del combustible a PEMEX, refacciones, mantenimiento, salarios del personal y los gastos generales de operación.

La variación del capital de trabajo será según la política y necesidades de las compañías y generalmente oscila entre el 10 al 20 por ciento del total de inversión (++)). En nuestro caso consideraremos el 20% para una mayor seguridad en la evaluación ya que el combustible continuamente se recibirá y despachará a los lugares de consumo no manteniéndose almacenado por largos periodos de tiempo (máximo cuatro días).

Por ello según la ecuación del capital total de inversión:

Capital Total = Inversión fija + Capital de Trabajo de Inversión

bajo Ec. (1)

(++) Recomendado por "Plant Design & Economics for Chemical Engineers" de Peter and Timmerhaus, McGraw Hill (1968).

Quedará designando a la inversi3n total-  
por  $I_t$

$$I_t = 0.8 I_t + 0.2 l_t$$

donde  $0.8 I_t$  = Inversi3n fija

$0.2 I_t$  = Capital de trabajo.

Lo que indica que una vez establecida la inversi3n fija, estimaremos con facilidad el capital total de inversi3n. Para ello es necesario establecer los factores que forman la inversi3n fija, luego se procederá a su estimaci3n por cada sistema propuesto de macroplantas.

Generalmente se consideran los siguientes factores:

a) Equipo e instalaciones

1.- Compra de equipo.

Equipo indicado por la operaci3n-- como bombas, tanques de almacenamiento, compresoras, etc.

2.- Instalaci3n del equipo.

3.- Instrumentacion.

4.- Tubería y accesorios.

5.- Equipo eléctrico y materiales afines.

6.- Edificios y construcciones.

7.- Urbanización del área de la planta..

Tal como aceras, protecciones, estacionamientos, etc.

8.- Servicios.

Se refieren a agua municipal y servicios sanitarios, equipo de seguridad y prevención de incendios, equipo de oficina y muebles, equipo médico, -- pintura y avisos, teléfonos, energía eléctrica, etc.

9.- Terrenos.

Implica costos de propiedad e infraestructura.

B) Proyectos y supervisión.

1.- Ingeniería y Supervisión.

2.- Gastos de construcción.  
(incluyen licencias e impuestos.

3.- Pagos a contratistas.

4.- Contingencias.

Los factores anteriores se enfocarán para el proyecto de las macroplantas de la siguiente forma:

A) Equipo e instalaciones.

1.- Compra de equipo.

Incluye instalación y accesorios.

- 2.- Tubería y accesorios.
- 3.- Equipo eléctrico y materiales afines.
- 4.- Edificios y construcciones.  
Incluye sus servicios.
- 5.- Urbanización y servicios.

B) Proyectos y supervisión

Estos factores varían por causas de oferta-demanda, políticas económicas del gobierno y de las empresas; por ello se toma un valor adicional del 25% sobre la inversión fija para estimar este renglón. (++)

Aplicando la ecuación (1) y la recomendación anterior que se puede representar como ecuación (2):

$$0.75 I_f + 0.25 I_f = I_f$$

donde  $0.75 I_f =$  Equipo e instalaciones

$0.25 I_f =$  Proyectos y supervisión

Así podremos obtener el valor de la inversión total para cada sistema de macroplantas.

Independientemente de cual sea el sistema de macroplantas que estamos evaluando, los costos de equipo, tubería y accesorios de cada unidad modular de la zona de almacenamiento serán los mismos.

A continuación se encuentra una lista -- de los renglones que se consideraron para ellas, -- su influencia en el costo de los diferentes sistemas se reportara en función del número de ellas -- con que cuente cada uno. (+)

(+) Fuentes: Precisa, S.A., A.C. Fink, S.A., Tanques de Acero Trinity.

POR UNIDAD MODULAR DE LA ZONA DE ALMACENAMIENTO:

1.- Equipo.

1 Bomba	\$ 22,500
1 Compresora	\$ 26,000
4 Tanques de almacenamiento	\$ 2,640,000
T O T A L	\$ 2,688,500

2.- Tubería y accesorios.

6 válvulas de globo de 6"	\$ 56,400
3 válvulas de globo de 4"	\$ 15,000
9 válvulas de globo de 3"	\$ 18,000
6 válvulas de seguridad de 3"	\$ 20,000
1 válvula de seguridad p/vapor 2"	\$ 3,000
1 filtros de 4"	\$ 5,000

1 válvula. de relevo de presión (by-pass) de 3"	\$ 10,000
30 metros tubería cédula 80 de 6"	\$ 15,480
30 metros tubería cédula 80 de 4"	\$ 8,220
30 metros tubería cédula 80 de 3"	\$ 4,500
30 metros tubería cédula 80 de 2"	\$ 3,000
	<hr/>
T O T A L	\$ 232,580

Entonces el costo de cada unidad modular de la zona de almacenamiento será de:

\$ 2,921,080

PARA EL SISTEMA DE 4 MACROPLANTAS :

1.- 7 unidades modulares de la zona de almacenamiento por macroplanta	\$ 20,447,560
Total por sistema	\$ 81,790,240

2.- Equipo eléctrico.

Costo por macroplanta

1 Transformador	\$ 60,000
1 Generador	\$ 150,000
1 Gabinete con interruptor	\$ 75,500
1 Tablero de baja tensión	\$131,000
1 Tablero de distribución	\$ 21,000

Red de tierra	\$ 33,500
Cableado	\$ 50,000
	<hr/>
T O T A L	\$ 521,000

Costo total por sistema \$ 2,084,000

### 3.- Edificios y construcciones.

#### Costo por macroplanta:

Edificio	\$ 300,000
Bardeado y protección	\$ 100,000
	<hr/>
T O T A L	\$ 400,00

Costo total por sistema \$ 1,600,000

### 4.- Urbanización.

Costo por macroplanta	\$ 250,000
Costo total por sistema	\$ 1,000,000

La inversión fija en el renglón de equipo e instalaciones será la suma de lo anterior, - así:

Por macroplanta	\$ 21,618,560
Por sistema	\$ 86,474,240

Aplicando las ecuaciones (2) y (1) encontramos por sistema:

$$0.75 I_f = \$ 86,474,240 \text{ (equipo e instalaciones).}$$

$$\text{de donde } 0.25 I_f = \$28,824,746 \text{ (proyectos y supervisión)}$$

por lo que Inversión Fija Total: \$115,298,984

para 4 macroplantas.

$$\text{ahora bien } 0.8 I_t = \$ 115,298,984 \text{ (Inversión Fija)}$$

$$\text{por lo que } 0.2 I_t = \$ 28,824,746 \text{ (Capital de Trabajo)}$$

dando como resultado al sumar, el que la inversión total para el sistema de 4 macroplantas sea:

$$\$ 144,123,730$$

INVERSION TOTAL PARA SISTEMA DE 4 MACROPLANTAS

$$\$ \underline{\underline{\underline{144,123,730}}}$$

PARA SISTEMA DE 6 MACROPLANTAS:

1.- 5 unidades modulares de la zona de almacenamiento por macroplanta	\$ 14,605,400
---	---------------

Total por sistema	\$ 87,632,400
-------------------	---------------

## 2.- Equipo eléctrico.

Costo por macroplanta

1 Transformador	\$ 60,000
-----------------	-----------

1 Generador	\$ 150,000
-------------	------------

1 Gabinete con interruptor	\$ 75,500
----------------------------	-----------

1 Tablero de baja tensión	\$ 100,000
---------------------------	------------

1 Tablero de distribución	\$ 21,000
---------------------------	-----------

Red de tierra	\$ 15,000
---------------	-----------

Cableado	\$ 35,000
----------	-----------

T O T A L	\$ 456,000
-----------	------------

Costo total por sistema	\$ 2,736,000
-------------------------	--------------

## 3.- Edificios y construcciones.

Costo por macroplanta

Edificio	\$ 300,000
----------	------------

Bardeados y protección	\$ 80,000
------------------------	-----------

T O T A L	\$ 380,000
-----------	------------

Costo total por sistema \$ 2,280,000

4.- Urbanización.

Costo por macroplanta \$ 200,000

Costo total por sistema \$ 1,200,000

La inversión fija en el renglón de equipo e instalaciones será la suma de lo anterior, así:

Por macroplanta \$ 15,641,400

Por sistema \$ 93,848,400

Aplicando las ecuaciones (2) y (1) encontramos -- por sistema:

$0.75 I_f = \$93,848,400$  (equipo e instalaciones).

de donde  $0.25 I_f = \$31,282,800$  (proyectos y supervisión).

por lo que Inversión fija total = \$125,131,200 para 6 macroplantas, ahora bien  $0.8 I_t = \$125,131,200$  (inversión fija).

por lo que  $0.2 I_t = 31,282,800$  (Capital de trabajo)

dando como resultado al sumar, el que la inversión total para el sistema de 6 macroplantas sea:

\$ 156,414,000

INVERSION TOTAL PARA SISTEMA DE 6 MACROPLANTAS

\$ 156,414,000

PARA SISTEMA DE 8 MACROPLANTAS

1.- 4 unidades modulares de la zona  
de almacenamiento por macroplanta. \$ 11,684,320

Total por sistema \$ 93,474,560

2.- Equipo eléctrico

Costo por macroplanta

1 transformador \$ 60,000

1 Generador \$ 110,000

1 Gabinete con interruptor \$ 75,000

1 Tablero de baja tensión \$ 110,000

1 Tablero de distribución \$ 21,000

Red de tierra \$ 24,000

Cableado \$ 40,000

T O T A L \$ 440,000

Total por sistema \$ 3,520,000

3.- Edificio y construcciones

Costo por macroplanta

Edificio \$ 250,000

Bardeado y protección \$ 50,000

T O T A L \$ 300,000

Total por sistema	\$ 2,400,000
-------------------	--------------

## 4.- Urbanización

Costo por macroplanta	\$ 200,000
-----------------------	------------

Costo por sistema	\$ 1,600,000
-------------------	--------------

La inversión fija en el renglón de equipo e instalaciones será la suma de lo anterior, así:

Por macroplanta	\$ 12,624,320
-----------------	---------------

Por sistema	\$100,994,560
-------------	---------------

Aplicando las ecuaciones (2) y (1) encontramos por sistema:

$0.75 I_f = \$100,994,560$  (equipo e instalaciones).

de donde  $0.25 I_f = \$ 33,664,853$  (proyectos y supervisión).

por lo que la Inversión fija total = \$ 134,659,412 para 8 macroplantas.

ahora bien  $0.8 I_t = \$134,659,412$  (inversión fija)

por lo que  $0.2 I_t = \$33,664,853$  (Capital de trabajo)

dando como resultado al sumar, el que la Inversión total para el sistema de 8 macroplantas sea: - - - \$ 168,324,265.

INVERSION TOTAL PARA SISTEMA DE 8 MACROPLANTAS:

\$ 168,324,265

## C A P I T U L O V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha establecido cuales fueron las etapas que se presentaron en la industria del Gas L.-P. desde su adopción como combustible, condición presente y desarrollo a futuro, así como la necesidad de establecer un sistema de almacenamiento-reparto para satisfacer las necesidades de los -- grandes núcleos consumidores localizados en áreas comparativamente pequeñas como es el caso de la - Ciudad de México y suburbios, que ofrezca a la -- vez seguridad en su manejo y rapidez en el abastecimiento al usuario y economía y eficiencia en el almacenamiento y en la distribución a las empresas.

Lo anterior se lograría mediante un sistema de macroplantas almacenadoras donde por medio de una planeación y ejecución de operaciones óptimas se centralizaría el abastecimiento de un área determinada de consumo, y a la vez se diversificaría el suministro del combustible a un mayor número de usuarios en menor tiempo y con mayor economía. Se presenta así la alternativa de escoger de entre los diferentes sistemas de macroplantas cual sería el mejor desde el punto de vista de eficiencia y economía, y esto definiría el número de macroplantas de que estaría formado el sistema óptimo.

A los datos obtenidos anteriormente - podemos agruparlos de la siguiente manera:

Número de macroplantas del sistema	4	6	8
Inversión total por unidad.	\$36,030,932	\$26,069,000	\$21,040,532
Inversión total por el sistema	\$144,123,730	\$156,414,000	\$168,324,265

Se obtuvo también que en lo relativo a capacidad necesaria instalada de almacenamiento - para el plazo mas largo (a 1985) no existe diferencia significativa entre los diferentes sistemas compuestos por 4,6 u 8 macroplantas, de igual modo que en el número de recipientes que integrarían las áreas de almacenamiento.

Las conclusiones obtenidas en el presente estudio se basaron en datos de instalaciones prácticas y experiencias obtenidas por medios empíricos por esta industria, la cual no se encuentra desarrollada en plenitud aun cuando ha sufrido una enorme tecnificación en los últimos años.- Debido a la incertidumbre que introducen estos factores existe la posibilidad que al incluirlos más detalladamente en un estudio posterior, modifiquen de manera significativa los resultados numericos del presente estudio. Tomando en cuenta lo anterior se llegó a las siguientes conclusiones generales:

- 1).- No existe en la actualidad capacidad instalada de almacenamiento suficiente que permita tener una reserva adecuada.
- 2).- No existe área suficiente para permitir expansiones en la capacidad instalada de almacenamiento actual.
- 3).- Debido a lo anterior crecerá en el futuro la falta de servicio eficiente.
- 4).- Es evidente la creación de nuevos sistemas de almacenamiento y reparo del Gas L.P. que sustituyan a los que operan actualmente.
- 5).- Dicha creación deberá ser desarrollada en base a una planeación y -

previsión de necesidades a corto y largo plazo.

- 6).- Se propone que un sistema de macroplantas almacenadoras sería el adecuado para cumplir con los puntos anteriores, tanto desde el punto de vista económico como del de funcionalidad para grandes núcleos consumidores como es el caso del Distrito Federal y zonas suburbanas.
- 7).- Se deberá dividir el área metropolitana en zonas consumidoras específicas, correspondiendo a cada una de ellas una macroplanta.
- 8).- Existirá una interrelación entre las macroplantas integrantes del sistema para poder auxiliarse mutuamente en el abastecimiento del combustible a diversas zonas consumidoras componentes del sistema.
- 9).- La tendencia en el uso de recipientes es la sustitución de los recipientes portátiles por los estacionarios por ello, la solución del reparto se enfocará a satisfacer las necesidades del abastecimiento para recipientes estacionarios exclusivamente (servicio a autotankers).
- 10).- Existirán plantas de almacenamiento que se dedicarán a dar servicio a los recipientes portátiles. Su número deberá ser menor significativamente al actual.
- 11).- Cada macroplanta estará formada en

sus instalaciones de la zona de almacenamiento por unidades modulares.

Los sistemas de operación técnicos y administrativos serán similares para todas las macroplantas del sistema.

- 12).- Con las consideraciones prevalentes de estimación presentadas en este trabajo se observa que bajo el punto de vista económico el número óptimo de macroplantas es de cuatro.
- 13).- Cada macroplanta tendrá una capacidad instalada de almacenamiento de 6,750,000 litros de agua, capacidad estimada suficiente para cuatro días de operación en condiciones de no reabastecimiento por Petróleos Mexicanos (PEMEX) para las necesidades de 1985.
- 14).- La capacidad total instalada de almacenamiento en el sistema será de 27,000,000 de litros de agua.
- 15).- Cada macroplanta se estimó para surtir 177 autotanques de 10,000 litros de gas L.P. líquido en promedio en operación normal.
- 16).- El proyecto requerirá una inversión total de \$144,123,730 pesos (según precios hasta agosto 31 de 1976).

## RECOMENDACIONES:

I.- Es de gran importancia que el almacenamiento y abastecimiento de GAS L.P. a la población sea organizado, planificado y ejecutado del modo propuesto a la mayor brevedad posible para cumplir con los objetivos de capacidad de almacenamiento, eficiencia, flexibilidad y economía.

II.- Siendo nuestro deseo el hacer del presente estudio una aportación para ilustrar la necesidad de que la industria del GAS L.P. se organice sobre bases reales, organizandose para beneficio propio y público, y forme un archivo de datos técnicos y económicos cuyo fin sea el de disponer de información confiable y verídica que le permita desarrollarse a futuro por medio de estudios detallados que aprovechen esta información, cubriendo así el vacío que existe en la actualidad. Esta situación de incertidumbre a hecho que la realidad general de esta industria sea desconocida aún para los mismos distribuidores, situación que los ha afectado en su desarrollo y reflejado en los costos de operación.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- "Instructivo para el diseño y ejecución de -- instalaciones de Gas Licuado de Petróleo." Publicado el 30 de julio de 1970 en el "Diario Oficial".
- 2.- "Pressure-Entalpy Charts for selected Engineering substances plus Psychrometric Charts." Byron E. Short, Harry L. Kent, Hugh A. Wals. Gulf Publishing Co., Houston, Texas.
- 3.- "Reglamento de la distribución de Gas". Publicado en el "Diario Oficial" el 29 de marzo de 1960.
- 4.- "Instructivo del diseño de instalaciones de - Gas". Publicado por la Secretaría de Industria y Comercio (1974).
- 5.- Norma D.G.N. - X - 12 - 1969.
- 6.- "Datos Técnicos" Catálogo publicado por TATSA (Tanques de Ace-ro Trinity).
- 7.- "Instructivo para la proyección y ejecución - de obras e instalaciones relativas a Plantas- de Almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo". Publicado en el "Diario Oficial" el 21 de di-ciembre de 1970.
- 8.- "Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry". H.C. Bauman Reinhold Publishing Corporation, New York, -- (1964).

- 9.- "Plant Design & Economics for chemical Engineers"  
Max S. Peters & Klaus D. Timmerhaus.  
Mc Graw - Hill (1968).