

881217

17
24

UNIVERSIDAD ANAHUAC
ESCUELA DE INGENIERIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



UNIVERSIDAD ANAHUAC
VINCE IN BONO MALUM

**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE
DISTRIBUCION DE LUBRICANTES ELABORADOS
POR PEMEX PARA 1990**

T E S I S
PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
ESPECIALIZADO EN AREA INDUSTRIAL
P R E S E N T A
CARLOS GUILLERMO MÜLLER GANDOLFO

MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

Pág.

1

INTRODUCCION

CAPITULO I

LUBRICANTES

1.1	Función de los Lubricantes	7
1.2	Aceites Lubricantes	10
	1.2.1 Clasificación de Aceites Lu bricantes	10
	1.2.2 Característica de los Aceites	11
1.3	Aceites Minerales	13
	1.3.1 Características	13
	1.3.2 Obtención de Aceites Lubri- cantes del Petróleo	15
1.4	Aditivos para Aceites Básicos	17
	1.4.1 Generalidades	17
	1.4.2 Clasificación de Aditivos	17
1.5	Planta Mezcladora Envasadora	18
	1.5.1 Generalidades	18
	1.5.2 Tinajas de Mezclado	21
	1.5.3 Proporcionadores en Línea	22
	1.5.4 Líneas de Envasado	22

CAPITULO II

MERCADO

2.1	Aceites Básicos	26
	2.1.1 Mercado de Aceites Básicos en México	26
	2.1.2 Consumidores de Aceites Bási- cos	28
2.2	Lubricantes	38
	2.2.1 Tipos de Lubricantes y Deman- da	38
	2.2.2 Agencias y Volúmenes de Ven- tas	42

CAPITULO III

INVESTIGACION DE OPERACIONES

3.1	Introducción	49
3.2	Historia	49
3.3	Generalidades	51

3.4	Programación Lineal	52
	3.4.1 Introducción	52
	3.4.2 El Modelo Matemático en Programación Lineal	53
	3.4.3 Interpretación del modelo Matemático	54
	3.4.4 Características que debe tener un Problema para poder ser Resuelto por Programación Lineal	55
3.5	Método Simplex	57
	3.5.1 Generalidades	57
	3.5.2 Solución Gráfica del Modelo Matemático de Programación Lineal	58

CAPITULO IV

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1	Introducción	75
4.2	Situación Actual	75
4.3	Situación Futura (1990)	79
4.4	Planteamiento del Problema	80

CAPITULO V

OBTENCION DEL MODELO

5.1	Introducción	85
5.2	Parámetros del Sistema	85
5.3	Restricciones a las Variables	86
5.4	Modelo Matemático	89
	5.4.1 Simbología	89
	5.4.2 Función Objetiva	90
	5.4.3 Restricciones a las Variables	94

CAPITULO VI

OBTENCION DE DATOS

6.1	Introducción	98
6.2	Demanda de Lubricantes	99
6.3	Disponibilidad Máxima de Aceites Básicos	100

CAPITULO VII

SOLUCION DEL MODELO

7.1	Aplicación de la Computadora para la Solución del Modelo	105
	7.1.1 Generalidades	105
	7.1.2 Simplificación en la Elaboración del Archivo	109
	7.1.3 Uso de la Computadora para Generar el Archivo de Datos	111

7.2	Soluciones del Modelo	112
7.3	Análisis de Resultados	113
7.4	Interpretación de Resultados	117

<u>CONCLUSIONES</u>		120
---------------------	--	-----

<u>ANEXO I</u>	Pronóstico de Demandas por Agencia por Producto a 1990	123
----------------	--	-----

<u>ANEXO II</u>	Proyección y Distribución de Aceites Básicos para 1990	136
-----------------	--	-----

<u>ANEXO III</u>	Capacidades de Mezclado Envasado	137
------------------	----------------------------------	-----

<u>ANEXO IV</u>	Costos de Transporte por Pipa de Origen-Destino- Por Pesos/Litros	138
-----------------	---	-----

<u>ANEXO V</u>	Costo de Transporte para Lubricantes Envasados	139
----------------	--	-----

<u>ANEXO VI</u>	Básicos Distribuidos a las Plantas de Mezclado/Envasado	144
-----------------	---	-----

<u>ANEXO VII</u>	Matriz de Distribución Mezcladora 1 (T.E.L.)	145
------------------	--	-----

<u>ANEXO VIII</u>	Matriz de Distribución Mezcladora 2 Salamanca	146
-------------------	---	-----

<u>ANEXO IX</u>	Matriz de Distribución Mezcladora 3 Puebla	147
-----------------	--	-----

<u>ANEXO X</u>	Matriz de Distribución Monterrey	148
----------------	----------------------------------	-----

<u>ANEXO XI</u>	Matriz de Distribución Mezcladora 5 Mazatlán	149
-----------------	--	-----

<u>ANEXO XII</u>	Matriz de Distribución Mezcladora 6 Tula	150
------------------	--	-----

<u>ANEXO XIII</u>	Volúmenes Totales Distribuidos por Las Diferentes Plantas Mezcladoras/ Envasadoras	151
-------------------	--	-----

<u>BIBLIOGRAFIA</u>		153
---------------------	--	-----

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Mientras que la demanda nacional de aceites lubricantes ha mostrado un fuerte dinamismo, la producción ha permanecido estable desde la puesta en marcha de la refinería de Salamanca. A partir de 1978 se ha tenido que recurrir a importaciones que en la actualidad contribuyen a cubrir los excedentes de la demanda sobre la producción nacional.

En el año 1982 el ritmo de las importaciones necesarias para cubrir la demanda nacional alcanzó un nivel de 3,142 barriles por día que representa un 32% de la demanda total.

PEMEX utiliza el 50% de la oferta total de aceites básicos como materia prima para la elaboración de lubricantes. Para ello cuenta con dos fuentes de abastecimiento en las que se obtienen los lubricantes que posteriormente son distribuidos a las diferentes agencias de PEMEX localizadas en la República.

En los planes de PEMEX se contempla la construcción de una nueva refinería que aumentará considerablemente la producción nacional de aceites básicos. Así mismo se contempla aumentar proporcionalmente la capacidad de las plantas elaboradoras de lubricantes con lo cual aumentará la complejidad y el tamaño del sistema bajo estudio.

Esta tesis se propone desarrollar un modelo matemático

co con el que sea posible describir el comportamiento del sistema de producción y distribución de lubricantes con miras a optimizar las condiciones de operación y aprovechamiento de capacidad del sistema en una fecha futura. Por lo tanto, además de proveer criterios de optimización operacional, se aportan orientaciones acerca de las localizaciones consideradas por PEMEX así como el tamaño de las futuras capacidades de producción que el sistema requiera.

De entre todos los costos que afectan la economía del sistema, el costo de transporte de materia prima y producto terminado juega el papel más importante. Por tal motivo, el modelo aquí desarrollado se propone la minimización de los costos de transporte globales y la determinación del monto de los ahorros susceptibles de ser logrados mediante la aplicación del mismo.

El modelo se plantea para las condiciones de capacidad y demanda pronosticadas para el año 1990 a pesos constantes de 1982. Se analizan dos casos a saber, el caso base en el que se determinan las condiciones de optimización de los costos globales de transporte del sistema; y el caso I en el que se optimizan solamente los costos de transporte de lubricante con prescindencia del efecto del costo de transporte de los aceites básicos lubricantes. Mientras que el caso base refleja las condiciones óptimas en las que podría operar el sistema nacional de abasto, producción y distribución de aceites lubricantes; el caso I ilustra las condiciones subóptimas en las que opera el mismo sistema en dicho año, para el caso en que las decisiones que afectan su operación y crecimiento se basen en los mismos criterios que PEMEX utiliza en la actualidad.

Para los volúmenes que el mercado demanda para el año

1990 el ahorro potencial de aplicar el criterio de optimización integral (caso base) contra el criterio actualmente en uso (caso I) es de \$81 millones al año, lo que representa - un 6.6% de los costos globales de transporte (pesos constantes de 1982 del sistema).

Debe hacerse notar que aún en las condiciones actuales de operación se presentan deseconomías y deformaciones en la aplicación del criterio de optimización parcial (caso I) que PEMEX utiliza y que de seguirse permitiendo este funcionamiento subóptimo podría representar costos incrementales de aproximadamente \$184 millones de pesos al año (pesos de 1982) para los volúmenes manejados por el sistema en 1990.

En el Capítulo I se explica el papel que desempeñan los lubricantes, su forma de obtención, así como la fabricación de aceites básicos.

El Capítulo II describe el mercado nacional de lubricantes y aceites básicos, definiendo los productos elaborados por PEMEX y sus volúmenes respectivos. También se definen aquí los volúmenes asignados a cada una de las agencias de PEMEX.

En el Capítulo III se hace referencia breve a la disciplina de investigación de operaciones, describiendo con - algún detalle el método simplex utilizado para la solución del problema.

En el Capítulo IV se describe el sistema actual y el sistema esperado según los planes futuros de PEMEX, para - posteriormente plantear el problema que se pretende analizar.

En el Capítulo V se definen los factores a conside - rar para la solución del problema así como el papel que cada uno de ellos desempeña en nuestro objetivo, llegándose finalmente a plantear la expresión matemática del modelo - que representará el sistema a analizar.

En el Capítulo VI se obtienen los parámetros que re- quiere el modelo matemático anteriormente planteado.

En el Capítulo VII se da una breve descripción de - las herramientas utilizadas para la solución del modelo así como resúmenes de las soluciones obtenidas. Se muestra tam- bién un breve análisis de los resultados obtenidos.

Finalmente, se exponen las conclusiones obtenidas en este estudio.

C A P I T U L O I

LUBRICANTES

LUBRICANTES

1.1 FUNCION DE LOS LUBRICANTES

Cuando una superficie se desliza tangencialmente a otra, se presenta una fuerza de resistencia al movimiento llamada fricción. Esta fuerza de resistencia se ve incrementada, si las superficies en contacto están secas. Una manera de disminuir la fricción es formando una capa líquida que evite el contacto entre las superficies, de manera que la fricción entre las piezas desaparezca y sólo exista la fricción causada en el movimiento relativo de las partículas de líquido.

Es esencial que dicha capa líquida permanezca entre las dos superficies y que no sea expulsada por la presión entre ellas. Por lo tanto, se requiere que el líquido (lubricante) tenga dos propiedades fundamentales:

- 1) Las partículas del líquido deben tener un movimiento relativo entre ellas, por lo tanto, existirá una fricción (fricción interna del líquido).
- 2) La capa líquida debe moverse con la superficie en movimiento, en otras palabras, debe tener una adhesión a las paredes de cada superficie.

Podemos decir que existen tres casos de fricción:

- 1) Fricción seca; sin lubricación.

- 2) Fricción mixta; capa delgada de lubricación, existiendo un roce entre las superficies.
- 3) Fricción líquida; lubricación completa, evitando roce entre las superficies.

Podemos definir la fuerza de fricción para cada uno de estos casos de la siguiente manera.

Fricción Seca:

$$F = fP$$

En donde:

F = fuerza de fricción

P = fuerza existente entre las superficies

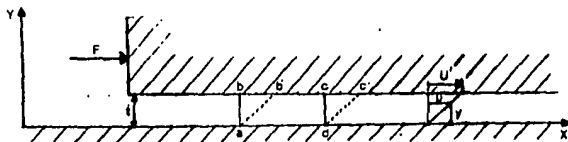
f = coeficiente de fricción entre las superficies.

Fricción Líquida:

Un líquido es una sustancia que se deforma cuando se le sujeta a un esfuerzo cortante, sin importar la magnitud de éste. Una fuerza cortante actúa tangencialmente a una superficie y al dividirse entre el área de la superficie, da como resultado el esfuerzo cortante medio sobre dicha área.

El Cuadro # 1.1 que se presenta a continuación muestra una sustancia colocada entre dos placas paralelas un poco separadas y suficientemente extendidas, de manera tal que las condiciones en sus extremos pueden despreciarse. La placa inferior está fija y en la placa superior se aplica una fuerza "F", la cual ejerce un esfuerzo cortante " F/A " sobre cualquier sustancia que se encuentre entre las pla -

cas. El área "A" corresponde a la placa superior. Si la fuerza "F" ocasiona que la placa superior se mueva con velocidad constante (distinta de cero), sin importar qué tan pequeña sea la magnitud de "F", entonces se podrá concluir -- que la substancia entre las dos placas es un fluido.



CUADRO # 1.1

Un fluido en inmediato contacto con una frontera sólida tiene la misma velocidad que la frontera, es decir, no existe deslizamiento sobre esta última.

El cociente " U/t " es la velocidad angular de la línea ab y corresponde a la rapidez de deformación angular -- del fluido, es decir, la rapidez con que el ángulo bad de crece. El gradiente de velocidad du/dy se puede interpretar también como la rapidez con que una capa de fluido se mueve respecto a otra capa adyacente. En forma diferencial $= (du/dy)$ es la relación entre esfuerzo cortante y rapidez de deformación angular para un flujo unidimensional. El factor de proporcionalidad se llama viscosidad del fluido y la ecuación constituye la ley de Newton de la viscosidad.

Esta fuerza de fricción depende de la velocidad relativa entre las piezas, del espesor de la capa de lubricante

y del área de la superficie lubricada. Esta fuerza se puede expresar según la ley de la fricción de Newton de la siguiente manera:

$$F = nA (dV)/dy$$

En donde:

n = es el coeficiente de fricción interna o viscosidad del líquido

A = es el área

V = es la velocidad.

En caso de que la presión entre las superficies sea constante, de la fórmula anterior tenemos que:

$$F = nA(V)/y$$

El principio de la disminución de fricción basado en la formación de una capa líquida, tiene un papel muy importante en la actualidad, aplicándose a una gama muy amplia de mecanismos.

Los líquidos que reúnen las características necesarias para ser utilizadas como lubricantes, son principalmente los aceites.

1.2 ACEITES LUBRICANTES

1.2.1 CLASIFICACION DE ACEITES LUBRICANTES

Los aceites lubricantes se clasifican de acuerdo a sus orígenes. Esta clasificación se presenta a continuación:

- 1.- Aceites minerales derivados del petróleo
- 2.- Aceites minerales obtenidos del carbón (de poco uso en la actualidad)
- 3.- Aceites vegetales
- 4.- Aceites animales
- 5.- Aceites especiales.

1.2.2 CARACTERISTICAS DE LOS ACEITES

Las principales características de los aceites son:

- 1.- Gravedad
- 2.- Viscosidad
- 3.- Residuo de carbón
- 4.- Emulsificación y demulsibilidad
- 5.- Punto neutro
- 6.- Color.

1.- Gravedad: la industria del petróleo utiliza la escala específica de gravedad o la escala American Petroleum Institute (API), para denotar el peso de los aceites del petróleo. Los lubricantes derivados de diferentes aceites básicos difieren en gravedad según el grado de parafina. Por ello, la gravedad tiene valor como un indicador general de la base. Los aceites de base parafínica tienen una gravedad API más alta que aquellos de base nafténica, es decir, son más ligeros.

2.- Viscosidad: la viscosidad es la característica distintiva que denota el cuerpo o fluidez relativa de un aceite lubricante. Entre más pesado o menos fluido sea un aceite, mayor será su viscosidad. Por lo tanto, la viscosidad puede ser considerada como indicador del grado hasta el cual debe considerarse la fricción interna o fluida. Es -

una característica importante, relacionada directamente con la presión, la velocidad y la temperatura.

La importancia de la viscosidad depende del propósito para el cual se utilice el aceite. Para lubricantes, la viscosidad es la propiedad más importante.

La viscosidad de un aceite obtenido del petróleo cambia con la temperatura. El grado de este cambio es indicado por el índice de viscosidad que es una cifra calculada basándose en la viscosidad a 100 y a 200 grados Fahrenheit. Al haber un cambio de temperatura, aquellos aceites con un índice bajo de viscosidad muestran un mayor cambio en la misma, en comparación con aquellos aceites con un índice alto. Los aceites de base parafínica normalmente tienen un índice de viscosidad más alto que los de base nafténica.

3.- Residuo de carbón: el residuo de carbón es el resultado de que un aceite esté sujeto constantemente a temperaturas altas mientras está en operación. Esto puede tener una relación definitiva en el valor lubricante del aceite. El carbón es principalmente el resultado de la descomposición térmica del aceite lubricante.

4.- Emulsificación y demulsibilidad: la emulsificación está relacionada con el valor de lubricación, ya que es indicativa de la tendencia que puede tener un aceite de mezclarse con agua y formar una emulsión más o menos permanente. La emulsificación es ventajosa cuando un aceite es utilizado en presencia de agua.

La demulsibilidad de un aceite se refiere a la habilidad de este de separarse del agua. Esto depende del refinamiento. Aquellos aceites refinados cuidadosamente, y con

una adecuada resistencia a la oxidación, se separarán más fácilmente del agua.

5.- Punto neutro: el punto neutro es una indicación de la acidez orgánica o mineral de un aceite. Los ácidos orgánicos en aceites minerales, normalmente tienen poca acidez. Los aceites minerales pueden ser corrosivos, razón por la cual es aconsejable revisar periódicamente el punto neutro.

6.- Color: el color de un lubricante mineral identifica el grado de refinamiento del mismo. Los aceites varían en color desde blanco transparente hasta verde oscuro o rojo, dependiendo de la viscosidad.

1.3 ACEITES MINERALES

1.3.1 CARACTERISTICAS

Los aceites de mayor importancia y de mayor uso, son los aceites derivados del petróleo (minerales), sus ventajas sobre los aceites animal y vegetal son:

- 1.- Tienen un menor deterioro a temperaturas altas.
- 2.- Tienen menor tendencia a formar emulsiones en presencia de agua (sustancias tipo lodo).
- 3.- Facilitan la obtención de viscosidades deseadas.

La ventaja que tienen los aceites vegetales y animales sobre los aceites minerales es que contienen grupos polares que presentan la característica de adherirse a las superficies con gran fuerza.

Los aceites minerales (derivados del petróleo) son productos obtenidos en los procesos de refinación del petróleo. Están formados por hidrocarburos de alto peso molecular en cuya estructura engloban de 20 a 30 carbonos en arreglos lineales, ramificados o cíclicos. De acuerdo a su estructura molecular se dividen en dos grandes grupos:

- a) Parafínicos ($C_n H_{n+2}$)
- b) Nafténicos ($C_n H_n$)

Los parafínicos se componen de hidrocarburos saturados, formando cadenas de carbonos en fila, o ramificados en forma de $C_n H_{n+2}$.

Los nafténicos son hidrocarburos saturados estructurados en forma de anillos con cadenas anexas en forma de $C_n H_n$.

Cada uno de estos dos grupos de aceites tienen características que sirven para ciertos usos específicos de lubricación. Los lubricantes parafínicos tienen como característica principal un elevado índice de viscosidad. El índice de viscosidad es el factor con el cual se mide la variación de viscosidad al variar la temperatura. Entre mayor sea dicho índice, se tiene una menor variación de la viscosidad al variar la temperatura. Debido a esto, los lubricantes parafínicos son los más adecuados en el uso de lubricación en sistemas en los que se presentan cambios de temperatura significativos, como sucede en motores de combustión interna.

Los lubricantes nafténicos tienen como característica principal, una temperatura de congelación muy baja y un-

bajo índice de viscosidad, que les permite ser utilizados - en sistemas y máquinas que operan a bajas temperaturas o en las que la variación de la temperatura es mínima. Su principal aplicación se encuentra en equipo industrial.

1.3.2 OBTENCION DE ACEITES LUBRICANTES DEL PETROLEO

Para la obtención de lubricantes de tipo nafténico - se requiere que el crudo refinado sea de base nafténica - - (que contenga arreglos de los hidrocarburos en forma $C_n H_n$).

Para la obtención de aceites básicos paraffnicos se pueden utilizar crudos de base paraffnica o mixta.

El método convencional en la obtención de aceites de tipo paraffnico se basa en la refinación de crudo paraffnico. Los pasos que se siguen para obtener los aceites, comienzan cuando el crudo se ha sometido a una destilación atmosférica en la cual se separan los productos ligeros, como son: gas, gasolina, kerosina, turbosina, diesel. En la destilación atmosférica se obtiene un residuo (la porción más pesada del crudo) del cual se obtienen los aceites básicos, las parafinas y el asfalto.

La obtención de aceites básicos paraffnicos por el método convencional es actualmente el más económico y el de mayor uso a nivel mundial.

Este proceso consiste básicamente en los siguientes pasos:

1.- El residuo obtenido en la destilación atmosférica se somete a un tratamiento de destilación al vacío, en el cual se obtiene la separación de los cortes de aceites -

básicos ligeros. Estos son: husos, neutro ligero y neutro.

2.- El residuo de la destilación al vacío se somete a un proceso de extracción por solventes (propano-butano), ya que no es posible separarlos por destilación, obteniendo los aceites pesados (viscosos) y asfalto. Los aceites pesados son: cilindros, pesado y neutro pesado.

3.- Los aceites, tanto los ligeros obtenidos por destilación como los pesados separados por solventes, son procesados en una planta de refinación con furfural, con objeto de eliminar los componentes aromáticos que estos contienen, logrando así un aumento en el índice de viscosidad.

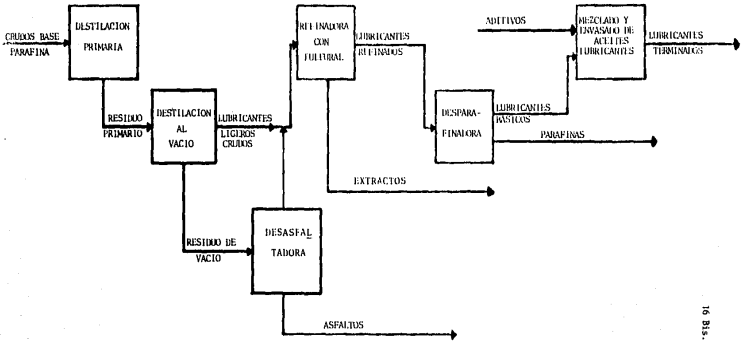
4.- Por último, se procede a la desparafinación de los aceites en donde se busca eliminar las parafinas lineales, a fin de disminuir la temperatura de congelación. Esta separación se realiza diluyendo el aceite en un solvente constituido por una mezcla de tolueno y metil-etil-cetona. Este compuesto tiene la característica que a baja temperatura no es solvente de la parafina, logrando así únicamente una disminución en la viscosidad del aceite, facilitando la filtración y así separarlo de las parafinas.

En el cuadro # 1.2, se presenta el esquema del proceso convencional para la obtención de aceites básicos.

Después de obtener los aceites básicos se procede a mezclar ya sea uno o varios de estos con aditivos. Estas mezclas se realizan en plantas de mezclado/envasado, para adquirir o mejorar las características necesarias para los diferentes usos de los lubricantes.

CUADRO # 1.2

DIAGRAMA DE PROCESO CONVENCIONAL PARA LA OBTENCION DE ACEITES BASICOS



1.4 ADITIVOS PARA ACEITES BASICOS

1.4.1 GENERALIDADES

Un aceite mineral puro posee propiedades que en muchos casos no son las adecuadas para cumplir una determinada función de lubricación.

En algunos casos se requieren propiedades tales como estabilidad térmica, oxidación, resistencia de película, emulsividad, alto índice de viscosidad, etc. que se imparten por medio de agregados o aditivos al aceite básico.

Existen numerosos aditivos que pueden añadirse a un aceite para mejorar sus propiedades, pero es necesario que los aditivos sean compatibles con los aceites básicos con los que se mezclan y deben ser químicamente inertes para los metales con los que están en contacto.

1.4.2 CLASIFICACION DE ADITIVOS

A continuación se mencionarán los diferentes tipos de aditivos y se describirá brevemente su función:

1. Antioxidante: aumenta la vida del lubricante, evitando el ataque por oxígeno, previene o controla la formación de emulsiones, barnices y compuestos corrosivos, resultado de la oxidación de aceite.

2. Inhibidores de la corrosión: protege los cojinetes y las superficies metálicas contra el ataque químico. La corrosión de metales de los cojinetes se considera debida, generalmente, al ataque ácido. Los ácidos se pueden originar en los productos de combustión incompleta o en la

oxidación del aceite lubricante.

3. Agentes inhibidores al desgaste: reduce el desgaste en las condiciones límites de lubricación formando una película unida a la superficie metálica por absorción física o reacción química. El desgaste abrasivo se previene filtrando el lubricante y el corrosivo-resultado de ataque ácido por medio de agentes alcalinos o inhibidores de corrosión.

4. Detergentes: mantiene limpia la superficie lubricada al suspender los insolubles en el aceite. También neutraliza los ácidos presentes en el aceite.

5. Dispersantes: previenen y retardan la formación de emulsiones y de depósitos en condiciones de operación a baja temperatura, mantienen los insolubles en suspensión, evitan atascamiento de anillos y depósitos en el pistón.

6. Agentes alcalinos: neutralizan los ácidos presentes en el aceite que provienen de la oxidación del mismo, de contaminaciones, o de productos de la combustión. Estos reaccionan con los ácidos formando sales inertes.

7. Inhibidor de herrumbre: previene la formación de herrumbre en las partes metálicas.

1.5 PLANTA MEZCLADORA--ENVASADORA

1.5.1 GENERALIDADES

En las plantas de mezclado/ensado se mezclan uno o varios aceites básicos con aditivos para la obtención de lu

bricantes. Estas mezclas son necesarias para que el lubricante tenga las características deseadas en su aplicación.

En el cuadro # 1.3 se tiene un diagrama de flujo de la mezcladora/envasadora localizada en Salamanca y que puede considerarse como típica.

El proceso, como se puede observar, comienza en el tanque de aditivos y aceites básicos.

Los aditivos son surtidos mediante autotanques, carrotanques y en tambores de 200 litros, y son transportados por medio de tuberías a las mezcladoras, ya sea mezclado en línea o en tinas.

Los tanques de aceites básicos son abastecidos por medio de tuberías, ya que éstos se encuentran localizados en la misma refinería de Salamanca (Centro Productor de Aceites Básicos).

De estos tanques, se suministra el aceite básico a tres diferentes áreas que son:

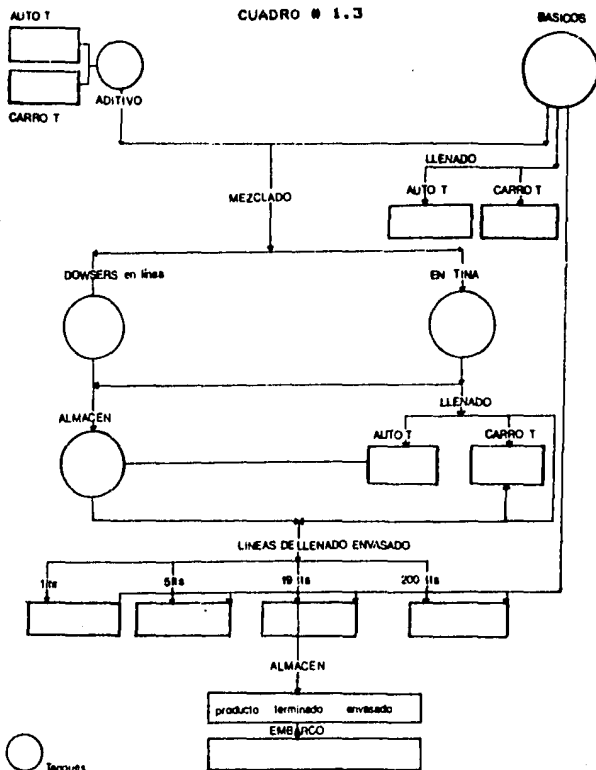
- 1.- Llenaderas de autotanques y carrotanques.
- 2.- Líneas de llenado de tambores de 200 litros.
- 3.- Planta mezcladora/envasadora.

1.- Las llenaderas de autotanques y carrotanques se utilizan para surtir de aceites básicos a las mezcladoras/envasadoras de PEMEX, así como al resto de consumidores de aceites básicos.

2.- La línea de llenado de tambores de 200 litros se utiliza para envasar aceites básicos con un uso directo-

DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO DEL PROCESO
PLANTA MEZCLADORA ENVASADORA

CUADRO # 1.3



como en el caso del aceite para transformadores.

3.- La planta mezcladora/ensambladora utiliza estos aceites básicos como materia prima para la obtención de lubricantes.

El mezclado en la planta mezcladora/ensambladora se realiza por medio de tinas y proporcionadores en línea.

1.5.2 TINAS DE MEZCLADO

El mezclado en tina se utiliza principalmente en productos de baja demanda, ya que su producción no es continua y el volumen de mezcla normalmente no rebasa los 50,000 litros.

La tina de mezclado cuenta con los siguientes elementos: un recipiente (tina), un serpentín para circulación de vapor (intercambiador de calor), una serie de agitadores, líneas de llenado (llegan los aceites básicos y aditivo requerido en la mezcla), y una línea de vaciado.

La forma de operación para obtener una mezcla en tina es la siguiente:

Primero se introducen los elementos a mezclar (aditivos y aceites básicos), se hace circular el vapor de agua por el serpentín intercambiador de calor y se prenden los agitadores por varias horas, dependiendo de la mezcla. El intercambiador de calor tiene como propósito disminuir la viscosidad para lograr una mezcla homogénea en un menor tiempo de agitación. Posteriormente se hace un estudio en el laboratorio para verificar que el lubricante tenga las características deseadas. Si se encuentra cualquier anomalía

lfa, se procede a corregirla, mezclando cualquier elemento que haya hecho falta. Una vez aceptado el lubricante, se procede a vaciar la tina a un tanque de almacenamiento o directamente a una línea de envasado.

1.5.3 PROPORCIONADORES EN LINEA

El mezclado en línea es un mezclado continuo, utilizado principalmente para productos con altas producciones.

Estos mezcladores son alimentados por aceites básicos y aditivos, y operan de la siguiente manera:

Se alimenta cada uno de los aceites básicos y aditivos a mezclar por una tubería independiente. Los proporcionadores dosifican el volumen seleccionado de cada uno de ellos a una línea de salida que transporta el volumen deseado de cada elemento. El proceso de mezclado termina al pasar este flujo por un homogenizador.

Las muestras que posteriormente serán analizadas en los laboratorios, se toman de pequeñas válvulas localizadas en la tubería posterior al homogenizador. Estas mezclas pasan a tanques de almacenamiento de lubricante terminado, y de ahí pasan a las líneas de envasado.

1.5.4 LINEAS DE ENVASADO

Los lubricantes son distribuidos al mercado en diferentes presentaciones.

En PEMEX se envasan los lubricantes en cuatro presentaciones diferentes, que son:

1. Tambores de 200 lts.
2. Cubetas de 19 lts.
3. Botes de 5 lts.
4. Botes de 1 lt.

Los botes de 5 lts. y de 1 lt. son distribuidos en cajas conteniendo 4 botes de 5 lts. o 24 botes de 1 lt.

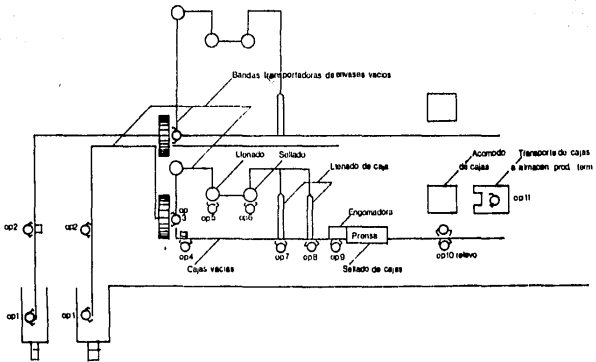
Una línea de envasado consiste en un conjunto de maquinaria que permite llenar los recipientes y condicionarlos para su distribución.

En el cuadro # 1.4 se presenta el flujo de la línea de mezclado en la planta mezcladora/envasadora localizada en Salamanca.

El flujo comienza en la alimentación de recipientes vacíos que son transportados a las llenadoras que reciben el lubricante a envasar, el cual es inyectado en el envase por un mecanismo de pistones. Posteriormente se sella el envase y en el caso de los botes de 5 litros y de 1 litro, se procede a acomodar e introducir los botes en cajas mediante un sistema mecánico; ya que están los lubricantes en sus diferentes presentaciones, se transportan a almacenes de producto terminado.

CUADRO # 1.4

Diagrama Representativo de líneas de Mezclado



C A P I T U L O I I

MERCADO

MERCADO

2.1 ACEITES BASICOS

2.1.1 MERCADO DE ACEITES BASICOS EN MEXICO

PEMEX controla el mercado de aceites básicos en México. Produce una parte de las necesidades del mercado y el resto lo importa para cumplir con la demanda interna.

En el cuadro # 2.1 se muestra el comportamiento de la demanda nacional, producción nacional e importaciones de aceites básicos desde el período 1976-1981.

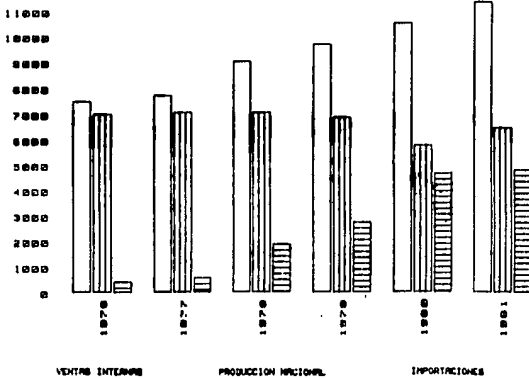
Como se puede apreciar, la producción nacional ha -- mantenido un nivel de aproximadamente 7500 B/D y únicamente podrá ser rebasado mediante la instalación de nuevas refinerías o la ampliación de las existentes.

Puesto que el crecimiento de la demanda muestra un alza constante con una tasa media de crecimiento anual de 7.5% y la producción nacional es constante, se ha hecho necesario recurrir a importaciones.

Los aceites de base parafínica tienen una mayor demanda en el mercado nacional que los aceites de base nafténica, representando aproximadamente el 91.2% de la demanda nacional y el 94.3% de las importaciones.

CUADRO # 2.1

VENTAS INTERNAS, PRODUCCION NACIONAL
E IMPORTACIONES
(EN BARRILES POR DIA)



FUENTE: PEMEX

2.1.2 CONSUMIDORES DE ACEITES BASICOS

Los consumidores primarios de aceites básicos se pueden dividir en los siguientes grupos según el uso que le dan a éstos.

Independientes:

GRUPO 1.- Utiliza los aceites básicos para diversos productos industriales y/o para la obtención de aditivos.

GRUPO 2.- Utiliza el aceite básico para la obtención de lubricantes, tanto industriales como automotrices. Es la competencia de PEMEX en el mercado de lubricantes.

PEMEX:

GRUPO 3.- Utiliza el aceite básico para la obtención de lubricantes, tanto industriales como automotrices.

GRUPO 4. Consumo interno de PEMEX y cambios de inventario.

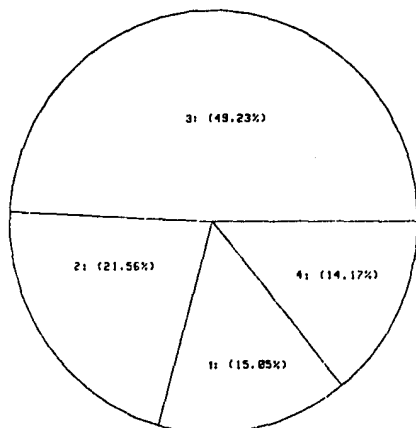
En el cuadro # 2.2 se muestran en forma de pastel los diferentes consumidores primarios de aceites básicos, incluye aceites básicos paraffnicos y nafténicos, de acuerdo a los consumos de cada grupo.

El área 1 representa el aceite básico destinado al grupo 1 con fines industriales, tienen un consumo de 15.05% del total nacional.

El área 2 representa el aceite básico destinado a los mezcladores/envasadores independientes y tienen un consumo de 21.56% sobre el total nacional.

CUADRO # 2.2

DISTRIBUCION DE ACEITES BASICOS



AREA 1- GRUPO INDEPENDIENTE, USO INDUSTRIAL

AREA 2- RECYCLADORES Y ENVASADORES INDEPENDIENTES

AREA 3- DISTRIBUIDORES DE PEMEX

AREA 4- CONSUMO INTERNO DE PEMEX Y CAMBIOS DE INVENTARIO

FUENTE: PEMEX

El área 3 representa el aceite básico destinado a los distribuidores de PEMEX, vía sus plantas de mezclado/envasado, este grupo es el que consume la mayor parte de los aceites básicos, tienen un consumo de 49.23% sobre el total nacional.

El área 4 representa el consumo interno de PEMEX y los cambios de inventario.

Como puede observarse de la gráfica, casi la mitad del aceite básico requerido se destina a la formulación de lubricantes elaborados por PEMEX.

Los destinos de los lubricantes elaborados por PEMEX son:

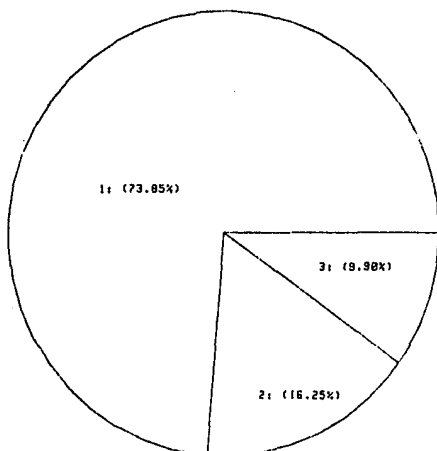
1.- Superintendencia general de agencias, estaciones de servicios y ventas del Valle de México: tiene como función principal la distribución de los lubricantes terminados en la República.

2.- Superintendencia General de Mayoreo: esta subdivisión de PEMEX se encarga de surtir pedidos de considerable volumen de lubricantes a clientes tales como: Ferrocarriles, C.F.E.

En el cuadro # 2.3 representan los volúmenes vendidos por los diferentes departamentos de ventas de lubricantes de PEMEX arriba citados.

El área 1 representa el volumen vendido por la Superintendencia General de Agencias, estaciones de servicio y Ventas del Valle de México, que maneja el 73.85% del total de los lubricantes formulados por PEMEX.

CUADRO # 2.3

DESTINO DE ACEITE BASICO UTILIZADO
POR PEMEX

AREA 1- SUPERINTENDENCIA GENERAL DE AGENCIAS
ESTACIONES DE SERVICIO Y VENTAS DEL
VALLE DE MEXICO.
AREA 2- SUPERINTENDENCIA GENERAL DE MAYORES
AREA 3- INSUMOS DE PEMEX.

FUENTE: PEMEX

El área 2 representa el volumen vendido por la Superintendencia General de Mayoreo, teniendo el 16.25% del total.

El área 3 representa los insumos de PEMEX y representan un 9.9% del total.

En el cuadro # 2.4 se muestran los consumos de las compañías que forman el grupo 1 de mezcladores/envasadores independientes abajo mencionados.

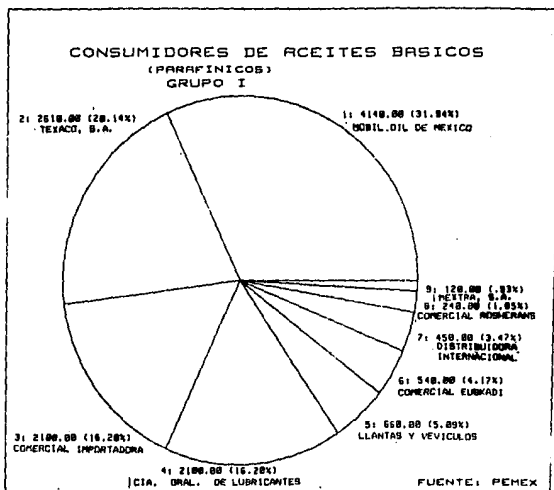
1. Mobil Oil de México
2. Texaco, S.A.
3. Comercial Importadora
4. Cfa. General de Lubricantes
5. Llantas y Vehículos
6. Comercial Euzkadi
7. Distribuidora Internacional
8. Comercial Rosherans
9. Mextra, S.A.

En el cuadro # 2.5 se muestran los consumos de las diferentes compañías que componen el grupo 2, que son:

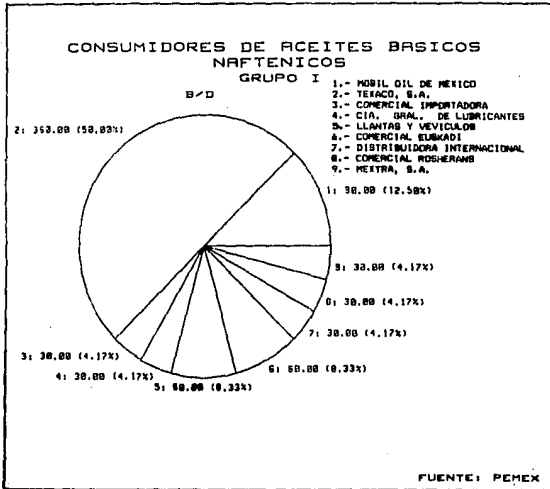
1. Aditivos Deportivos Mexicanos
2. Bardhal
3. Catalizadora Industrial
4. Cfa. Man. de Grasas y Lubricantes
5. Cfa. Mexicana de Esp. Ind.
6. Comisionistas Químicos
7. Esp. Quím. Monterrey.
8. General de Aditivos
9. Ind. de Esp. Químicas
10. Ind. Quím. Automotriz

11. Ind. Quim. Int. de México
12. Ind. Roux, S.A.
13. Ind. Técnicas Especializadas
14. Ing. de Proc. Industriales
15. Ing. Salas
16. Lab. Flaeing
17. Man. de Esp. Ind.
18. Aditivos Auto Ind.
19. Ind. de Com. Quim.
20. Man. y Proc. Ind.
21. Parafinas y Aceites
22. Productos Especiales
23. Protecín
24. Quífmica Henkel
25. Químicos y Derivados
26. Quimetal
27. Tecnuquímica Mexicana
28. Prod. Quim. y Derivados
29. Aditivos Mexicanos
30. Industrias Lubrizol
31. Fibrolub
32. Asin
33. Cordemex
34. Nalco de México
35. Quim. Ind. Curt. y Tex.

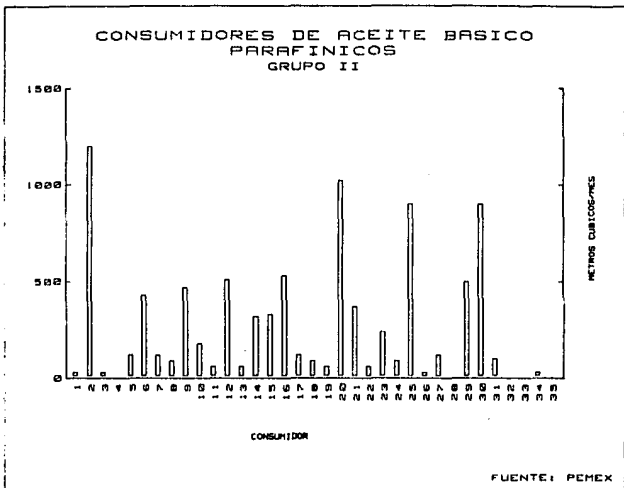
CUADRO 2.4 a



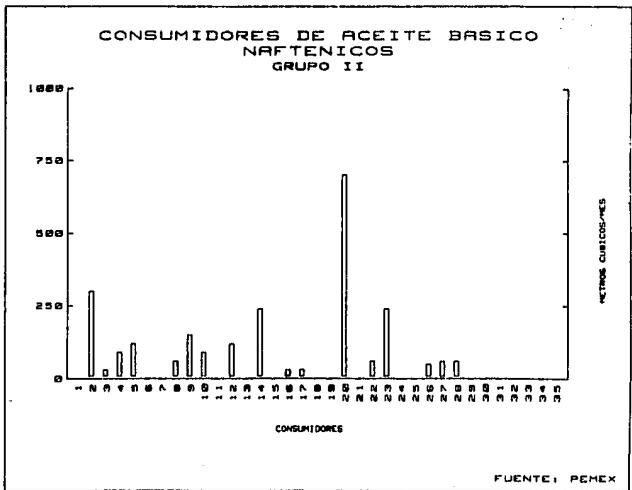
CUADRO # 2.4 b



CUADRO # 2.5 a



CUADRO 2.5 b



2.2 LUBRICANTES

2.2.1 TIPOS DE LUBRICANTES Y DEMANDA

La demanda de lubricantes en México es satisfecha - por las formulaciones de PEMEX y de los integrantes del --- Grupo 1 de mezcladores/envasadores independientes. PEMEX - tiene una participación en el mercado de 70% aproximadamente, la cual ha mantenido en los últimos años.

PEMEX por su parte produce 66 lubricantes derivados de aceites básicos paraffnicos que de acuerdo a su uso fi - nal se clasifican en los siguientes grupos:

- a) Aceites para carter
- b) Transmisiones y ejes traseros
- c) Línea industrial
- d) Cilindros de vapor
- e) Correderas
- f) Corte
- g) Engranés
- h) Ferrocarril
- i) Hidráulicos
- j) Neumáticos
- k) Husillos
- l) Toda pérdida
- m) Turbinas

En cada uno de los grupos anteriores están comprendi dos los siguientes tipos de aceites:

NOMBRE TECNICO
O COMERCIAL

ABREVIACION EN EL TRABAJO

a) ACEITES PARA CARTER

PEMEX DEX SAE 10W/30	#1 DEX 30
PEMEX DEX SAE 10W/40	#2 DEX 40
PEMEX SOL 10W	#3 SOL 10
PEMEX SOL SAE 20W	#4 SOL 20
PEMEX SOL SAE 30W	#5 SOL 30
PEMEX SOL SAE 40W	#6 SOL 40
PEMEX SOL SAE 50W	#7 SOL 50
PEMEX DIS 30	#8 DIS 30
PEMEX DIS 40	#9 DIS 40
PEMEX DUAL	#10 DUAL
PEMEX LUB SAE 10W/40	#11 LUB 10W/40

b) TRANSMISIONES Y EJES TRASEROS

LUBRICANTE ENGRANES UNIVERSAL MP SAE140	#12 E. UNIV140
LUBRICANTE ENGRANES UNIVERSAL MP SAE 80	#13 E. UNIV.80
LUBRICANTE ENGRANES UNIVERSAL MP SAE 90	#14 E.UNIV.90
LUBRICANTE DIFERENCIALES SCL 90	#15 DIF.SCL.90
LUBRICANTE DIFERENCIALES SCL 140	#16 DIF.SCL.140
TRANSMISOL DEXRON	#17 T. DEXRON
TRANSMISOL TIPO "F"	#18 T.FORD
TRANSMISIONES 90	#19 TRANSM.90
TRANSMISIONES 140	#20 TRANSM.140
TRANSMISIONES 250	#21 TRANSM.250
FLUIDO PARA TRACTOR "AA"	#22 TRACAA
FLUIDO PARA TRACTOR "BB"	#23 TRACBB
FLUIDO PARA TRACTOR "CC"	#24 TRACCC

c) LINEA INDUSTRIAL

DIESEL MEX MARINO SAE 40	#25 D.MEX.M.40
--------------------------	----------------

DIESEL MEX MARINO SAE 50	#26 D.MEX.M.50
DIESEL MAR 1330	#27 D.MAR1030
DIESEL MAR 1040	#28 D.MAR1040
DIESEL MAR 2040	#29 D.MAR2040
DIESEL MAR 3040	#30 D.MAR3040
DIESEL MAR 3030	#31 D.MAR3030

d) CILINDROS DE VAPOR

NACIONAL VALVULAS	#32 NAL.VALV.
NACIONAL ESPECIAL VALVULAS	#33 NAL.E.VALV.
NACIONAL ESPECIAL VAPOR RECALENTADO	#34 NAL.E.V.RE.

e) CORREDERAS

PENTAC 4	#35 PENTAC4
----------	-------------

f) CORTE

CORTACERO 5090	#36 CORTAC5090
NACIONAL TARRAJAS	#37 N.TARRAJAS

g) ENGRANES

LUBRICANTE ENGRANES COMPUESTO 2A	#38 E.COMP.2A
LUBRICANTE ENGRANES COMPUESTO 3A	#39 E.COMP.3A
LUBRICANTE ENGRANES COMPUESTO 4A	#40 E.COMP.4A
LUBRICANTE ENGRANES COMPUESTO 6A	#41 E.COMP.6A

h) FERROCARRIL

DIESEL MEX FERROCARRIL	#42 D.MEX.FFCC
NACIONAL CARROS 906 A 60	#43 CARR906A60
NACIONAL CARROS 906-66	#44 CARR906-66

i) HIDRAULICOS

ACEITE HIDRAULICO MH-150	#45 HID.150
ACEITE HIDRAULICO MH-220	#46 HID.220
ACEITE HIDRAULICO MH-300	#47 HID.300
ACEITE HIDRAULICO MH-450	#48 HID.450
ACEITE HIDRAULICO MH-600	#49 HID.600
ACEITE HIDRAULICO MH-700	#50 HID.700
ACEITE HIDRAULICO MH-900	#51 HID.900
ACEITE HIDRAULICO MH-1200	#52 HID.1200
NACIONAL 1700 C	#53 NAL1700
NACIONAL 2500 C	#54 NAL2500

j) NEUMATICOS

NEUMACBITE ESPECIAL 30	#55 NEUMOLUB30
NEUMACBITE ESPECIAL 40	#56 NEUMOLUB40

k) HUSILLOS

NACIONAL HUSILLO AA	#57 HUSILLOAA
NACIONAL HUSILLO BB	#58 HUSILLOBB
NACIONAL HUSILLO CC	#59 HUSILLOCC

l) TODA PERDIDA

NACIONAL 40	#60 NAL.40
-------------	------------

m) TURBINAS

TURBINAS 9	#61 TURB.9
TURBINAS 11	#62 TURB.11
TURBINAS 15	#63 TURB.15
TURBINAS 19	#64 TURB.19

TURBINAS 600
TURBINAS 900

#65 TURB600
#66 TURB900

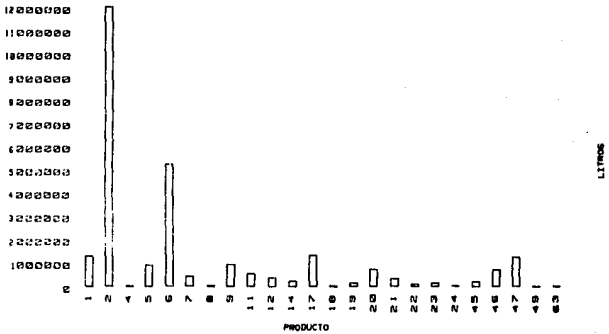
Las demandas de cada producto se encuentran en los cuadros # 2.6 y 2.7. Como se puede apreciar, los lubricantes para carter tienen el 75% de la demanda.

2.2.2 AGENCIAS Y SUS VOLUMENES DE VENTAS

PEMEX distribuye estos productos en la República por medio de 66 agencias de ventas mencionadas en el cuadro # 2.8. En los cuadros # 2.9 y 2.10, se muestran las demandas por agencia donde se puede apreciar la importancia que tiene la agencia del Valle de México, la cual vende el 29% del total demandado.

CUADRO # 2.6

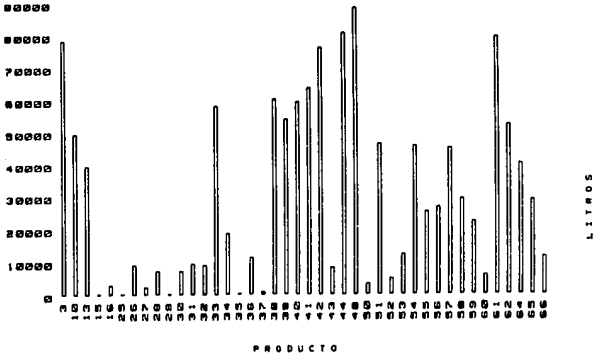
DEMANDA MENSUAL TOTAL POR PRODUCTO
(DEMANDAS MAYORES A 50,000 LITROS)



FUENTE: PEMEX

CUADRO # 2.7

DEMANDA MENSUAL TOTAL POR PRODUCTO
(MENOR DE 90,000 LITROS)



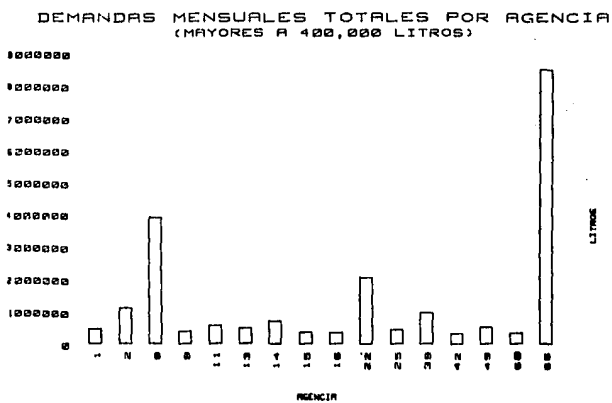
FUENTE: PEMEX

C U A D R O 7 2.8

AGENCIAS DE VENTAS DE PEMEX PARA LA DISTRIBUCION
DE LUBRICANTES

1	MADERO	34	CD. OBREGON
2	S. L. P.	35	CULIACAN
3	AGUASCALIENTES	36	URUAPAN
4	CD. VALLES	37	ZAMORA
5	CD. MANTE	38	COLIMA
6	ZACATECAS	39	GUADALAJARA
7	MATEHUALA	40	MORELIA
8	MONTERREY	41	MANZANILLO
9	CD. JUAREZ	42	TOLUCA
10	VICTORIA	43	POZA RICA
11	CHIHUAHUA	44	PACHUCA
12	PARRAL	45	ACAPULCO
13	GOMEZ PALACIOS	46	CUAUTLA
14	REYNOSA	47	CUERNAVACA
15	SABINAS	48	IGUALA
16	SALTILLO	49	PUEBLA
17	DURANGO	50	JALAPA
18	LEON, GTO.	51	ORIZABA
19	IRAPUATO	52	TEHUACAN
20	CELAYA	53	T. BLANCA
21	QUERETARO	54	VERACRUZ
22	MAZATLAN	55	MINATITLAN
23	GUAMUCHIL	56	SALINA CRUZ
24	GUAYMAS	57	OAXACA
25	HERMOSILLO	58	ARRIAGA
26	LA PAZ	59	TUXTLA
27	LOS MOCHIS	60	VILLAHERMOSA
28	MAGDALENA	61	TAPACHULA
29	NAVOJOVA	62	MERIDA
30	NOGALES	63	CAMPECHE
31	RUIZ	64	PEROTE
32	TEPIC	65	FRONTERA
33	CANANEA	66	VALLE MEX.

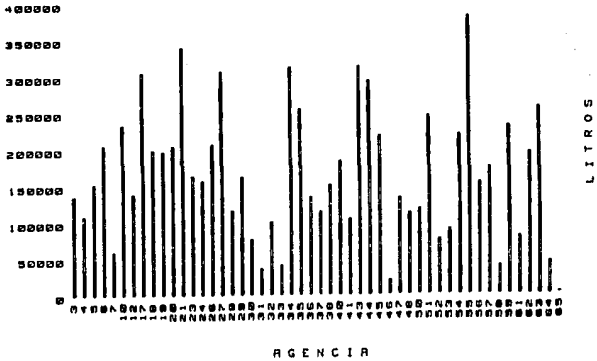
CUADRO # 2.9



FUENTE: PEHEX

CUADRO # 2.10

DEMANDA MENSUAL TOTAL POR AGENCIA
(MENOR DE 400,000 LITROS)



FUENTE: PEMEX

C A P I T U L O I I I

INVESTIGACION DE OPERACIONES

INVESTIGACION DE OPERACIONES

3.1 INTRODUCCION

Desde la revolución industrial ha habido un crecimiento impresionante en el tamaño y complejidad de las organizaciones. Una de las principales razones que han provocado este cambio ha sido el incremento en la división de trabajo y las responsabilidades de la dirección de estas organizaciones.

Los resultados han sido espectaculares, pero sin embargo han traído consigo ciertos problemas. Uno de ellos es que los diferentes componentes de la organización comienzan a crecer por separado, planteándose sus propias metas y sistemas de valores, perdiendo de vista el hecho de que sus actividades y objetivos forman parte de las de la organización total. Asimismo, al aumentar la complejidad y especialización de una organización, se vuelve más difícil distribuir los recursos disponibles a sus diferentes actividades de la manera más eficaz para la organización total. Este tipo de problemas y la necesidad de encontrar una manera más adecuada para resolverlos, dieron lugar al surgimiento de la disciplina conocida como investigación de operaciones.

3.2 HISTORIA

Los inicios de la investigación de operaciones se -

remonta varias décadas atrás, cuando se hacían intentos de utilizar un enfoque científico en el manejo de las organizaciones. Sin embargo, se acepta que la disciplina, tal y como hoy se le conoce se desarrolló en la Segunda Guerra Mundial, al ser utilizada en la optimización de decisiones militares. Después de la Guerra las organizaciones se dieron cuenta de cuán útil había sido la investigación de operaciones para la conducción de la guerra y comenzaron a interesarse en este nuevo campo para desarrollar aplicaciones civiles.

Los problemas que tenían que afrontar las industrias eran básicamente las mismas que habían tenido que enfrentar los militares, pero en un contexto diferente. De esta manera la investigación de operaciones comenzó a utilizarse en las industrias, en los negocios y en el gobierno civil. Desde entonces este nuevo campo se ha ido desarrollando rápidamente.

Otros dos factores fueron de suma importancia en el rápido crecimiento de esta ciencia. El primero fue el mejoramiento de las técnicas. Un ejemplo de esto es el método simplex, utilizado para solucionar problemas de programación lineal, desarrollado por George Danzig en 1947. El segundo factor fue la llegada de la "Revolución de las computadoras". Por lo general es necesario utilizar las computadoras para resolver los complejos problemas, típicos de la investigación de operaciones. Por lo tanto, el desarrollo de las computadoras electrónicas digitales permitió un tremendo avance en este campo.

3.3 GENERALIDADES

La investigación de operaciones se puede describir, de manera muy sencilla, como una aproximación científica a la toma de decisiones que afecta las operaciones de sistemas organizacionales. Para que esto quede más claro, es necesario examinar las características de la disciplina en cuestión.

La investigación de operaciones implica "investigar acerca de las operaciones". Es aplicable a los problemas relacionados con la manera adecuada de llevar a cabo y coordinar las operaciones o actividades dentro de una organización. Se puede aplicar a problemas muy variados siguiendo el método científico. El proceso comienza con la observación cuidadosa y la formulación del problema y luego con la elaboración de un modelo científico (y por lo general matemático), que intenta abstraer la esencia del problema real. Entonces se hipotiza que este modelo es una representación suficientemente precisa de los rasgos esenciales de la situación, para que de esta manera las conclusiones obtenidas de este modelo sean también válidas para el problema real. Posteriormente, la hipótesis es modificada y verificada por medio de la experimentación. La investigación de operaciones también tiene que ver con el manejo práctico de la organización. Por lo tanto, para ser exitosa, debe también presentar conclusiones claras y positivas a quien deba tomar las decisiones, cuando éste así lo requiera.

Otra característica de la investigación de operaciones es su punto de vista operacional, intentando de esta manera resolver los problemas que surgen entre los componentes de la organización de la manera más provechosa para el todo. Los objetivos que se buscan deberán ser consistentes

con los de la organización en general. La meta es encontrar la manera más adecuada de operar un sistema dado.

La investigación de operaciones abarca muchos y muy variados aspectos, por lo que se requiere en general de un grupo de individuos para solucionar los problemas.

Entonces, se puede concluir que la investigación de operaciones tiene que ver con la óptima toma de decisiones mediante la creación de sistemas probabilísticos y determinados que se originan de la vida real y que por lo general tienen que ver con la distribución de recursos limitados.

3.4 PROGRAMACION LINEAL

3.4.1 INTRODUCCION

El desarrollo de la programación lineal puede considerarse como un importante avance científico de mediados del siglo veinte. Hoy en día se considera una herramienta básica, que ha ahorrado importantes sumas de dinero a muchas compañías. Se han escrito docenas de libros sobre esta materia e inclusive, una gran parte de toda la computación científica se dedica a utilizar dicha herramienta.

La programación lineal trata por lo general, con el problema de distribuir recursos limitados entre actividades que compiten entre sí. Este problema pretende distribuir los recursos limitados de la manera más eficaz, atendiendo a la satisfacción de un objetivo deseado.

La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema que pretende solucionar. El ad-

jetivo "lineal" significa que todas las funciones matemáticas en el modelo deberán ser de primer grado, es decir, funciones lineales. La palabra "programación" es un sinónimo de planeación. Por lo tanto, programación lineal incluye la planeación de actividades para obtener un resultado óptimo. Esto es, un resultado que alcance la meta específica (de acuerdo al modelo matemático) de entre todas las posibilidades.

3.4.2 EL MODELO MATEMATICO EN PROGRAMACION LINEAL

Por lo general, un problema de programación lineal implica la maximización o minimización de una función lineal de un conjunto de variables no negativas sujeta a un conjunto de desigualdades lineales que relacionan a las variables.

La generalización del modelo matemático en programación lineal es la siguiente:

Encontrar $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ tales que maximicen la siguiente función lineal, también conocida como "función objetiva":

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

Sujeta a las restricciones:

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 + \dots + A_{1n}X_n \leq b_1$$

$$A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + A_{23}X_3 + \dots + A_{2n}X_n \leq b_2$$

$$\begin{array}{r}
 A_{31}X_1 + A_{32}X_2 + A_{33}X_3 + \dots + A_{3n}X_n \leq b_3 \\
 \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \\
 \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \\
 \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \quad \cdot \\
 A_{m1}X_1 + A_{m2}X_2 + A_{m3}X_3 + \dots + A_{mn}X_n \leq b_m
 \end{array}$$

y tales que:

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

A_{mn} , C_n y b_m son constantes conocidas.

5.4.3 INTERPRETACION DEL MODELO MATEMATICO

Dadas "n" actividades en pugna, las variables de decisión $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ representan los niveles o intensidades de dichas actividades.

Z representa la medida total de efectividad, la cual es el valor de la función objetiva.

C es el incremento que se obtendrá en la medida total de efectividad (Z) por cada unidad que X se incremente.

El número de recursos es "m" y se dedica a una desigualdad a cada uno de estos recursos con objeto de mostrar en qué forma están restringidos, de manera tal que cada una de las primeras "m" desigualdades corresponde a una restricción con respecto a la disponibilidad de uno de los recursos.

b_i es la cantidad del recurso "i" del que disponemos

para abastecer las "n" actividades.

A_{ij} es la cantidad de recurso "i" consumida por cada unidad de actividad "j".

Las desigualdades tienen como objetivo indicar que la suma de todas las cantidades de recurso escaso "i" empleado en las "n" actividades sea menor o igual que la cantidad del mismo de que disponemos.

Las restricciones $X_j \geq 0$ para $j = 1, 2, 3, \dots, n$ eliminan la posibilidad de niveles negativos para las actividades.

3.4.4 CARACTERISTICAS QUE DEBE TENER UN PROBLEMA -- PARA PODER SER RESUELTO POR PROGRAMACION LINEAL

Todo problema de programación lineal hace una serie de suposiciones con respecto al problema real, las cuales deben ser satisfechas para que nuestra solución sea representativa de la solución real.

Las condiciones que deben buscarse para poder aplicar programación lineal son las siguientes:

- 1) Proporcionalidad
- 2) Aditividad
- 3) Divisibilidad
- 4) Determinismo

1). Proporcionalidad: es indispensable en programación lineal el que tanto la función objetiva como las restricciones sean estrictamente lineales. Esta linealidad --

trae consigo el concepto de proporcionalidad entre el nivel de cada actividad y empleo de los recursos, así como la proporcionalidad entre el nivel de cada actividad y la medida de efectividad.

2) Aditividad: existen ocasiones en que una función aún siendo proporcional no es lineal. La causa de esta situación es la existencia de interacciones entre las diferentes actividades, con lo cual al variar el nivel de una actividad, indirectamente modificamos el efecto que otra actividad tiene sobre la medida de efectividad.

La aditividad presupone que la medida total de efectividad y la utilización total de recursos resultante de la operación conjunta de las actividades, debe igualar las sumas respectivas de las cantidades resultantes de la operación individual de las actividades.

3). Divisibilidad: el método de solución que se presenta en este capítulo, no conduce salvo raras excepciones a valores enteros para las variables de decisión, siendo lo más común el obtener valores fraccionarios. Es por esto que al aplicar programación lineal debemos permitir una solución fraccionaria.

Existen ocasiones en que es absolutamente necesario el obtener una respuesta en valores enteros. Cuando este es el caso, existen dos procedimientos para resolver el problema:

- a) Empleando programación lineal de enteros: este método utiliza la obtención del valor entero óptimo buscado, pero tiene la desventaja de ser muy complicado.

b) Empleando programación lineal normal y redondeando los valores obtenidos a sus valores menores más próximos. Este método tiene las siguientes desventajas:

a) La solución de enteros obtenida puede no ser posible.

b) Aún siendo posible la solución de enteros obtenida, no es forzoso que ésta esté cerca del valor óptimo.

4). Determinismo: A, B y C son constantes conocidas, analizando la forma en que generalmente se desarrolla un modelo matemático de programación lineal, resulta que generalmente un modelo se formula con el objeto de seleccionar un curso de acción futura, razón por la cual los coeficientes que se utilizan suelen ser una predicción de condiciones futuras. Es por esto que en muchos casos estos coeficientes no son constantes conocidas sino que son variables aleatorias, sin embargo, existen ocasiones en que es posible determinar con razonable confiabilidad los valores de dichas constantes.

3.5 METODO SIMPLEX

3.5.1 GENERALIDADES

El método simplex es el procedimiento utilizado para resolver problemas de programación lineal, fue desarrollado por Jorge Danzig en 1947. Este fue el primer método que permitió atacar ordenadamente, con un procedimiento rutinario, los problemas de programación lineal que antes eran --

muy difíciles de resolver.

Consiste en un procedimiento algebraico que progresivamente se acerca a la solución óptima mediante un proceso iterativo bien definido. Debido a sus características, es utilizado en las computadoras (método simplex revisado).

Con objeto de puntualizar la forma de trabajo del método simplex, se presentará primero un ejemplo en forma gráfica, para después mostrar la similitud del procedimiento gráfico empleado con el algebraico del método simplex.

3.5.2 SOLUCION GRAFICA DEL MODELO MATEMATICO DE PROGRAMACION LINEAL

Sea el siguiente modelo de programación lineal:

$$\text{MAX. } Z = X_1 + 2X_2$$

Sujeto a las restricciones:

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 600 \\ X_2 &\leq 300 \\ 3X_1 + 4X_2 &\leq 2400 \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Representando gráficamente las rectas cuyas ecuaciones son:

$$\begin{aligned} X_1 &= 600 \\ X_2 &= 300 \\ 3X_1 + 4X_2 &= 2400 \end{aligned}$$

Como $X_1, X_2 \geq 0$ se trabaja con el primer cuadrante, donde tanto X_1 como X_2 son positivas.

Como X_1 debe ser menor o igual a 600, la zona donde se cumple esta condición es la comprendida entre el eje $O-X_2$ y la recta $X_1 = 600$. Operando de forma igual con las otras dos ecuaciones se llega a la gráfica expuesta en la figura 4.1.

Como ya no se tienen más restricciones, la zona es la región de soluciones posibles del problema.

Los puntos extremos de la región son:

O (0,0) ; A (0,300)
 B (400,300) ; C (600,150)
 D (600,0)

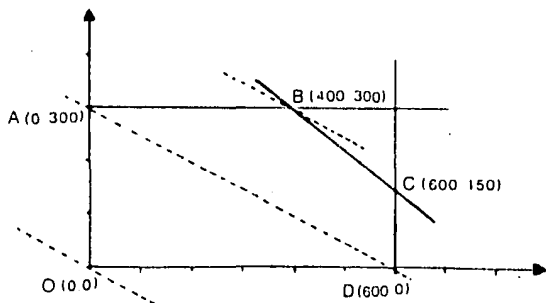


FIGURA #4.1

Soluciones factibles: en la zona
 Soluciones básicas factibles: puntos O,A,B,C,D
 Solución óptima: punto B (400,300)

Una vez localizada la región de valores posibles que encontraron los valores (X_1, X_2) que maximizan la función objetiva:

$$Z = X_1 + 2X_2$$

se considera la recta cuya ecuación en forma normal-
 es:

$$\frac{X_1}{\sqrt{5}} + \frac{2X_2}{\sqrt{5}} = p \quad (I)$$

Por geometría analítica se demuestra que "p" es la distancia perpendicular a la recta desde el origen; si se hace:

$$Z = p \sqrt{5}$$

Z tendrá el mismo valor para cualquier punto de la recta (I).

Si se piensa en "p" como en un parámetro, (U) representa una familia de rectas paralelas, y maximizar Z equivale a encontrar a aquel miembro de la familia que está más lejano del origen y que tiene cuando menos un punto de contacto con la poligonal OABCD.

Haciendo ésto se ve que: $X_1^* = 400$ y $X_2^* = 300$, por -

lo tanto:

$$z^* = 1000$$

La gran inconveniencia del método gráfico es que no puede ser aplicado a problemas con más de tres variables y en ocasiones aún con dos variables resulta muy complicado.

Terminología de la Programación lineal:

Solución factible es cualquier solución que satisfice todas las restricciones.

Solución óptima es la mejor de las soluciones factibles, ésto es, aquella que maximiza la función objetiva.

Solución básica factible es aquélla que corresponde a un punto extremo.

Para la presentación del método simplex se supondrá que el modelo matemático general se ha visto con anterioridad, en el cual se restringirá la constante "b" a ser estrictamente positiva.

Suponiendo que existen soluciones factibles y suponiendo que se tiene un máximo finito de ellas, entonces el problema de programación lineal debe tener las siguientes propiedades:

- 1) El conjunto de soluciones factibles debe ser un conjunto convexo.
- 2) Si existe cuando menos una solución factible, entonces también existe cuando menos una solución básica-

factible.

- 3) El número de soluciones básicas es finito.
- 4) Cuando menos una de las soluciones básicas factibles es óptima.

Debe quedar claro que una solución óptima no necesita ser una solución básica factible, esto sucede cuando son varias las soluciones factibles que maximizan la función objetiva. La propiedad (4) dice que cuando menos una de las soluciones óptimas será una solución básica factible, pero no dice nada sobre las demás (en caso de que existan).

Suponiendo que se cambia la función objetiva del -- ejemplo a: $Z = 3X_1 + 4X_2$, en este caso las dos soluciones básicas factibles (400,300) y (600,150) y todas las soluciones no básicas factibles sustituidas en el segmento lineal que une estos dos puntos, hubiesen sido soluciones óptimas.

Como se puede observar aún cuando existe un número - infinito de soluciones, se debe concentrar atención a un número finito de ellas, por esta razón se analizan las solu- ciones básicas factibles ya que de éstas se encontrará la - solución óptima.

Aún cuando existe un número finito en las soluciones básicas factibles, en la mayoría de los casos su número es demasiado grande, por lo que resulta ineficiente buscar entre todas ellas para encontrar la solución óptima. Es aquí donde entra en acción el método simplex, el cual además de solo examinar los puntos extremos, realiza la búsqueda de - una manera eficiente debido a que no examina todas las solu ciones básicas factibles.

Gráficamente lo que hace el método simplex es lo siguiente:

- 1) Localizar un vértice cualquiera como punto de partida.
- 2) Examinar las aristas del vértice para ver si al moverse sobre una de ellas hasta el siguiente vértice adyacente, se aumenta el valor de Z , el vértice en el cual se está situado maximiza a Z . Si al recorrer al menos una arista; se aumenta Z , se pasa al punto (3).
- 3) Se escoge una de las aristas a lo largo de la cual se aumenta el valor de Z y se sigue sobre ella hasta alcanzar el siguiente vértice adyacente.
- 4) Se repiten los pasos (1), (2) y (3) hasta que Z ya no pueda aumentarse.

El valor máximo de Z se ha alcanzado cuando los vértices adyacentes no aumentan el valor de Z , según se expresa en el punto (2). Esto se debe a que tenemos un conjunto convexo para nuestras soluciones (propiedad 1).

Dado que cada vértice sucesivo debe incrementar el valor de Z , es imposible regresar a un vértice seleccionado con anterioridad, de aquí que, el número de pasos no puede ser mayor que el número de vértices, el cual es finito (propiedad 3).

Con objeto de poder manejar algebraicamente el problema, y poder aplicar los pasos anteriores, el método simplex emplea el siguiente artificio: se introducen en las restric

ciones variables de holgura para así convertirlas en igualdades y tener un sistema de ecuaciones en vez de un sistema de desigualdades.

Suponiendo que se tiene:

$$X_1 \leq 600 \quad (\alpha)$$

Esta desigualdad nos indica que el valor de X_1 puede ser menor que 600 por una cantidad que llamaremos X_3 :

$$X_1 + X_3 = 600$$

En donde X_3 , es la variable de holgura, si X_1 satisface la restricción original, entonces X_3 debe ser no negativa: $X_3 \geq 0$.

A su vez la restricción original se satisface si y sólo si $X_3 \geq 0$, de aquí que:

$$X_1 \leq 600$$

Se sustituye por:

$$X_1 + X_3 = 600 \quad (\beta)$$

$$X_3 \geq 0$$

Por lo que se puede reemplazar a (α) por (β) similarmente: $X_2 \leq 300$

Sé puede sustituir por:

$$\begin{aligned}
 X_2 + X_4 &= 300 \\
 X_4 &\geq 0 \\
 \text{y: } 3X_1 + 4X_2 &\leq 2400
 \end{aligned}$$

Se puede reemplazar por:

$$\begin{aligned}
 3X_1 + 4X_2 + X_5 &= 2400 \\
 X_5 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el modelo matemático de programación lineal queda como sigue:

$$\text{MAX. } Z = X_1 + 2X_2$$

sujeta a:

$$\begin{aligned}
 X_1 + X_3 &= 600 \\
 X_2 + X_4 &= 300 \\
 3X_1 + 4X_2 + X_5 &= 2400 \\
 X_i &\geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5)
 \end{aligned}$$

Sistema que es completamente equivalente al original solo que más apropiado para su manipulación algebraica.

Las variables de holgura son únicamente un artificio para llegar a la solución óptima y pueden o no tener significado físico en problemas individuales.

Definición: supóngase que se tienen "n" variables y "m" ecuaciones, en donde $n > m$, supóngase que se seleccionan "m" de "n" variables y se hacen las n-m variables restantes iguales a cero, si se resuelven las "m" ecuacio-

nes para las "m" variables restantes, la solución resultante es una solución básica. Si las "m" variables son mayores o iguales a cero, se tiene una solución básica factible, se dice que esta solución es una solución básica factible no degenerada si todas las "m" variables son mayores que cero. Las "m" variables escogidas se denominan como "básicas" y las n-m variables restantes se conocen como variables "no básicas".

En el ejemplo dado, escogiendo X_1 , X_2 , y X_4 como variables básicas, se tiene:

VARIABLES NO
BÁSICAS

$$X_2 = 0$$

$$X_5 = 0$$

VARIABLES
BÁSICAS

$$X_1 = 600$$

$$X_2 = 150$$

$$X_4 = 150$$

$(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (600, 150, 0, 150, 0)$ es una solución básica factible no degenerada.

El primer paso en el método simplex es hacer cero -- las variables originales y tomar las variables de holgura -- como variables básicas, con objeto de proporcionar una solución básica factible inicial óptima. El objeto de este procedimiento es de que no tengamos valores negativos en las variables, esto es soluciones no factibles.

En nuestro ejemplo tenemos:

VARIABLES NO
BASICAS

$$X_1 = 0$$

$$X_2 = 0$$

VARIABLES
BASICAS

$$X_3 = 600$$

$$X_4 = 300$$

$$X_5 = 2400$$

En general, la solución básica factible general será siempre:

$$X_j = 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n-m)$$

$$X_{n-m+i} = b_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

El siguiente paso es encontrar la siguiente mejor solución, esto se logra convirtiendo una de las variables no básicas en variable básica y viceversa, con objeto de obtener una solución básica factible con todas menos una de las variables en la base anterior. Geométricamente estamos pasando al vértice adyacente que aumenta el valor de Z .

La variable de entrada se escoge analizando la ecuación de la función objetiva para localizar aquella variable que produce un incremento positivo en el valor de Z al incrementar el valor.

Existen varios métodos para seleccionar aquella variable que deberá entrar en la base cuando son varias las que pueden incrementar el valor de Z .

1) Selección arbitraria: tiene el inconveniente de no conducir al menor número de iteraciones para llegar a la solución óptima.

2) Probar el efecto que produce en Z cada una de las variables no básicas al entrar en la base y escoger aquella que aumenta más el valor de Z . En este método se selecciona aquella variable no básica que muestre una mayor tendencia a incrementar el valor de Z , esto es, aquella que cuente con el mayor coeficiente C_j en la función objetivo. Aún cuando no necesariamente es la que más incrementa el valor de Z debido a que las restricciones pueden impedir que su valor aumente tanto como otras con menores coeficientes.

En nuestro ejemplo escogemos X_2 para entrar en la base puesto que tiene un coeficiente de dos mientras que el de X_1 es de uno.

Ahora se determina la variable básica que debe convertirse en no básica. Se escoge aquella variable cuyo valor se haga negativo primero cuando el valor de la variable básica entrante X_2 se incremente.

	LIMITE
(1) $X_3 = 600 + X_1$	∞
(2) $X_4 = 300 - X_2$	300
(3) $X_5 = 2400 - 3X_1 - 4X_2$	600

El valor positivo de X_3 no cambia al incrementarse X_2 , en lo que respecta a esta variable podemos incrementar a X_2 al infinito sin que X_3 se vuelva negativa.

En la ecuación (2) el máximo valor al que puede llegar X_2 antes de que X_4 se vuelva negativa, será 300.

En la ecuación (3) el límite para X_5 es de 600.

X_4 es la primera variable básica que se vuelve negativa al incrementarse X_2 , por lo tanto es la variable que deberá dejar la base.

Resolviendo el mismo sistema empleando el método de Gauss-Yordan, tenemos:

VARIABLES NO BASICAS		VARIABLES BASICAS
X_1	= 0	X_2 = 300
X_4	= 0	X_3 = 600
		X_5 = 1200

Geométricamente lo que se ha hecho es trasladarse a lo largo de la arista \overline{OA} hasta el vértice $A(0,300)$.

Al emplear el método de Gauss-Yordan, la función objetivo queda como sigue:

$$Z = 600 + X_1 - 2X_4$$

X_1 puede entrar a la base y hacer que aumente Z , lo que muestra que la solución aún no es la óptima y que es necesario seguir adelante con el procedimiento.

El haber transformado la función objetivo de forma que esté sólo en función de variables no básicas es debido a que la función objetivo original tiene una variable no básica (X_1) y otra básica (X_2) y que sin embargo no incluye la otra variable no básica (X_4). Al suceder esto no es posible utilizar la ecuación de Z para determinar si al aumentar el valor de X_1 aumentará el valor de Z debido que al

modificarse el valor de X_1 es posible cambiar el valor de X_2 por ser esta una variable básica diferente de cero. La segunda razón para la transformación de Z es que sin X_4 la segunda función objetiva no se puede juzgar su efecto en Z .

METODO DEL PIVOTE:

Con objeto de ahorrar trabajo, se suele emplear el método del pivote el cual utiliza la representación matricial del problema.

PASO I. Arreglar las ecuaciones de forma que las variables X_j correspondientes en cada ecuación aparezcan en la misma columna (tratando las ausencias de X_j como ceros), denominándose por P_j al vector columna correspondiente a la variable X_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) y P_0 al vector columna correspondiente a las constantes.

$$\begin{array}{rcl}
 & & a_{1j} \\
 X_j P_j = & & a_{2j} \\
 & & \cdot \\
 & & \cdot \\
 & & \cdot \\
 & & a_{mj}
 \end{array}$$

El modelo matemático general resulta como sigue:

$$\text{MAX. } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n X_j P_j = P_0$$

PASO II. Colocar los vectores de la columna P_j de una manera sistemática en una tabla como la siguiente:

ECUACION NUMERO	VARIABLE BASICA	Z	P_1	P_2	...	P_{n+m}	LIMITE
0	Z	1	C_1	C_2	...	C_{n+m}	0
1		0	A_{11}	A_{12}	...	$A_{1(n+m)}$	b_1
2		0	A_{21}	A_{22}	...	$A_{2(n+m)}$	b_2
.	
.	
.	
m		0	A_{m1}	A_{m2}		$A_{m(n+m)}$	b_n

ECUACION NUMERO	VARIABLE BASICA	Z	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LIMITE
0	Z	1	-1	-2	0	0	0	0
1	X_3	0	1	0	1	0	0	600
2	X_4	0	0	1	0	1	0	300
3	X_5	0	3	4	0	0	1	2400

PASO III. Se considera sólo las ecuaciones donde $A_{ie} \neq 0$ se obtienen los coeficientes b_j/A_{je} correspondientes anotados los resultados en la columna del límite. Márquese con un círculo el elemento A. En el ejemplo Dado $X_5 = X_4$.

ECUACION NUMERO	VARIABLE BASICA	Z	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LIMITE
0	Z	1	-1	0	0	2	0	600
1	X_3	0	1	0	1	0	0	600
2	X_2	0	0	1	0	1	0	300
3	X_5	0	3	0	0	-4	1	1200

PASO IV. En una nueva tabla cámbiese X_4 por X_2 en la columna de variable básica y póngase en el renglón correspondiente a X_5 dividida entre A_{je} . Elimínese X_e de todas las ecuaciones en las cuales aparece. El ejemplo queda como sigue:

ECUACION NUMERO	VARIABLE BASICA	Z	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LIMITE
0	Z	1	0	0	0	2/3	1/3	1000
1	X_3	0	0	0	1	4/3	0	200
2	X_2	0	0	1	0	1	0	300
3	X_1	0	1	0	0	-4/3	1	400

PASO V. Revísese la ecuación 0 para ver si existe algún coeficiente negativo, de ser así la solución no es óptima y debe de continuarse el procedimiento. En el ejemplo se obtienen los resultados óptimos en la siguiente tabla:

ECUACION NUMERO	VARIABLE BASICA	Z	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LIMITE
0	Z	1	0	0	0	2/3	1/3	1000
1	X_3	0	0	0	1	4/3	0	200
2	X_2	0	0	1	0	1	0	300
3	X_1	0	1	0	0	-4/3	1	400

C A P I T U L O I V

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1 INTRODUCCION

El sistema de producción, abasto y distribución de lubricantes que PEMEX opera en la actualidad deberá crecer y evolucionar para adecuarse a las necesidades de un mercado en expansión. Los planes conocidos de PEMEX, para la presente década, contemplan la instalación de una nueva refinera y de dos plantas mezcladoras/envasadoras de lubricantes.

El modelo aquí desarrollado, así como la metodología aplicada, pretenden auxiliar en la adopción de decisiones relacionadas con la optimización del sistema futuro.

En este capítulo se presentará la situación actual y futura de este sistema, para posteriormente plantear el problema que se pretende resolver.

4.2 SITUACION ACTUAL

PEMEX surte el total de la demanda nacional de aceites parafínicos se obtiene solamente de la refinera localizada en Salamanca con una producción promedio de 7,700 barriles por día.

Las importaciones de aceites básicos han ido aumentando desde 1978. En la actualidad tienen una gran impor -

tancia para surtir la demanda, ya que la oferta nacional ha permanecido estable. Las importaciones se realizan de Estados Unidos, teniendo como puerto de entrada la ciudad de Matamoros, Tamps.

Los aceites básicos que se destinan a la producción de lubricantes son:

1. Pesado 95 IV
2. Neutro pesado 95 IV
3. Neutro 95 IV
4. Neutro ligero 95 IV
5. Neutro ligero 105 IV
6. Cilindros 650 95 IV
7. Husos

Para la obtención de los lubricantes se mezclan uno o varios de los aceites básicos con aditivos, de acuerdo a formulaciones que permitan obtener características específicas para cada tipo de aplicación.

La demanda nacional de lubricantes es satisfecha por dos grupos productores. Estos son:

1. Mezcladores/ensambladores independientes
2. Mezcladores/ensambladores PEMEX.

Los lubricantes se obtienen en plantas de mezclado--donde posteriormente son envasados en diferentes presentaciones para ser distribuidas al mercado.

PEMEX cuenta con cuatro mezcladoras/ensambladoras localizadas en Azcapotzalco, Salamanca, Puebla y Mazatlán. En estas plantas se mezclan 66 diferentes formulaciones, obte-

niendo los lubricantes mencionados en cuadro # 4.1.

Para la distribución de los lubricantes cuenta con 66 agencias, 65 operadas por la Superintendencia General de Agencias y la de mayor consumo, por Ventas del Valle de México. Su función es la de distribuir los lubricantes en sus respectivas zonas de influencia. Cuentan con bodegas para lubricantes (inventarios) para hacer posible su operación y dar servicio a los consumidores finales (fábricas, transportistas, etc.) e intermediarios que tienen ventas directas a los consumidores finales (agencias, estaciones de servicio, talleres y refaccionarias, etc.). Las agencias de PEMEX se muestran de acuerdo a su localización, en el cuadro # 4.2.

C U A D R O 4.1

PRODUCTOS CON BASE PARAFINICA ELABORADOS
POR PEMEX

1	DEX 30	34	NAL EVRE
2	DEX 40	35	PENTAC 4
3	SOL 10	36	CORAC5090
4	SOL 20	37	MTARRAJAS
5	SOL 30	38	ECOMP 2A
6	SOL 40	39	ECOMP 3A
7	SOL 50	40	ECOMP 4A
8	DIS 30	41	ECOMP 6A
9	DIS 40	42	DMEX FCC
10	DUAL	43	CAR 90A60
11	LUB 10W40	44	CAR 90666
12	EUNIV 140	45	HID 150
13	EUNIV 80	46	HID 220
14	EUNIV 90	47	HID 300
15	DIFSCL 90	48	HID 450
16	DIFSCL 140	49	HID 600
17	TDEXRON	50	HID 700
18	TFORD	51	HID 900
19	TRANSM 90	52	HID 1200
20	TRANSMI 140	53	NAL 1700C
21	TRANSM 250	54	NAL 2500C
22	TRAC AA	55	NEULUB 30
23	TRAC BB	56	NEULUB 40
24	TRAC CC	57	HUSILLOAA
25	DMEX M40	58	HUSILLOBB
26	DMEX M50	59	HUSILLOCC
27	DMAR 1030	60	NAL 40
28	DMAR 1040	61	TURB 9
29	DMAR 2040	62	TURB 11
30	DMAR 3030	63	TURB 15
31	DMAR 3040	64	TURB 19
32	NAL VALV	65	TURB 600
33	NAL ESVAL	66	TURB 900

C U A D R O # 4.2

AGENCIAS DE VENTAS DE PEMEX PARA LA DISTRIBUCION
DE LUBRICANTES

1	MADERO	34	CD. OBREGON
2	S.L.P.	35	CULIACAN
3	AGUASCALIENTES	36	URUAPAN
4	CD. VALLES	37	ZAMORA
5	CD. MANTE	38	COLIMA
6	ZACATECAS	39	GUADALAJAR
7	MATEHUALA	40	MORELIA
8	MONTERREY	41	MANZANILLO
9	CD. JUAREZ	42	TOLUCA
10	VICTORIA	43	POZA RICA
11	CHIHUAHUA	44	PACHUCA
12	PARRAL	45	ACAPULCO
13	GOMEZ PALACIO	46	CUAUTLA
14	REYNOSA	47	CUERNAVACA
15	SABINAS	48	IGUALA
16	SALTILLO	49	PUEBLA
17	DURANGO	50	JALAPA
18	LEON GTO.	51	ORIZABA
19	IRAPUATO	52	TEHUACAN
20	CELAYA	53	T. BLANCA
21	QUERETARO	54	VERACRUZ
22	MAZATLAN	55	MINATITLAN
23	GUAMUCHIL	56	SALINA CRUZ
24	GUAYMAS	57	OAXACA
25	HERMOSILLO	58	ARRIAGA
26	LA PAZ	59	TUXTLA
27	LOS MOCHIS	60	VILLAHERMOSA
28	MAGDALENA	61	TAPACHULA
29	NAVOJOA	62	MERIDA
30	NOGALES	63	CAMPECHE
31	RUIZ	64	PEROTE
32	TEPIC	65	FRONTERA
33	CANANEA	66	VALLE MEX

ESTO ES UN SISTEMA DE LA BIBLIOTECA

4.3 SITUACION FUTURA (1990)

Para 1987 se contará con una refinería adicional localizada en Tula, que procesará crudo itsmo (crudo paraffnico).

Se contempla además la construcción de dos plantas de mezclado/envasado, una en la nueva refinería en Tula y otra en Monterrey.

Por lo tanto, los parámetros del sistema futuro son los siguientes:

Los orígenes de los aceites básicos serán:

- 1. Salamanca
- 2. Tula
- 3. Matamoros

Las plantas de mezclado/envasado que se consideran para 1990 son:

- 1. T.E.L. (Azcapotzalco)
- 2. Salamanca
- 3. Puebla
- 4. Monterrey
- 5. Mazatlán
- 6. Tula

En estas plantas se producirán los mismos 66 tipos de lubricantes que se producen en la actualidad, mencionados en el cuadro # 4.1.

Los lubricantes se distribuyen a las 66 agencias que actualmente tiene PEMEX, las cuales se mencionan y se presenta el número asignado para cada una de ellas en este estudio en el cuadro # 4.2

Por lo tanto, la red de producción, abasto y distribución que PEMEX estaría operando para 1990 la podemos representar como se muestra en el cuadro # 4.3.

4.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este estudio se pretende definir la serie de condiciones que optimicen la operación del sistema de abastecimiento, producción y distribución de lubricantes, basando la optimización en maximizar las utilidades obtenidas de las ventas de lubricantes realizadas por las agencias de PEMEX.

Se plantea para ello un modelo que incluye las variables significativas en la economía global del sistema y se define el campo de soluciones factibles, tal que permita la determinación de los valores que deben asumir dichas variables para maximizar las utilidades del sistema.

Las variables o factores que afectan la economía del sistema son:

1. Contribución marginal (precio de venta-costos directos)
2. Nivel de la demanda en las agencias
3. Costo de transporte.

La contribución marginal de cada tipo de aceite lu -

CUADRO # 4.3

ORIGEN DE ACEITES BASICOS	MEZCLADORAS/ENVASADORAS	AGENCIAS DE PEMEX
		1MADERO
		2S. L. P.
		3AGUASCA
		4CD. VALL
	# 1 T. E. L.	5CD. MANT
		6ZACATEO
		7MATEHUA
		8MONTERR
#1 SALAMANCA	# 2 SALAMANCA	9CD. JUAR
		10VICTORI
		11CHIHUAH
		12PARRAL
		13GMEZPAL
		14REYNOSA
	# 3 PUEBLA	15SABINAS
#2 TULA		16SALTILL
		17DURANGO
		18LEON GT
		19IRAPUAT
	# 4 MONTERREY	20CELAYA
		21QUERETA
		22MAZATLA
		23GUAMUCH
		24GUAYMAS
	# 5 MAZATLAN	25HEPMOSI
#3 MATAMOROS		26LA PAZ
		27LOS MOC
		28MAGDALE
		29NAVOJOV
	# 6 TULA	30NOGALES
		31RUIZ
		32TEPIC
		33CANANEA
		34CD. OBRE
		35CULIACA
		36URUJAPAN
		37ZANDRA
		38COLIMA
		39GUADALA
		40MORELIA
		41MANZANI
		42TOLUCA
		43POZA RI
		44PACHUCA
		45ACAPULC
		46CUAUTLA
		47CUERNAV
		48ICUALA
		49PUEBLA
		50JALAPA
		51ORIZABA
		52TEHUACA
		53T. BLANC
		54VERACRU
		55MINATIT
		56SALINA
		57OAXACA
		58ARRIAGA
		59TUXTLA
		60VILLAHE
		61TAPACHU
		62MERIDA
		63CAMPECH
		64PEROTE
		65FRONTER
		66VALLE M
7 DIFERENTES ACEITES BASICOS		66 DIFERENTES

bricante producido, tiene una influencia limitada, en virtud de que el modelo impone la restricción de abastecer las demandas del mercado por lo menos en un 90%. Esto limita las opciones de optimización de las utilidades, al obligarla producción de todos los tipos de lubricantes hasta el nivel exigido por la demanda mínima, con indiferencia de su contribución marginal respectiva.

Los costos de transporte resultan ser determinantes en la maximización de las utilidades, toda vez que el modelo permite la selección sin restricciones en la combinación de rutas de transporte de materia prima y producto terminado para surtir el volumen de lubricante deseado por las diferentes agencias. Esto da origen a un amplio rango de opciones para la minimización de los costos.

Se propone la solución al problema planteado para el año de 1990 con el propósito de obtener, no sólo una solución estática a la optimización de un sistema dado, sino también la optimización de un sistema dinámico. De suerte tal que en base al modelo planteado, se puedan definir las ampliaciones de capacidad en las plantas mezcladoras/ensadoras actualmente activas y la determinación de capacidades para las plantas proyectadas que se requieran para satisfacer la demanda que exceda la capacidad del sistema actualmente instalado. El modelo planteado se define para efectos de este estudio, como caso base.

Para la operación del sistema actual PEMEX utiliza un criterio diferente: el de minimizar los costos de transporte de lubricantes envasados desde las plantas mezcladoras/ensadoras existentes a los centros de consumo, sin tomar en cuenta los costos de transporte para los aceites básicos. Este criterio ha conducido a PEMEX a localizar sus

capacidades de mezclado/envasado atendiendo a la minimiza -
ción de los costos de transporte de producto terminado de -
cada una de dichas localizaciones a los puntos de consumo -
de su área natural de influencia. Sin embargo, dado que -
las capacidades instaladas de cada localidad obedecen a cri -
terios exógenos, los costos de transporte para satisfacer -
las necesidades del mercado resultan superiores a los que -
se hubieran incurrido de haberse localizado y dimensionado -
las capacidades necesarias de acuerdo a un criterio que pro -
pendiera a minimizar los costos totales de transporte de --
producto terminado del sistema (caso 1).

En el caso base se consideran simultáneamente los -
costos de transporte globales, es decir, los costos de --
transporte de aceites básicos y de lubricantes terminados.-
Para ilustrar la diferencia entre los dos casos anteriores-
se modificó el modelo del caso base excluyendo los costos -
de transporte de aceites básicos caso 1, con el objeto de--
evaluar el efecto sobre los patrones de distribución regio-
nal, los volúmenes de producción y su correspondiente impac -
to económico.

C A P I T U L O V

OBTENCION DEL MODELO

OBTENCION DEL MODELO

5.1 INTRODUCCION

Para plantear la solución al problema de optimizar el sistema de lubricantes en México en la producción y distribución de materias primas y producto terminado, se hace necesario el desarrollo de un modelo matemático de programación lineal, que defina en forma cuantitativa la interrelación de las diferentes variables que afectan la economía del sistema en cuestión. Con ello se podrá plantear una función objetiva de maximización de utilidades que incorpore los parámetros relevantes que afectan al sistema.

Asimismo, para asegurar que las soluciones numéricas de la función objetiva caigan en un entorno de soluciones reales, será necesario definir las restricciones a las que deberán sujetarse cada una de las variables del problema.

5.2 PARAMETROS DEL SISTEMA

Los datos del modelo matemático deberán seleccionarse con el criterio de que sus efectos sobre los valores numéricos que adopte la función objetiva sean significativos.

Del análisis de los diferentes factores que afectan el funcionamiento del sistema se han seleccionado los siguientes en función de su importancia relativa:

- . Costos de transporte de materias primas y productos-terminados.
- . Costos de importaciones.
- . Demanda de producto terminado.
- . Oferta de aceites básicos.
- . Requerimientos de materia prima.
- . Capacidad de producción de productos terminados.

5.3 RESTRICCIONES A LAS VARIABLES

Para asegurar la obtención de soluciones prácticas - se deberán definir las limitaciones a las cuales se sujetan cada una de las variables que intervienen en el problema.

* COSTOS DE TRANSPORTE

Debido a la naturaleza de las cargas que se transportan en nuestro sistema, se utilizan diferentes vehículos para su transporte. Las características de estas cargas son:

1. Transporte de aceites básicos (líquido):

El transporte de aceites básicos se realiza por medio de carretera en autotanques pipas. El propósito de este transporte es el de surtir los aceites básicos desde los centros de origen a las plantas de mezclado/envasado.

2. Transporte de lubricantes envasados:

Este transporte se utiliza con el propósito de surtir los lubricantes desde las plantas de mezclado/ensado a las diferentes agencias de PEMEX.

* COSTO DE IMPORTACIONES

Dado que el costo de los aceites básicos provenien - tes del exterior es mayor que el costo de los producidos en el país, no se requiere adoptar una restricción para minimi zar su importación ya que el modelo matemático por sí mismo optará por la utilización de materia prima importada sólo - cuando la oferta nacional no resulte suficiente para surtir la demanda.

* DEMANDA DEL PROCESO TERMINADO

Frente a la oferta limitada de aceites básicos de - origen nacional y al elevado costo de proveer los faltantes del exterior, el modelo podría optimizar el sistema simple mente ajustando la oferta del producto terminado a lo que - permita la disponibilidad de materia prima nacional.

Dado el elevado costo que para la economía nacional - representaría una falta importante de abasto de lubrican - tes, se ha creído conveniente adoptar una restricción que - mantenga dichos faltantes a niveles tolerables. A tal efec to se exige al modelo que satisfaga por lo menos el 90% de la demanda total requerida por las diferentes agencias de - PEMEX en el país.

El modelo no cuantifica el impacto macroeconómico ni el costo social del desabastecimiento resultante y asume la

disponibilidad de divisas para las importaciones de materias primas que resulten necesarias, por ser intangibles.

* **DISPONIBILIDAD DE ACEITES BASICOS DE LA PRODUCCION NACIONAL EN LA OBTENCION DE LUBRICANTES, PARA EL USO DE PEMEX**

La disponibilidad de aceites básicos elaborados en el país será el sobrante que resulte de restar a la producción total las cuotas asignadas a clientes industriales, formuladores de lubricantes independientes así como el consumo de paraestatales y el propio consumo de PEMEX.

* **REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA**

Los requerimientos de materia prima se encuentran regidos por las formulaciones de cada producto y el volumen de producción de cada uno de éstos, ya que se tienen diferentes mezcladoras/ensadoras, los requerimientos de aceites básicos en cada una de éstas dependerá de los volúmenes de producción de cada producto.

Esta información hace posible definir los volúmenes de materia prima a transportar para cada mezcladora/ensadora en función de los productos y los volúmenes que cada una elabore.

* **CAPACIDAD DE PRODUCCION**

Dado que la optimización del sistema pudiera exigir una redistribución de los suministros provenientes de cada refinería o centro abastecedor a cada planta mezcladora/ensadora, es factible la aparición de capacidades ociosas en algunas instalaciones junto con la necesidad de un aumen

to de capacidad en otras. Para evitar inversiones innecesarias, se consideró el uso de por lo menos el 75% de la capacidad actualmente instalada en cada una de las plantas de -mezclado/envasado, para surtir la demanda de lubricantes requerida por las agencias.

5.4 MODELO MATEMATICO

5.4.1 SIMBOLOGIA

Para la búsqueda de un modelo matemático, primero habría que encontrar la representación de los diferentes factores de nuestro sistema en forma de variables. Se tendrán -dos tipos de variables que compondrán nuestro modelo matemático. Estos son:

1. Aspecto cuantitativo (representado por letras mayúsculas)
2. El aspecto cualitativo (representado por los subíndices).

1. REPRESENTACIONES CUANTITATIVAS

Si llamamos a:

X = total de lubricante, en litros/mes

Q = total de aceite básico, en litros/mes

U = fracción de aceite básico requerido por el producto

A = fracción de aditivo requerido por el producto

B = costo del aceite básico, en \$/litro

D = costo de aditivo, en \$/litro

- K = costo de transporte de aceites básicos, en \$/litro
 M = capacidad de mezclado/envasado, en litros/mes
 C = contribución del producto, en \$/litro
 P = precio de venta del producto, en \$/litro.

2. REPRESENTACIONES CUALITATIVAS

Si llamamos a :

- p = producto
 j = agencia
 i = mezcladora/ensadora
 f = aceite básico
 o = refinería o puerto de entrada
 n = nacional
 m = importación.

Con dichas distinciones podremos representar las -- variables requeridas por el modelo con toda precisión.

5.4.2 FUNCION OBJETIVA

La función objetiva se propone definir el costo de - transportar e importar aceites básicos y distribuir lubri-- cantes al mercado nacional.

Para una mayor comprensión de la función objetiva, - se expresará en forma simplificada para posteriormente proceder a substituir las variables explícitas en dicha fórmula.

Si llamamos:

- V = contribución marginal del producto terminado
 W = costo de transporte del producto terminado
 Y = costo de transporte de materia prima requerida para la elaboración del producto terminado.

Tenemos que:

$$V = P - UB - AD$$

La función objetiva se expresa como:

$$\text{Maximizar } Z = (V-W) - Y \quad 1.0$$

Substituyendo las variables cuantitativas ya descritas: en la ecuación 1.0, tenemos que:

$$\text{Maximizar } Z = X(\varrho - C) - QK \quad \text{Siendo } Q = XU \quad 1.1$$

$$\varrho = P - UB - AD \quad 1.2$$

Ya que se requiere de importaciones y el precio nacional de los aceites básicos y el de importación no son los mismos y dado que no varía el precio de venta ni el volumen de aceite básico requerido en la producción, se tendrán diferentes contribuciones.

En importaciones se tiene que:

$$\varrho_m = P - UB_m - AD \quad 1.3$$

Con productos nacionales se tiene que:

$$\varrho_n = P - UB_n - AD \quad 1.4$$

En donde: $B_m \neq B_n$

Sustituyendo en nuestra función objetiva tenemos:

$$\text{MAX } Z = X_n (\mathcal{L}_n - C) - Q_n K + X_m (\mathcal{L}_m - C) - Q_m K \quad 1.5$$

De 1.3 y 1.4 se tiene que:

$$\mathcal{L}_m = \mathcal{L}_n - (UB_m - UB_n) \quad 1.6$$

Sustituyendo 1.6 en 1.5 tenemos que:

$$\text{MAX } Z = X_n (\mathcal{L}_n - C) - Q_n K + X_m (\mathcal{L}_n - (UB_m - UB_n) - C) - Q_m K \quad 1.7$$

Simplificando:

$$\text{MAX } Z = X_n (\mathcal{L}_n - C) - Q_n K + X_m (\mathcal{L}_n - C) - X_m U (B_m - B_n) - Q_m K$$

ya que: $Q_m = X_m U$ y llamando a $B_m - B_n = \$$

tenemos que:

$$\text{MAX } Z = X_n + X_m (\mathcal{L}_n - C) - Q_n K - Q_m K - Q_m (\$) \quad 1.8$$

Introduciendo los factores cualitativos de nuestras variables tenemos:

VARIABLES:

X_{ijp} representa el volumen en litros/mes del producto "p" distribuido de la mezcladora/envasadora "i" a la agencia "j".

Q_{oif} representa el volumen en litros/mes del aceite-básico "f" distribuido de la refinería "o" a la mezcladora/envasadora "i".

PARAMETROS:

D_{jp} representa la demanda en la agencia "j" del producto "p".

Q_{of} representa la producción máxima del aceite básico "f" en la refinería "o", en litros/mes.

U_{pf} representa la fracción de básico "f" requerido - en la producción del producto "p".

C_{ij} representa el costo de transporte de la mezcladora/ensavadora "i" a la agencia "j", en pesos/litro.

K_{oi} representa el costo de transporte de la refinería "o" a la mezcladora/ensavadora "i", en pesos/litro.

N_i representa la capacidad de la planta de mezclado/ensavado "i", en litros/mes.

C_p representa la contribución obtenida del producto "p", en pesos/litro.

$\$f$ representa la diferencia entre el precio de importación y el precio nacional del aceite básico "f", en pesos/litro.

Sustituyendo en la ecuación 1.8 tenemos que:

$$\begin{aligned} \text{MAX } Z = & \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{66} \sum_{p=1}^{66} X_{ijp} (C_p - C_{ij}) - \sum_{o=1}^3 \sum_{i=1}^6 \sum_{f=1}^7 Q_{oif} (K_{oi}) \\ & - \sum_{i=1}^6 \sum_{f=1}^7 Q_{3if} (\$f). \end{aligned}$$

que representa la expresión matemática de la función objetiva con la que se determinarán las condiciones que resulten en la optimización del sistema

5.4.3 RESTRICCIONES A LAS VARIABLES

Para asegurar la obtención de soluciones prácticas - se deberán definir las limitaciones a las cuales se sujetan cada una de las variables que intervienen en el problema, - lo que nos limitará a que los valores que tomen nuestras variables se encuentren en un campo de soluciones factibles.

Para encontrarnos en un campo de soluciones reales - se restringe la libertad de nuestra función objetiva con las siguientes ecuaciones:

I. Restricciones de demanda: no se podrá producir más de lo demandado, ni tampoco menos del 90% de la demanda por agencia y por producto.

$$\sum_{j=1}^{66} \sum_{p=1}^{66} (D_{jp}) \geq \sum_{i=1}^6 x_{ijp}$$

$$\sum_{j=1}^{66} \sum_{p=1}^{66} (D_{jp})(.9) \leq \sum_{i=1}^6 x_{ijp}$$

II. Restricción de aceites básicos disponibles: esta restricción se divide en dos etapas:

a) Disponibilidad máxima de aceites básicos en cada

una de las refineras.

$$\sum_{o=1}^3 \sum_{f=1}^7 (Q_{of} \geq \sum_{i=1}^6 Q_{oif})$$

b) Disponibilidad total de básicos entre las refineras nacionales. Esto es, disponibilidad de básicos después de surtir la demanda nacional de grupos independientes e insumos PEMEX.

$$\sum_{f=1}^7 (Q_f \geq \sum_{o=1}^2 \sum_{i=1}^6 Q_{oif})$$

III. Restricciones de mezclado: esta restricción nos obliga a utilizar el 75% de la capacidad de las instalaciones actuales. En caso de que se necesitara un crecimiento regido por un aumento en la demanda, éste lo propondrá el modelo en las localizaciones propuestas para las plantas de mezclado/envasado en el sistema.

$$\sum_{i=1}^6 M_i (0.75) \geq \sum_{j=1}^{66} \sum_{p=1}^{66} X_{ijp}$$

IV. Restricción de formulación: esta restricción exige al modelo cumplir con la condición de que el volumen total de cada aceite básico se incorpore a cada uno de los aceites lubricantes en la proporción que satisfaga la formulación específica de cada uno de ellos.

$$\sum_{0=1}^3 \sum_{f=1}^7 (Q_{of} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{66} \sum_{p=1}^{66} x_{ijp} U_{pf})$$

C A P I T U L O VI

OBTENCION DE DATOS

OBTENCION DE DATOS

6.1 INTRODUCCION

Los datos requeridos por el modelo matemático planteado, provienen básicamente de registros e información de la Subdirección de Ventas y de la Gerencia de Refinación de Petróleos Mexicanos así como de publicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Los datos que se utilizan son:

1. Demanda de lubricantes, por producto y por agencia.
2. Disponibilidad máxima de aceites básicos por refinería.
3. Aceite básico disponible de la producción nacional - para el uso exclusivo de PEMEX en la elaboración de lubricantes.
4. Formulaciones de cada producto.
5. Capacidades máximas de mezclado/envasado.
6. Costo de transporte de aceites básicos.
7. Costo de transporte de producto terminado.

8. Precios de aceites básicos (nacional e internacional),
9. Precio de venta de producto terminado.
10. Precio de aditivos.

6.2 DEMANDA DE LUBRICANTES

Los datos de demanda de lubricantes por mes de cada producto en cada agencia se han obtenido de la información estadística recopilada por PEMEX. Los datos están clasificados por tipo de producto, por clase de presentación y por agencia.

La presentación de los productos adopta las siguientes formas:

- a: tambores de 200 litros
- b: cubetas de 19 litros
- c: cajas con 4 botes de 5 litros c/u
- d: cajas con 24 botes de 1 litro c/u.

Conociendo los volúmenes que cada una de las agencias requiere por tipo de envase, se obtuvo la demanda en litros por mes, por agencia y por producto mediante la siguiente fórmula:

$$D_{jp} \text{ (litros/mes)} = 200 (T-200_{jp}) + 19(C-19_{jp}) \\ + 20 (C-4/5_{jp}) + 24(C-24/1_{jp})$$

Donde:

$T-200_{jp}$ = número de tambores al mes de 200 litros -

- del producto "p" que demanda la agencia - "j".
- C-19jp = número de cubetas al mes de 19 litros del producto "p" que demanda la agencia "j".
- C-4/5jp = número de cajas al mes con 4 botes de 5 litros del producto "p" que demanda la -- agencia "j".
- C-24/1jp = número de cajas al mes con 24 botes de un litro del producto "p" que demanda la agencia "j".

Dado que el modelo se propone la optimización del sistema para el año de 1990, se hizo necesario extrapolar la demanda del año base de 1982. Para ello se adoptaron su puestos de crecimiento de la demanda de aceites lubricantes a largo plazo. El siguiente párrafo, extraído de un documento de PEMEX (1982), refleja claramente los supuestos -- adoptados en el presente trabajo:

"De acuerdo a las tendencias encontradas, se observa que mientras el número de vehículos se espera, por simple - tendencia histórica, que crezca a una tasa promedio anual - del 13.7% y la tasa de crecimiento de la demanda de gasolina más diesel lo haga al 8.4% la tasa promedio de aumento - del consumo de lubricantes calculada es del 7.5% anual".

La información obtenida se encuentra en el anexo I.

6.3 DISPONIBILIDAD MÁXIMA DE ACEITES BÁSICOS

Se considera la disponibilidad máxima de aceites básicos en cada refinería como la producción de cada una de - ellas.

Se determinó el volumen promedio producido de cada uno de los tipos de aceites básicos, sobre la base de datos de producción en los años 1979, 1980, y 1981 en la refinería de Salamanca, según información obtenida de la Gerencia de Refinación de PEMEX (ver Anexo II).

Ya que los porcentajes de cada tipo de aceite básico dentro del total, depende del tipo de crudo procesado, se supone que para el resto de la década no cambie significativamente la composición de aceites básicos que se observó como promedio de los años arriba citados.

Basándonos en estudios realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo, el crudo istmo tiene cualidades muy semejantes al crudo obtenido en Poza Rica. Se determinó la producción de cada aceite básico para la futura refinería en Tula, tomando los mismos porcentajes promedios de producción encontrados de la refinería de Salamanca, para los años 1979, 1980 y 1981.

IV) DISPONIBILIDAD DE ACEITES BASICOS NACIONALES, PARA LAS PLANTAS DE MEZCLADO/ENVASADO DE LAS REFINERIAS DE PEMEX.

Del total de aceites básicos obtenidos en la refinería, PEMEX asigna cuotas de consumo a los clientes industriales (Grupo II), y a los envasadores independientes (Grupo I), además, procura satisfacer las necesidades de los grandes usuarios de la industria paraestatal y de su propio autoconsumo. Estas cifras se han incrementado a la tasa de crecimiento del 7.5% anual, para proyectar las cuotas y autoconsumos en el año de 1990.

La diferencia resultante entre la producción de las refinerías localizadas en Salamanca y Tula con los requerimientos del Grupo I, Grupo II, autoconsumo e industria para estatal, es el volumen de aceite básico disponible para surtir a las plantas de mezclado/envasado de PEMEX (Ver Anexo II).

V) FORMULACIONES DE CADA PRODUCTO

Se obtuvieron las fracciones de los diferentes aceites básicos, de las que se compone cada uno de los lubricantes terminados, del libro "especificaciones de aceites lubricantes 1976", de la Gerencia de Refinación, Superintendencia General de Química, PEMEX.

VI) CAPACIDADES DE MEZCLADO/ENVASADO

Las capacidades de mezclado/envasado se obtuvieron de la Gerencia de Ventas Nacionales, Subdirección Comercial. En el caso de que existiera una diferencia entre la capacidad de mezclado y la capacidad de envasado para alguna planta en particular, se tomó la menor de las dos ya que se considera incosteable la utilización de la capacidad excedente.

Estos datos se encuentran en el Anexo III.

VII) COSTO DE TRANSPORTE

En nuestro sistema se utilizan dos medios de transporte. Estos son:

- a) Transporte por autotank o pipa
- b) Transporte por trailer (carga seca)

Por sus características de inversión, operación y de apreciación, que cada uno de estos tipos de transporte presenta se tienen diferentes costos para cada uno. Dado que no se espera que estas características cambien en un futuro inmediato, la relación de costo entre los dos tipos de transportes mencionados permanecerá constante.

a) Costo de Transporte de aceite básico por pipa:

Se obtuvieron las tarifas autorizadas por PEMEX en mayo de 1983, en pesos/litro transportado de origen a destino. Estas se presentan en el Anexo IV.

b) Costos de Transporte por Carga Seca:

En el caso de transporte de producto envasado, PEMEX se basa para sus pagos, en las tarifas oficiales autorizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Las tarifas son calculadas de acuerdo al tipo de material a transportar, así como el peso, el volumen y la distancia. Esta información, así como el procedimiento para su cálculo, se encuentra en el Anexo V.

C A P I T U L O V I I

SOLUCION DEL MODELO

SOLUCION DEL MODELO

7.1 APLICACION DE LA COMPUTADORA PARA LA SOLUCION DEL MODELO

7.1.1 GENERALIDADES

Las computadoras tienen un papel muy importante en la búsqueda de soluciones a problemas de investigación de operaciones. Tal es el caso de los problemas de programación lineal que utilizan el método simplex para su solución.

Para la solución del modelo se utilizaron las computadoras con tres propósitos:

1. La solución del modelo lineal
2. La elaboración del archivo de entrada
3. La organización de las soluciones.

1. USO DE LA COMPUTADORA PARA LA SOLUCION DEL MODELO

Para obtener las soluciones del modelo, se recurrió al uso de un paquete de software que resuelve problemas lineales basados en la metodología del Método simplex. Este paquete llamado "tempo" fue elaborado por Bourroughs, y se encuentra disponible en el centro de cómputo (P.U.C.) de la Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.). Tiene la característica de resolver problemas que contengan hasta 3,000,000 de variables y/o 26,000 restricciones.

a) Instrucciones de entrada al paquete:

La manera de alimentar al paquete "Tempo" es la siguiente:

Los datos se clasifican en las siguientes 5 secciones:

- | | |
|------------|-------------------------|
| 1. ROWS | RENGLONES |
| 2. COLUMNS | COLUMNAS |
| 3. RHS | TERMINOS INDEPENDIENTES |
| 4. RANGES | RANGOS |
| 5. BOUNDS | LIMITES |

A continuación se explicará la función de cada una de las secciones:

1. RENGONES (ROWS)

En la primera sección, se definen las ecuaciones del modelo y la relación que tiene cada una de éstas con el término independiente que le corresponde, expresándolo con las siguientes letras:

- L: menor o igual
- E: igual
- G: mayor o igual
- N: renglón no calculable o neutro. Es propio única mente en la función objetiva.

2. COLUMNAS (COLUMNS)

En la segunda sección se define la función de cada variable en cada ecuación del sistema. Esto se logra espe-

cificando la variable, la ecuación en la que toma parte, y la función que tiene en dicha ecuación.

3. TERMINO INDEPENDIENTE (RIGHT HAND SIDE)

En la tercer sección se define el término independiente de cada una de nuestras ecuaciones. Esto se logra especificando la ecuación y su término independiente.

4. RANGOS (RANGES)

En la cuarta sección se define el rango de cada una de las ecuaciones que requieren de un rango. Para éstas -- se deberá especificar la ecuación que requiere de un rango y el valor de dicho rango.

5. LIMITES (BOUNDS)

En la quinta sección se definen los límites que requiera cada una de las ecuaciones del sistema. Para éstas se deberá especificar la ecuación sujeta a límites y el valor entre sus límites.

EJ. Si se tiene el siguiente sistema:

ECUACIONES	NOMBRE DADO A LA ECUACION
MAX Z = 3X1-2X2	F.O. (FUNCION OBJETIVA)
Sujeto a:	
6X1-3X2 ≤ 12	REST1 (PRIMER RESTRICCIÓN)
X1-0.5X2 ≥ 1.5	REST2 (SEGUNDA RESTRICCIÓN)
2.4X1+3X2=6	REST3 (TERCERA RESTRICCIÓN)
X1 ≤ 5	REST4 CON UN RANGO DE 5-3=2
X1 ≥ 3	
X2 < 10	REST5 CON LIMITES EN -5 y 10
X2 > -5	VALORES ENTRE LIMITES SON 10-(-5)=15

Deberá introducirse al paquete "Tempo" de la siguiente manera:

NAME	"NOMBRE"		SE DA EL NOMBRE AL ARCHIVO
ROWS			AVISO QUE INICIA LA PRIMER SECCION
N	F.O.		SIGNO DE LA FUNCION OBJETIVA
L	REST1		SIGNO DE LA RESTRICCIÓN #1
G	REST2		SIGNO DE LA RESTRICCIÓN #2
E	REST3		SIGNO DE LA RESTRICCIÓN #3
L	REST4		SIGNO DE LA RESTRICCIÓN #4
L	REST5		SIGNO DE LA RESTRICCIÓN #5
COLUMNS			AVISO QUE INICIA LA SEGUNDA SECCION
X1	F.O.	3	FACTOR DE X1 EN LA FUNCION OBJ.
X1	REST1	6.	FACTOR DE X1 EN LA RESTRICCIÓN #1
X1	REST2	1.	FACTOR DE X1 EN LA RESTRICCIÓN #2
X1	REST3	2.4	FACTOR DE X1 EN LA RESTRICCIÓN #3
X1	REST4	1.	FACTOR DE X1 EN LA RESTRICCIÓN #4
X2	F.O.	-2.	FACTOR DE X2 EN LA FUNCION OBJETIVA
X2	REST1	-3.	FACTOR DE X2 EN LA RESTRICCIÓN #1
X2	REST2	-5.	FACTOR DE X2 EN LA RESTRICCIÓN #2
X2	REST3	3.	FACTOR DE X2 EN LA RESTRICCIÓN #3
X2	REST5	1.	FACTOR DE X2 EN LA RESTRICCIÓN #5
RHS			AVISO QUE INICIA LA TERCER SECCION
TERMIND	REST 1	12.	AVISA QUE EL TERMINO
TERMIND	REST 2	1.5	INDEPENDIENTE DE LAS
TERMIND	REST 3	6.	ECUACIONES, REST 1,2,3,4,5
TERMIND	REST5	10.	SON LAS MENCIONADAS
RANGES			AVISO QUE INICIA LA CUARTA SECCION
RANGO	REST4	3.	NOS DICE QUE LA RESTRICCIÓN #4 TIENE UN RANGO DE 3

BOUNDS AVISO QUE INICIA LA QUINTA SECCION
 LIMITES REST 5 15. AVISA QUE LA RESTRICCIÓN #5
 TIENE SUS LIMITES SEPARADOS EN 15
 UNIDADES

ENDATA AVISO QUE TODOS LOS DATOS SE INTRODUIERON

7.1.2 SIMPLIFICACION EN LA ELABORACION DEL ARCHIVO

a) ARCHIVO REQUERIDO POR EL MODELO

Haciendo un análisis aproximado de las instrucciones requeridas por nuestro sistema encontramos que:

Para la función objetiva se requiere de:

1 instrucción de signo
 26,136 de variables de lubricantes
 126 variables de aceites básicos

Para las restricciones de demanda se tienen:

4,356 instrucciones de signo
 26,136 variables de lubricantes
 4,356 términos independientes
 4,356 instrucciones de rangos

Para las restricciones de máximo de básico disponible por refinería:

21 instrucciones de signo
 126 variables de aceites básicos

Para las restricciones de disponibilidad nacional-máxima se tienen:

- 7 instrucciones de signo
- 84 variables de aceites básicos
- 7 instrucciones de términos independientes

Para el básico requerido por mezcladora/ensasadora, requiere de:

- 42 instrucciones de signo
- 52,262 variables de lubricantes
- 42 términos independientes

Restricción de capacidad de mezclado requiere de:

- 6 instrucciones de signo
- 26,136 variables de lubricantes
- 6 términos independientes

Por lo tanto, requerimos de un archivo que contenga:

- 4,433 instrucciones de signo
- 378 instrucciones de variables de aceites básicos
- 130,670 instrucciones para especificación de variables - de lubricantes en las diferentes ecuaciones
- 4,432 instrucciones de términos independientes
- 4,356 instrucciones de rangos
- 144,229 total de instrucciones requeridas por el paquete "Tempo" representando nuestro modelo

7.1.3 USO DE LA COMPUTADORA PARA GENERAR EL ARCHIVO DE DATOS

Ya que generar manualmente el archivo requerido por el paquete llevaría mucho tiempo y la probabilidad de cometer errores se elevaría, se recurrió al uso de la computadora, que con la elaboración de un programa se logró generar el archivo requerido por el paquete con solo introducir los siguientes datos:

Datos variables:

- 4,356 datos de demanda /agencia/ producto en litros/mes
 - 18 datos de costos de transporte de aceites básicos - (origen-destino) en \$/litro
 - 66 datos de contribución/producto
 - 21 datos de disponibilidad máxima de aceites básicos - en las refinerías
 - 7 datos de disponibilidad máxima de los básicos nacionales
 - 7 datos de la diferencia entre los precios nacional y de importación
 - 6 datos de capacidades de las plantas de mezclado/envasado
- 4,943 datos variables

Datos fijos:

- 396 distancias de las plantas de mezclado/envasado a las agencias
- 462 datos de formulaciones de los productos

858 datos fijos

4,801 total de datos requeridos por el programa

El programa elaborado nos permite encontrar la red de distribución óptima, introduciendo los datos anteriormente mencionados, en un tiempo menor a dos horas, por lo que puede ser muy útil para programación de producciones y distribución de los lubricantes a corto y mediano plazo.

7.2 SOLUCIONES DEL MODELO

Los resultados obtenidos por el modelo se organizaron con la ayuda de una computadora Apple, utilizando el software "Visicalc" que presenta grandes ventajas en la organización y operación de datos, que se organizaron de la siguiente manera:

1. Movimiento de aceites básicos de las refineras a las plantas de mezclado/envasado, que se muestran en el Anexo VI.
2. Movimiento de lubricantes de las plantas de mezclado/envasado a las agencias, que se muestran en los Anexos VII, VIII, IX, X, XI y XII.
3. Producción total/mes de cada una de las plantas mezcladoras/envasadoras y su distribución a las diferentes agencias. Esta información se encuentra en el Anexo XIII.

7.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Para cumplir con las condiciones de nuestro modelo, se tendrá que evolucionar de la siguiente manera:

1. T.E.L. La planta mezcladora/ensasadora localizada en la refinería de Azcapotzalco deberá mezclar/ensasar 10.5 millones de lts/mes, ya que la capacidad actual de esta planta es mayor, no se debe de considerar una ampliación en dicha mezcladora/ensasadora.
2. Salamanca. Esta mezcladora/ensasadora tiene capacidad de mezclado de 20.0 millones de lts/mes y una capacidad de envasado de lubricantes de 6.5 millones de lts/mes; puesto que el requerimiento para nuestro sistema es de 10.0 millones de lts/mes, se deberá considerar una ampliación de las líneas de envasado en esta planta, aumentando su capacidad de envasado en 3.5 millones de lts/mes.
3. Puebla. La planta mezcladora/ensasadora localizada en Puebla deberá mezclar y envasar 3.0 millones de litros por mes; ya que se tiene dicha capacidad, no se considera necesaria una ampliación en esta planta.
4. Monterrey. Se requiere que esta nueva planta tenga una capacidad de mezclado/ensasado de 14.0 millones de lts/mes.
5. Mazatlán. Esta mezcladora/ensasadora tiene una capacidad actual de mezclado/ensasado de 6.0 millones de lts/mes. En vista de que la capacidad actual es mayor que la requerida en un futuro, no se requiere de una ampliación.
6. Tula. Junto con la construcción de la nueva refine-

rfa, deberá planearse la construcción de una planta de mezclado/ensado con capacidades de mezclado/ensado de 7.9 millones de lts/mes.

Estas plantas se deberán abastecer de aceites básicos requeridos para sus producciones de las refinerías nacionales y del puerto de entrada (Matamoros).

En el anexo VI se muestra la distribución de aceites básicos de cada origen a cada una de las plantas de mezclado/ensado. En los anexos VII, VIII, IX, X, XI y XII se muestra la producción en cada planta de mezclado/ensado, así como el destino de sus producciones.

En el anexo XIII se muestra el total de lubricantes distribuidos de cada planta a cada agencia.

En el caso "I" en el cual se excluyeron del modelo los costos de transporte de aceites básicos en la optimización del sistema, se obtuvo que cada mezcladora/ensadora tiene un área de influencia definida que a continuación se presenta para cada una de ellas.

PLANTA T.E.L.

Areas de Influencia:

1. Madero
42. Toluca
43. Poza Rica
45. Acapulco
46. Cuautla
47. Cuernavaca
48. Iguala
66. Valle de México

Planta de Salamanca

Areas de Influencia:

2. San Luis Potosí
3. Aguascalientes
6. Zacatecas
18. León
19. Irapuato
20. Celaya
21. Querétaro
36. Uruapan
37. Zamora
38. Colima
40. Morelia
41. Manzanillo

Planta de Puebla

Areas de Influencia:

49. Puebla
50. Jalapa
51. Orizaba
52. Tehuacán
53. Tierra Blanca
54. Veracruz
55. Minatitlán
56. Salina Cruz
57. Oaxaca
58. Arriaga
59. Tuxtla
60. Villahermosa
61. Tapachula
62. Mérida
63. Campeche

64. Perote
65. Frontera

Planta de Monterrey

Areas de Influencia:

5. Ciudad Mante
7. Matehuala
8. Monterrey
9. Ciudad Juárez
10. Ciudad Victoria
11. Chihuahua
12. Parral
13. Gomez Palacios
14. Reynosa
15. Sabinas
16. Saltillo

Planta de Mazatlán

Areas de Influencia:

17. Durango
22. Mazatlán
23. Guamuchil
24. Guaymas
25. Hermosillo
26. La Paz
27. Los Mochis
28. Magdalena
29. Navojoa
30. Nogales
31. Ruiz
32. Tepic
33. Cananea

34. Ciudad Obregón

35. Culiacán

Planta de Tula

Areas de Influencia:

4. Ciudad Valles

44. Pachuca

7.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS

1. DISTRIBUCION DE ACEITES BASICOS

Cada una de las refinerías ha mostrado un área de influencia definida en el abastecimiento de las plantas de mezclado. Como se puede ver en el Anexo VI, el aceite básico de Salamanca es surtido únicamente a las plantas localizadas en Salamanca, Monterrey y Mazatlán. La refinería de Tula surte los aceites básicos a las plantas localizadas en Azcapotzalco, Tula y Puebla.

Las importaciones, sin embargo no muestran un patrón de distribución de lubricantes de plantas de mezclado/envasado lejanas a las refinerías o al puerto de entrada de las importaciones, muestran áreas de influencia definidas. Al aumentar la demanda en su área de influencia, ésta es surtida por plantas cercanas a los orígenes de aceites básicos, en lugar de aumentos de capacidad de la mezcladora/envasadora regional.

Por otro lado, la planta localizada cerca del puerto de entrada no muestra ningún tipo de distribución definida. --- Su única característica relevante es que tiende a producir --

lubricantes que requieren materia prima de importación.

Estos resultados nos llevan a concluir que los costos de transporte de aceites básicos son predominantes en la optimización del sistema. Si al modelo se le diera la libertad de elegir las capacidades de producción para todas las localidades consideradas, se esperaría que solamente asignara valores positivos a las capacidades de las plantas cercanas a los centros de origen de aceites básicos, Salamanca, Tula y Monterrey.

En el caso en el cual se excluyeron los costos de transporte de producto terminado, se obtuvo un funcionamiento muy parecido al actualmente adoptado por Pemex, definiendo el área de influencia natural de cada mezcladora/envasadora, así como las capacidades requeridas para surtir la demanda de las zonas de influencia natural para cada una de las plantas.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. La descripción del sistema de abasto, producción y distribución de lubricantes en México que se planteó en esta tesis resultó una representación válida y congruente del conjunto de refineras, plantas de mezclado/envasado y agencias de venta que actualmente opera PEMEX en el país, así como los nuevos crecimientos esperados.
2. La solución desarrollada para el modelo cuantitativo que describe el sistema, arrojó resultados congruentes y consistentes, lo cual permite afirmar que el modelo y su funcionamiento es válido como representación del sistema actualmente en operación para la fabricación y distribución de lubricantes en México.
3. El modelo calculó un valor mensual de \$36.8 millones de pesos por mes para el costo de transportar los aceites básicos de las refineras y puerto de entrada a las plantas de mezclado/envasado del sistema. El costo mensual de transporte de lubricantes envasados a las agencias de venta en todo el país resultó de \$48.1 millones de pesos por mes, resultando un costo global de transporte en el sistema de \$84.9 millones de pesos por mes.
4. Para lograr el objetivo de esta tesis, el modelo recomienda que las ampliaciones necesarias ---

para surtir la demanda de 1990 se localicen en Monte rrey con 14.0 millones de litros por mes de mezclado y envasado, en Tula con 7.9 millones de litros por mes de mezclado y envasado y en Salamanca con 3.3 millones de litros por mes adicionales en las plantas de mezclado.

5. De la comparación entre el funcionamiento del sistema propuesto y el actual, se desprende la preferencia de localizar los crecimientos de capacidades en áreas cercanas o directamente situadas en los centros de abasto de los aceites básicos.
6. Cuando se optimizó el modelo que excluye el costo de transporte de aceites básicos (caso I), se encontró que para las producciones obtenidas en cada planta mezcladora/envasadora se requiere un movimiento de aceites básicos que representa un costo de transporte mínimo de \$49.8 millones de pesos por mes y para la distribución de lubricantes envasados se obtuvo un costo de 41.1 millones de pesos por mes, dando una suma total de \$90.9 millones de pesos por mes.

Este resultado es superior en 6 millones de pesos por mes al caso óptimo desarrollado en la solución del modelo, equivaliendo al 7.1% de incremento sobre el caso optimizado.

7. Los resultados anteriores confirman la importancia del costo de transporte frente a las demás variables en la optimización, predominando ésta para las decisiones en las ampliaciones de producción y distribución.
8. De haberse permitido al modelo la libertad de loca-

lizar las capacidades totales del sistema en los sitios óptimos, las hubiera concentrado de preferencia en Salamanca, Tula y Monterrey, logrando así la minimización absoluta de los costos globales requeridos por el sistema. Dado que más del 40% de los costos de transporte de aceites básicos que se tienen dentro del sistema lo representa el abasto a las plantas mezcladoras/ensadoras lejanas de los centros de origen, la opción de cerrar estos centros productores en beneficio de las localidades arriba mencionadas representa un ahorro adicional de entre un 6 a 8% del costo de transporte global, es decir, una suma aproximada de 71.5 millones de pesos por año de 1982.

9. Los resultados anteriores permiten evaluar la conveniencia económica de cerrar o de relocalizar las --- plantas sub-óptimas actuales a los lugares en los - cuales podrían traer beneficios operativos y económicos al sistema.

A N E X O I

PRONOSTICO DE DEMANDAS POR AGENCIA POR
PRODUCTO A 1990

(T.M.A.C. = 7.5%)

PRONOSTICO A 1990
EN (LITROS/RES)

124

AGENCIAS	LUBRICANTES										
	DEI-30	DEI-40	SOL-10	SOL-20	SOL-30	SOL-40	SOL-50	DIS-30	DIS-40	DUAL	10040
ASERO	91029	33598	0	0	52021	193409	66395	43	107	17763	58684
S.L.P.	93823	109194	0	0	23408	312050	11503	4566	37810	8561	28536
AGUASCAL	2953	129859	2	0	22914	76504	2568	357	3710	257	10187
CD.VALLS	38976	78034	3210	0	3898	75311	4437	0	71	0	15017
CD.NANTE	15103	130390	0	0	6902	52392	2622	2283	4637	2311	1548
ZACATECAS	52061	112616	0	0	57760	43749	20253	3381	14175	514	33315
MATEHUALA	1427	61234	0	0	357	30631	0	428	0	0	8044
MONTREY	159388	2854793	2140	5350	153046	538276	158100	73479	95666	1541	134924
CD. JUAREZ	120549	338075	0	0	48477	177280	2522	0	13933	0	11236
VICTORIA	7847	214447	0	0	3078	89162	178	0	0	1370	6305
CHIHUAHUA	133312	310960	0	0	11414	353596	1498	0	111139	0	27872
PARRAL	15038	135646	0	0	8233	45971	4216	2483	1655	385	8975
GRZ. PALAC	26196	366432	44929	0	23801	219245	59183	11949	44409	514	35498
REYMOZA	0	326274	0	0	0	282806	0	0	4459	0	30649
SABINAS	62722	153219	2140	1070	67314	118275	4152	5222	7419	171	25654
SAN TILLO	57100	157044	713	713	18145	267754	29520	17920	24669	428	20275
DURANGO	16310	273511	0	0	4352	176820	0	0	11093	0	15473
LEON GTO.	7373	203968	0	0	43524	79829	0	0	3553	0	11043
IGAPUATO	18023	160258	0	0	22233	39750	5101	10701	5386	1284	17150
CELAYA	14496	131013	7384	0	20542	112716	9916	5564	5029	428	21338
EL EMPETAR	5443	324124	0	0	17080	200040	0	713	3567	0	31603
MATAPAN	298858	1445817	0	0	35740	1773297	26396	0	47084	642	39322
BUAMONTE	5823	123445	0	0	18191	119522	667	19575	128	128	2468
SIERRAS	5823	123378	0	0	9524	55229	11182	0	2183	0	8240
HERNANDEZ	56215	280753	0	0	27865	311683	16408	2226	22115	3510	16572
LA PAZ	0	213228	0	0	1642	106167	0	0	11971	1498	3767
LOS MUCHI	36676	205102	0	0	3817	114239	143	17835	6064	7941	12698
MIGDALERA	13688	87733	0	0	9602	44075	713	0	713	0	10244
NAVOJOVA	41676	119309	0	0	0	72145	0	0	1782	1498	3139
NOGALES	43	39222	0	0	4778	75520	0	0	0	43	10815
RUIZ	3078	34526	0	0	2640	21550	0	0	721	0	4131
TEPIC	10398	61305	0	0	10560	36697	3011	107	3424	1725	0
CAMARCA	4280	12511	0	0	4737	48115	0	0	0	0	4958
CD. OROSGO	31063	239347	0	0	36728	128765	32538	0	713	556	9859
CULIACAN	3676	169702	0	0	933	172106	34	0	713	11086	16707
URUAPAN	5586	138304	592	0	23121	61370	3110	143	1355	514	6421
ZAMORA	12941	105964	357	0	16348	48826	4353	2354	2097	0	3538
CD. IRA	40044	96579	4290	0	16217	71525	4066	9246	5001	1926	7533
GUADALAJA	150519	688460	7134	1783	96979	329293	58698	25839	70027	2012	57942
MORELIA	36852	148617	0	0	32923	42975	4045	6328	12755	0	23820
MICHUANILL	7705	57779	0	0	16620	40724	1070	0	25487	4280	7633
TOLUCA	47210	370484	713	1427	46880	222264	1327	78	321	342	28842
POZA RICA	5440	261767	0	0	5388	101852	488	0	107565	1926	8097
PACHUCA	15270	263707	1783	357	9212	137795	4909	1070	4494	0	23742
ACAPULCO	9167	177570	0	0	14398	106795	3039	0	8204	0	11614
CUAUTLA	68	20720	0	0	337	18191	0	0	0	0	0
CUERNAVAC	32015	72119	0	357	24328	73954	442	885	0	0	0
IGUALA	9511	99017	0	0	4585	41329	128	1826	2575	171	10301
MIQUILA	79579	333350	0	713	43180	268487	71243	2055	61138	1584	34471
JALAPA	11389	113256	0	0	6146	47594	7632	0	0	0	5208
ORIZABA	16586	210918	0	0	4087	91607	856	0	9952	0	16230
TEHUACAN	11343	44150	0	0	11757	44166	5350	0	0	0	1284
T. BLANCA	10185	73287	0	0	3538	49638	3196	0	0	1070	3395
VERACRUZ	5261	127212	0	0	8008	104114	4102	0	0	3724	5350
MIHATITLA	12042	147404	357	0	8382	168972	2795	713	4965	1584	6249

PROMOSTICO A 1990
EN (LITROS/MES)

125

AGENCIAS	LUBRICANTES									
	DE1-30	DE1-40	SOL-10	SOL-20	SOL-30	SOL-40	SOL-50	D15-30	D15-40	REAL LUB10W/40
SALINA CR	21505	122177	0	0	12104	32845	4078	21188	492	0
DAIACA	43028	128592	0	0	31949	42943	2568	2747	7455	171
ARRIAGA	5566	26435	0	0	2183	32197	2012	0	0	0
TUITLA	4637	152926	0	0	25975	121098	29653	0	9702	0
VILLAMER	44587	319890	0	0	1070	215758	0	0	0	2782
TAPACHULA	0	111387	0	0	6511	1198	0	0	0	714
MERIDA	25539	155912	0	0	0	90376	43217	0	0	0
CAMPECHE	34653	112204	0	0	2167	54874	1070	0	0	856
PEROTE	0	39629	0	0	385	40890	0	0	0	0
FRONTERA	0	4812	0	0	1327	263	0	0	0	0
VALLE HER	567428	5783119	65275	252541	604475	779325	205762	44727	1038499	0

PRONOSTICO A 1993
EN (LITROS/HECT)

126

AGENCIAS	LUBRICANTES												
	EUM140	EUM180	EUM190	DSCL90	DSCL140	DEIRON	T.FORD	TRANS90	TRANS110	TRANS250	TRACTA8	TRACTA8B	TRACTEC
MADERO	8987	0	1776	0	0	1427	32103	0	0	0	0	0	0
S.L.P.	32281	0	16408	0	0	57071	21402	29249	87391	22472	0	0	0
AGUASCALI	1917	0	0	0	0	5222	0	0	0	0	0	0	0
CD.VALLE	2409	0	0	0	0	999	0	713	8204	713	357	1427	0
CD.NORTE	0	0	0	0	0	6977	0	4637	8561	3567	5707	6777	0
TAMATECAS	1800	0	984	0	0	2996	0	3210	6640	357	0	0	0
MATEHUALA	357	0	0	0	0	4637	0	713	713	0	0	0	0
MONTREPEY	81683	53504	53504	357	357	278836	0	72766	81327	22115	1070	2854	0
CD. JUAREZ	12128	0	713	0	0	2825	24312	357	26396	0	0	0	0
VICTORIA	4584	0	1783	0	0	14211	0	3567	39583	0	0	0	0
CHIMAHUA	5350	0	0	0	0	26096	0	10701	31289	0	0	5707	0
PARRAL	4421	0	713	0	0	1841	899	0	8561	0	0	0	0
GRI. PALAC	23043	0	1783	0	0	24398	0	357	19618	1070	0	0	0
REYNOSA	3567	0	0	0	0	0	0	0	17835	22829	212234	212234	212234
SABINAS	11295	0	5809	0	0	33401	0	11014	17478	8917	713	357	0
SALTILLO	9452	0	5172	0	0	23984	0	4637	18548	0	11009	9226	0
DURANGO	5421	0	1783	0	0	30761	0	0	2497	0	0	0	0
LEON DFO.	0	0	0	0	0	9417	0	0	0	0	0	0	0
TRAPATO	1783	0	745	0	0	2739	984	0	10344	0	3210	3567	0
CELAYA	4584	0	1170	0	0	4366	6592	1070	3210	0	0	0	0
QUERETARO	0	0	0	0	0	26110	0	0	0	0	0	0	0
XICOTLAN	26740	0	43874	0	0	418390	0	13911	33173	0	42090	60011	0
GUANAJUAT	357	0	0	0	0	2183	0	0	1783	0	0	0	0
SANABAS	13278	0	3719	0	0	2568	0	3567	2497	0	0	0	0
HERNANDEZ	5350	0	5393	0	0	43874	0	0	29606	0	49046	16943	0
LA PAZ	1427	0	0	0	0	15281	0	0	3210	0	0	0	0
LOS MOCHIS	13198	0	9076	0	0	9631	0	0	10344	0	983	43661	0
MAGDALENA	1783	0	713	0	0	10444	0	0	1427	0	13610	12208	0
MAYAGUEZ	0	0	0	0	0	3467	0	3567	4637	0	4280	21223	0
MIGUEL	3053	0	1289	0	0	5436	0	0	0	0	0	0	0
RUIZ	237	0	237	0	0	1027	0	0	0	0	0	0	0
TEPIC	8981	0	713	0	0	4280	5306	1783	8917	357	745	713	0
CANANEA	801	0	357	0	0	1795	0	0	0	0	0	0	0
CD. OBREGON	10948	0	2140	0	0	10421	0	357	3567	0	2854	19975	0
CUICATLAN	8247	0	1783	0	0	5094	0	2854	10344	0	17287	19597	0
URUAPAN	2854	0	357	0	0	1926	0	1427	2497	357	0	0	0
ZAMORA	0	0	494	0	0	4024	0	2140	9631	0	0	0	0
COLIMA	5350	0	5350	0	0	0	0	1427	5707	1070	0	0	0
GUADALAJARA	49759	0	7134	0	0	17121	39237	17835	28179	23899	17300	8507	8561
MORELIA	2140	0	357	0	0	554	43	357	8917	0	0	0	0
RAMIREZ	1378	0	357	0	0	4280	214	713	2854	1070	0	0	0
TOLUCA	2854	4780	1070	0	0	9246	0	2140	12128	6044	0	0	0
POZA RICA	10742	0	12821	0	0	2953	0	1783	19618	2140	0	0	0
PACHUCA	4637	0	4637	0	0	5306	4637	2497	14981	2497	0	0	0
ACAPULCO	8026	0	3567	0	0	0	0	1870	7134	7134	0	0	0
CUAJTLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CUERNAVACA	0	0	0	0	0	1113	1113	2140	19618	3210	0	0	0
IGUALA	1953	0	2140	0	0	1508	1070	1070	7491	1070	0	0	0
PUEBLA	3561	0	2497	0	4994	0	0	6064	41233	5707	0	0	0
JALAPA	11508	0	1070	0	0	1413	1798	0	4994	0	0	0	0
ORIZABA	0	0	2140	0	1070	8404	0	7491	23899	1783	0	0	0
TEHUACAN	0	0	0	0	0	1284	0	357	2140	0	0	0	0
T. BLANCA	1070	0	0	0	0	257	342	357	2854	2497	0	0	0
VERACRUZ	3567	0	0	0	0	0	0	4323	6064	14981	3350	0	0
MINATITLAN	4280	0	0	0	0	15595	1113	9987	56358	14608	0	0	0

PROMOSTICO A 1990
EN (LITROS/MES)

AGENCIAS	LUBRICANTES												
	EUM140	EUM180	EUM190	DSCL10	DSCL140	T. DEIRON	T. FORD	TRAMS90	TRAMS140	TRAMS250TRACTA	TRAC180	TRAC200	
BALINA CR	357	0	0	0	0	0	0	713	2140	357	0	0	0
DAJACA	2140	0	0	0	0	171	0	1427	8917	1783	0	0	0
ARIAGA	357	0	0	0	0	0	0	0	713	1783	0	0	0
TUITLA	0	0	0	0	0	21402	21402	0	3567	4280	0	0	0
VILLAMER	441	0	4414	0	0	18701	18701	0	3950	8917	0	0	0
TAPACHULA	5707	0	0	0	0	1498	0	2497	0	1427	0	0	0
MERIDA	357	0	0	0	0	11129	0	0	0	0	0	0	0
CAMPECHE	7134	0	3567	0	0	8418	0	3567	1783	18701	0	0	0
PEROTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FRONTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	357	0	0	0	0
VALLE NEI	327181	13911	382052	0	0	1330990	105011	231496	645420	588192	3924	3924	3924

PROMETICO A 1999
EN (LITROS/MES)

129

AGENCIAS	LUBRICANTES									
	DM1M40	DEEM50	DM1030	DM1040	DM2040	DM3040	DM3030	MALVALV	MAEVALV	NEV.RE
SALINA CR	0	17478	0	0	713	0	18191	0	0	0
DAIACA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARRIAGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUSTLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VILLAHERM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAPACHULA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MERIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CANPECHE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEROTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FRONT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALLE MXI	0	0	0	0	0	0	0	9274	78830	23105

PRONOSTICO A 1990
EN (LITROS/RES)

131

AGENCIAS	LUBRICANTES									
	PENTA4	CA.509	NTARRA	ECON2A	ECON3A	ECON4A	ECON6A	DNE1FC	CAR90A	CAR90B
SALINA CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DATAA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARRIAGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUITLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VILLAHERRA	0	0	0	17835	0	0	15695	34243	0	0
TAPANOLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MERIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMPECHE	0	0	0	0	0	0	0	102728	0	71339
PEROTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FRONT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALLE MEI	0	0	0	74906	71339	69199	52791	0	13198	0

AGENCIAS

LUBRICANTES

	HID150	HID220	HID300	HID450	HID600	HID700	HID900	H11200	H11700	H12500
MADERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.L.P.	19618	111646	79900	0	0	0	0	0	0	0
AGUASCALTI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CD. VALLES	0	3210	9274	0	0	0	0	0	0	0
CD. NAMTE	713	10701	10701	0	0	0	0	0	0	0
ZACATECAS	0	8204	8204	0	0	0	0	0	0	0
MATEHUALA	0	0	713	0	0	0	0	0	0	0
MONTERREY	138041	752985	886746	35670	17835	7134	15338	3567	1783	17835
CD. JUAREZ	3210	6777	14625	2140	0	0	0	0	0	0
VICTORIA	0	3567	27466	0	0	0	0	0	0	0
CHIHUAHUA	0	17478	75976	6064	0	0	0	0	0	0
PARRAL	0	8917	1070	0	0	0	0	0	0	0
GRU. PALAC	17835	18548	29606	0	0	0	0	0	0	0
REYNOSA	0	28536	42804	0	0	0	0	0	0	0
SABINAS	14268	32816	107009	0	0	0	0	0	21758	64919
SALTILLO	11058	13554	7134	3567	2140	0	1427	0	0	0
DURANGO	0	0	9274	0	0	0	0	0	0	0
LEON GTO.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IRAPUATO	0	3924	5707	0	0	0	0	0	0	0
CELAYA	3924	2140	12484	0	0	0	0	0	0	0
QUERETARO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HAZATLAN	0	38523	116996	0	0	0	0	0	0	0
GUAMUCHIL	0	0	2497	0	0	0	0	0	0	0
GUAYMAS	7134	5350	9987	0	0	0	0	0	0	0
HERMOSILL	0	1427	22115	357	0	0	0	0	0	0
LA PAZ	0	0	13554	0	0	0	0	0	0	0
LOS MOCHI	0	0	36383	0	0	0	0	0	0	0
MAGDALENA	357	0	2497	0	0	0	0	0	0	0
NAVOJOYA	0	0	10701	0	0	0	0	0	0	0
NOGALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MUJZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TEPIC	0	14268	9631	0	0	0	0	0	0	0
CANanea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CD. OMBEGO	0	713	2497	0	0	0	0	0	0	0
CUKTIACAN	0	0	9987	0	0	0	0	0	0	0
URUAPAN	357	0	1783	3210	357	0	0	0	0	0
ZAMORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COLINA	0	2497	4280	0	0	0	0	0	0	0
GUADALAJA	9987	23542	72409	16408	7134	0	3567	0	0	0
MORELIA	713	0	9631	0	0	0	0	0	0	0
HANZAMILL	3567	4637	0	0	0	0	0	0	0	0
TOLUCA	4637	2497	42804	357	713	0	0	0	0	0
POZA RICA	2140	713	9631	357	0	0	0	0	0	0
PACHUCA	5707	9631	5350	357	1070	0	0	0	0	0
ACAPULCO	14268	3567	3567	0	0	0	0	0	0	0
CUAUTLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CUERNAVAC	0	4994	4280	0	0	0	0	0	0	0
IGUALA	0	1070	15695	1070	0	0	0	0	0	0
PUEBLA	9987	28179	31033	7847	0	0	0	0	0	0
JALAPA	0	0	1427	0	0	0	0	0	0	0
ORIZABA	0	5350	17121	0	0	0	0	0	0	0
TEHUACAN	0	0	713	0	0	0	0	0	0	0
T. BLANCA	0	2140	7491	357	1783	0	0	0	0	0
VERACRUZ	8204	20332	69912	0	0	0	0	0	0	0
MINATITLA	713	1070	0	0	1427	0	0	0	0	0

PRONOSTICO A 1990
EN (LITROS/MES)

AGENCIAS	LUBRICANTES									
	HID150	HID220	HID300	HID450	HID600	HID700	HID900	HI1200	NA1700	NA2500
SALINA CR	2140	2497	6421	0	357	0	0	0	0	0
OAXACA	0	1783	7847	0	0	0	0	0	0	0
ARRIAGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUITLA	0	3924	3924	0	0	0	0	0	0	0
VILLAHERM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAPACHULA	0	357	11058	0	0	0	0	0	0	0
MERIDA	4637	0	10701	0	0	0	0	0	0	0
CANPECHE	0	4280	35679	0	357	0	0	0	0	0
PEROTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FRONT	0	357	0	0	0	0	0	0	0	0
VALLE HER	294631	241483	471909	81327	136615	0	63492	6421	0	0

PRONOSTICO A 1990
EN (LITROS/HEC)

134

AGENCIAS	LUBRICANTES											
	MEU130	MEU40	MUS1AA	MUS1BB	MUS1CC	NAL 40	TURB 9	TURB11	TURB15	TURB19	TUR600	TUR900
NABERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S. L. P.	1070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUASCALTI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA. VALLES	0	0	0	0	0	0	1070	357	0	0	0	0
CA. MANTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TACATECAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MATEHUALA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTERRREY	1783	1783	1783	1783	1783	0	9631	1783	72409	33173	16745	0
CA. JUAREZ	0	0	0	0	0	0	12484	0	9631	0	0	0
VICTORIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1783	0	0
CHIHUAHUA	0	0	0	0	0	0	0	8917	0	0	0	0
PARRAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GRU. PULAC	0	0	0	0	0	0	5350	0	1070	0	0	0
REYNOSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SABINAS	0	0	0	0	0	0	4994	1070	3924	0	2140	0
SALTILLO	4064	11771	2497	2497	1070	0	1427	0	8917	0	0	0
ALVARADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEON BTO.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAPUNTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELAYA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QUERETARO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NAZARIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QUANQUIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GUAYMAS	0	0	0	0	0	0	4637	0	6064	8917	1427	0
HERNOSILL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LA PAZ	0	0	0	0	0	0	357	0	0	0	0	0
LOS RUCHI	0	0	0	0	0	0	0	0	5350	0	0	0
MAGDALENA	0	0	0	0	0	0	0	0	1070	0	0	0
NAVOJOYA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIGUALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIZI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TEPIC	0	0	0	0	0	0	0	0	713	0	0	0
CANANEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA. COBREBO	0	0	0	0	0	0	3567	0	0	0	0	0
CUATACAN	0	0	0	0	0	0	3567	0	713	0	0	0
URUAPAN	0	0	357	0	0	0	357	0	1070	0	0	0
ZANGRA	0	0	1427	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COLIMA	0	0	0	0	0	0	357	0	0	0	0	0
GUADALAJA	0	0	0	0	0	0	3567	4280	2054	12484	3567	3567
MORELIA	0	0	0	0	0	0	713	0	0	0	0	0
NAZARIL	0	0	0	0	0	0	1070	0	1783	1783	0	0
TOLUCA	0	0	357	0	713	3924	0	0	0	0	0	0
POZA RICA	0	0	0	0	0	0	1783	0	357	0	0	0
PALMIRA	2140	0	0	0	0	0	357	0	0	0	0	0
ACAPULCO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHIHUITLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHEROHUAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TEJUALA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PUEBLA	0	0	2497	357	357	0	0	2140	9350	0	0	713
JALAPA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORIZABA	0	0	0	0	0	0	1070	5707	2497	0	0	0
TEHUACAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T. BLANCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VERACRUZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MINATITLA	0	0	0	0	0	0	7134	1427	11414	1783	0	0

PROYECTO A 1990
EN (LITROS/HEC)

135

AGENCIAS	LUBRICANTES											
	HEUL10	HEUL40	MUS1AA	MUS198	MUS1CC	HAL 40	TURB 9	TURB11	TURB15	TURB19	TUR600	TUR900
SALINA CR	0	0	0	0	0	0	1783	0	1783	1427	0	0
CAJACA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARIAGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUSTLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VILLAHERRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAPACHULA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEJIBA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMPECHE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEROTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FRONT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALLE HER	35313	35313	56715	32016	21045	7847	68496	68638	91671	11771	28892	17478

ANEXO II

PROYECCION Y DISTRIBUCION DE ACEITES BASICOS PARA 1990

TIPO DE ACEITE	PRODUCCION EN SALAMANCA B/A*			PROMEDIO (1979-81) %		PRODUCCION ESTIMADA PARA 1990		
	1979	1980	1981	B/A	%	SALAMANCA	TULA	TOTAL
	B/A	B/A	B/A	B/A	%	B/A	B/A	B/A
PESADO 95IV	478862	444843	459298	446556.7	16.04999	447667.7	878736.9	1326405.
NEUTRO PESADO 95IV	255421	799707	771083	708737	25.40997	708737	1391196.	2099933.
NEUTRO 95IV	658636	751704	581785	664041.7	23.80753	664041.7	1303462.	1967504.
NEUTRO LIGERO 95IV	245905	226505	277789	249399.7	8.941592	249399.7	489552.2	738951.8
NEUTRO LIGERO 105IV	114462	107904	12791	78385.67	2.810319	78385.67	153865.0	232250.6
CILINDROS 650 95IV	75336	66213	79092	73613.67	2.639231	73613.67	144497.9	218111.6
BUSOS 90	72279	262051	129405	154578.3	5.542014	154578.3	303425.3	458003.6
TECNOL 100*	100991	136504	197269	144921.3	5.195787	144921.3	284469.3	429390.7
TRANSFORMADORES *	108598	152571	134795	131988	4.732095	131988	259082.2	391070.2
OTROS *	33431	88630	285566	138475.7	4.871477	138475.7	266713.4	402589.0
T O T A L	2402121	3036632	2928873	2789209.	100.0000	2789209.	5475000.	8264209.

* No utilizados en la producción de lubricantes

TIPO DE ACEITE	PRODUCCION POR REFINERIA	PRODUCCION TONS.		COTAS ESTIMADAS PARA GRUPO I y II DE INDEPENDIENTES		VOLUMEN DISPONIBLE PARA MEZCLADORA/ENVASADORAS DE PEMEX
	SALAMANCA B/D**	B/D	L/D***	L/D	L/D	L/D
PESADO 95IV	1226.487	2407.408	577730.9	288461		289269.9
NEUTRO PESADO 95IV	1941.745	3811.498	914650.1	427009		487641.1
NEUTRO 95IV	1819.292	3571.129	856969.2	431651		425318.2
NEUTRO LIGERO 95IV	683.2868	1341.239	321859.1	361304		0
NEUTRO LIGERO 105IV	214.7553	421.5479	101159.5	79854		21305.47
CILINDROS 650 95IV	201.6813	395.8847	95001.04	71730		13271.04
BUSOS 90	423.5023	831.3021	199488.8	117548		81940.80
T O T A L	6510.750	12780.10	3066859.	1777557		1328747.

1 BARRIL = 158.98 LTS.

* BARRILES POR AÑO

** BARRILES POR DIA

*** LITROS POR DIA

A N E X O III

CAPACIDADES DE MEZCLADO-ENVASADO

MEZCLADORA/ENVASADORA	C A P A C I D A D	
	B/DIA	LITROS/MES
T.E.L. (AZC.)	2895	12805500
SALAMANCA	1758	8384380
PUEBLA	827	3944200
MONTERREY	0	0
MAZATLAN	1680	8012400
TULA	0	0

Las mezcladoras/envasadoras localizadas en Monterrey y Tula son las que se tienen proyectadas. Se toman sus capacidades como nulas, ya que se busca que el modelo dicte - las capacidades requeridas en base a nuestro objetivo de optimización.

ANEXO IV

COSTOS DE TRANSPORTE POR
PIPA DE ORIGEN-DESTINO -
POR PESOS/LITRO

MEZCLADORA	01	02	03	04	05	06
----	T.E.L.	SALAMANCA	PUEBLA	MONTERREY	HUATLAN	TULA

REFINERIA						
SALAMANCA	0.7922	-----	1.0506	1.0042	1.8025	0.6669
TULA	0.3664	0.6669	0.5480	1.9003	2.1989	-----
BROWNVILLE	2.6973	2.4498	2.9709	0.9514	3.4104	2.9033

A N E X O V

COSTO DE TRANSPORTE PARA LUBRICANTES ENVASADOS

Basándonos en las tarifas oficiales autorizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tenemos lo siguiente:

El material a transportar se clasifica en los siguientes grupos:

- a) Primera clase
- b) Segunda clase
- c) Tercera clase
- d) Cuarta clase
- e) Quinta clase

Volumen y peso: cuando el embarcador o remitente, utiliza un carro para su uso exclusivo, se aplican las cuotas que corresponden de acuerdo a la clasificación de los artículos a transportar, por la capacidad total del vehículo (peso o volumen).

Las tarifas oficiales se encuentran por medio de dos factores. Estos son:

Costo fijo de 410 pesos por tonelada, se aplica de la misma manera a todos los artículos a transportar.

Costo variable por tonelada por kilómetro, que se expresa en la siguiente tabla, para las diversas clasificaciones de artículos:

en PEMEX se estima de 120 pesos por tonelada (0.12 \$/litro) tenemos:

$$C = 0.0013803(k) + 0.530$$

Para determinar el costo de transporte de origen a destino de cada mezcladora/envasadora a cada una de las -
agencias existentes, se obtuvieron las distancias correspondientes de PENEX, López e Hijos y mapas de la S.A.H.O.P. y Detenal.

COSTO DE TRANSPORTE PARA LUBRICANTES ENVASADOS

AGENCIAS	MEZCLADORAS							
	01 T.E.L. KNTS. 9/LITRO	02 SALAMANCA KNTS. 9/LITRO	03 PUEBLA KNTS. 9/LITRO	04 MONTERREY KNTS. 9/LITRO	05 HAZATLAN KNTS. 9/LITRO	06 TULA KNTS. 9/LITRO		
1NADERO	470 1.17896	613 1.37634	537 1.26454	530 1.26178	1165 2.13827	609 1.37082		
28.L.P.	414 1.10166	276 .911183	550 1.28939	535 1.26868	773 1.59719	606 1.09662		
3AMASCAL	506 1.22863	336 .994501	594 1.33012	593 1.34874	719 1.52266	499 1.21899		
4CD.VALLE	452 1.15412	475 1.10584	565 1.31009	517 1.24384	1027 1.94779	403 1.08488		
5CD.MANTE	545 1.28248	568 1.31423	656 1.43570	424 1.11547	1079 2.01954	735 1.54474		
6TACATECA	603 1.36254	336 .994601	737 1.55026	456 1.15964	584 1.35632	585 1.33770		
7MATEMAM	683 1.36754	465 1.17266	741 1.55382	346 1.00788	819 1.66049	994 1.35012		
8MONTREPE	945 1.83460	765 1.58613	1087 2.05861	20 .357826	909 1.78491	969 1.86773		
9CD.JUARE	1012 3.03132	1545 2.66278	1956 3.25069	1193 2.17692	1378 2.43227	1795 3.08786		
10VICTORIA	682 1.47158	622 1.38877	775 1.99995	787 1.92636	1119 2.07478	732 1.56821		
11CHIHUAHU	1437 2.51371	1170 2.14517	1581 2.71247	808 1.64350	1003 1.91466	1419 2.48887		
12MARAL	1297 2.32047	1030 1.95193	1438 2.51589	672 1.45778	703 1.50057	1277 2.29286		
13M7.PALA	986 1.89120	719 1.52266	1125 2.08366	357 1.02299	547 1.28524	963 1.86721		
14MEXINGA	974 1.87463	926 1.80838	1034 1.95745	225 .840788	1134 2.09548	1033 1.98444		
15SABINAS	1167 2.14103	987 1.89258	1318 2.34966	310 .958113	1089 2.03337	1094 2.12509		
16SALTILLO	862 1.72004	682 1.47158	1002 1.91328	85 .647546	824 1.66759	857 1.71314		
17BURBANO	893 1.76283	626 1.39429	1029 1.95055	615 1.37910	294 .936828	875 1.73198		
18LEON STD	384 1.06626	87 .650304	502 1.22313	724 1.52956	746 1.53992	372 1.04366		
19TAPALUATO	319 .965015	18 .555065	540 1.30319	824 1.66759	780 1.66685	306 .952592		
20CELAYA	265 .896000	41 .586812	453 1.15350	786 1.61514	887 1.75455	244 .867213		
21QUERETAR	212 .822844	94 .659968	342 1.00228	733 1.54198	863 1.72142	199 .80490		
22NAZATLAN	1096 2.04303	799 1.65308	1211 2.20176	928 1.81114	0	1088 2.03199		
23SANTO RUCI	1417 2.48611	1120 2.07616	1542 2.65864	1289 2.26802	327 .981578	1415 2.48334		
24MIAYNAS	1863 3.10172	1566 2.69177	1993 3.28116	1695 2.86983	781 1.60823	1869 3.11000		
25SERRASOSIL	1988 3.27426	1691 2.86431	2129 3.46888	1827 3.05203	918 1.79734	2005 3.29772		
26LA PAZ	4315 6.48621	4018 6.07627	4429 6.64357	3127 4.84442	3218 4.97203	1359 2.68211		
27L9.ROCH	1519 2.62690	1222 2.21695	1643 2.79805	1345 2.38672	429 1.12237	1517 2.62414		
28SABANILAN	2174 3.53099	1877 3.12104	1943 3.21214	2013 3.50876	1080 2.02094	2168 3.52721		
29MAYAGUAYA	1669 2.83394	1372 2.42399	1799 3.01358	1501 2.60205	596 1.35288	1674 2.84084		
30SABANES	2257 3.64556	1960 3.23561	2387 3.82900	2184 3.43437	1195 2.17948	2282 3.68086		
31RUJIZ	878 1.74212	581 1.33217	963 1.85945	1138 2.10106	220 .833886	869 1.72970		
32TEPEC	798 1.63170	501 1.22175	888 1.75939	995 1.90362	278 .913943	974 1.87463		
33CANANEA	2278 3.67454	1981 3.26459	2175 3.52237	2241 3.62347	1211 2.20176	2299 3.70353		
34CD. OBRES	1736 2.92642	1439 2.51647	1866 3.10586	1568 2.69453	654 1.43294	1742 2.93470		
35SALTILACAN	1312 2.34117	1015 1.93122	1437 2.51371	1154 2.12309	226 .842168	1318 2.35861		
36URUAPAN	419 1.10857	220 .833886	549 1.28800	1030 1.95193	806 1.64274	498 1.21761		
37ZARAHUA	454 1.15888	155 1.744167	535 1.26848	864 1.72280	630 1.39981	448 1.14859		
38CD.LINA	698 1.49367	399 1.08094	868 1.72832	992 1.89948	729 1.53646	731 1.53922		
39SABADALAJ	571 1.31837	274 .908422	701 1.49781	717 1.53370	505 1.22727	568 1.31423		
40XONELIA	309 .956733	110 .682053	435 1.13065	915 1.79319	826 1.67035	374 1.04645		
41NANZAMIL	799 1.63308	500 1.22037	969 1.86773	1093 2.03889	716 1.51851	831 1.67725		
42TOLUCA	66 .621328	286 .924986	195 .799379	934 1.81942	1019 1.93675	149 .735805		
43POZA RIC	272 .905662	506 1.22865	287 .926366	772 1.59580	1310 2.33841	297 .940169		
44PACHUCA	94 .659968	320 .979116	160 .751048	904 1.77801	1107 2.05821	92 .637208		
45CACAPULCO	430 1.12375	704 1.50195	497 1.21623	1358 2.40467	1054 2.53718	517 1.24384		
46CUMANTLA	108 .679292	414 1.10166	137 1.719321	1165 2.13827	1204 2.19210	186 .786954		
47CIERRENEVA	75 .633743	381 1.05611	175 1.771773	1846 2.11204	1170 2.14517	199 .749688		
48IBUALA	197 .802139	466 1.17344	267 .898760	1238 2.23903	1293 2.31495	257 .884957		
49PUEBLA	136 .709659	436 1.13203	10 .544023	1059 1.99196	1248 2.25283	216 .828362		
50JALAPA	289 .929127	592 1.34736	189 .791097	1078 2.01818	1398 2.45988	396 1.07348		
51ORIZABA	287 .926366	593 1.34874	157 1.748927	1125 2.08306	1383 2.43917	371 1.04231		
52TEHUACAN	245 .868394	351 1.29077	115 .688925	1177 2.15483	1326 2.36050	338 .996761		
53T. BLANCA	399 1.08094	705 1.50333	269 .901521	1126 2.08444	1495 2.59377	490 1.19276		
54VERACRUZ	394 1.07406	697 1.49229	291 .931887	1019 1.93675	1609 2.61309	500 1.22037		
55HINATITL	655 1.43452	961 1.85669	531 1.26316	1303 2.32875	1788 2.99820	761 1.58663		

ANEXO V
COSTO DE TRANSPORTE PARA LUBRICANTES ENVASADOS

AGENCIAS	MEZCLADURAS					
	#1 T.E.L. KMTS. #/LITRO	#2 SALAMANCA KMTS. #/LITRO	#3 PUEBLA KMTS. #/LITRO	#4 MONTERREY KMTS. #/LITRO	#5 HAZATLAN KMTS. #/LITRO	#6 TULA KMTS. #/LITRO
56SACTMA C	737 1.97311	7063 1.99748	627 1.39367	7499 2.39929	7870 3.11138	7841 1.89195
57OAXACA	489 1.20519	795 1.62756	359 1.02575	1477 2.56892	1601 2.74000	625 1.39291
58ARRIAGA	855 1.71038	1161 2.13275	723 1.93094	1764 2.96507	1930 3.19420	939 1.82632
59TUITLA	975 1.87601	1281 2.29838	845 1.69657	1710 2.89053	2141 3.48544	1091 2.03613
60WILLAMHER	841 1.69105	1147 2.11342	711 1.91161	1311 2.61503	1948 3.21904	921 1.80148
61TAPACHUL	1099 2.04717	1405 2.46954	969 1.86773	1900 3.15279	2270 3.66330	1183 2.16311
62MERIDA	1412 2.47920	1718 2.90158	1284 2.30253	2061 3.37502	2890 4.10520	1601 2.74000
63CAMPECHE	1220 2.21419	1526 2.63656	1090 2.03475	1649 3.11000	2397 3.83000	1304 2.33013
64PEROTE	236 .895971	939 1.27420	133 .713800	129 .702758	1332 2.36878	320 .971916
65FRONT	916 1.79457	1222 2.21695	786 1.61514	1586 2.71938	2012 3.30738	1000 1.91052
66VALLE ME	20 .597826	306 .952592	130 .709659	945 1.83460	1106 2.05683	84 .846169

ANEXO VI

BASICOS DISTRIBUIDOS A LAS PLANTAS DE
MEZCLADO/ENVASADO

MEZCLADORA							TOTAL
REFINERIA	01	02	03	04	05	06	NACIONAL
	T.E.L.	SALAMANCA	PUEBLA	MONTERREY	MAZATLAN	TULA	

SALAMANCA							
BASICO 01		846999.8		142476.6	224910.4		1214387.
02		4126564.					4126564.
03		3477240.		1923020.	1158010		6558270.
04							0
05		109962.3					109962.3
06		56133.8					56133.8
07		60534.7		122984.9	130897.6		314417.2

TULA							
BASICO 01	791455.9		130133			1097319.	2018908.
02	4825263.		1727651.			3973649	10526563
03	2159239.		677147.9			2087865.	4924251.
04							0
05	430004.5		77651.45			136301.1	643957.1
06			139869.6			542442.3	682311.9
07	324053.5		11836.42			75717.05	411607.0

							IMPORTACION
BROWNSVILLE							
BASICO 01							0
02				7466858.	3302563.		10769421
03							0
04		247875.4	8349.2	595078.1	25425.4	5268.5	881996.6
05	346323.5			1350476.	470809.9		2167610.
06	182956.2	87269.3		1095953	85901.6		1452082.
07							0

TOTAL	9059295.	9012579.	2772639.	12696847	5398520.	7918561.	46858442

BASICO:							

NACIONAL	8530016.	8677436.	2764290.	2188482.	1513618	7913293.	31587333

IMPORTACION	529279.7	335144.7	8349.2	10508365	3884702.	5268.5	15271109

ANEXO XIII

151

VOLUMENES TOTALES DISTRIBUIDOS POR LAS DIFERENTES PLANTAS
MEZCLADORAS/ENVASADORAS

AGENCIAS	PLANTAS DE MEZCLADO/ENVASADO				
	T.E.L.	SALAM.	PUEBLA	HAZATLAN	MTY. TULA
1MADEPO	245481.			633040.	
2S.L.P.		1705274		151846.	
3AGUASCAL		177797.		44899.8	
4CD.VALLE				121550.	62074.2
5CD.MANTE		49636.8		203582.	
6TACATECA		162710.		179700.	
7MATEMUAL		3246.3		96186.6	
8MONTERRE		2082104		4373392.	
9CD.JUARE		158596.		589329.	
10VICTORIA		43247	16371.9	336797.	
11CHIHUAHU		333381.		712545.	
12PARRAL		34544.9		193389.	
13GALZ.PALA		154539.		733357.	
14REYNOSA		79366		1185989	
15SABINAS		254592		482709.	
16SALTILLO		63191		633617.	
17DURANGO		48797.8		421478.	27684.9
18LEON STD		313990.		9938.7	
19IRAPUATO		307592		15756.3	
20CELAYA		312980.		22735.8	
21QUERETAR		520342.		28442.7	
22NAZATLAN				3497556	
23GUAMUCHI				39427.6	228543.
24SUAYCAS				82483.2	176984.
25SHERMOSIL				294890.	537723.
26LA PAZ				22023	315723.
27LOS MOCH				119050.	383089
28MAGDALEM				1284.3	189148.
29NAVOJOVA				67735.6	197704
30MGALES				77701.5	48911.8
31RUIZ		57117.4		3717.9	924.3
32TEPIC		151082.		8938.3	9941.4
33CANAMEA				69938.4	
34CD.OBREG				127972.	378296.
35CULIACAN				173964.	240797.
36URUAPAN		214925.		6742.8	
37ZACARA			190180.		
38CD.LINA		245305.		8864	
39GUADALAJ		1562818		161730	
40MORELIA		282733.		22721.4	
41NAMZANIL		160255.		15215.4	
42TOLUCA	619367.			33388.7	
43POZA RIC	4391.1			30721.5	486099.
44PACHUCA	1604.7			30677.4	446661.
45ACAPULCO	339644			19261.8	
46CUMUTLA	35409.2				
47CUERNAVA	220764.				
48IGUALA	115487.			963	70258.7
49PUEBLA	8598.5		953546.	14121.6	
50JALAPA			189984.	6934.5	
51ORITABA	963		395659.	4493.7	
52TEHUACAN			129495.		
53T.BLANCA	963		143327.	5482.8	
54VERACRUZ	23693.6		323874.	17013.6	
55MINATITL	1745.9		575433.	39010.5	

PLANTAS DE MEZCLADO/ENVASADO

AGENCIAS T.E.L. SALAM. PUEBLA HAZATLAN HTY. TULA

56SALINA C		226843.	10130.4	
57OAXACA	133.9	288284.	1604.7	
58ARRIAGA		63413.9	1604.7	
59TUITLA		360326.	14433.3	
60VILLAHER	2503.8	633695.	14561.1	
61TAPACHUL	192.6	127904.	4648.5	
62MERIDA		384614.	12198.6	
63CAMPECHE	707.4	421902.	14125.5	
64PEROTE		346.5	74605.5	
65FRONTERA		6385.8	508.4	
66VALLE NE	8733968	877045.		4497788

TOTALES 1.035E7 9564161 5373584 1.383E7 6009284 5878605

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

- BASIC LUBRICATION PRACTICE, Allen F. Brewer, Reinhold. 1955.
- LOCATION AND SPACE ECONOMY, Walter Isard, MIT Press, - 1962.
- INDUSTRIAL CHEMISTRY, Riegel, Reinhold. 1965.
- CAMARA NACIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Tarifa General de Autotransporte de Carga Regular de Concesión y/o Permiso Federal. 1982.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO, Bases de la Demanda - Histórica de Lubricantes, Abril 1982.
- PEMEX, SUBDIRECCION COMERCIAL, Panorama General de la - Producción y Demanda de Lubricantes en México. Pasado, Presente y Futuro, 1981.
- PEMEX, Superintendencia de Ingeniero de Proceso, Bases para el Diseño de la nueva planta de mezcla y envasado de Lubricantes. Junio de 1968.
- PEMEX, Gerencia de Ventas, Subgerencia de mayoreo y - Asistencia Técnica, Aceites Básicos y Lubricantes, Volúmenes y Formulaciones. Mayo 1982.
- INTRODUCTION TO OPERATIONS RESEARCH. Frederick S. Mil-
lien, Gerald J. Lieberman, Holden-Day Inc. San Francis-
co, 1980.
- J.A. KENT. Riegel's Industrial Chemistry. Reinhold --
Publishing Company, 1962.
- KIRK OTHMER. Encyclopedia of Chemical Technology. John
Wiley & Sons. 1963.

- M.J. JURAN. Manual de Control de Calidad. Editorial-Reverté, 1951.
- H.E. SCHWEYER. Process Engineering Economics. McGraw Hill, 1955.
- L.C. MORROW. Maintenance Engineering Manual. McGraw-Hill, 1957.
- W. STANIAR. Plant Engineering Handbook. McGraw-Hill, 1959.
- J.R. NELSON. Writing the Technical Report. McGraw-Hill, 1952.
- P. MASSE. Optimal Investment Decisions. Prentice Hall, 1962.
- A.S. MANNE. Investment for Capacity Expansion. The MIT Press, 1967.
- W. ISARD. Location & Space Economics. The MIT Press 1956.
- D.F. BREWER. Basic Lubrication Practice. Reinhold Publishing Corp. 1955.
- G.W. SMITH. Engineering Economy. The Iowa State University Press, 1968.
- AMA. Management of the Physical Distribution Function. Report # 49, 1960.
- GRANT, JRESON. Principles of Engineering Economy. -- The Ronald Press Company, 1964.
- F. HAUSMANN. Operations Research Techniques for Capital Investment. John Wiley & Sons, 1968.
- J. WIEZENBAUM. Computer Power & Human Reason. W.H.-Freeman & Co. 1976.

- PEMEX, Gerencia de Refinación, Superintendencia General de Química Especificaciones de Aceites Lubricantes (1978).
- BASES DE DISEÑO DE LA NUEVA PLANTA DE MEZCLA Y ENVASADO DE LUBRICANTES. Suplcia. de Ingeniería de Procesó, Junio de 1968. Documento Interno.
- PEMEX, Gerencia de Refinación. Superintendencia General de Química. Resumen deEspecificaciones de Aceites Lubricantes 1976.
- PEMEX, Subgerencia de Distribución y Mayoreo. Superintendencia General de Asistencia Técnica. Terminal de Especialidades y Lubricantes 1981.
- PEMEX, Gerencia de Ventas. Movimientos de Grasas y Lubricantes. Balance por Área de influencia en centros embarcadores.
- THE LUBUJOL CORPORATION, Cleveland, Ohio, Report # -- C-5328, March 1980. Lubujol Servicios Técnicos, S. de R.L. Reporte # C-1101.
- MILLER Y LIEVERMAN, Introduction to Operations Research, Molden-Day Inc. San Francisco, 1980.
- BREWER, ALLEN. Basic Lubrication Practice, Book Division Reinhold Publishing Corporation, New York, 1955.
- STREETES Y WYLIE, Mecanica de los Fluidos Mc. Graw-Hill, México, 1979.