

11
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

"ARAGON"

"ESTUDIO SOBRE LA EMISION DE VAPORES DE
GASOLINA NOVA DURANTE EL ALMACENAMIENTO
Y DISTRIBUCION EN LA CIUDAD DE MEXICO"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

JOSE ARMANDO GORRAEZ MIRANDA



ENEP
ARAGON

SAN JUAN DE ARAGON

1992



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.

I N D I C E

	Pag.
Introducción	1
Cap. I <u>Generalidades</u>	3
I.1 <u>Propiedades del producto que influyen en la emisión de vapores de Gasolina Nova.</u>	3
I.2 <u>Tipos de emisiones</u>	9
I.3 <u>Lugares donde existen pérdidas por -- evaporación.</u>	12
Cap. II <u>Antecedentes</u>	29
Cap. III <u>Cuantificación de pérdidas promedio - por emisión de vapores de Gasolina -- Nova en la Ciudad de México.</u>	42
III.1 <u>Cuantificación de pérdidas promedio - por emisión de vapores de Gasolina -- Nova en tanques de almacenamiento.</u>	42
III.2 <u>Cuantificación de pérdidas promedio - por emisión de vapores de Gasolina -- Nova en el llenado de autotanques.</u>	57
III.3 <u>Cuantificación de pérdidas promedio - por emisión de vapores de Gasolina -- Nova en el llenado de tanques subte-- rráneos en estaciones de servicio.</u>	60
III.4 <u>Cuantificación de pérdidas promedio - por emisión de vapores de Gasolina -- Nova en el llenado de tanques de auto móviles.</u>	61
III.5 <u>Total de pérdidas promedio en volumen y pérdidas económicas.</u>	63

Cap. IV	Problemas originados por las emisiones de vapor de Gasolina	65
Cap. V	Alternativas de solución	67
V.1	Técnicas de control	67
V.2	Técnicas de control de un sistema -- integral de distribución	77
V.3	Proposición de alternativas de solución	91
Cap. VI	Conclusiones	109
Cap. VII	Bibliografía y referencias	111

INTRODUCCION

La actividad humana en cualquiera de sus formas origina alteraciones sensibles al medio ambiente, cuando los grupos humanos son pequeños, - en general, los daños son menores, la naturaleza se regenera. Sin -- embargo, en la ciudad de México, que desde hace mucho tiempo consti-- tuye la mayor metrópoli del mundo, la capacidad natural de regenera-- ción ha sido ampliamente superada, y en el caso concreto de su atmós-- fera, los contaminantes tienden a acumularse en forma permanente, -- ejerciendo diferentes efectos sobre la ciudad y su población.

El crecimiento de las áreas urbanas del Valle de México, ha absorbi-- do en la actualidad a la zona conurbada del Estado de México y que - comprende los municipios de Atizapan, Tlalnepantla, Ecatepec, Naucal-- pan y Nezahualcoyotli.

La problemática de la contaminación atmosférica originada por el uso de energéticos derivados del petróleo en grandes asentamientos urba-- no-industriales, como en la Ciudad de México, se genera en fuentes - fijas o de producción industrial y en fuentes móviles o vehiculares. Según estudios de las autoridades, la emisión de contaminantes a la atmósfera, provienen en aproximadamente 20% de fuentes industriales y un 80% del uso de vehículos.

Una de las fuentes de contaminación poco conocida es, la contamina-- ción por emisiones de vapor de hidrocarburos, los cuales además de - ir directamente a la atmósfera y de deteriorar el medio ambiente, -- significa una considerable pérdida económica puesto que se pierden - hidrocarburos sin ningún beneficio para Petróleos Mexicanos.

En el rubro de abastecimiento de combustibles no se puede pasar desa-- percibida la técnica actual que se utiliza para el almacenamiento y distribución de hidrocarburos que es donde se registran principalmen

te las pérdidas por emisión de vapores de hidrocarburos.

El presente estudio evaluará las pérdidas por evaporación de gasolina en los puntos que comprenden, desde el almacenamiento hasta llegar a los automóviles consumidores y propondrá una logística de almacenamiento y distribución de hidrocarburos. Siendo la gasolina Pemex Nova el objeto de estudio por ser la de mayor consumo en nuestro País, la cual contribuye en mayor proporción a la contaminación actual.

CAPITULO I

I.- GENERALIDADES

I.1 PROPIEDADES DEL PRODUCTO QUE INFLUYEN EN LA EMISION DE VAPORES DE GASOLINA NOVA

- PRESION DE VAPOR

Presión de vapor es una medida de la fuerza que tiende a vaporizar cualquier líquido volátil, tal como petróleo y sus derivados líquidos. Los movimientos moleculares dentro del líquido son responsables de esta fuerza y está relacionada con la composición del líquido. Las moléculas más pequeñas son más activas; por eso la presión del vapor es mayor. Las altas temperaturas también estimulan el movimiento molecular e incrementan la presión de vapor.

En el almacenamiento y distribución, el petróleo y sus derivados líquidos, frecuentemente están en contacto con un espacio vapor. Las moléculas que se vaporizan tienden a dispersarse completamente en el espacio vapor. Al mismo tiempo, algunas moléculas en el espacio vapor regresan al líquido. Se establece el equilibrio, cuando las moléculas que salen, regresan al líquido en la misma proporción.

- PRESION DE VAPOR VERDADERA

La presión de vapor verdadera es la presión de vapor de un líquido a una temperatura específica y sin que su composición sea cambiada por la evaporación.

En una mezcla de hidrocarburos la presión de vapor disminuye, debido a que los componentes ligeros se evaporizan con más facilidad, dejando a los componentes pesados y menos -

volátiles en fase líquida.

Por eso para Gasolinas y similares, mezclas muy volátiles, la presión de vapor verdadera a 100° F puede ser significativamente mayor que la presión de vapor REID (PVR), porque sucede algo de vaporización durante la prueba REID. Para un componente simple puro, la evaporación no cambiará a la presión de vapor y la presión de vapor verdadera será --- igual a la presión de vapor REID (PVR).

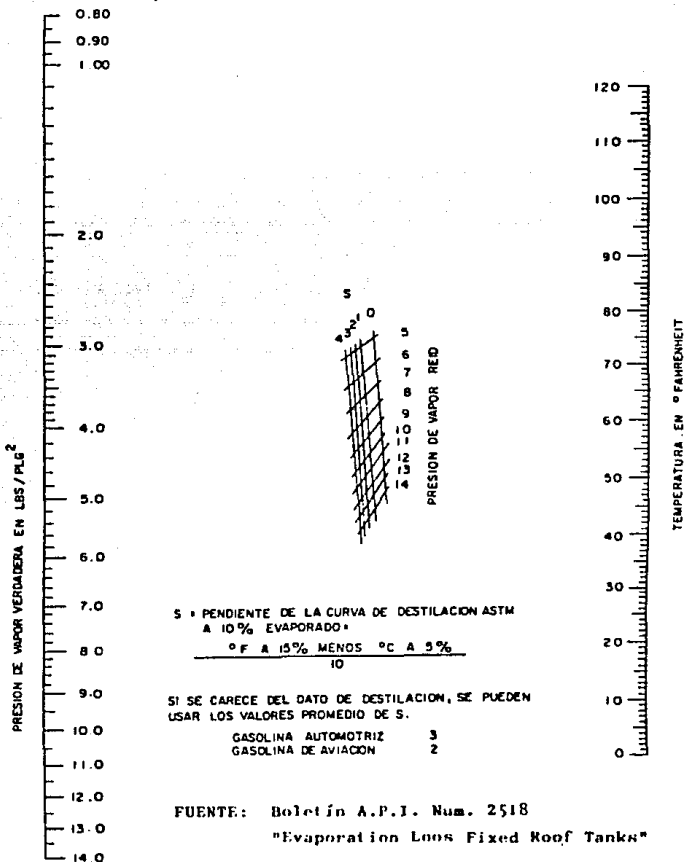
La presión de vapor verdadera puede ser estimada en el nomograma que la relaciona con la (PVR), (figura 1) que ilustra tal relación para Gasolinas sobre un gran rango de temperaturas.

En el trabajo de pérdidas por evaporación, la presión de vapor verdadera a la temperatura de almacenamiento, afecta directamente la cantidad de pérdidas por evaporación. Incrementando la presión de vapor verdadera se acelera la -- evaporación dentro del espacio vapor de cualquier tanque.-- También, en saturación un espacio vapor, contiene proporcionalmente más vapores de hidrocarburos, como aumente la presión de vapor verdadera. Estos dos factores incrementan las pérdidas por evaporación en un tanque.

- PRESION DE VAPOR REID (PVR)

La presión de vapor REID es la presión absoluta en libras -- por pulgada cuadrada determinada a 100°F y la relación de -- V/l. igual a 4 (proporción de volumen de vapor a volumen de líquido, como se define por ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR --- TESTING MATERIALS)), usando un aparato especial y un proceso standar bajo los auspicios de ASTM.

FIGURA 1. NOMOGRAMA PARA DETERMINAR LA PRESION DE VAPOR VERDADERA, TENIENDO LA PRESION DE VAPOR REID.



Por eso, la PVR es la presión de vapor de una muestra que ha tenido cambios en su composición, debido a la evaporación requerida para la saturación de un espacio vapor.

Frecuentemente la PVR es usada para caracterizar la volatilidad de las Gasolinas y Petróleo crudo; ésta también proporciona el método más conveniente para la evaluación de la presión de vapor verdadera.

PRESION DE VAPOR PARCIAL

La presión de vapor parcial de hidrocarburos en su espacio vapor es una medida de la fuerza ejercida por las moléculas del hidrocarburo sobre las paredes que lo limitan. Las moléculas de aire, usualmente presentan problemas en las pérdidas por evaporación, similarmente generan una presión parcial. La suma de todas las presiones parciales será -- igual a la presión total del sistema; la presión parcial - de cualquier componente del vapor es proporcional a su --- fracción de volumen del espacio vapor.

En el trabajo de pérdidas por evaporación, un espacio va-- por normalmente está en contacto con el líquido que emite los vapores de hidrocarburos. El equilibrio existe cuando la presión parcial de vapor de hidrocarburo es igual a la presión de vapor del líquido y la relación de evaporación y condensación sea igual.

SATURACION DE UN ESPACIO VAPOR

El espacio vapor en un tanque, con respecto a un compo-- nente dado, estará saturado cuando exista equilibrio en -- aquel componenete de sus fases vapor y líquido bajo condi-

ciones dadas de temperatura y presión y la composición del vapor esté completamente uniforme.

- DIFUSION DE UN ESPACIO VAPOR

Difusión es el movimiento molecular que tiende a distribuir uniformemente cualquier componente en un espacio vapor.

El valor de difusión es alto debido a moléculas pequeñas, - que viajan rápidamente. También el valor es proporcional a la distancia que viaja una molécula antes de que tenga una colisión con otra. Por eso, el tiempo total para alcanzar el equilibrio dependen del tamaño de las moléculas, el tamaño del espacio vapor, la temperatura y la presión.

En el trabajo de pérdidas por evaporación, la difusión es - una manera por la cual hidrocarburos evaporados nuevos se - distribuyen completamente en el espacio vapor en un esfuerzo para saturarlo. Para componentes de Gasolina a temperaturas normales de almacenamiento y operación, el proceso de - difusión es lento, y ejerce poca influencia en pérdidas por evaporación.

- EVAPORACION

Es el proceso por medio del cual un líquido cambia a vapor, con o sin ebullición.

- CONDENSACION

Es el proceso mediante el cual el vapor cambia a líquido. - Es el inverso de la evaporación y ocurre cuando la presión parcial del vapor excede a la presión de vapor del líquido

y esto se debe a la disminución de la temperatura del líquido o un decremento en el volumen en el espacio vapor.

Sin embargo, la condensación también puede ocurrir cuando la temperatura del vapor disminuye, debido a una baja de la temperatura ambiente. En este caso, la presión parcial del vapor, puede ser menor que la presión de vapor del líquido.

TURBULENCIA

La presencia de turbulencia en el líquido o en el espacio vapor, arriba de la superficie del líquido, incrementa el índice de evaporación y reduce el tiempo necesario para al canzar una saturación del 100% en el espacio vapor. Si la Gasolina líquida es introducida para llenar en parte un --tanque vacío de techo fijo, las moléculas que se evaporan principalmente son las moléculas ligeras (butanos y pentanos). La capa delgada de la superficie del líquido se vuele deficiente en sus moléculas, bajando el índice de evapo ración. Sin embargo, como la Gasolina fresca que se mueve desde abajo dentro de esta región por difusión, continua - la evaporación, este proceso es acelerado por el chapoteo y turbulencia del líquido.

Las moléculas de vapor de Gasolina son más pesadas que el aire y tienden a acumularse en una capa justo encima de la superficie del líquido, conteniendo a la evaporación, al - tiempo que las moléculas se desprenden del espacio vapor y continua la evaporación. La evaporación se acelera por --- otros tipos de movimientos en el espacio vapor, tal como - ocurre en la convección térmica o al tomar aire o dejar salir aire-vapor por medio de la válvula de alivio.

En caso de una turbulencia excesiva, la concentración de Gasolina en el espacio vapor puede ser más que saturada, super saturada, debido a la presencia de finas gotitas de líquido, que pueden perderse mediante domos o válvulas de alivio.

AREA SUPERFICIAL LIQUIDO VAPOR

El índice de evaporación de Gasolina líquida es proporcional al área superficial líquido-vapor. Dispositivos tales como tanques de techo flotante o membranas flotantes, reducen efectivamente el área superficial en los tanques de almacenamiento y por lo tanto reducen el índice de evaporación.

I.2 TIPOS DE EMISIONES

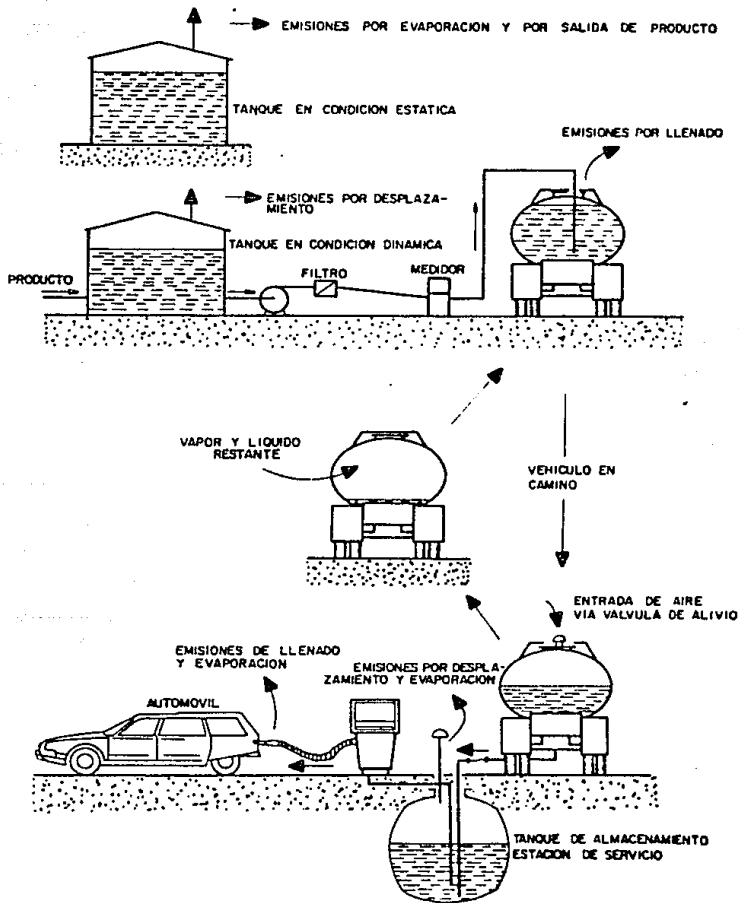
Los principales tipos de emisiones de vapor, que causan pérdidas en producto, además contaminan el aire y sus fuentes en una "Cadena" típica de almacenamiento y distribución tal y como se ilustra en la figura 2.

Las emisiones pueden ser clasificadas como sigue :

EMISIONES POR DESPLAZAMIENTO

Las emisiones por desplazamiento ocurren en los tanque de almacenamiento de techo fijo y los tanques de almacenamiento subterráneos de las estaciones de servicio, debido al desplazamiento de vapor al entrar Gasolina al tanque. Estas emisiones de vapor son originadas principalmente por la evaporación del contenido anterior del tanque durante el almacenamiento.

FIGURA 2. EMISIONES DE VAPOR DURANTE EL ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION. 10



- EMISIONES POR EVAPORACION

Las emisiones por evaporación en el tanque de almacenamiento, son ocasionadas por variaciones de temperatura día/noche y por cambios en la presión barométrica, que según -- ocasiona expansión y contracción tanto del líquido como -- del vapor dentro del tanque. Los factores meteorológicos -- tales como viento, sol y lluvia tienden a incrementar las variaciones de temperatura.

- EMISIONES POR SALIDA DE PRODUCTO

Las emisiones por salida de producto en un tanque de almacenamiento, ocurren cuando se bombea producto hacia afuera, causando entrada de aire por medio de la válvula de alivio. La dilución del vapor de hidrocarburo mezclado con aire, - contenido previamente, los llevará a favorecer la evapora-- ción para restaurar el equilibrio. Esto causa un incremen-- to en el volumen aire-vapor y por lo tanto también de presi-- ón que en su momento los llevará a una emisión fuera del tanque cuando el rango de funcionamiento de la válvula de alivio sea excedido.

- EMISIONES POR LLENADO

Las emisiones por llenado ocurren, cuando la Gasolina es - transferida de un tanque de almacenamiento a un autotanque, carrotanque o buquetanque y cuando se llena un automóvil.- Las emisiones son usualmente una combinación de vapor que contiene el tanque previamente y el vapor desprendido como resultado del chapoteo y turbulencia durante el llenado.

I.3 LUGARES DONDE EXISTEN PERDIDAS POR EVAPORACION

- TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FIJO

El cálculo de las pérdidas por evaporación de Gasolina se evaluará de acuerdo a pruebas y ecuaciones desarrolladas en un gran número de tanques de almacenamiento por diferentes industrias y recopilados en el boletín API-2518 (Evaporation Loss From Fixed Roof tanks).

Los valores calculados por este método pueden parecer lógicos y aplicables al cálculo de pérdidas por evaporación en tanques de techo fijo de las instalaciones de almacenamiento de destilados de petróleo ya que las ecuaciones se derivan de numerosas pruebas en tanques de almacenamiento reales e incluyen parámetros tales como : Espacio en el tanque para permitir la expansión de los vapores de líquido almacenado (espacio vapor), el diámetro del tanque, la presión de vapor del líquido, la variación de temperaturas, condiciones de pintura exterior, la frecuencia con que se llena y se vacía, etc.

Las pérdidas por evaporación se presentan en dos condiciones únicas: Condición estática, cuando el tanque se encuentra en reposo total, esto es sin movimiento del líquido entra y/o salida y en Condición Dinámica cuando el tanque se encuentra en operación, esto es con movimientos de líquido, es decir, que esté recibiendo producto y que esté dando o ambos a la vez. Las definiciones en las citadas condiciones son las siguientes :

CONDICION ESTATICA

Las pérdidas por evaporación en condición estática se definen como el vapor expulsado de un tanque por la expansión térmica de vapores existentes y/o expulsión pausada por -- cambios en la presión barométrica y/o incremento de la cantidad de vapor por la evaporación agregada en la ausencia de cambio en el nivel del líquido, excepto el que resulte de la ebullición. El término vapor detecta cualquier mezcla de hidrocarburos y aire.

La ecuación matemática que se usará para estimar las pérdidas por evaporación, fué obtenida de numerosas pruebas en tanques de techo fijo en condición estática cuyos datos recolectados sobre un sin número de variables para cada prueba fueron los siguientes :

- a).- Propiedades de producto almacenado, incluye tipo de producto, presión de vapor REID, gravedad API y temperatura de almacenamiento.
- b).- Datos sobre el tanque, incluye: Diámetro, altura, tipo de techo y claro, remachado o soldado, espacio líquido-vapor y color y estado de la pintura.
- c).- Pérdidas por evaporación medibles, incluyendo volumen del producto perdido, duración del período de prueba y volumen del producto almacenado en el tanque.
- d).- Datos meteorológicos.

e).- Información sobre accesorios, sistemas de venteo y hermeticidad de todos los accesorios.

f).- Condiciones ambientales, tales como : Terreno, vegetación y proximidad a grandes extensiones de agua o áreas industriales.

La siguiente ecuación se usará para estimar las pérdidas por evaporación de Gasolina para tanques de techo fijo en condición estática. Esta ecuación puede usarse también para evaluar pérdidas por evaporación de derivados finales e intermedios de la refinación del petróleo, almacenados en tanques de techo fijo así como pérdidas por evaporación de petróleo crudo empleando el factor de ajuste $Kc=0.58$.

$$Lv = Kc \frac{24}{1000} \left(\frac{P}{14.7 - P} \right)^{0.68} D^{1.73} H^{0.51} T^{0.50} F_{PC} \quad (1)$$

Donde :

Lv = Pérdida por evaporación, en barriles/año (condición estática).

Kc = Factor para ajustar pérdidas por evaporación en condición estática de Gasolina a pérdida por evaporación en condición estática de petróleo crudo.

P = Presión de vapor verdadera a la temperatura del líquido en libras/pulg.² (Ver Fig. 1). El promedio de la temperatura del líquido se toma del registro de instrumentos, sin embargo si no se dispone de esta información, puede estimarse agregando 5° F al promedio de la temperatura ambiente del registro meteorológico (Ver Tabla 1).

- D= Diámetro del tanque en pies.
- H= Altura promedio libre para la expansión de los vapores del líquido, en pies, incluyendo una corrección para el volumen del techo (un techo cónico es equivalente en volumen a un cilindro el cual tiene el mismo diámetro en la base como el cono y es uno a tres la altura del cono).
- T= Cambio de temperatura promedio diario en grados F (diferencia entre los registros promedio de temperatura máxima y mínima del registro meteorológico) (Ver Tabla 1).
- Fp= Factor de pintura, determinado por pruebas de campo, (Ver Tabla 2).
- C= Factor de ajuste para tanques de diámetro pequeño. (C= 1 para tanques de 30 pies de diámetro o mayores).

EXACTITUD DE LA ECUACION

La exactitud de la ecuación depende de muchos factores, -- incluyendo la magnitud de cada variable y el tiempo involucrado, esta ecuación puede darse para períodos suficientemente largos de tiempo por permitir condiciones atmosféricas fuera de promedio. Para una condición representada por los valores promedio de los datos de prueba, las pérdidas por evaporación calculadas se desvían en el orden de 10% de las pérdidas reales. La ecuación (1) puede usarse para estimar pérdidas en un corto período de tiempo con el grado anterior de confiabilidad.

TABLA 1. REGISTRO METEOROLOGICO.

MEXICO-CENTRAL-TACUBAYA, D.F.

LATITUD: _____ 19°24'N
 LONGITUD: _____ 99°12'W
 ALTITUD (s.n.m.): _____ 2,308.0m
 ZONA SISMICA: CLASIFICACION "0" (Estrador N° C-2-d-3)
 CLIMA: subhúmedo, semitrido
 COMUNICACION.- por carretera asfaltada: _____
 por ferrocarril: _____
 aeropuerto: Nacional e Internacional
 DISTANCIA A LA CAPITAL DEL ESTADO.- _____ 0 Km.
 DISTANCIA A LA CIUDAD DE MEXICO, D. F.- por carretera _____ 0 Km.
 por ferrocarril _____ 0 Km.
 TEMPERATURA.- promedio anual: (bulbo seco) _____ 15.4°C
 (bulbo húmedo) _____ 10.6°C
 promedio del mes: más caliente (junio) _____ 24.8°C
 más frío (enero) _____ 5.3°C
 máxima extrema: (el 17/05/53) _____ 32.8°C
 mínima extrema: (el VS/01/65) _____ -9.5°C
 máxima extrema promedio anual: _____ 23.4°C
 mínima extrema promedio anual: _____ 9.2°C
 PRESION.- media anual: _____ 758.2mm
 media en: enero 760.1, abril 758.2, julio 757.7, octubre 758.0mm.
 ESTADO METEOROLOGICO (No. de días).- despejados: _____ 93
 medio nublados: _____ 149
 con tormentas eléctricas _____ 25
 con granizo: _____ 9
 DIRECCION DE LOS VIENTOS.- dominantes: _____ S SW
 reinantes: _____ S SE
 VELOCIDAD DEL VIENTO.- medio de los vientos dominantes _____ 20.3 m/s
 máxima de los vientos reinantes _____ 29.5 m/s
 HUMEDAD RELATIVA.- media anual: _____ 58.0%
 máxima: (octubre) _____ 66.0%
 mínima: (marzo) _____ 44.0%
 PRECIPITACION.- media anual: _____ 746.8 mm
 máxima en 24 hs: (el 04/07/50) _____ 80.6 mm
 horaria máxima: _____ 57.0 mm
 TEMPERATURA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS: _____ 15 °C < 1 < 20 °C

TABLA 2. FACTOR DE PINTURA.

COLOR DEL TANQUE	FACTOR DE PINTURA (Fp)	
	PINTURA EN BUENAS CONDICIONES	PINTURA EN MALAS CONDICIONES
Blanco	1.00	1.15
Aluminio 1	1.20	1.29
Aluminio 2	1.39	1.46
Gris claro	1.33	----
Gris	1.46	----

Fuente : Boletín A.P.I. 2518

"Evaporation Loss Fixed Roof Tanks"

CONDICION DINAMICA

Las pérdidas por evaporación en condición dinámica se define como: El vapor expulsado en un tanque como resultado de un líquido bombeado hacia adentro o hacia afuera del tanque, dichas pérdidas pueden dividirse en dos categorías.

- a).- Pérdidas por llenado; pérdidas asociadas con vapor -- desplazado por entrada de líquido.
- b).- Pérdidas por vaciado; pérdidas asociadas con la disminución del nivel del líquido.

La ecuación matemática que se usará para las pérdidas por evaporación, fué obtenida de numerosas pruebas en tanques de techo fijo en condición dinámica, cuyos datos fueron -- recolectados sobre numerosas variables para cada prueba, y son las mismas como las listadas anteriormente (Condición Estática).

Las variables susceptibles de correlación fueron; Pérdidas, - presión de vapor verdadera y la proporción de productos en movimiento.

La siguiente ecuación se usará para estimar las pérdidas - por evaporación de Gasolina Nova para tanques de techo fijo en condición dinámica.

$$F = K \frac{PV}{10\ 000} \quad KLN \quad (2)$$

Donde :

F= Pérdidas por evaporación, en barriles/año (Condición Dinámica).

K= Factor de cálculo para pérdidas por evaporación en condición dinámica (K= 3.0 para Gasolina).

P= Presión de vapor verdadera a la temperatura del líquido en libras/pulg.² (Ver Fig. 1). El promedio de la temperatura del líquido se toma del registro de instrumentos, sin embargo si no se dispone de esta información, puede estimarse agregando 5° F al promedio de la temperatura ambiente del registro meteorológico (Ver Tabla 1).

V= Volumen de líquido bombeado dentro del tanque, en barriles.

Kt= Factor cíclico (para 35 ciclos por año o menos Kt= 1)

$$Kt = \frac{180 + N}{6 N} \quad (\text{para más de 36 ciclos por año}) \quad (3)$$

N= Número de ciclos por año, $N = \frac{365 \text{ Días/Año}}{N^{\circ} \text{ Días/Ciclo}} = \frac{\text{Ciclos}}{\text{Año}}$

EXACTITUD DE LA CORRELACION

La ecuación (2) no hace referencia a la manera exacta en la cual el tanque se llena y/o vacía.

Cuando el número de ciclos de operación del tanque es menor de 36 por año, las ecuaciones (2) y (3) implican que -

solamente vapor saturado se expulsa del tanque como pérdidas en condición dinámica. Pueden surgir dos condiciones :

- 1).- Si un vaciado rápido es seguido de un período de reposo, algo de vapor será exhalado antes de comenzar a llenar y las pérdidas reales, serán mayores que las calculadas por la ecuación (2).
- 2).- Si un vaciado rápido es inmediatamente seguido por un llenado rápido (el cual puede ocurrir aún cuando el número de ciclos de operación sea bajo), el vapor exhalado puede no tener oportunidad de llegar a la saturación. Así, cuando el tanque es llenado, el primer vapor exhalado será significativamente menor que el saturado, resultando una pérdida real más baja que la estimada por la ecuación (2).

LLENADO DE AUTOTANQUES

Ocurren emisiones de vapor cuando un producto volátil, tal como es la Gasolina, es cargada dentro de un comportamiento para su transporte. El valor obtenido es normalmente una mezcla de :

- a).- Vapor de prellenado (V_p).

Este es un residuo originado por el contenido previo y que es desplazado por el producto cargado (V_1). Y es definido por un factor de total saturación (C_p).

b).- Vapor evolucionado (V_e).

Este es un vapor el cual es emitido desde el volumen del producto que es cargado.

Las emisiones en el llenado (E_{11}) es la cuantificación total de vapor emitido debido al desplazamiento y evaporación.

FACTORES QUE AFECTAN O INFLUYEN EN LAS EMISIONES EN EL LLENADO

- a).- La presión de vapor verdadera del producto cargado.
- b).- El tipo de operación llevada con los contenidos previos del tanque, que influyen en la magnitud del vapor de prellenado (V_p).
- c).- El grado de chapoteo y turbulencia que ocurre durante el llenado, que influencia la magnitud del vapor evolucionado (V_e).

NOTA:

Los factores b) y c) tienen una interacción. Un alto contenido de vapores de prellenado de un tanque tenderán a suprimir la cantidad de vapor desprendido durante el llenado.

FACTOR TOTAL DE SATURACION (C_p)

La concentración de vapor de prellenado en un tanque para el transporte de Gasolina puede variar mucho, desde aproximadamente cero hasta estar completamente saturado. Las con

contracciones típicas, expresadas como una fracción o como un -- porcentaje de saturación, basado en un gran número de observa-- ciones hechas en Europa y Estados Unidos son :

a).- Tanque del camión después de la descarga completa en un -- punto.

0.1 - 0.2 (10-20 %)

b).- Tanque del camión después de la descarga en más de un punto.

0.3 - 0.5 (30-50 %)

c).- Tanque del camión después de la descarga en una estación - de servicio con balanceo de vapor.

0.9 - 1.0 (90-100%)

VAPOR EVOLUCIONADO

La cantidad de vapor evolucionado será efectuada por el diseño y modo de operación del mecanismo de llenado y el vapor de pre llenado (Vp).

(Ve) Será mínimo en el llenado por el fondo, la entrada tiene un plano reflector, para asegurar que habrá - chapoteo de líquido en el llenado del tanque.

(Ve) Será máximo en un llenado con chapoteo.

Entre estos extremos debe haber un número de valores interme-- dios de (Ve). Por ejemplo, si es un llenado por arriba con -

brazo de llenado sumergido y la salida está colocada en el fondo del tanque, (V_e) será muy cercano al llenado por el fondo. En la práctica, debido al diseño o deficiencias del trabajo, en ocasiones encontramos que el brazo de llenado no llega a colocarse hasta el fondo del tanque y se origina un llenado con chapoteo parcial.

En tales casos los vapores evolucionados pueden ser significativamente mayores que por el fondo o cuando el brazo de llenado está totalmente sumergido.

(V_B) es un parámetro muy útil, representando la cantidad de chapoteo que debe ser usada para estimar los vapores evolucionados. Y es igual a la fracción de la atmósfera original del tanque para ser saturada completamente durante el llenado. Algunos valores típicos derivados durante algunas pruebas realizadas en Alemania y otros países de Europa por la British Petroleum Company son :

LLENADO DE AUTOTANQUE POR ARRIBA (90-180M³/HR)

	$\frac{V_B}{\text{RANGO}}$	$\frac{V_B}{\text{PROMEDIO}}$
a).- Brazo de salida de 0-0.2 M. de altura desde el fondo del tanque.	0.08-0.22	0.15
b).- Igual que a) pero con válvula reguladora de comienzo.	---	0.13

	V_B <u>RANGO</u>	V_B <u>PROMEDIO</u>
c).- Brazo de salida de 0.38- 1.4 M de altura desde el fondo del tanque.	0.26-0.54	0.40
d).- Llenado de autotanques - por el fondo (90-120M ³ / Hr).	0.09-0.16	0.13

ECUACION PARA EL CALCULO DE EMISIONES DE LLENADO DE - AUTOTANQUES

La siguiente ecuación puede ser usada para calcular -
las emisiones de llenado como ocurre cuando se llenan
los autotanques :

$$E_{11} = 0.45 \times C_s \left(C_p + V_B \frac{1-C_p}{1-C_R} \right) \quad (4)$$

Donde :

E_{11} = Emisiones de llenado, expresado como un porcenta
je del volumen del líquido de llenado.

C_s = Concentración de vapores de Gasolina bajo condi-
ciones de equilibrio (saturado completo).

Este es proporcional a la presión de vapor verda
dera del producto líquido en bars.

C_p = Promedio de concentración de vapor de prellenado,
expresado como una fracción de saturación.

V_B = Este parámetro representa la cantidad de chapo--

teo.

El factor 0.45 es usado para calcular el volumen de Gasolina como líquido equivalente contenido en el volumen dado de vapor de Gasolina.

La concentración de vapor (C_s) en saturación completa será igual a la presión de vapor verdadera de la Gasolina en Bars. De esta manera, dicho valor puede sustituirse directamente en la relación anterior.

LLENADO DEL TANQUE SUBTERRANEO EN UNA ESTACION DE SERVICIO

Las principales emisiones de un tanque subterráneo de una estación de servicio, serán emisiones por desplazamiento a través de tubos de ventilación, esto ocurre cuando un volumen de Gasolina entra en el tanque desplazando los vapores emanados del contenido anterior. Estos tanques son de ventilación libre puesto que no cuentan con válvulas de alivio, las emisiones por evaporación no se consideran, porque son muy pequeñas, esto es debido al hecho de que los tanques siempre están bajo tierra y por lo tanto no son objeto de las variaciones ambientales diarias como ocurre en los tanques que no están bajo tierra.

Las observaciones llevadas a cabo en Europa con cobertura de un año aproximadamente, mostraron que el promedio anual de emisiones fué de 0.17% volumen.

Se observó que si se aplica una ecuación, que sirve también para calcular las emisiones por desplazamiento en tanques de techo fijo y suponiendo que la emisión es de vapor completamente saturado ($E_d = 0.45 \times 10^{-3} P$), además tomando

un promedio de $P = 350$ MBar, se obtendrá una emisión por -- desplazamiento de 0.16% volumen, este valor está muy cerca -- no con el dato experimental. La pequeña diferencia de --- 0.01% volumen se puede atribuir a la mínima cantidad de -- emisiones por evaporación y por salida de producto.

El trabajo experimental mostró una variación respecto a -- las estaciones del año de 0.18/0.16% volumen aproximadamen -- te que ocurren verano/invierno, respectivamente.

La siguiente ecuación puede ser usada para calcular las -- emisiones en el llenado del tanque subterráneo.

$$E_d = 0.45 \times 10^{-3} P. \quad (5)$$

Donde :

E_d = Emisiones en tanques de almacenamiento subterráneo en -- estaciones de servicio en % volumen manejado.

P = Presión de vapor verdadera del producto en MBars (Ver -- Fig. 1)

LLENADO DE AUTOMOVILES

Durante su llenado los tanques de Gasolina de los automóvi -- les, están sujetos principalmente a las emisiones de vapor -- por desplazamiento.

Los trabajos experimentales llevados a cabo en Europa, mos -- traron que estas emisiones alcanzaron el 0.17% en volumen

de la Gasolina suministrada. Aquí aparece una variación en las emisiones con respecto al verano/invierno a niveles de 0.194/0.156% volumen respectivamente, y esto es lógico, -- puesto que las temperaturas están involucradas en las emisiones.

También se han llevado a cabo estudios en los Estados Unidos, para cuantificar estas emisiones respecto a sus condi ciones ambientales. Estos mostraron que los factores que -- influyen en la cuantificación de las emisiones durante el llenado de automóviles son :

- La temperatura de la Gasolina en el tanque del automó vil.
- La temperatura de la Gasolina suministrada.
- El volumen inicial de la Gasolina en el tanque del -- automóvil.
- Flujo de llenado.
- La PVR de la Gasolina.

En los Estados Unidos se desarrolló una ecuación para calcular la cantidad de emisiones para condiciones variables. Esta ecuación está expresada en unidades métricas y simpli ficada :

$$E_a = \exp (-3.172 + 0.021 T_f - 0.021 T_v + 64 \times 10^{-6} T_v \times P_r + 1.14 \times 10^{-3} P_r) \quad (8)$$

Donde :

E_a = Emisiones durante el llenado de automóviles expresado como un porcentaje del volumen del líquido suministrado.

T_f = Temperatura de la Gasolina suministrada ($^{\circ}\text{C}$).

T_v = Temperatura del vapor desplazado ($^{\circ}\text{C}$).

P_r = Presión de vapor verdadera (MBars)

CAPITULO II

II.- ANTECEDENTES

Un recurso natural de excepcional importancia a nivel mundial es el petróleo, por lo cual en nuestro País la explotación inicialmente fué efectuada por empresas extranjeras (Cía. Mexicana del Petróleo "El -- Aguila", S.A.; Huasteca Petroleum Company; Sinclair Petroleum Corporation, Etc.)

Lo cual data a principios de 1900 y termina el 8 de Marzo de 1938, -- cuando por acuerdo del C. Presidente Constitucional de los Estados -- Unidos Mexicanos, General Lázaro Cárdenas del Río, se designó el consejo administrativo del petróleo para la industria. Más tarde, con -- fecha del 7 de Junio del mismo año, se creó una institución pública -- que se denominó PETROLEOS MEXICANOS

Las necesidades de combustibles de esa época en la Ciudad de México y en general las zonas circunvecinas debían de ser cubiertas, por lo -- que se creó en ese mismo año el Departamento de Embarques y Reparto, -- ubicado en Azcapotzalco, el cual se utilizaba como centro de abasto -- de las mismas. Los productos se distribuían por medio de autotanques a estaciones de servicio e industrias en general.

Al llegar los años sesentas la distribución de combustibles fué más -- compleja dentro de la ciudad, debido al aumento de población y como -- consecuencia lógica el engrandecimiento de la misma, debido a esto el transporte de personas y de mercancías en diferentes puntos de la ciudad ya eran de tal forma, que la demanda de vehículos empezó a ser de gran importancia, y el abastecimiento de combustibles por autotanques no era la excepción, ya que los viajes llegaron a ser muy largos e -- incosteables con la consiguiente lentitud en el abasto, además fué -- necesario realizar estudios de capacidad de almacenamiento para una -- óptima distribución debido al crecimiento tan acelerado del número de automóviles en todo el País en esos años, de dicho estudio surge la -- necesidad de crear otras Plantas de Almacenamiento y Distribución pa-

ra albergar grandes volúmenes y que debieran estar localizadas estratégicamente dentro de la ciudad para atender la demanda de combustibles en el Valle de México.

Una de esas Plantas fué inaugurada el 24 de Febrero de 1967 y se denominó Terminal Satélite Oriente y tuvo como propósito fundamental de reforzar la distribución de hidrocarburos en esa zona de la Ciudad, así como la zona de influencia que incluye otras entidades federativas.

Posteriormente, el 5 de Julio de 1968 Petróleos Mexicanos, puso en operación las instalaciones de la Terminal Satélite Sur, con el objeto de descentralizar la distribución de hidrocarburos, y así poder atender la región suroeste de la Ciudad.

Al pasar de los años la demanda rebaso a la oferta volviendo a surgir la necesidad de aumentar la capacidad de almacenamiento y distribución de combustibles y es hasta el año de 1991 cuando Petróleos Mexicanos pone en operación la Terminal Satélite Norte, ubicada en San Juan Ixhuatepec, Edo. de México, teniendo como objetivo proveer de hidrocarburos las zonas noroeste y noreste, así como también la zona de influencia que incluye los Estados de México e Hidalgo.

A la fecha se tiene como proyecto una nueva Planta en los terrenos de lo que fuera la Refinería "18 de Marzo" en Azcapotzalco, que cerró por orden Presidencial el 18 de Marzo de 1991, con fines netamente ecológicos. Esta Planta contará con instalaciones más modernas y seguras con una capacidad mayor a la que se tiene actualmente en la Terminal Azcapotzalco.

Las Terminales existentes en todo el País presentan problemas que deterioran el medio ambiente debido en parte a la emisión de vapores de hidrocarburos y esto a su vez presenta una afectación económica eleva

da debido a que hay pérdidas de producto.

En la zona metropolitana el problema de contaminación es grave y es - aquí donde se convierte indispensable una evaluación técnica-económica de los equipos existentes en el mercado para el control de estas - emisiones.

En nuestro País se realizan estudios por parte de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y del Instituto Mexicano del petróleo (I.M.P.), para la preven ción y control de los vapores emanados de hidrocarburos.

Dentro de estos estudios se encuentran :

- La instalación de membranas internas flotantes en tanques verti cales de almacenamiento de techo fijo y presión atmosférica.
- La modificación de instalaciones para el llenado de autotanques por la parte inferior.

Teniendo como finalidad primordial abatir la contaminación de la --- atmósfera por emanación de vapores, logrando con ello la protección - de ecosistemas circundantes; el ahorro de productos, pues se evita la evaporación de hidrocarburos; mayor seguridad en las instalaciones y con estos la disminución tanto de riesgos de conflagración en las --- plantas como en los daños a la salud.

En la actualidad estos sistemas se encuentran en etapa experimental y análisis comparativo, como es el caso de la instalación de membranas flotantes dentro del tanque de almacenamiento de techo fijo, las --- cuales están diseñadas para la retención de vapores, creando una ba-- rrrera entre el producto líquido y el espacio aire-vapor del tanque, - la cual reduce en gran parte el grado de evaporación de los productos almacenados.

El diámetro del tanque, tiene una influencia directa sobre la efectividad de la membrana, y si hay un incremento en el diámetro del tanque, el área relativa del sello aumenta y la eficiencia por lo tanto tiende a disminuir.

Los criterios para la instalación experimental de las membranas flotantes, se rigen por la operación del tanque elegido, las condiciones presupuestales, la disponibilidad del mismo (características más representativas tales como: Uniformidad del cuerpo del tanque y capacidad), el clima, etc.

Actualmente existen tres tipos de membranas flotantes para tanques de almacenamiento verticales :

- Pontones tipo cubeta o steel pan
- Pontones tubulares o ponton and deck
- Tipo panal de abeja o honey comb sandwich panel

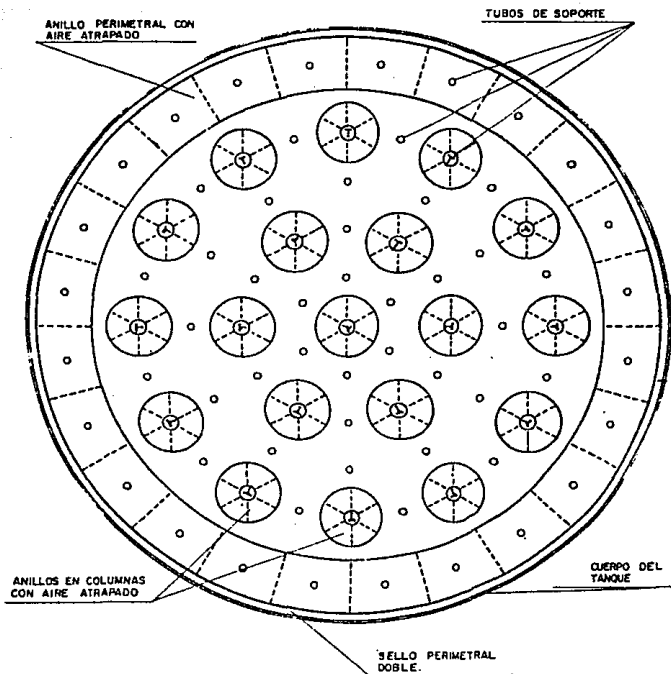
Todas ellas se han instalado en la industria para observar su operación y poder elegir la o las que aporten mayores ventajas y cumplan con los objetivos señalados.

MEMBRANA FLOTANTE DE PONTONES TIPO CUBETA O STEEL PAN (VER FIG. 3)

Se instaló en la Agencia de Ventas de Iguala, Gro., en un tanque de 5,000 Bls., que almacena Gasolina Nova.

Esta membrana opera a base de pontones independientes que tienen forma de cubeta, está constituida en un 95% de aluminio, por lo que se evita la corrosión, tiene un peso aproximado de 900 Kgs., y cuenta con 122 pontones adheridos a la membrana con remaches y sellados con

FIGURA 3. MEMBRANA FLOTANTE INTERNA TIPO CUBETA O STEEL PAN.



silición. En su perímetro tiene un sello de "Surlyn tipo "Wiper" (Ver Fig. 4) y un perfil superior en el que se fija éste, en un doblez que se encuentra en la arista superior, lleva además en la parte inferior un faldón de aluminio para sellar entre el nivel de producto y la parte inferior de la membrana.

MEMBRANA DE PONTONES TUBULARES O PONTON AND DECK (VER FIG. 5)

Se instaló en la Agencia de Ventas de Cuernavaca, Mor., en un tanque de 5,000 Bls., que almacena Gasolina Nova, opera también a base de -- pontones independientes pero en forma tubular, está constituida en un 95% de aluminio, tiene un sello perimetral de "Surlyn" tipo "Wiper" - (Ver Fig. 4), cuenta con 19 pontones de aluminio en forma tubular de 6" ϕ , colocados en la parte inferior de la membrana en forma paralela y simétricamente uno de otro, el peso total de la membrana es de --- 1500 Kgs., los pontones tubulares están sujetos a la membrana con --- abrazaderas, tienen también un faldón perimetral que sella e impide - la salida de vapores atrapados entre la parte interna de la membrana y el nivel del producto, la pared del tanque cuenta con respiraderos o ventanas que evitan la formación de vacío al bajar la membrana, que cuenta con patas para facilitar su mantenimiento, además no se requiere sacar de operación el tanque para darle mantenimiento al sello perimetral.

MEMBRANA TIPO PANAL DE ABEJA O HONEY SANDWICH PANEL (VER FIG. 6)

Se colocó en la Terminal Marítima de Veracruz, Ver., en un tanque de 30,000 Bls., de capacidad y que almacena Gasolina Nova.

Por sus características de diseño se encuentra en contacto directo - con el producto, lo que impide que se forme una cámara de vapores entre la parte inferior de la membrana y el producto almacenado.

FIGURA 4. DETALLE DE SELLO PERIMETRAL SURLIN TIPO "WIPER".

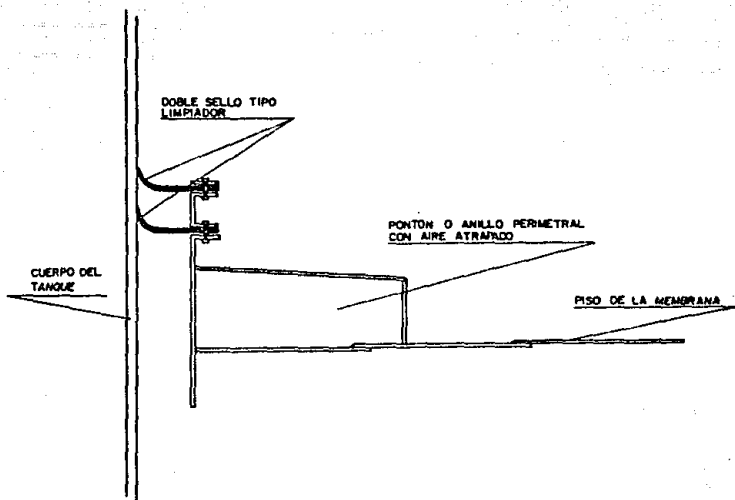


FIGURA 5. MEMBRANA FLOTANTE INTERNA TIPO PONTONES TUBULARES O ---
PONTON AND DECK.

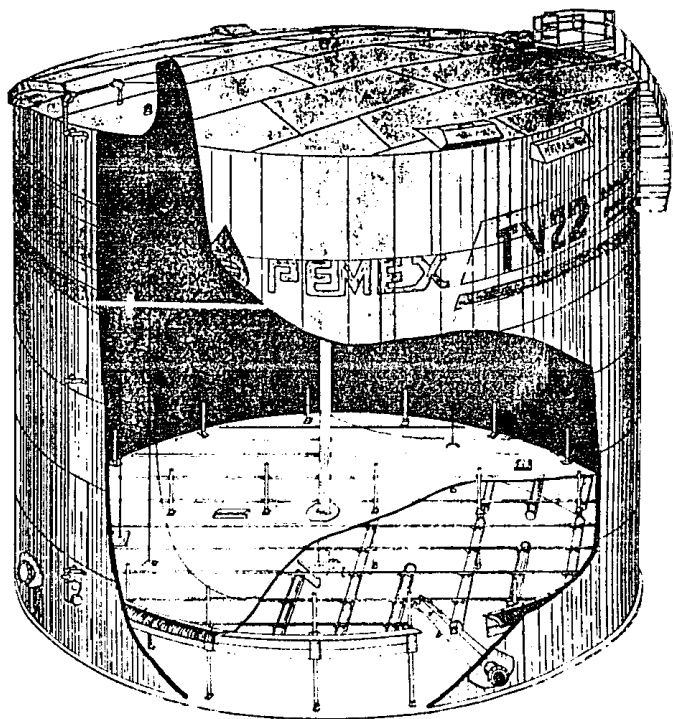
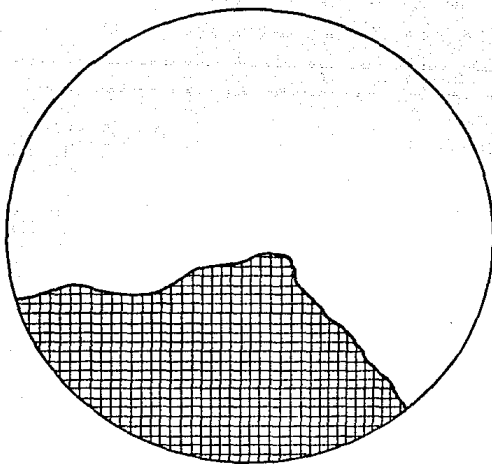


FIGURA 6. MEMBRANA FLOTANTE INTERNA TIPO PANAL DE ABEJA O HONEY --
COMB SANDWICH PANEL.



Esta membrana está constituida al igual que las anteriores en un 95% de aluminio y es resistente a los aromáticos, su construcción es de tipo "Sandwich" o "Panal de Abeja", tiene un espesor de $1\frac{1}{2}$ Pulgs., -- y pesa 2,180 Kgs., cuenta con diez patas o soportes distribuidos de manera uniforme y espaciados radialmente los cuales sirven para dar mantenimiento o sacar de operación a la membrana.

La membrana es lisa por ambos lados y por su diseño no requiere algún refuerzo extra.

EVALUACION

Con la instalación de estas membranas, se realizará una evaluación -- para determinar cual de las tres es la más conveniente, basandose -- principalmente en lo siguiente :

- Que tenga una buena hermeticidad en el sello perimetral, absorbiendo las irregularidades de la pared del tanque.
- Que sus componentes y tornillería soporten la corrosión.
- Que se le pueda dar mantenimiento y que sea posible el cambio -- de alguna de sus partes, sin sacar de operación el tanque.
- Que la inversión sea amortizable.

Como resultados preliminares se obtuvo que los tres tipos de membranas, en un principio tenían filtraciones en sus uniones y sobre todo en la periferia, pero la membrana de tipo "Panal de Abeja" se le detectó que el problema principal es el diseño, teniendo varias desventajas y se le descartó.

Con referencia a los otros dos tipos continuan en experimentación con

sus problemas.

Como dato tenemos que una membrana para un tanque de 55,000 Bls. --- tiene un costo de entre 300 y 350 millones de pesos, según el diseño.

SISTEMAS DE LLENADO DE AUTOTANQUES POR EL FONDO

A continuación se describen algunos aspectos relacionados con la sustitución del llenado tradicional de los autotanques por el sistema de llenado por el fondo.

Este sistema ha sido utilizado desde hace muchos años en los Estados Unidos de Norteamérica y Europa y permite el llenado de autotanques - a través de válvulas y conexiones montadas en la parte inferior del autotanque, esto ofrece una serie de ventajas sobre el método tradicional de llenado por arriba, el cual en su operación presentó algunos problemas, sobre todo porque al haber un flujo turbulento y chapoteo dentro del tanque provoca una mayor emisión de vapor de Gasolina a la atmósfera y con ello mayor pérdida de producto, generando una -- mayor contaminación al medio ambiente.

VENTAJA DEL LLENADO POR EL FONDO

- Se evita la turbulencia y chapoteo del producto, disminuyendo - con esto la emisión de hidrocarburos a la atmósfera.
- Se ahorra energía, pues disminuyen las pérdidas por evaporación de gasolina.
- Los autotanques se adaptan fácilmente, tanto para el nuevo sistema, como para la recuperación de vapores producidos durante la operación de llenado y descarga.

- Presenta menos peligro de incendio pues elimina la posibilidad desde salpicaduras o fugas de producto.
- Los acoplamientos entre válvulas son más rápidos.
- Es un método más seguro para el operador, pues el trabajador a nivel de piso corre menos riesgos de accidente y evita la inhalación de vapores de producto.

ASPECTOS TECNICO-OPERATIVOS

Las adaptaciones o modificaciones para instalar este sistema en autotanques e islas de llenado son las siguientes :

- **Mecánicas :**
Consta de válvulas de carga y descarga, válvulas de venteo y domo de seguridad.
- **Electrónicas :**
Cuenta con un dispositivo de prevención de sobrellenado en el tanque, el cual tiene un sensor de fibra óptica y un monitor óptico.

Cuando el operador del autotanque conecta el acoplamiento a la válvula de carga para el inicio de llenado, en ese momento, opera la válvula interlock de tres vías que hace la función de bloquear el sistema de frenos del camión y acciona neumáticamente la válvula de venteo colocada en el domo del tanque.

Cabe mencionar que todos los tanques equipados para cargar por el fondo, están provistos de un sistema de prevención de derrames para evitar el sobrellenado del tanque en caso de que el elemento primario de

control de nivel falle en su operación.

PRUEBAS REALIZADAS

Con el fin de evaluar las pérdidas por evaporación de gasolina durante el llenado de autotanques, se realizaron diversas pruebas en las Agencias de Ventas de Pachuca, Cuautla y Terminal Satélite Sur, utilizando los siguientes sistemas :

- El tradicional de carga por arriba
- El sistema de llenado por el fondo con escotilla superior cerrada, usando la válvula de venteo abierta.

En estas el Instituto Mexicanos del Petróleo evaluó los dos procedimientos orientados a minimizar las pérdidas por evaporación de productos y determinar el óptimo.

Las conclusiones esenciales que se obtuvieron de dichas pruebas, indican que con el sistema de llenado por el fondo se obtiene una mayor eficiencia, ya que hay un 0.039% del volumen de pérdida promedio por evaporación de producto, contra un 0.096% en pérdida por evaporación que se tiene con el sistema de llenado tradicional por arriba.

Este sistema se encuentra en proceso de adaptación con un costo total aproximado de 1 millón de dolares, considerando la instalación en todo el País.

CAPITULO III

III.- CUANTIFICACION DE PERDIDAS PROMEDIO POR EMISION DE VAPORES DE GASOLINA NOVA EN LA CIUDAD DE MEXICO

En este capítulo se cuantificarán las pérdidas promedio por emisión de vapores de Gasolina Nova, desde su almacenamiento hasta que llega a los automóviles consumidores.

La cantidad de emisiones de vapor está dada por la relación de la volatilidad de la Gasolina y los métodos de almacenamiento y distribución.

La forma en que se distribuye actualmente la Gasolina en el Valle de México, incluye cuatro diferentes puntos de traslado y almacenamiento, donde hay un potencial de emisiones de vapor de Gasolina, que provocan que exista pérdida de producto y son:

- Tanques de almacenamiento en las Terminales de almacenamiento y distribución.
- Llenado de autotanques en las terminales de almacenamiento y distribución.
- Llenado del tanque subterráneo en las estaciones de servicio.
- Llenado de tanques de automóviles.

III.1 CUANTIFICACION DE PERDIDAS PROMEDIO POR EMISION DE VAPORES DE GASOLINA NOVA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para la distribución de hidrocarburos que se realiza en el Valle de México se cuenta con cuatro Terminales, que son :

Terminal Satélite Oriente
 Terminal Satélite Sur
 Terminal Satélite Norte
 Terminal Azcapotzalco

Las cuales se encuentran en lugares estratégicos para cubrir -- las necesidades de abasto en todas las zonas del área metropolita_n y circunvecinas que incluyen otros estados.

- EN TERMINAL SATELITE ORIENTE

Esta Terminal cuenta para el almacenamiento de Gasolina -- Nova con cuatro tanques de 55 000 Barriles cada uno.

a).- Pérdidas promedio por evaporación en condición estática de un tanque de techo fijo de 55 000 Bls.

DATOS :

Producto : Gasolina Nova

Presión de vapor REID = 9.5 Lbs./Pulg.²

Diámetro de tanque = 100 pies

Altura del tanque = 40 pies

Altura del llenado nominal al 80% de su capacidad Ht =
 32 pies

Altura del espacio vapor H₁ = 8 pies

Altura del techo H₂ = 3 pies

Color de la pintura exterior = Blanca

Condiciones de la pintura = Buena

Temperatura ambiente máxima = 23.4° C = 74.12° F

Temperatura ambiente mínima = 9.2° C = 48.56° F

NOTA :

Los datos de temperatura fueron obtenidos del banco de datos generales climatológicos y meteorológicos (Ver Tabla - 1).

De acuerdo con la ecuación (1)

$$Lv = Kc \frac{24}{1000} \left(\frac{P}{14.7 - P} \right)^{0.68} D^{1.73} H^{0.51} T^{0.50} F_p C$$

Donde :

Lv = Pérdidas promedio por evaporación en Bls/Año.

Kc = Factor para ajustar pérdidas por evaporación en condición estática de gasolinas = 1.0

P = Presión de vapor verdadera a la temperatura del líquido, en lbs./Pulg.²

Se obtiene la presión de vapor verdadera (Ver Fig.1), - el promedio de temperatura del líquido, se toma del registro meteorológico (Ver Tabla 1), más 5° F.

$$T_m = \frac{74.12 + 48.56}{2} + 5 = 66.34^\circ F$$

Con PVR y T_m se obtiene la presión de vapor verdadera.
P = 5.6 Lbs./Pulg.²

D = Diámetro del tanque = 100 pies.

H = Altura promedio libre para la expansión de los vapores

del líquido, en pies incluyendo una corrección para el volumen del techo.

$$H = 8 \text{ pies} + \frac{1}{3} \times 3 \text{ pies} = 9 \text{ pies}$$

T = Cambio de temperatura promedio (diferencia entre los registros promedio de temperatura máxima y mínima).

$$T = 23.4^\circ \text{ C} - 9.2^\circ \text{ C} = 14.2^\circ \text{ C} = 57.56^\circ \text{ F}$$

Fp = Factor de pintura = 1.0 (Ver Tabla 2)

C = Factor de ajuste para tanques de diámetro menores a los 30 pies y para diámetro mayores = 1.0

Sustituyendo valores se tiene :

$$Lv = 1.0 \frac{24}{1000} \left(\frac{5.6}{14.7 - 5.6} \right)^{0.68} (100)^{1.73} (9)^{0.51} (57.56)^{0.50} (1)(1)$$

$$Lv = 0.024(0.7188)(2884.0315)(3.0666)(7.5868)$$

$$Lv = 1157.54 \text{ Bls./Año}$$

b).- Pérdidas promedio por evaporación en condición dinámica en tanque de techo fijo de 55 000 Bls.

De acuerdo con la ecuación (2)

$$F = \frac{K}{10} \frac{PV}{000} \times Kt \ N$$

Donde :

F = Pérdidas por evaporación promedio en Bls./Año, en condición dinámica.

K = Factor para cálculo de pérdidas por evaporación en ---
condición dinámica (K=3.0 para gasolinas).

P = Presión de vapor verdadera a la temperatura del líquido promedio y ésta es igual a la que se tomó en condiciones estáticas (calculada en el inciso a).

$$P = 5.6 \text{ Lbs./Pulg.}^2$$

V = Volumen del líquido bombeado = 44 000 Bls.

(al 80% de su capacidad nominal en promedio)

Kt = Factor cíclico para el número exacto en el cual el --
tanque se llena y/o vacía (se considera un ciclo de --
llenado y vaciado en dos días en promedio).

$$Kt = \frac{180 + N}{6 N}$$

Donde :

N = Número de ciclos por año.

$$N = \frac{365 \text{ Días/Año}}{N^{\circ} \text{ Días/Ciclo}} = \frac{\text{Ciclos}}{\text{Año}}$$

$$N = \frac{365}{2} = 182.5 = \frac{\text{Ciclos}}{\text{año}}$$

$$Kt = \frac{180 + 182.5}{6 \times 182.5} = 0.3310$$

Sustituyendo valores en la ecuación (2) se tiene :

$$F = \frac{3.0 \times 5.6 \times 44,000}{10,000} \times 0.331 \times 182.5$$

$$F = 4465.3224 \text{ Bls./Año}$$

Pérdidas promedio totales por evaporación en un tanque de 55,000 Bls.

Esto es igual a la suma de las pérdidas por evaporación en condición estática más las pérdidas por evaporación en condición dinámica.

$L_v + F =$ Pérdidas totales por evaporación

$$1157.542 + 4465.3224 = 5622.86 \text{ Bls./Año}$$

En la Terminal Satélite Oriente se tienen cuatro tanques - de 55,000 Barriles cada uno, para lo cual se consideran -- las mismas condiciones para los cuatro tanques.

Pérdidas promedio totales por evaporación en los cuatro -- tanques de 55,000 Bls. = 22 491.5 Bls./Año

Para obtener el % volumen de emisiones respecto al volumen manejado, tomamos el dato de ventas promedio anuales por - Terminal:

$$VPA = 11'854,906 \text{ Bls./Año}$$

$$\% \text{ VOL.} = \frac{22,491.5}{11'854,906} \times 100 = 0.19$$

- EN LA TERMINAL SATELITE SUR

Esta Terminal cuenta con dos tanques de 55,000 barriles - cada uno para el almacenamiento de Gasolina Nova.

Estos tanques tienen una operación similar a la que se -- tiene en la Terminal Satélite Oriente e iguales condicio nes ambientales, por lo tanto se calculó que las pérdidas promedio en tanques de almacenamiento en esta Terminal -- son :

$$5622.86 \times 2 = 11,245.72 \text{ Bls./Año}$$

- EN LA TERMINAL SATELITE NORTE

Esta Terminal cuenta para el almacenamiento de Gasolina -- Nova con dos tanques de 100,000 Barriles cada uno.

a).- Pérdidas promedio por evaporación en condición estáti -- tica en un tanque de techo fijo de 100,000 Bls.

Datos :

Producto	:	Gasolina Nova
Presión de vapor REID	=	9.5 Lbs/Pulg. ²
Diámetro del tanque	=	134 pies
Altura del tanque	=	40 pies
Altura de llenado nominal al 80% de su capacidad Ht	=	32 pies
Altura del espacio vapor H ₁	=	8 pies
Altura del techo H ₂	=	3 pies
Color de la pintura exterior	=	Blanca
Condiciones de la pintura	=	Buena

Temperatura ambiente máxima	=	23.4° C	=	74.12° F
Temperatura ambiente mínima	=	9.2° C	=	48.56° F

Nota ;

Los datos de temperatura fueron obtenidos del banco de datos generales climatológicos y meteorológicos (Ver Tabla - 1).

De acuerdo a la ecuación (1)

$$Lv = Kc \frac{24}{1000} \left(\frac{P}{14.7 - P} \right)^{0.68} D^{1.73} H^{0.51} T^{0.50} F_{PC}$$

Donde :

Lv= Pérdidas promedio por evaporación en condición estática en Bls./Año.

Kc= Factor para ajustar pérdidas por evaporación en condición estática de Gasolinas = 1.0

P = Presión de vapor verdadera a la temperatura del líquido en Lbs./Pulg.²

Se obtiene la presión de vapor verdadera (Ver Fig. 1), el promedio de temperatura del líquido, se toma del registro meteorológico (Ver Tabla 1), más 5° F

$$T_m = \frac{74.12 + 48.56}{2} + 5 = 66.34° F$$

con PVR y T_m se obtiene la presión de vapor verdadera
P = 5.6 Lbs./Pulg.²

D = Diámetro del tanque = 134 pies

H = Altura promedio libre para la expansión de los vapores del líquido en pies, incluyendo una corrección para el volumen del techo.

$$H = 8 \text{ pies} + \frac{1}{3} \times 3 \text{ pies} = 9 \text{ pies}$$

T = Cambio de temperatura promedio (diferencia entre los registros promedio de temperatura máxima y mínima).

$$T = 23.4^{\circ}\text{C} - 9.2^{\circ}\text{C} = 14.2^{\circ}\text{C} = 57.56^{\circ}\text{F}$$

Fp = Factor de pintura = 1.0 (Ver Tabla 2)

C = Factor de ajuste para tanques de diámetros menores a los 30 pies y para diámetro mayores = 1.0

Sustituyendo valores se tiene :

$$Lv = 1.0 \frac{24}{1000} \left(\frac{5.6}{14.7 - 5.6} \right)^{0.68} (134)^{1.73} (9)^{0.51} (57.56)^{0.50} (1) (1)$$

$$Lv = 1920.56 \text{ Bls/Año}$$

b). - Pérdidas promedio por evaporación en condición dinámica en tanques de techo fijo de 55,000 Bls.

De acuerdo con la ecuación (2)

$$F = \frac{K PV}{10,000} \times Kt N$$

Donde :

F = Pérdidas por evaporación promedio en condición dinámica en Bls/Año.

K = Factor para cálculo de pérdidas por evaporación en condición dinámica (K=3.0 para Gasolinas).

P = Presión de vapor verdadera a la temperatura del líquido promedio y esta es igual a la que se tomó en condición estática (calculada en el inciso a)

$$P = 5.6 \text{ Lbs./Pulg.}^2$$

V = Volumen del líquido bombeado = 80,000 Bls.
(al 80% de su capacidad nominal promedio)

Kt = Factor cíclico, para el número exacto en el cual el tanque se llena o se vacía (se considera un ciclo de llenado y vaciado en cinco días en promedio).

$$Kt = \frac{180 + N}{6 N}$$

Donde :

N = Número de ciclos por año.

$$N = \frac{365 \text{ Días/Año}}{N^{\circ} \text{ Días/Ciclo}} = \frac{\text{Ciclos}}{\text{Año}}$$

$$N = \frac{365}{5} = 73 \frac{\text{Ciclos}}{\text{Año}}$$

$$Kt = \frac{180 + 73}{6 \times 73} = 0.5776$$

Sustituyendo valores en la ecuación (2) se tiene :

$$F = \frac{3.0 \times 5.6 \times 80,000}{10,000} \times 0.5776 \times 73$$

$$F = 5666.95 \text{ Bls./Año}$$

Pérdidas promedio totales por evaporación en un tanque de 100,000 Bls.

Esto es igual a la suma de las pérdidas por evaporación en condición estática más las pérdidas por evaporación en condición dinámica.

$L_v + F =$ Pérdidas totales por evaporación

$$1920.5611 + 5666.949 = 7587.51 \text{ Bls./Año.}$$

En la Terminal Satélite Norte se tienen dos tanques de --- 100,000 barriles cada uno, para lo cual se consideran las mismas condiciones para los dos tanques.

Pérdidas promedio totales por evaporación en los dos tanques de 100,000 bls. = 15 175.02 Bls./Año

EN LA TERMINAL AZCAPOTZALCO

Esta Terminal cuenta para el almacenamiento de Gasolina No va con tres tanques de 80,000 barriles cada uno.

a).- Pérdidas promedio por evaporación en condición estática en un tanque de techo fijo de 80,000 Bls.

Datos :

Producto	:	Gasolina Nova
Presión de vapor REID	=	9.5 Lbs./Pulg. ²
Diámetro del tanque	=	120 pies
Altura del tanque	=	40 pies
Altura de llenado nominal al 80% de su capacidad Ht	=	32 pies
Altura del espacio vapor H ₁	=	8 pies
Altura del techo H ₂	=	3 pies
Color de la pintura exterior	=	Blanca
Condiciones de la pintura	=	Buena
Temperatura ambiente máxima	=	23.4° C = 74.12° F
Temperatura ambiente mínima	=	9.2° C = 48.56° F

Nota :

Los datos de temperatura fueron obtenidos del banco de datos generales climatológicos y meteorológicos (Ver Tabla - 1).

De acuerdo con la ecuación (1)

$$L_v = K_c \frac{24}{1000} \left(\frac{P}{14.7 - P} \right)^{0.68} D^{1.73} H^{0.51} T^{0.50} F_{pC}$$

Donde :

L_v = Pérdidas promedio por evaporación en condición estática en Bls./Año.

K_c = Factor para ajustar pérdidas por evaporación en condición estática de Gasolinas = 1.0

P = Presión de vapor verdadera a la temperatura del líquido en Lbs./Pulg.²

Se obtiene la presión de vapor verdadera (Ver Fig. 1), el promedio de temperatura del líquido, se toma del registro meteorológico (Ver Tabla 1), más 5° F.

$$T_m = \frac{74.12 + 48.56}{2} + 5 = 66.34^\circ \text{ F}$$

Con PVR y T_m se obtiene la presión de vapor verdadera
 $P = 5.6 \text{ Lbs./Pulg.}^2$

D = Diámetro del tanque = 120 pies

H = Altura promedio libre para la expansión de los vapores del líquido en pies, incluyendo una corrección para el volumen del techo.

$$H = 8 \text{ pies} + \frac{1}{3} \times 3 \text{ pies} = 9 \text{ pies}$$

T = Cambio de temperatura promedio (diferencia entre los registros promedio de temperatura máxima y mínima).

$$T = 23.4^\circ \text{ C} - 9.2^\circ \text{ C} = 14.2^\circ \text{ C} = 57.56^\circ \text{ F}$$

F_p = Factor de pintura = 1.0 (Ver Tabla 2)

C = Factor de ajuste para tanques de diámetros menores a los 30 pies y para diámetro mayores = 1.0

Sustituyendo valores se tiene :

$$Lv = \frac{1.0 \times 24}{1000} \left(\frac{5.6}{14.7 - 5.6} \right)^{0.68} (140)^{1.73} (9)^{0.51} (57.56)^{0.50} (1)(1)$$

$$Lv = 2071.75 \text{ Bls./Año}$$

b).- Pérdidas promedio por evaporación en condición dinámica en tanques de techo fijo de 80,000 Bls.

De acuerdo con la ecuación (2)

$$F = \frac{K PV}{10,000} \times Kt N$$

Donde :

F = Pérdidas por evaporación promedio en condición dinámica en Bls./Año.

K = Factor para cálculo de pérdidas por evaporación en condición dinámica (K = 3.0 para Gasolinas).

P = Presión de vapor verdadera a la temperatura del líquido promedio y esta es igual a la que se tomó en condición estática (calculada en el inciso a).

$$P = 5.6 \text{ Lbs./Pulg.}^2$$

V = Volumen del líquido bombeado = 64,000 Bls.
(al 80% de su capacidad nominal promedio)

Kt = Factor cíclico, para el número exacto en el cual el -- tanque se llena o se vacía (se considera un ciclo de -- llenado y vaciado en tres días promedio).

$$Kt = \frac{180 + N}{6 N}$$

Donde :

N = Número de ciclos por año

$$N = \frac{365}{3} = 121.667 \frac{\text{Ciclos}}{\text{Año}}$$

$$Kt = \frac{180 + 121.667}{6 \times 121.667} = 0.413$$

Sustituyendo valores en la ecuación (2) se tiene :

$$F = \frac{3.0 \times 5.6 \times 64,000}{10,000} \times 0.413 \times 121.667$$

$$F = 5402.72 \text{ Bls./Año}$$

Pérdidas promedio totales por evaporación en un tanque de 80,000 Bls.

Esto es igual a la suma de las pérdidas por evaporación en condición estática más pérdidas por evaporación en condición dinámica.

$L_v + F =$ Pérdidas totales por evaporación

$$2071.75 + 5402.72 = 7474.46 \text{ Bls./Año}$$

En la Terminal Azcapotzalco se tienen tres tanques de 80,000 barriles cada uno, para lo cual se consideran las mismas condiciones para los tres tanques.

Pérdidas promedio totales por evaporación en los tres tan-

ques de 80,000 Bls. = 22,423.39 Bls./Año.

T O T A L

La suma de las pérdidas promedio en tanques de almacenamiento dentro de las Terminales de almacenamiento y distribución en el Valle de México es :

- Terminal Satélite Oriente	22,491.50 Bls./Año
- Terminal Satélite Sur	11,245.72 Bls./Año
- Terminal Satélite Norte	15,175.02 Bls./Año
- Terminal Azcapotzalco	22,423.39 Bls./Año

T O T A L

71,335.63 Bls./Año

III.2 CUANTIFICACION DE PERDIDAS PROMEDIO POR EMISION DE VAPORES DE GASOLINA NOVA EN EL LLENADO DE AUTOTANQUES

Estas pérdidas se calcularán en porcentaje del volumen promedio manejado de Gasolina en el llenado de autotanques.

Se consideran condiciones de operación y diseño del llenado de autotanques iguales en las cuatro Terminales de Almacenamiento y Distribución, por lo tanto se evaluarán las pérdidas en función del porcentaje calculado en relación con el volumen promedio de Gasolina manejado en un año en cada una de las Terminales.

De acuerdo a la ecuación (4)

$$E_{11} = 0.45 \times C_s \left(C_p \times V_b \frac{1-C_p}{1-C_s} \right)$$

Donde :

Ell = Emisión de llenado, expresado como un porcentaje del volumen del líquido.

Cs = Concentración de vapores de Gasolina bajo condiciones de equilibrio (saturado completo).

Este es proporcional a la presión de vapor verdadera del producto líquido en bars y se sustituye directamente en la ecuación (4).

El valor de la presión de vapor verdadera ya fué calculada en incisos anteriores y es:

$$P_v = 5.6 \text{ Lbs./Pulg.}^2$$

$$\frac{1 \text{ Bar}}{x} = \frac{14.5 \text{ Lbs./Pulg.}^2}{5.6 \text{ Lbs./Pulg.}^2}$$

$$\frac{5.6}{14.5} = 0.3863 \text{ Bar} = C_s$$

Cp = Promedio de concentración de vapor de prellenado, -- expresado como una fracción de saturación.

Este caso como se vió en el capítulo II, se toma el inciso a) compartimiento del camión después de descarga completa en un punto, debido a que en Petróleos Mexicanos existe una política comercial de precisión en volumen facturado - volumen entregado.

$$C_p = 0.2 \text{ (20\%)}$$

V_b = Este parámetro representa la cantidad de chapoteo para este valor tomaremos el inciso c) mencionado en el capítulo III, puesto que se utilizan brazos de llenado de 1.12 Mts., de largo y el tanque de transporte, tiene 1.54 de fondo y como resultado tenemos que la salida del brazo de llenado queda a 0.42 Mts. de altura desde el fondo del tanque.

Interpolando tenemos :

<u>Altura desde el fondo</u>	V_b
0.38	0.26
0.42 \pm	Y
1.40	0.54

$$1.4 - 0.38 = 1.02$$

$$0.54 - 0.26 = 0.28$$

$$0.42 - 0.38 = 0.04$$

$$1.02 \text{ --- } 0.28$$

$$0.04 \text{ --- } X$$

$$X = 0.1$$

$$Y = 0.26 + 0.1 = 0.27 = V_b$$

$$E_{11} = 0.45 \times 0.3863 \left(0.2 + 0.27 \frac{1 - 0.2}{1 - 0.3863} \right)$$

$$E_{11} = 0.096 \%$$

Para el cálculo de pérdidas promedio por emisiones de vapor de Gasolina Nova en el llenado de autotanques se va a utilizar el porcentaje de pérdidas que resultó anteriormente por las ventas promedio anual por Terminal.

-	Terminal Satélite Oriente		
	Ventas promedio anual =	11'854,906 Bls/Año	
	$11'854,906 \times 0.00096$		11,380.71 Bls/Año
-	Terminal Satélite Sur		
	Ventas promedio anual =	7'379,559 Bls/Año	
	$7'379,559 \times 0.00096$		7,084.38 Bls/Año
-	Terminal Satélite Norte		
	Ventas promedio anual =	4'761,006 Bls/Año	
	$4'761,006 \times 0.00096$		4,570.57 Bls/Año
-	Terminal Azcapotzalco		
	Ventas promedio anual =	15'282,830 Bls/Año	
	$15'282,830 \times 0.00096$		14,671.52 Bls/Año
-	T O T A L		<hr/> 37,707.18 Bls/Año

III.3 CUANTIFICACION DE PERDIDAS PROMEDIO POR EMISION DE VAPORES DE GASOLINA NOVA EN EL LLENADO DE TANQUES SUBTERRANEOS EN ESTACIONES DE SERVICIO

Estas pérdidas se calcularán en porcentaje de volumen promedio manejado, por medio de la ecuación (5) :

$$Ed = 0.45 \times 10^{-3} (Pr)$$

Donde :

Ed= Emisiones de tanques de almacenamiento subterráneo en estaciones de servicio en % del volumen manejado.

Pr= Presión de vapor verdadera del producto en M bars, este valor ya fué calculado en el inciso anterior, pero en bars.

$$Pr = 0.3863 \text{ bars (1000)} = 386.3 \text{ M bars}$$

$$Ed = 0.45 \times 10^{-3} (386.3)$$

$$Ed = 0.175 \% \text{ vol.}$$

Las cuatro Terminales de Almacenamiento y Distribución que consideramos en este estudio, surten de Gasolina Nova a 361 estaciones de servicio locales y 17 foráneas, aquí se consideran únicamente las 361 estaciones de servicio locales, por encontrarse dentro del área metropolitana, las cuales tiene un consumo promedio anual de : 35'320,924 Bls/Año, de este volumen manejado, obtenemos las pérdidas buscadas :

$$35'320,924 \times 0.00175 = 61,811,62 \text{ Bls/Año}$$

III.4 CUANTIFICACION DE PERDIDAS PROMEDIO POR EMISION DE VAPORES DE GASOLINA NOVA EN EL LLENADO DE TANQUES DE AUTOMOVILES

En la zona metropolitana se calcula que circulan cerca de dos millones de automóviles, que consumen Gasolina Nova, estos automóviles son tanto del Distrito Federal como del Estado de México.

Estas pérdidas se calcularán en porcentaje de volumen promedio manejado, por medio de la ecuación (6) :

$$E_{\text{exp.}} = (-3.172 + 0.021 T_f - 0.0221 T_v + 64 \times 10^{-6} T_v \times P_r + 1.14 \times 10^{-3} P_r)$$

Donde :

T_f = Temperatura de la Gasolina suministrada en °C consideramos la temperatura promedio anual de la Ciudad de México

$$T_f = 17^\circ \text{ C}$$

T_v = Temperatura del vapor desplazado en °C, se considera 5° -- mayor que la Gasolina suministrada.

$$T_v = 22^\circ \text{ C}$$

P_r = Presión de vapor REID en MBars.

$$P_r = 9.5 \text{ Lbs/Pulg.}^2 = P_r = 655.17 \text{ MBar}$$

$$E_{\text{exp.}} = (-3.172 + 0.021 (17) - 0.0221 (22) + 64 \times 10^{-6} (22) (655.17) + 1.14 \times 10^{-3} (655.17))$$

$$E_a = 0.20 \% \text{ vol.}$$

En este caso consideramos que el volumen manejado es igual al volumen que se empleó en el inciso anterior, pero menos las -- pérdidas sufridas en el llenado de tanques subterráneos en las estaciones de servicio.

Vol. manejado = 35'259,112 Bls/Año

Pérdidas por emisión de vapores de Gasolina Nova en el llenado de tanques en automóviles = Vol. manejado x 0.002

$35'259,112 \times 0.002 = 70,518.22 \text{ Bts/Año}$

III.5 TOTAL DE PERDIDAS PROMEDIO EN VOLUMEN Y PERDIDAS ECONOMICAS

Para obtener un gran total consideramos las pérdidas ya -- calculadas en estos cuatro puntos :

- Pérdidas promedio en tanques de almacenamiento en las 4 -- Terminales de Almacenamiento y Distribución :

71,335.62 Bts/Año

- Pérdidas promedio en el llenado de tanques de transporte - en las 4 Terminales de Almacenamiento y Distribución :

37,707.18 Bts/Año

- Pérdidas promedio en el llenado de tanques de Almacenamiento en las Estaciones de Servicio 61,811.62 Bts/Año

- Pérdidas promedio en el llenado de tanques de automóviles.

70,518.22 Bts/Año

GRAN TOTAL 241,372.64 Bts/Año

- Pérdidas promedio por evaporación :

Precio Gasolina al público = 710.0 \$/Lt. x 159 $\frac{\text{Lt}}{\text{Bts.}}$
= 112,890 \$/Bts.

Pérdidas totales = \$ 27,248,557,000 POR AÑO

CAPITULO IV

IV.- PROBLEMAS ORIGINADOS POR LAS EMISIONES DE VAPOR DE GASOLINA

El vapor emitido durante el manejo de hidrocarburos provoca principalmente problemas de tipo ambiental, económico y de seguridad.

La problemática de la contaminación atmosférica es originada por el uso de energéticos derivados del petróleo, en grandes asentamientos urbano-industriales, como es la ciudad de México, generados por --- fuentes fijas o producción industrial y en fuentes móviles o vehicu-
lares.

Según cálculos de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente -- (SMA), en el año de 1990 se emitieron a la atmósfera 4'030,000 tone-
ladas de contaminantes los cuales provienen en un 25% de fuentes --
industriales y el 75% como resultado de la contaminación vehicular.

Las sustancias emitidas a la atmósfera por el consumo y manejo de -
productos derivados del petróleo están sujetos a una variedad de in-
fluencias físicas y químicas que pueden originar productos indesea-
bles, debido a las reacciones fotoquímicas que se llevan a cabo en
la atmósfera dando como resultado ciertos fenómenos fisiológicos y
toxicológicos en el hombre, plantas y animales, así como las reac-
ciones que convierten estos productos en otros no dañinos.

El smog o niebla fotoquímica, que se presenta con frecuencia en el
Valle de México es debido a los compuestos que se emiten a la atmós-
fera, interviniendo en parte los hidrocarburos no quemados que pro-
ceden de los gases de escape de vehículos, así como los que se eva-
poran, provenientes de diferentes fuentes.

Según los cálculos realizados, la cantidad de Gasolina Nova que va
a la atmósfera es de 31'137,071 Litros/Año; con una densidad de ---
0.726 Kg/Lt. y con esto tenemos que son 22,605.5 Ton/Año de contami-

nantes, y esto representa el 0.6 % del total de emisiones de contaminantes en el Valle de México

En el ámbito económico se tiene una pérdida promedio anual de Gasolina Nova de 31'137,071 Litros y considerando que el valor actual de la Gasolina es de \$ 710.00, resulta un total de \$ 27,248,557,000 lo cual hace notar una pérdida económica considerable.

En relación a la seguridad, existen riesgos de conflagración en las instalaciones donde se almacena como en las estaciones de servicio al existir estos vapores libres en la atmósfera, en el caso de existir algún siniestro podría afectar instalaciones con valor de varios millones de pesos y sin contar las vidas humanas que correrían riesgo.

CAPITULO V

V.- ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Para el control de emisiones de hidrocarburos durante el proceso de almacenamiento, distribución y venta, se requiere esencialmente el manejo de estos en un sistema cerrado.

Sin embargo, en la práctica, siempre existen aberturas en materia -- de manejo de hidrocarburos y es en estos puntos donde se debe adoptar un control de emisiones. Estas aberturas son : Válvulas de venteo en tanques de almacenamiento y autotanques, tubos de ventilación en tanques subterráneos en las estaciones de servicio, la boquilla -- para el suministro de Gasolina en automóviles.

Para el control de emisiones en estas aberturas se han desarrollado técnicas, en un principio para abatir la contaminación ambiental, to mando en cuenta la situación en ese tiempo, la recuperación de la -- inversión era muy difícil, considerando los precios recientes de las Gasolinas, la situación ha cambiado puesto que este proceso ahora -- puede autofinanciarse, debido a las características superiores en -- cuanto a eficiencia de recuperación de producto, costos de construcción, costos de operación, etc., de estos equipos para el control de emisiones.

Para el desarrollo de este capítulo se considerará sólo la Terminal Satélite Oriente y las 112 estaciones de servicio que surte.

V.1 TECNICAS DE CONTROL

En este inciso se mencionarán y posteriormente se dará una breve descripción de las técnicas de control más eficientes.

EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO

- Membranas Flotantes Internas
- Balanceo de Vapor
- Equipo de Recuperación de Vapor

EN EL LLENADO DE AUTOTANQUES

- Llenado por el Fondo
- Balanceo de Vapor
- Equipo de Recuperación de Vapor

EN EL LLENADO DEL TANQUE SUBTERRANEO EN LA ESTACION DE SERVICIO

- Balanceo de Vapor
- Equipo de Recuperación de Vapor

EN EL LLENADO DE AUTOMOVILES

- Balanceo de Vapor

Membranas Flotantes Internas

Las membranas flotantes internas, como ya se vió en el Capítulo II, son para evitar el contacto entre el producto y el aire, -- por ello evitando la evaporación del producto dentro del tanque de almacenamiento. Y con esto previniendo o reduciendo emisiones por desplazamiento, evaporación y salida de producto.

Beneficios de las membranas flotantes internas

El beneficio principal al usar estas membranas es la reducción de emisiones provocadas al evitar el contacto entre el producto y el aire dentro del tanque.

Costos de las membranas flotantes internas

Una membrana flotante interna para un tanque de 55,000 Bls. --- (100* Ø), dependiendo del tipo, tiene un costo aproximado (en miles de pesos) de :

\$ 320'000	
5'000	Gastos de mantenimiento anual
-----	aproximado
\$ 325'000	

Balanceo de Vapor

El balanceo de vapor está basado en el principio de que para -- cada volumen de Gasolina recibido habrá un volumen igual de -- atmósfera desplazado en el compartimento, más una cantidad adicional de vapor como resultado de evolución del líquido recibido. El volumen adicional estará relacionado al máximo nivel de saturación posible, el promedio del nivel de saturación para --

llenado y la mezcla de aire/vapor dejado en el compartimiento - al ser descargado.

Bajo el principio anterior, la mezcla aire/vapor desplazada durante el llenado de un depósito cerrado pueden ser controlada - dirigiendo ésta al espacio aire/vapor del depósito donde el producto es extraído, éste desplazamiento es debido al aumento del nivel del líquido.

El balanceo de vapor puede prevenir o reducir significativamente las emisiones por desplazamiento de un depósito al ser llenado, pero no controlará las emisiones por evaporación.

También como la atmósfera dentro del depósito donde se dirigieron los vapores desplazados está casi o totalmente saturada, esto reducirá la evolución de vapor de la Gasolina fresca durante el relleno del compartimiento.

Si un vapor totalmente saturado ha sido desplazado desde el depósito en llenado, la evolución de vapor en el depósito donde el producto es extraído será cero.

- Recuperador de Vapor

Las mezclas de vapor de hidrocarburo/aire emitidas durante el almacenamiento, distribución y venta de hidrocarburos, pueden ser recogidos por medio de un equipo de balanceo de vapor, como ya se describió anteriormente, y tratados para que estos vapores de hidrocarburos sean separados del aire y ser licuados. El equipo para realizar esta separación es conocido como un equipo recuperador de vapor. En nuestro país a la fecha no se ha instalado ningún equipo recuperador de vapor.

Este tipo de equipos se usan en países donde la protección ambiental está más desarrollada, como son : Estados Unidos de Norteamérica, Japón y algunos países de Europa.

Existen numerosas tecnologías que pueden ser utilizadas para el control y recuperación de los vapores de hidrocarburos recogidos. Dos de las tecnologías más usadas son las siguientes :

Adsorción/Absorción por medio de un carbón

Refrigeración

A continuación se hará una breve explicación de estas tecnologías :

Adsorción/Absorción por medio de carbón

El carbón activado preferencialmente adsorbe moléculas de mezclas gaseosas porque cuenta con una estructura muy porosa y por lo tanto un área muy grande. Los hidrocarburos son adsorbidos en la superficie del carbón. Se aumenta la adsorción por medio de altas presiones, bajas temperaturas y altas concentraciones de hidrocarburos en la mezcla del vapor. La adsorción continúa hasta que el área disponible es llenada o saturada. El hidrocarburo recuperado es entonces removido por medio de invertir una o más condiciones (Presión, Temperatura o Concentración).

Los vapores desplazados entran al recipiente de carbón activado por el fondo y son trasladados hacia arriba a través del carbón. Los hidrocarburos son adsorbidos, y el aire purificado sale a la atmósfera a través de una ventila superior. Se cuenta con dos camas de carbón para un servicio continuo. Mientras que en una cama de carbón los hidrocarburos están siendo retirados --

(regeneración), la segunda cama de carbón está en el flujo, --
adsorbiendo hidrocarburos.

Los vapores de hidrocarburos y los líquidos de hidrocarburos --
condensados son descargados por medio de una bomba de vacío --
hacia un recipiente separador/absorbedor. Los vapores que no lo
graron condensarse sólo con una pequeña cantidad de aire, flu--
yen hacia la base de la columna de absorción llena y se despla--
za hacia arriba. Un hidrocarburo líquido desde el tanque de al--
macenamiento es bombeado a la parte alta de la columna y, como
un chorro hacia abajo directo al separador, se absorberán más
hidrocarburos de la mezcla de aire/hidrocarburos. El líquido re
colectado en el separador es regresado hacia el tanque de alma--
cenamiento.

Un pequeño flujo de aire e hidrocarburos desde arriba de el --
absorbedor es reciclado hacia la cama de carbón que está en --
absorción, donde los hidrocarburos sobrantes son adsorbidos --
(Ver Fig. 7).

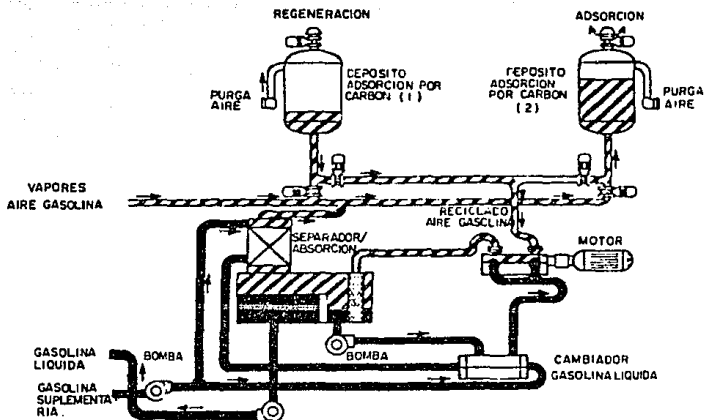
Esta clase de equipo ofrece las siguientes ventajas :

- Recuperación de hidrocarburos de un 99%.
- Existen instalados cientos de estos equipos en el mundo.
- Medidas para cada aplicación

Refrigeración

Los vapores entran al condensador donde se le quita la humedad
en la sección inicial de tubos con platos muy espaciados.

FIGURA 7. DIAGRAMA DE UN EQUIPO DE RECUPERACION DE VAPOR POR MEDIO DE ADSORCION/ABSORCION.



Este diseño espaciado minimiza la presión debido al enfriado. - En la siguiente sección del serpentín con unos platos muy cercanos, los vapores son condensados y recolectados directamente como líquido. El diseño y uso de un condensador con un refrigerante de expansión directa permit. un incremento en la presión de succión del compresor de refrigeración de la unidad a una -- temperatura de condensado constante (Ver Fig. 8).

Costo equipo de recuperación (en miles de pesos)

Consideraremos tres opciones según su aplicación :

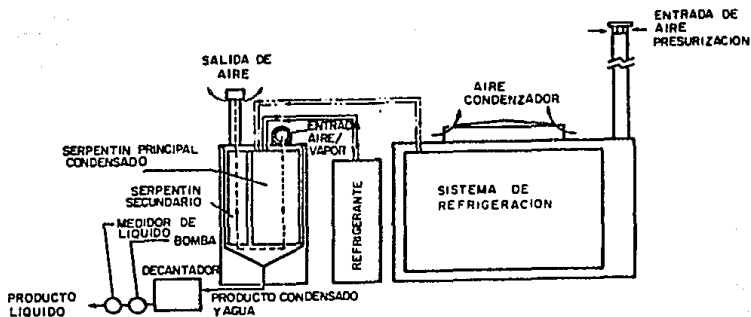
- Equipo de recuperación de vapores conectado al llenado de autotanques (para el volumen de Gasolina que se maneja en la Terminal Satélite Oriente).

Costo equipo rec. de vapores	\$	2,100'000
Operación y mantenimiento (anual)		200'000
T O T A L		2,300'000

- Equipo de recuperación de vapores conectado a los tanques de almacenamiento (para el volumen de Gasolina que se maneja en la Terminal Satélite Oriente), aquí es necesario - interconectar los cuatro tanques que manejan Gasolina Nova y el equipo de recuperación de vapor, según las especificaciones de este equipo, se utiliza tubería de 10"Ø, se calculan 444 Mts. de tubería.

Costo equipo de rec. vapores	\$	2,700'000
Tubería y accesorios		82'800
Operación y mantenimiento (anual)		280'000
T O T A L	\$	3,062'000

FIGURA 8. DIAGRAMA DE UN EQUIPO DE RECUPERACION DE VAPOR POR MEDIO DE REFRIGERACION.



- Equipo de recuperación de vapores para conectarse a los --
tanques subterráneos en una estación de servicio

Costo equipo de rec. de vapores	\$	180'000
operación y mantenimiento (anual)		5'000

T O T A L	\$	185'000

Para obtener estos costos se tomó un promedio en el costo de diferentes tipos de equipos, según su volumen manejado y el sistema utilizado.

Llenado por el fondo

Como ya se explicó en el capítulo II el beneficio obtenido del llenado por el fondo es que reduce en gran parte las emisiones ocasionadas por turbulencia y el chapoteo de la Gasolina al entrar al autotanque, en comparación con el sistema tradicional de llenado por arriba.

Costo

Para realizar esta adaptación se considera un costo aproximado de \$ 2'500,000 por cada autotanque y no se considera en este -- estudio puesto que es una acción ya en vías de realizarse.

V.2 TECNICAS DE CONTROL DE UN SISTEMA INTEGRAL DE DISTRIBUCION

- Balanceo de vapor

Esta técnica teóricamente podría ser aplicada en un sistema completo de distribución. Los vapores desplazados desde un tanque de automóvil pueden controlarse por medio de balanceo de vapor y finalmente ser retornados a un tanque de almacenamiento de la Terminal. En algunos casos el vapor podría ser retornado hasta un tanque de almacenamiento de la Refinería. De esto se podría obtener el beneficio de la reducción de emisiones a la atmósfera y adicionalmente prevenir la evolución de vapores de productos durante las etapas de almacenamiento y distribución. Sin embargo, las emisiones ocasionadas por evaporación no se pueden evitar.

En el caso de un tanque de almacenamiento que tenga membrana flotante interna o techo flotante, ahí no habrá manera de retornar el vapor desplazado de los autotanques, pero el vapor evolucionado, estará controlado por esos mecanismos.

- Control de vapores durante el llenado de automóviles

Los vapores desplazados desde el tanque de Gasolina de los automóviles durante el llenado, pueden ser controlados por medio del retorno de éstos al tanque subterráneo de la estación de servicio. Debido a la agitación y turbulencia dentro del tanque causado por el movimiento del automóvil, el vapor desplazado siempre estará completamente saturado. Este vapor, cuando regrese al tanque subterráneo, evitará la evolución de vapor de Gasolina en ese tanque.

Beneficios del balanceo de vapor durante el llenado de - automóviles

El balanceo de vapor puede evitar entre 70 y 80% de emisiones por desplazamiento que normalmente ocurren durante el llenado de tanques de Gasolina de automóviles. La emisión estimada es 0.20% del volumen líquido aproximadamente, utilizando un sistema de balanceo de vapor, la reducción de emisión será de entre 0.14 y 0.16% del volumen líquido aproximadamente, según cálculos posteriores.

El efecto del balanceo de vapor será prevenir la evolución de vapor dentro del tanque subterráneo en la estación de servicio.

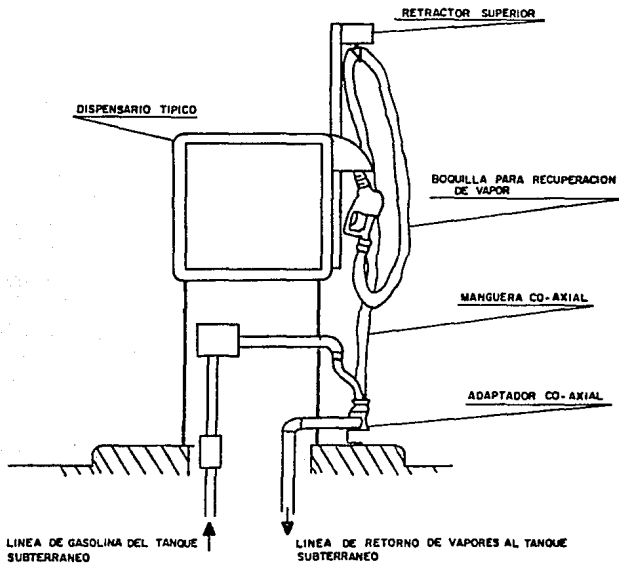
Así mismo, como el aire no entrará al tanque, las emisiones por salida de producto, se estimarán del 0.01% de volumen líquido aproximadamente, también se evitarán.

Consideraciones y limitaciones prácticas del balanceo de vapor durante el llenado de automóviles.

En la práctica se utiliza una manguera con doble diámetro (coaxial), el interior es por donde se despacha la Gasolina y por el exterior se recupera el vapor. La boquilla de despacho es de dos diámetros también y cuenta con una cubierta anular que la rodea capaz de realizar una conexión que se ajuste herméticamente con el tubo de entrada al tanque del automóvil, para que el vapor sea dirigido por medio de la manguera paralela de regreso a la bomba de despacho y de ahí al tanque subterráneo (Ver Fig. 9).

Las medidas de entrada que tienen los tanques de los automóviles, tipos y lugares donde se encuentran son muy variables.

FIGURA 9. ACCESORIOS NECESARIOS PARA RECOLECTAR VAPORES DURANTE EL LLENADO DE AUTOMOVILES (BALANCEO DE VAPOR).



Por lo general cada modelo tiene características diferentes, esto hace que el control de vapores desplazados durante el llenado se dificulte y por lo tanto tiene una eficiencia del 70 al 80% aproximadamente.

Costos (en miles de pesos)

Pistola recuperadora de vapor	628	
Adaptador coaxial	232	
Retractor de manguera	823	
Manguera coaxial 5/8" x 13	537	
Kit de conversión para adaptar la bomba con la pistola y otros accesorios	370	

T O T A L	2'590	
Más 15% Instalación	388	

	2'978	
Gastos de mantenimiento/año	3'228	por bomba

Balaneo de vapor en el tanque subterráneo en la estación de servicio

El control de los vapores desplazados desde un tanque subterráneo durante el llenado puede ser efectuado mediante balanceo de vapor, el vapor es retornado al autotank en el momento de realizar la descarga.

El balanceo de vapor puede prevenir las emisiones por desplazamiento en el tanque subterráneo, pero no controlará -

las emisiones por evaporación o salida de producto. También como la atmósfera del compartimiento de transporte será completamente saturada, esta reducirá la evolución de vapores de Gasolina nueva durante el llenado de aquel compartimiento.

- **Beneficios del balanceo del vapor en tanques subterráneos**

Las emisiones por desplazamiento de un tanque subterráneo en una estación de servicio serán reducidos un 90% aproximadamente utilizando balanceo de vapor. La emisión estimada es de 0.175% del volumen líquido aproximadamente; por lo tanto la reducción de emisión será de 0.158% aproximadamente del volumen líquido, según cálculos posteriores.

El efecto de esta reducción en las emisiones es para prevenir la evolución de vapor durante el llenado de autotanques.

- **Consideraciones y limitaciones prácticas del balanceo de vapor en tanques subterráneos**

Se debe hacer una adaptación en el compartimiento de transporte que consistirá en hacer una conexión desde la válvula de venteo hasta la parte baja junto a la descarga, esto con el objeto de que se facilite la conexión de una manguera que viene desde el tubo de ventilación del tanque subterráneo (Ver Fig. 10).

La ventila del compartimiento debe abrir automáticamente en el momento que la válvula de descarga es abierta, utilizando algunos accesorios.

En el tanque subterráneo se debe de adaptar como se ilustra (Ver Fig. 11).

FIGURA 10. ACCESORIOS NECESARIOS PARA RECOLECTAR VAPORES DURANTE EL LLENADO DEL TANQUE SUBTERRANEO (BALANCEO DE VAPORES).

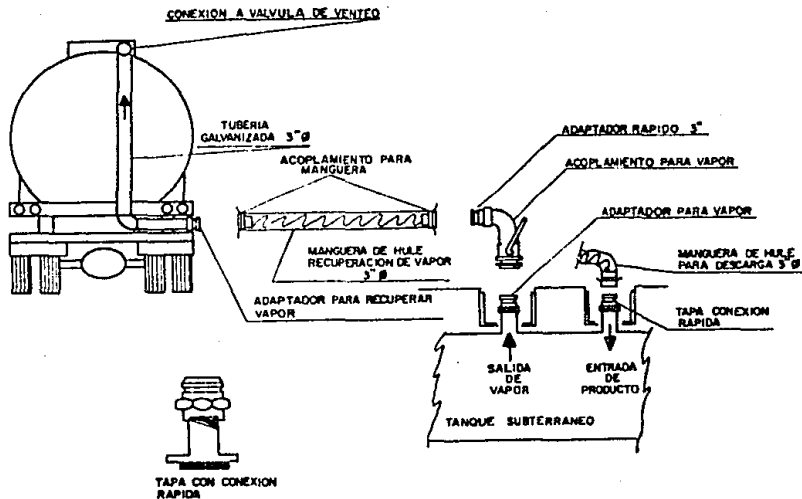
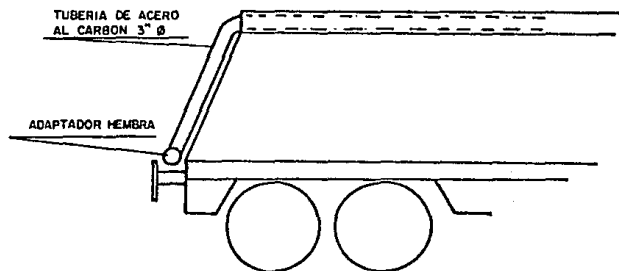
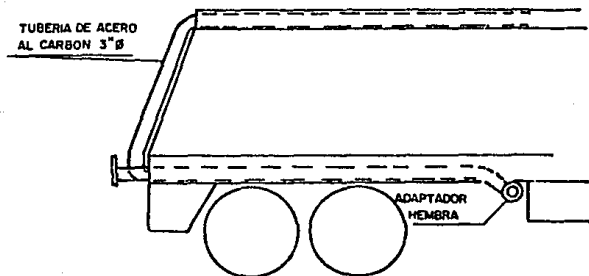


FIGURA 11. ACCESORIOS NECESARIOS PARA RECOLECTAR VAPORES EN EL LLENADO DE AUTOTANQUES (BALANCEO DE VAPOR).



ALTERNATIVA 1



ALTERNATIVA 2

Costos (en miles de pesos)

Para tanque subterráneo

Tapa conexión rápida para vapor	\$ 200
Acoplamiento para vapor	140
Adaptador rápido 3"	190
Manguera de hule rec. de vapor 3"Ø	340
Par de coples para manguera	280
Otros	70

T O T A L	1'049
Más 15% de instalación	157

	1'206
Gastos de mantenimiento	100

	1'306
	(por tanque)

- Balanceo de vapor en el llenado de autotanques

Los vapores desplazados durante el llenado de autotanques - pueden ser controlados mediante balanceo de vapor, el vapor es retornado al tanque de almacenamiento del cual se extrae el producto. El método empleado es sellar completamente el domo del compartimiento para que todo el aire/vapor desplazado vaya directamente a una tubería o cabezal que los llevará al tanque de almacenamiento donde el producto es extraído, el impulso que recibirán los vapores será por el -- creciente nivel del líquido.

Beneficios del balanceo de vapor en el llenado de autotanques

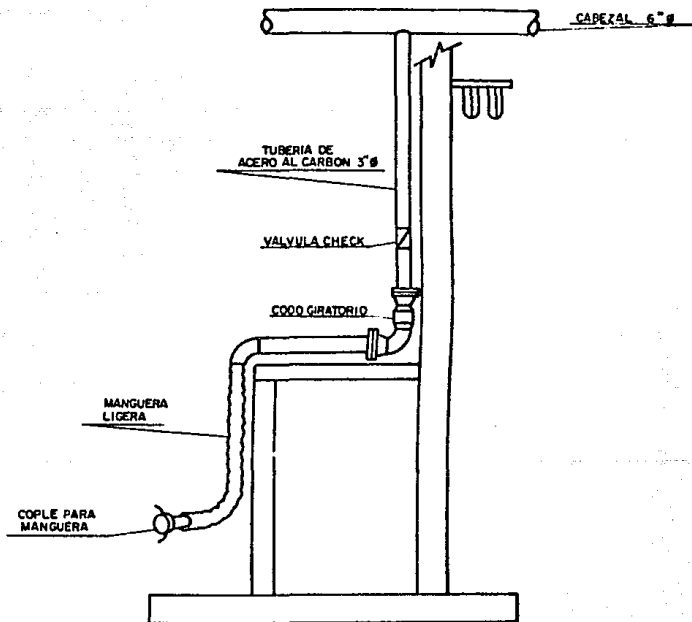
El balanceo de vapores previene la emisión de vapor del autotanque durante el llenado. Este también impedirá que entre aire en el tanque de almacenamiento, y evitará que se produzca más vapor.

La cantidad actual de vapor desprendido dentro de la mezcla aire/vapor en el compartimiento de transporte dependerá de su nivel de saturación. Si el vapor que fué desplazado desde el compartimiento de transporte está completamente saturado, la evolución de vapor de Gasolina desde el tanque de almacenamiento será cero.

Consideraciones y limitaciones prácticas del balanceo de vapor en el llenado de autotanques

Es necesario un sistema cerrado; el balanceo de vapor puede funcionar indistintamente en un llenado por arriba o en un llenado por el fondo, como las conexiones de llenado van selladas es necesario un dispositivo para desconectar la bomba de llenado en caso de que el nivel del producto se exceda, para prevenir el riesgo de sobre llenado, en caso de que este dispositivo falle, el sello entre la entrada del compartimiento y el brazo de llenado está diseñado para romperse evitando así el riesgo de sobre presionar el compartimiento o la tubería de retorno de vapor. Todas las llanaderas deben estar interconectadas entre si por medio de una tubería o cabezal que llevará los vapores recolectados hacia el recuperador de vapores o al tanque de almacenamiento, según sea el caso (Ver Fig. 12).

FIGURA 12. ACCESORIOS NECESARIOS PARA RECOLECTAR VAPORES EN EL LLENADO DE AUTÓTANQUES, LLENADERA (BALANCEO DE VAPOR).



Costos (en miles de pesos)

<u>Cabezal</u>	<u>Precio Unitario</u>	<u>T O T A L</u>
400 Mts. de tubería de 6"φ ced. std.	80	32'000
Más 15% Instalación		4'800

		36'800
Costo de mantenimiento por año		4'000

T O T A L		40,800

Llenaderas

5 Mts. tubería acero al carbón		300
Válvula check 3" φ		980
Codo giratorio		370
Manguera de hule ligera		340
Cople para manguera		140
Codo 90° 3" φ		49

T O T A L		2'179
Más 15% de instalación		326

		2'505
Costo de mantenimiento		250

		2'755
		(por llenadera)

- Autotanque (compartimiento de transporte)

	<u>Precio Unitario</u>	<u>T O T A L</u>
8 Mts. tubería de acero al carbón 3" ø	60	480
Adaptador hembra		250
Codo 30° 3" ø		49
Codo 90° 3" ø		49

T O T A L		828
Más 15% instalación		124

		952
Mantenimiento		100

		1'052
		(por autotanque)

- Balanceo de vapor en el llenado de un tanque de almacenamien-
to

El control de vapores normalmente desplazados en un tanque de almacenamiento de volumen fijo durante el llenado puede ser efectuado mediante balanceo de vapor, siempre que la -- distribución sea hecha por autotanque, carrotanque o buque-tanque. Obviamente, la distribución por ducto hace que la aplicación de esta técnica sea imposible de realizar.

El vapor desplazado del tanque de almacenamiento se puede - dirigir al compartimiento de transporte desde que la descar-ga es efectuada. Esto debería dar una atmósfera totalmente saturada en el compartimiento de transporte que, según me--

diciones efectuadas, sin balanceo de vapor podría ser aproximadamente del 20% de saturación, cuando regresa a la Terminal para ser llenado de nuevo debido a las paredes mojas y el líquido remanente.

- **Beneficios del balanceo de vapor en el llenado de un tanque de almacenamiento**

El balanceo de vapor puede prevenir las emisiones por desplazamiento que ocurren normalmente durante el llenado de un tanque de volumen fijo.

La cantidad de emisiones prevenidas por balanceo de vapor dependerá del nivel de saturación dentro del tanque a la hora de llenado. El efecto de retornar este vapor al compartimiento de transporte será que la evolución de vapor va a ser reducida durante el llenado debido a que la atmósfera del compartimiento está totalmente saturada.

- **Consideraciones y limitaciones prácticas del balanceo de vapor en el llenado de un tanque de almacenamiento**

La capacidad de presión de un tanque de almacenamiento debe ser suficiente para vencer a la presión de la tubería de retorno de vapor entre el tanque y el compartimiento de transporte. Se debe contar con un arrestador de flama cerca de la conexión del compartimiento de transporte, si la capacidad de presión del tanque de almacenamiento no es suficiente entonces debe contar con un sistema de regulación de presión. Todas las tuberías deberán contar con una pendiente para el control de los vapores condensados.

Un sistema de regulación de presión puede presentar riesgo debido a la posibilidad de manejar mezclas flamables de aire/vapor. Tal sistema puede necesitar un instrumento de

tector de mezclas flamables para que se le inyecte algún -- hidrocarburo en forma gaseosa para incrementar el contenido de los mismos en la mezcla y alcanzar un nivel seguro.

En el caso de las Terminales en estudio, esta técnica no se puede aplicar puesto que la distribución a éstas se hace -- por ducto.

V.3 Proposición de alternativas de solución

En base a los anteriores incisos se propondrán tres diferentes alternativas para la solución integral del sistema de almacenamiento y distribución, que se lleva en la Terminal Satélite --- Oriente.

Cabe señalar que las Terminales restantes que surten a toda el área metropolitana utilizan el mismo sistema.

- Bases de cálculo

Terminal Satélite Oriente

Volumen manejado promedio 11'854,906 Bls/año

Tanques de almacenamiento que manejan Gasolina Nova 4 de 55,000 Bls.

Autotanques que manejan Gasolina Nova 53 Unidades

Llenaderas exclusivas para Gasolina Nova 18 Unidades

Estaciones de Servicio que atiende 112

Estación de servicio tipo "Libre"

Esto quiere decir que el número de tanques subterráneos y bombas depende del tamaño del terreno y del consumo de --- combustible.

Volumen manejado promedio

103,302 Bls/año

Tanques subterráneos que manejan Gasolina Nova

5 tanques subterráneos de 20,000 Lts c/u.

Bombas de Gasolina Nova

10 unidades

Esta es una estación de servicio de tamaño y consumo medio.

Consideraciones para cálculo de ineficiencia de las alternativas propuestas.

- En la práctica la eficiencia del balanceo de vapor en el llenado de automóviles es de 75% promedio.
- Para el tanque subterráneo en la estación de servicio el balanceo de vapor entre éste y el compartimiento de transporte reduce las emisiones en un 90% aproximadamente.
- En el balanceo de vapor entre el compartimiento de vapor y el tanque de almacenamiento, tomando en cuenta el llenado por abajo, las emisiones se reducen un 95% aproximadamente.
- Para recuperar los vapores, el equipo de recuperación de vapor tiene una eficiencia del 97% promedio, varía según tipo y fabricante.
- Una membrana flotante tiene un promedio de reducción de emisiones de 85% aproximadamente tomando en cuenta un sello perimetral en buenas condiciones.
- Un equipo de recuperación de vapores en la misma estación de servicio trabajará con 97% de eficiencia.

Estas son aproximadas en la práctica y variarán según el manejo y mantenimiento de los anteriores sistemas.

ALTERNATIVA 1

- a).- En el llenado de automóviles, los vapores desplazados serán --
retornados al tanque subterráneo, por medio de balanceo de
vapor.

- b).- En el momento de descargar el compartimiento de transporte
en el tanque subterráneo en la estación de servicio, el --
vapor desplazado será controlado por medio de balanceo de
vapor, pasando éste al compartimiento de transporte.

- c).- En el llenado del compartimiento de transporte, los vapo--
res desplazados serán recuperados por medio de un equipo -
de recuperación de vapores, posteriormente los hidrocarbu--
ros líquidos recuperados se mandan a algunos de los tan---
ques de almacenamiento de donde se obtuvo el producto.

- d).- En los tanques de almacenamiento dentro de la Terminal los
vapores serán controlados por membranas flotantes inter--
nas.

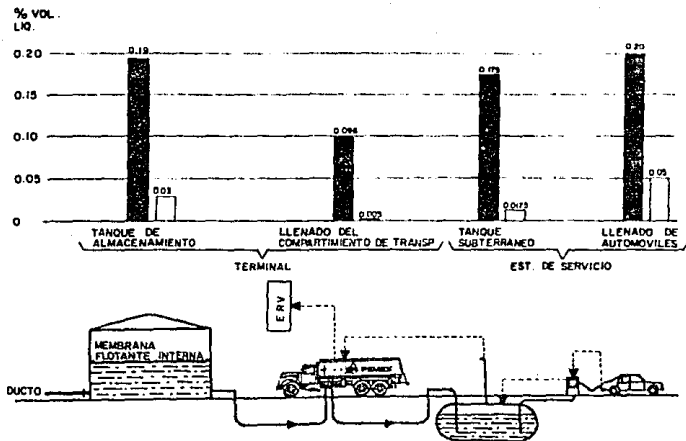
Esta alternativa recupera el 0.56% del volumen líquido ma--
nejado. (Ver Fig. 13)

FIGURA 13.

ALTERNATIVA 1

	EMISIONES SIN CONTROL	0.661 % VOL. LIQ.
	EMISIONES CON CONTROL	0.101 % VOL. LIQ.
	REDUCCION DE EMISIONES	85 %

SE RECUPERA EL 0.56 % VOLUMEN DEL LIQUIDO MANEJADO



- Inversión por parte de Petróleos Mexicanos
(Terminal Satélite Oriente)

	<u>Costos en miles de pesos</u>	
	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo total</u>
4 Membrana flotante interna	325'000	1,300'000
1 Equipo de rec. de vapores en llena- deras	2,300'000	2,300'000
18 Adaptación llena- deras	2'756	49'608
53 Adaptación autotan- ques	1'052	55'756
1 Cabezal	40'800	40'800
		=====
T O T A L		3,746'164

- Inversión por parte del concesionario
(estación de servicio)

5 Adaptación tanque subterráneo	1'307	6'535
10 Adaptación bombas para llenado de automóviles	3'229	32'290

T O T A L 38'825

X 112 estaciones de servicio 4,348'400

Inversión total 8,094'564

Total de Gasolina recuperada 11'854,906 Bls/año x 0.0056 =
66,388 Bls/año

Con este sistema \$ 7,494'490

La inversión se amortizará en 13 meses aproximadamente.

ALTERNATIVA 2

- A).- En el llenado de automóviles, los vapores desplazados serán retornados al tanque subterráneo por medio de balanceo de vapor.
- b).- En el momento de descargar el compartimiento de transporte en el tanque subterráneo en la estación de servicio el vapor desplazado será recuperado por medio de un equipo de recuperación de vapores que deberá contar la estación de servicio y de ahí la Gasolina líquida se mandará de nuevo al tanque subterráneo.
- c).- En el llenado del compartimiento de transporte, los vapores desplazados serán recuperados por medio de un equipo de recuperación de vapores, posteriormente la Gasolina líquida se manda a alguno de los tanques de almacenamiento donde se obtuvo el producto.
- d).- En los tanques de almacenamiento de la Terminal, los vapores serán controlados por medio de membranas flotantes -- internas (Ver Fig. 14).

FIGURA 14.

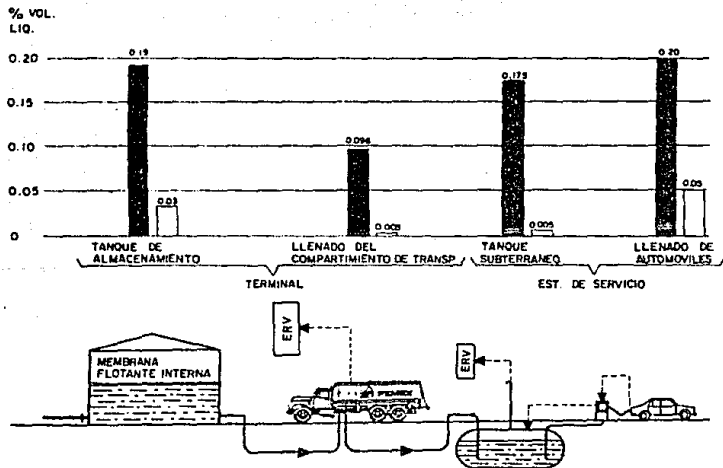
ALTERNATIVA 2

■ EMISIONES SIN CONTROL 0.661 % VOL. LIQ.

□ EMISIONES CON CONTROL 0.088 % VOL. LIQ.

REDUCCION DE EMISIONES 87 %

SE RECUPERA FL. 0.573 % VOLUMEN DEL LIQUIDO MANEJADO



- Inversión por parte de Petróleos Mexicanos
(Terminal Satélite Oriente)

	<u>Costos en miles de pesos</u>	
	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Total</u>
4 membrana flotante interna	325'000	1,300'000
1 equipo de rec. de vapores en llenaderas	2,300'000	2,300'000
18 adaptación llenaderas	2'756	49'608
53 adaptación autotanques	1'052	55'756
1 cabezal	40'800	40'800
		=====
T O T A L		3,746'164

Inversión por parte del concesionario
(estación de servicio)

1 equipo de rec. de vapores en tanque subterráneo.	185'000	185'000
10 adaptación bombas para llenado de automóviles	3'229	32'290
		=====
T O T A L		217'290

X 112 estaciones de servicio

24,336'480

Inversión total

28,082'644

Total de Gasolina recuperada con este sistema =

11'854,906 Bls/año x 0.00573 =

67'388 Bls/año

\$ 7,668'495

La inversión se amortizará en 43 meses aproximadamente.

ALTERNATIVA 3

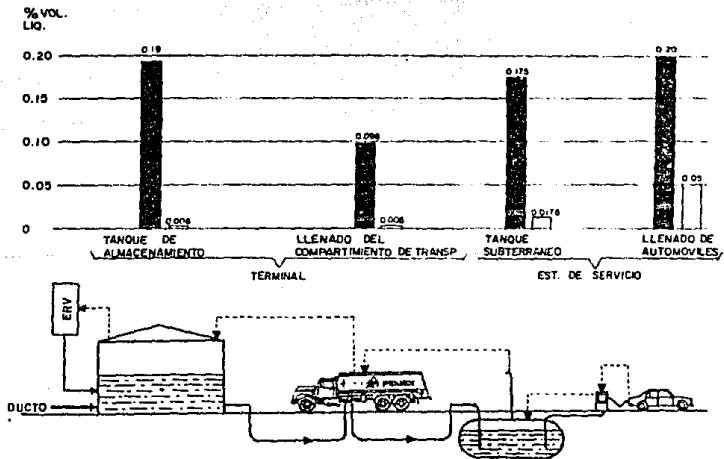
- a).- En el llenado de automóviles, los vapores desplazados serán retornados al tanque subterráneo, por medio de balanceo de vapor.
- b).- En el momento de descargar el compartimiento de transporte en el tanque subterráneo en la estación de servicio el vapor desplazado será controlado por medio de balanceo de vapor, pasando estos al compartimiento de transporte.
- c).- Durante el llenado del compartimiento de transporte, los vapores desplazados serán controlados por medio de balanceo de vapor y serán devueltos al tanque de almacenamiento donde es extraída la Gasolina.
- d).- Los tanques de almacenamiento que manejen Gasolina estarán interconectados por medio de un cabezal para controlar los vapores, y de ahí conectar directamente el equipo de recuperación de vapores, después la Gasolina líquida se regresa a cualquiera de los tanques de almacenamiento. (Ver Fig. 15).

FIGURA 15.

ALTERNATIVA 3

	EMISIONES SIN CONTROL	0.561 % VOL. LIQ.
	EMISIONES CON CONTROL	0.079 % VOL. LIQ.
	REDUCCION DE EMISIONES	88 %

SE RECUPERA EL 0.592 % VOLUMEN DEL LIQUIDO MANEJADO



**Inversión por parte de Petróleos Mexicanos
(Terminal Satélite Oriente)**

	<u>Costos en miles de pesos</u>	
	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Total</u>
1 equipo de rec. de va- pores en tanques de - almacenamiento	3,062'000	3,062'000
18 Adaptación llenaderas	2'756	49'608
53 adaptación autotanques	1'052	55'756
1 cabezal	40'800	40'800
		=====
T O T A L		3,208'164
 Inversión por parte del concesionario (estación de servicio)		
5 Adaptación tanque sub- terráneo	1'307	6'535
10 adaptación bombas para llenado de automóviles	3'229	32'290
		=====
T O T A L		38'825
x 112 estaciones de servicio		4,348'400
		=====
Inversión total		7,556'564

Total de Gasolina recuperada con este sistema =
11'854,906 BIs/Año x 0.00582 = 68,995 BIs/Año
\$ 7,788'908

La inversión se amortizará en 12 meses aproximadamente.

TABLA COMPARATIVA (ALTERNATIVAS PROPUESTAS)

ALTERNATIVAS	INVERSION (MILES DE PESOS)		INVERSION TOTAL (MILES DE PESOS)	TIEMPO DE RECUPERACTO
	PEMEX	CONCESIONARIO 112		
1	3,746'164	4,348'400	8,094'564	13 meses
2	3,746'164	24,336'480	28,082'644	43 meses
3	3,208,164	4,348'400	7,556'564	12 meses

- Comentario

De acuerdo al análisis efectuado la alternativa (3) es la que ofrece más ventajas, puesto que tiene una amortización de sólo 12 meses y una mayor eficiencia, que es del 88%, - por lo tanto, se propone como solución al problema de la - emisión de vapores de Gasolina Nova.

La alternativa (2) tiene un período de amortización demasiado largo y requiere una inversión de parte del concesionario bastante alta, por lo tanto, esta alternativa se descarta.

La alternativa (1) tiene un período de amortización de 13 meses, que es mayor al de la alternativa (3), por lo tanto queda descartada.

Es importante mencionar que en las alternativa (1) y (3) -

el concesionario no recupera producto, debido a que es en las instalaciones de Pemex donde se efectúa tal recuperación, sin embargo el concesionario debe invertir ----- \$ 35'819,626 por estación de servicio, por lo cual se efectúan las siguientes consideraciones.

Siendo Petróleos Mexicanos, el único productor de hidrocarburos desde su extracción, transformación y venta al público en México, en este último rubro, la institución otorga concesiones a terceros, con la política comercial de que el concesionario se compromete a elaborar el proyecto y la construcción de la estación de servicio, bajo la estricta supervisión de Petróleos Mexicanos.

Como se ha visto tanto Petróleos Mexicanos como los Concesionarios son los responsables de controlar las emisiones de vapor; y es por ésto que la inversión la deben de hacer ambos.

Alternativas propuestas para el financiamiento

- 1.- Para el caso del presente estudio, se propone que el financiamiento de la inversión por modificación y modernización de las estaciones de servicio por su alto costo y previniendo la negativa de los concesionarios, sería necesario crear un fideicomiso en el cual Petróleos Mexicanos por ser el responsable principal para el control de emisiones aportaría un porcentaje que -- podría ser dependiendo de un estudio económico hasta el 100% de la inversión requerida, esto es para unificar criterios en adquisición de los equipos y garantizar así la mínima emisión de vapores a la atmósfera; esta inversión sería como prestamo emergente con recu-

peración, a corto plazo que autofinancia con el producto recuperado por el sistema instalado.

- 2.- Que el Concesionario efectúe la inversión completa en un plazo de 1 año, lo que representa aproximadamente 10% de las ganancias netas anuales, que además puede ser deducible de impuestos.

Petróleos Mexicanos al otorgar nuevas concesiones deberá exigir que las estaciones de servicio, cuenten con los equipos propuestos.

CAPITULO VI

VI.- CONCLUSIONES

- El desarrollo económico de los países está en función directa del transporte, tanto de materias primas como de productos -- terminados y éste a su vez depende del uso de los hidrocarburos y en especial de las Gasolinas.
 - El consumo y manejo de Gasolina es una fuente muy importante de contaminación, que en la Ciudad de México está adquiriendo magnitudes alarmantes, sin contar las pérdidas económicas que de aquí se derivan, además de estar latente el riesgo de pérdidas de recursos materiales y humanos por accidentes.
 - Por lo anteriormente comentado, se hace indispensable aplicar técnicas para el control de emisiones de vapor de Gasolina Nova, las emisiones que se presentan en la atmósfera por esta -- causa son de 22,605.5 Ton/Año, que representan el 0.6% del total de emisiones de contaminantes en el Valle de México. Provocando una pérdida económica de \$ 27,248'557,000 por año para -- Petróleos Mexicanos y sus Concesionarios.
- Si se selecciona y aplica el sistema integral de control que -- consiste en balanceo de vapor en : Llenado de automóviles, -- llenado de tanque subterráneo y llenado de autotanques; recuperación de vapor en los tanques de almacenamiento de la Terminal, se obtendrán las siguientes ventajas según el estudio -- efectuado :
- Controla las emisiones de vapor en un 88%.
 - La inversión es amortizable en 12 meses aproximadamente, -- para la Terminal Satélite Oriente y 122 Estaciones de Servicio que atienden.
 - Disminuye el riesgo de accidentes.

- Es importante mencionar que existe la necesidad de legislar en nuestro país, el manejo de hidrocarburos para reducir problemas de contaminación. En la mayoría de países industrializados ya existe tal legislación.
- Es indispensable mantener actualizadas las técnicas que aplican para el control de almacenamiento y distribución de hidrocarburos, con objeto de evaluar la factibilidad de introducir cambios que beneficien este rubro.
- Por otro lado, también es necesario concientizar y capacitar en forma continua al personal involucrado en el manejo de hidrocarburos, con el fin de evitar un uso inadecuado de los equipos que se utilizan para almacenar, distribuir y despachar hidrocarburos.
- Es recomendable realizar un estudio similar a nivel nacional para Gasolina Magna Sin, Diesel, Combustóleo, Etc., y así disminuir la contaminación que producen a la atmósfera y recuperar producto perdido.

CAPITULO VII

VII.- BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- 1.- Evaporation Loss Floating Roof Tanks
API Bulletin 2517/62
- 2.- Evaporation Loss Fixed Roof Tanks
API Bulletin 2518/62
- 3.- Use of Internal Floating Covers and Covered Floating Roof to Reduce Evaporations Loss
API Bulletin 2519/62
- 4.- Use of Variable - Vapor - Space Systems to Reduce Evaporation Loss
API Bulletin 2520/63
- 5.- Hidrocarbon Emissions From Gasoline Storage and Distribution System
CONCAWE Report nr 4/78
- 6.- Air Pollution control Manual
Edwards Engineering Corp.
EU, 1989
- 7.- Vapor Recovery Equipment for Hidrocarbons and Condensable --- Gases
Edwards Engineering Corp.
EU, 1989
- 8.- Hidrocarbon Vapor Recovery Systems
John Zink Company
EU, 1989

- 9.- **Hidrocarbon Vapor Recovery Unit
Sovur Proces
Japan, 1990**
- 10.- **Reportes Técnicos Mensuales
PEMEX Gerencia de Ventas
México, 1990**
- 11.- **Recovery From Barges and Ships
1991 ILTA ANNUAL OPERATING
Conference & Trade Show
EU, 1991**
- 12.- **"Evaluación Pérdidas por Evaporación en el Llenado de Autos---
Tanque por Arriba y por Abajo"
Instituto Mexicano del Petróleo/1988**
- 13.- **Especificación N° 016/90 Nova Plus ZMVM (1)
Pemex/90**
- 14.- **Seminario Sobre Aplicaciones Factibles de Conservación y Aho--
rro de Energía en la Fase de Proyecto
Pemex/86**