



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**“CUAUTITLAN”**

**ESTUDIO DE LA LOCALIZACION DE UN  
NUEVO CENTRO DE REFINACION EN LA  
REPUBLICA MEXICANA**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A N  
MARIA ESTHER AVENDAÑO MUNGUIA  
BENJAMIN RESENDIZ YAÑEZ**

**BAJO LA DIRECCION DEL  
ING. JAIME LUIS BARCENA LOPEZ**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.**

**1 9 8 5**



## **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

- I      Introducción
  - II     Justificación
  - III    Análisis Zonal
  - IV    Alternativas de Localización
  - V     Modelo de Transporte
  - VI    Estudio económico para Transporte de Crudo y Productos
  - VII   Conclusiones
- Bibliografía

## I INTRODUCCION

El desarrollo de la rama de refinación en Petróleos Mexicanos está basado en la política fundamental de que el país sea autosuficiente en capacidad de elaboración de energéticos, lubricantes y materias primas para la petroquímica básica.

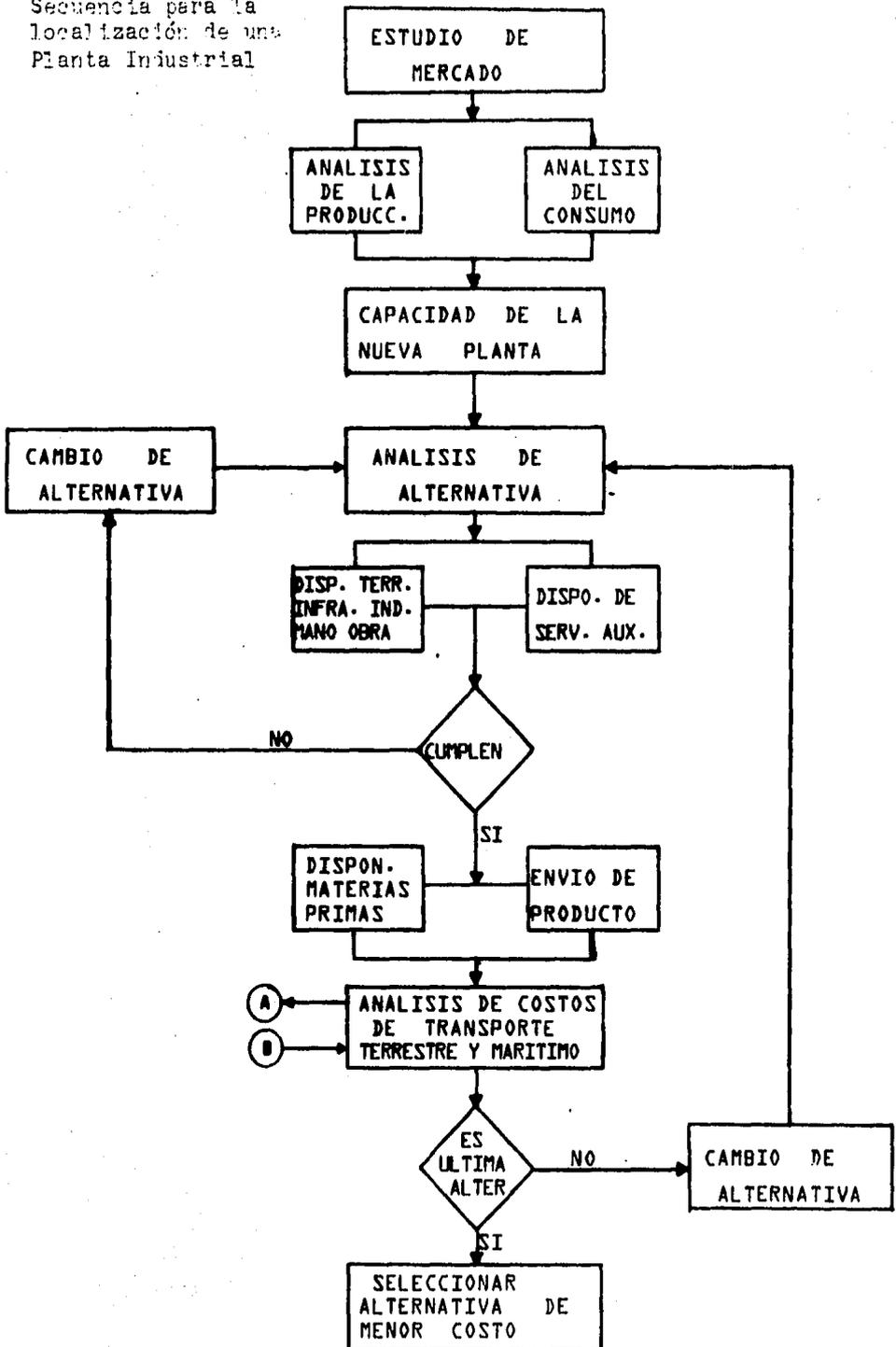
El consumo de hidrocarburos del petróleo continúa incrementándose, a pesar de ser un recurso no renovable y continuará utilizándose hasta que se logre aplicar económicamente la tecnología de fuentes alternas de energía.

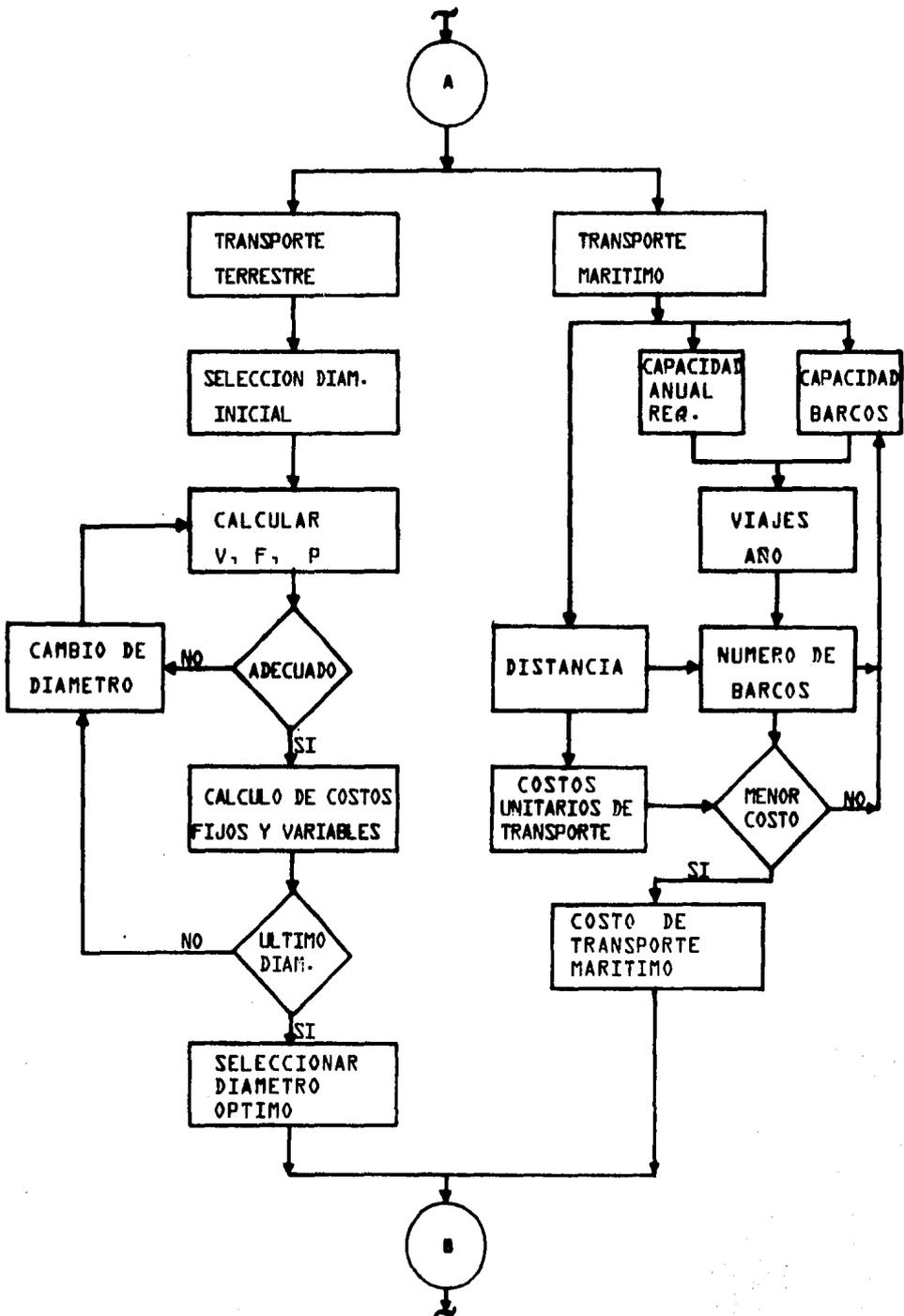
Por otro lado, las reservas actuales probadas y las reservas posibles, indican que al ritmo actual de consumo se dispone de hidrocarburos del petróleo, para cubrir los requerimientos del presente siglo y la mitad del próximo.

En México, la estructura de consumo actual de energéticos nos indica que los hidrocarburos del petróleo constituyen el 87.6% de la demanda, 5.3% el carbón y la hidroelectricidad y otros el 7.1%.

Se realiza este estudio para determinar si la capacidad instalada es suficiente para cubrir las demandas actuales y futuras, en el caso de no cubrirlas, se plantea como solución la instalación de un nuevo centro de refinación y se propone la zona más adecuada para su localización.

Secuencia para la localización de una Planta Industrial





## II JUSTIFICACION

La demanda de productos petrolíferos registra año con año incrementos sustanciales, que en parte son reflejo del crecimiento de las actividades económicas. Se han presentado diversos pronósticos de demanda, siendo el más aceptado un crecimiento anual promedio del 7.3% para el lapso de 1980-1990. De continuar a ese ritmo, se corre el riesgo de sobrepasar la capacidad instalada de refinación y caer en importaciones permanentes de productos o de maquila, sufriendo las consecuencias económicas que esto implica.

Para determinar la necesidad de una Nueva Refinería se hacen las proyecciones tanto de demandas de productos como de posibles incrementos en la capacidad de proceso de las diferentes refinerías ya instaladas. En la Tabla I se muestra la capacidad de refinación instalada y en proyecto hasta 1983 de los centros de refinación actuales; en las Tablas II, III y IV se muestran las proyecciones de proceso de crudo, requerimientos de combustóleo y requerimientos de destilados, respectivamente.

Los destilados comprenden, gasolvente, gasolinas, gasnafta, turbosina, kerosina, diesel, aceites lubricantes y parafinas.

T A B L A I

CAPACIDAD DE REFINACION INSTALADA Y EN PROYECTO HASTA 1983  
(MBD)

Refinerfa	Instalada	Proyecto o Construc.
Azcapotzalco	105	-
Salamanca	200	60
Tula	150	150
Cadereyta	235	-
Salina Cruz	170	300
Madero	215	-
Minatitlán	200	-
Poza Rica	16	38
Reynosa	9	-
T O T A L	1300	548

T A B L A II

PROCESO DE CRUDO REQUERIDO (PROYECCION)  
(MBD)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Requerimientos de Refinados	1,001	1,169	1,264	1,382	1,490	1,609	1,789	1,938	2,099
Destilados líquidos del Gas Natural	21	38	53	58	60	53	53	46	43
Refinados a obtener del Crudo	1,060	1,131	1,211	1,324	1,430	1,556	1,736	1,892	2,056
Proceso de Crudo requerido	1,070	1,142	1,223	1,337	1,444	1,571	1,753	1,911	2,076

T A B L A III  
 REQUERIMIENTOS DE COMBUSTOLEO (PROYECCION)  
 (MBD)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
ZONA NORTE	59	57	60	61	54	50	63	77	107
ZONA CENTRO	150	140	131	139	151	155	169	174	167
ZONA GOLFO	61	50	46	46	46	56	59	60	69
ZONA PACIFICO	75	92	107	118	132	148	190	207	219
T O T A L	345	339	344	364	383	409	481	518	562

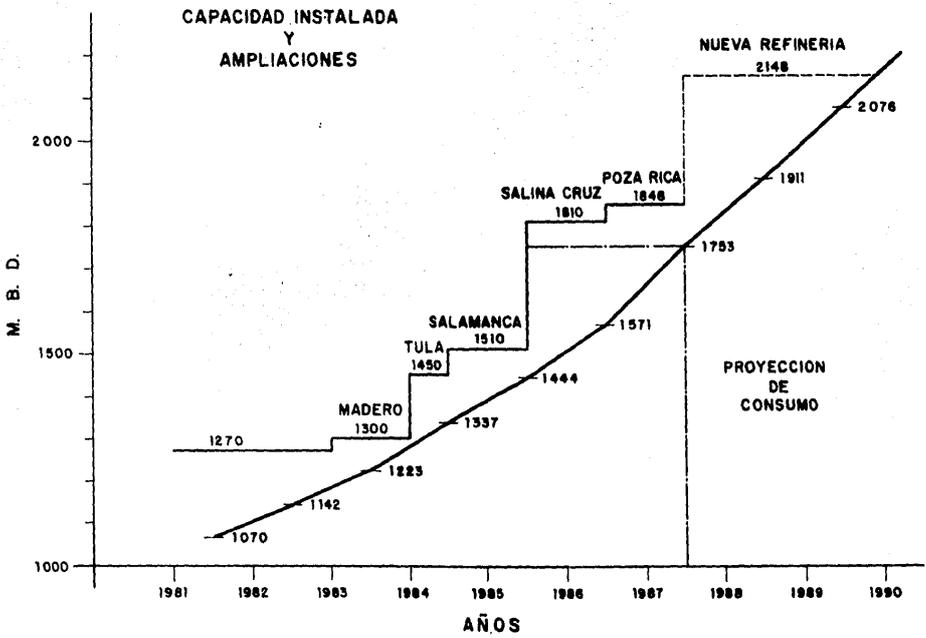
/ /

T A B L A IV  
 REQUERIMIENTOS DE DESTILADOS (PROYECCION)  
 (MBD)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
ZONA NORTE	130	147	161	174	188	203	220	240	262
ZONA CENTRO	354	375	410	446	485	524	570	619	671
ZONA GOLFO	119	143	153	170	184	201	218	234	252
ZONA PACIFICO	133	165	196	228	250	272	300	327	352
T O T A L	736	830	920	1,018	1,107	1,200	1,308	1,420	1,537

Considerando la capacidad instalada y en proyecto se tiene un total de 1,848 MBD para procesar. La capacidad normal de operación de una refinería tiene como máximo un 92% de la capacidad instalada, por lo tanto, tenemos que se van a procesar 1,718 MBD.

Graficando la proyección de procesamiento de crudo y la capacidad instalada y en proyecto (Gráfica 1) se observa que a la altura del año de 1987, la capacidad de proceso de crudo será insuficiente para cubrir la demanda, por lo que será necesario contar con un nuevo centro de refinación en la República Mexicana, con lo que se cubriría la demanda hasta 1990, teniendo una capacidad de refinación de 300 MBD.



GRAFICA 1

### III ANALISIS ZONAL

Al determinar la necesidad de un nuevo centro de refinación, se propone su localización, dividiendo en áreas el territorio nacional de la siguiente forma:

- Zona Altiplano
- Zona Norte
- Zona Golfo Sureste
- Zona Pacífico

El criterio de división se establece de acuerdo a la demanda de petrolíferos por zona, la localización de centros de refinación y la distribución factible de sus productos.

#### ZONA ALTIPLANO

Comprende el Valle de México y algunos Estados como el de -- Guanajuato, Michoacán, Querétaro, Tula, Morelos y parte de los Estados de Puebla, Guerrero, Tlaxcala, Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas y Durango. Es la zona más consumidora, sobre todo el Valle de México, que es el de mayor densidad indus---trial y de población.

Esta zona cuenta actualmente con tres grandes refineras con capacidad de 455 MBD; para 1986 se incrementará en 150 MBD la capacidad de la refinería de Tula y en 60 MBD la de Salamanca, para dar un total (Azcapotzalco, Salamanca y Tula) de 665 MBD.

Además actualmente se tiene la facilidad de transportar destilados y gas licuado de las refinerías del Golfo, del orden de 200 MBD, permitiendo asegurar el suministro de estos productos en la zona mencionada. En lo referente a combustibles industriales (combustóleo y gas natural), la producción de las refinerías del Altiplano permitirán asegurar un suministro regular.

#### ZONA NORTE

Está constituida por los Estados de Nuevo León, Coahuila, - Chihuahua y parte de Sal Luis Potosí, Zacatecas, Durango y Tamaulipas.

La demanda de productos refinados en esta zona es cubierta principalmente por la refinería de Cadereyta, de 235 MBD de capacidad de proceso. Se cuentan con dos ductos para la distribución de destilados que salen de la refinería y abastecen a Monterrey, Saltillo, Torreón y Chihuahua, en poco tiempo se terminará un ducto de Chihuahua a Ciudad Juárez.

Existe además, un poliducto que une esta zona con la refinería de Madero, asegurando el suministro de destilados en esta zona.

Para combustibles industriales, esta zona cuenta con sistemas de transporte por ductos para el gas natural producido por la refinería de la zona, así como el proveniente de la zona sur, a través del sistema troncal nacional. La producción de combustóleo se distribuye a zonas cercanas y dentro de un radio económico de transporte.

## ZONA GOLFO SURESTE

Está integrada por los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y parte de Chiapas.

Las refinerías del Golfo, Madero y Minatitlán cubren actualmente las necesidades de refinados en la zona, teniendo excedentes que son enviados a las zonas del Norte y Altiplano.

El suministro de combustibles industriales está asegurado a mediano plazo por la disponibilidad de gas natural y la producción de residuales de las refinerías.

## ZONA PACIFICO

Comprende los Estados localizados a lo largo de la costa.

Durante los últimos años se ha incrementado fuertemente la demanda de refinados en esta zona, cubriéndose actualmente con la producción de la refinería de Salina Cruz, que tiene capacidad para procesar 170 MBD y una capacidad de 300 MBD en construcción, - estando en balance la producción y el consumo.

Se cuenta con un poliducto que nace en la zona del Golfo, en la refinería de Minatitlán, hacia la refinería de Salina Cruz y que permite contar con el apoyo de destilados de una zona en la que se tiene excedentes.

El análisis zonal de producción y requerimientos en el año de 1987 indica:

AÑO 1987

ZONA	DESTILADOS (MBD)			COMBUSTOLEO (MBD)		
	Proceso	Requerimiento	Situación	Proceso	Requerimiento	Situación
NORTE	173.0	220	Déficit 47.0	43.2	63	Déficit 19.8
CENTRO	489.4	570	Déficit 80.6	122.3	169	Déficit 46.7
GOLFO	323.8	218	Excedente 105.8	81.0	59	Excedente 22.0
PACIFICO	125.0	300	Déficit 175.0	31.2	190	Déficit 158.8

Se puede observar que en las zonas Norte y Centro habrá un déficit de destilados, el cual podrá cubrirse con los excedentes del Golfo.

En la zona Pacífico se tendrá un déficit de destilados, el cual no podrá cubrirse con la capacidad de refinación en ese año.

En la zona Norte habrá un déficit de combustóleo que podrá cubrirse con los excedentes del Golfo.

En la zona Centro se tendrá un déficit moderado de combustóleo, y en la zona Pacífico se tendrá un déficit considerable de éste.

El análisis anterior muestra que una nueva refinería, para cubrir las cantidades deficitarias, deberá tener una capacidad de 300 MBD. Su localización será en el Pacífico con las siguientes bases:

- a) Producción del energético combustóleo en la zona más deficitaria, con amplias ventajas de transporte a los centros consumidores por vía marítima, que es el medio más económico.
- b) La saturación nacional de transporte vía terrestre se ha venido agravando hasta un punto crítico; la localización de la nueva refinería en la costa del Pacífico sería congruente con el plan de optimización del transporte en el que es prioritario el uso de ductos y barcos.
- c) La costa del Pacífico está considerada dentro de los programas nacionales como un centro de Desarrollo Industrial a corto plazo.
- d) Dentro de la costa del Pacífico existen áreas específicas que son susceptibles de integrarse como puntos de apoyo al resto de las zonas consideradas en el análisis.
- e) Un nuevo centro de refinación en la costa del Pacífico permite ubicar posibles excedentes exportables en esta zona, desconcentrando la zona Golfo y dando flexibilidad al sistema.

#### IV ALTERNATIVAS DE LOCALIZACION

A fin de determinar, dentro de la extensa zona del Pacífico cuál será el lugar más adecuado para la localización de la nueva refinería, analizaremos la demanda de productos petrolíferos en los Estados de esta zona, basándonos en las proyecciones y las ventajas determinantes de cada alternativa.

#### DEMANDA DE PRODUCTOS PETROLIFEROS

Estado	Combustible (1987) (MBD)	Destilados (1987) (MBD)
Baja California Norte	8.1	24.1
Baja California Sur	2.6	12.3
Sonora	58.2	32.9
Sinaloa	19.2	26.1
Nayarit	-	5.8
Colima	41.8	8.3
Michoacán	51.7	16.7
Guerrero	-	12.4
Oaxaca	1.5	8.5
Chiapas	-	21.2
Exportación a otras zonas	6.1	-
Altiplano	-	131.0
T O T A L	189.2	299.3

En la tabla anterior se observa que tres Estados tienen un alto consumo de combustóleo; éstos son: Sonora, Colima y Michoacán. Es importante tomar como determinante al combustóleo debido a la dificultad que presenta para su transporte.

Como localizaciones representativas de estos Estados se seleccionan los siguientes tres puertos:

- a) Guaymas, Sonora
- b) Manzanillo, Colima
- c) Lázaro Cárdenas, Michoacán

Considerando algunos parámetros importantes para la localización de un centro de refinación se tiene que:

1.- Disponibilidad de la mano de obra.

Generalmente las refinerías se integran con gente local y/o movilizada de otros centros de trabajo. Superficialmente, considerando el "atractivo" de los tres puertos, Manzanillo sería el más ventajoso en este aspecto.

2.- Area disponible.

Considerando un área de 1000 Hcts., en Lázaro Cárdenas y en Guaymas se dispone de terreno suficiente. En el caso de Manzanillo, por su condición de terreno montañoso es costoso habilitar tal área.

3.- Infraestructura Industrial Existente.

Los puertos de Manzanillo y Guaymas son de tipo turístico y pesca, mientras que Lázaro Cárdenas fue creado como Puerto Industrial.

4.- Fuentes de suministro de agua.

El abastecimiento de agua a la refinería en Manzanillo se tendría que hacer desde los ríos Armería y Coahuayana que se encuentran alejados a 40 y 85 Km respectivamente. Para la refinería de Guaymas se haría desde el río Sonora, situado aproximadamente a 90 Km.

La refinería localizada en Lázaro Cárdenas se abastecería con agua del río Balsas localizado a 5 Km de distancia.

5.- Disponibilidad de Energía Eléctrica:

En el caso de abastecimiento eléctrico externo, no habría problemas en ninguna de las tres alternativas.

En el caso de Lázaro Cárdenas el abastecimiento sería más seguro por tener la planta Hidroeléctrica de Infiernillo.

6.- Disponibilidad de materia prima.

Considerando que en la actualidad, las principales áreas productoras de crudo son el Golfo de Campeche y el Istmo, el envío se haría por ducto desde las áreas mencionadas a Salina Cruz y de ahí por barco o por ducto a la refinería. En el caso de Lázaro Cárdenas, dada su cercanía se tendría ventaja sobre los otros puertos ya sea por barco o tendiendo un oleoducto, con lo que su abastecimiento sería más seguro y continuo.

7.- Facilidad de distribución de productos.

La distribución de destilados se haría por barcos a las zonas lejanas a la refinería y por ducto a las zonas cercanas. La distribución de combustóleo se haría por barco, dada la dificultad de su manejo. La facilidad de distribución de los productos sería similar para las tres alternativas.

Una vez analizados los puntos anteriores se hace necesario un estudio económico de suministro de crudo y distribución de productos para cada una de las alternativas.

## V MODELO DE TRANSPORTE

### a) Aspectos Generales.

El crudo procesado por la nueva refinería será 50% crudo Istmo y 50% crudo Maya, enviado desde Minatitlán a Salina Cruz y de ahí a la refinería.

El crudo Istmo produce un 84% de destilados, mientras -- que el crudo Maya produce un 52%. La nueva refinería -- producirá un promedio de 68% de destilados.

Los medios de transporte aquí considerados son vía marítima (buques-tanque) y vía terrestre (ductos).

Para el suministro de crudo, en los casos de Manzanillo\_ y Lázaro Cárdenas se hace una comparación económica entre los dos medios de transporte mencionados. En el caso de Guaymas sólo se hace el estudio por vía marítima \_ debido a la gran distancia que existe entre los dos puntos, lo que elevaría en gran medida el costo por vía terrestre.

Para la distribución de destilados se considera el uso \_ de ductos o buques-tanque dependiendo de la distancia y de la facilidad de acceso a cada zona.

La demanda de destilados del Altiplano es cubierta en un 50% por Salina Cruz y 50% por la nueva refinería. El en vío se hará a través de Manzanillo.

Para la distribución de combustóleo se considera solamente el uso de buques-tanque debido a la facilidad de -- transporte por este medio.

b) Transporte Marítimo.

En la determinación de los costos de transporte marítimo se utilizan los valores de aranceles actuales por barril de cada ruta (Tabla V) y los costos por renta de barco.

T A B L A V

COSTOS UNITARIOS PARA TRANSPORTE POR BARCO

Ruta	\$/Barril
Salina Cruz-Acapulco	8.95
Salina Cruz-Mazatlán	14.36
Salina Cruz-La Paz	16.28
Salina Cruz-Rosarito	22.09
Salina Cruz-Lázaro Cárdenas	10.27
Salina Cruz-Manzanillo	11.73
Salina Cruz-Topolobampo	15.64
Salina Cruz-Puerto Libertad	19.73
Salina Cruz-Huatabampo	16.49
Salina Cruz-Guaymas	17.87
Guaymas-Manzanillo	11.78
Guaymas-Mazatlán	9.92
Manzanillo-Rosarito	16.41
Manzanillo-La Paz	10.54
Lázaro Cárdenas-Rosarito	18.13
Lázaro Cárdenas-Guaymas	13.77

La estimación del número de barcos requeridos para el transporte de productos se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\text{No. de Barco} = \frac{\left( \frac{\text{Viajes}}{\text{Año}} \right) \left( \frac{\text{Travesía}}{\text{Velocidad del barco}} + 48 \right)}{\text{Tiempo de operación del barco}} \dots(1)$$

donde:

Viajes/año: Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Viajes}}{\text{Año}} = \frac{\text{Volumen transportado anualmente}}{\text{Capacidad del buque-tanque}} \dots\dots\dots(2)$$

La capacidad del buque-tanque se considera de 255 MB

Travesía: Es el doble de la distancia del centro embarcador a la terminal marítima. Para este estudio se supone que cada barco surte un cargamento completo a cada terminal y regresa con lastre al centro embarcador.

Velocidad del barco: Se considera de 15 millas/hr en promedio.

Tiempo de operación del barco: Se estima de 8000 hr/año

Se considera que el tiempo de amarre, carga y descarga en cada puerto es de 24 horas.

c) Transporte Terrestre.

Para el diseño de los ductos se utilizan las siguientes ecuaciones:

-Velocidad promedio del fluido:

$$V = 0.408 \frac{Q}{d^2} \dots\dots\dots (3)$$

-Factor de fricción (f). Se obtiene del diagrama de --  
Moody con:

$$Re = 50.6 \frac{Qf}{d\mu} \dots\dots\dots (4)$$

y una rugosidad relativa ( $\frac{f}{d}$ ) = 0.00015, factor de ace  
ro comercial.

-Caída de presión:

$$\Delta P_{100} = 0.0216 \frac{f f Q^2}{d^5} \dots\dots\dots (5)$$

Para la determinación del diámetro de la tubería se hace un  
estudio económico con diferentes diámetros.

Los costos de tubería involucran los costos de materiales --  
(tubo, protección anticorrosiva, conexiones) costos por construc-  
ción (línea regular: preparación del terreno 70% tierra y 30% --  
rocas, instalaciones, inspección radiográfica, protección catódi-  
ca) supervisión de construcción e ingeniería.

En la tabla VI se muestran los costos de tubería por metro lineal para 1984.

T A B L A VI  
COSTOS DE TUBERIA

Ø (pulg)	Importe total (\$/m)
6	4,736.10
8	5,631.22
10	6,618.42
12	7,826.71
14	8,761.69
16	9,597.35
18	11,914.33
20	13,856.58
24	16,403.80
30	22,243.13
36	30,510.96

Se utilizan bombas centrífugas en todos los casos.

El cálculo de la potencia de la bomba se hace utilizando la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{Q \Delta P_{total}}{1714} \dots\dots\dots(6)$$

Los costos del sistema de bombeo se obtienen del Mark's -- Standard Handbook for Mechanical Engineers (Cap.11-134,1978), actualizados con los índices de Marshall y Swift, Chemical Engineering (Mayo 14,1984); de la siguiente forma:

$$Costo\ equipo_{1984} = Costo\ equipo_{1978} \left( \frac{Indice_{1984}}{Indice_{1978}} \right) \dots(7)$$

T A B L A VII

COSTO DE EQUIPO DE BOMBEO  
(1984)

Estación de bombeo HP instalado	Costo por HP instalado (M\$)
250 - 500	140 - 147
501 - 750	103 - 110
751 - 1000	81 - 89
1001 - 2000	57 - 64
Mayor de 2000	50

En la determinación del costo total anual de los ductos se hacen las siguientes consideraciones:

-Costo de la energía eléctrica:  $9 \frac{\$}{\text{Kw h}}$

-Costo de mantenimiento y operación: 10% de la inversión total fija.

-Tiempo de operación: 8,000 h/año

-Costo anual de tubería: 15% de interés con una vida útil de 10 años.

Para la determinación de las anualidades se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{P}{\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}} \dots\dots\dots(8)$$

donde:

A = Pagos periódicos

P = Valor presente de la inversión

i = Interés por periodo

n = Número de periodos

## VI ESTUDIO ECONOMICO PARA TRANSPORTE DE CRUDO Y PRODUCTOS

Alternativa: MANZANILLO

### 1) Suministro de Crudo

#### a) Vía Terrestre.

Para el suministro de 300 MBD de crudo se propone tener un oleoducto de Salina Cruz a Manzanillo, aplicando los siguientes datos:

Distancia Salina Cruz-Manzanillo: 1610 Km

Longitud de accesorios (20%): 322 Km

Longitud total: 1932 Km

Altura Salina Cruz: 0 m SNM

Altura Manzanillo: 0 m SNM

Gravedad específica (crudo): 0.88

Densidad (crudo): 54.8 lb/pie<sup>3</sup>

Para estar dentro de un rango de velocidad permisible (ver anexo) se seleccionan diámetros de 24", 30" y 36", cédula 60.

= Para  $d = 24"$

$$d_i = 22.062"$$

Utilizando la ecuación (3) se tiene:

$$V = 0.408 \frac{(8750)}{(22.062)^2} = 7.33 \text{ pie/seg}$$

El número de Reynolds se obtiene de la ecuación (4)

$$Re = 50.6 \frac{(8750) (54.8)}{(22.062) (28)} = 39,277$$

Utilizando una rugosidad relativa de 0.00015 y ---  
Re = 39,277 del diagrama de Moody se obtiene el factor --  
de fricción:

$$f = 0.023$$

Con el valor anterior se obtiene la caída de presión\_  
a partir de la ecuación (5):

$$\Delta P_{100} = \frac{0.0216 (0.023) (54.8) (8,750)^2}{(22.062)^5} = 0.398$$

$$\Delta P_{km} = 0.398 (32.81) = 13.058$$

$$\Delta P_{tot} = (13.058) (1,932) \dagger P \text{ (por diferencia de altura)}$$

$$\Delta P \text{ por diferencia de altura} = 0 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_{tot} = 25,228 \text{ lb/pulg}^2$$

La potencia de la bomba, de la ecuación (6) es:

$$HP = \frac{(8,750) (25,228)}{1,714} = 128,789$$

-Costo de Energía Eléctrica (CEE):

$$(128,789 \text{ HP}) \left(0.746 \frac{\text{Kw-h}}{\text{HP-h}}\right) \left(9 \frac{\$}{\text{Kw-h}}\right) \left(8,000 \frac{\text{h}}{\text{año}}\right)$$

$$\text{CEE} = 6'917,515 \text{ (M\$/año)}$$

-Costo de Tuberfa:

De la tabla VI, el costo para una tuberfa de 24" es de:  
16,403.80 \$/m

$$\text{Costo de tuberfa} = (1'610,000 \text{ m}) (16,403.80 \text{ \$/m}) = 26'410,118 \text{ M\$}$$

-Costo de Equipo de bombeo (CEB):

Utilizando la tabla VII para una potencia de 128,789 HP el  
costo es de 50,000 \$/HP

$$\text{CEB} = 6'439,450 \text{ M\$}$$

-Inversión total fija:

$$\text{Inversión tot. fija} = 26'410,118 \text{ M\$} + 6'439,450 = 32'849,568 \text{ M\$}$$

-Costo anual (pagos periódicos) de la ecuación (8)

$$A = \frac{32'849,568}{\frac{(1 + 0.15)^{10} - 1}{0.15 (1 + 0.15)^{10}}} = 6'545,344$$

-Costo total anual:

El costo total es la suma del costo de la energía eléctrica, el costo de mantenimiento y operación y el costo anual de tubería y equipo de bombeo.

Costo tot. anual = 6'917,515 + 3'284,956 + 6'545,344 = 15'450,566 M\$/año

De la misma forma se calculan los costos para diámetros de 30" y 36".

Los resultados se muestran en la Tabla VIII.

TABLA VIII  
SELECCION DEL DIAMETRO  
PARA SUMINISTRO DE CRUDO A MANZANILLO

$\phi$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
24"	0.0230	0.398	13.05	25,228	128,789	6'917,515
30"	0.0235	0.103	3.37	6,510	33,233	1'785,010
36"	0.0260	0.044	1.47	2,840	14,498	778,716

$\phi$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq. Bombeo (M\$)	Inv. Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
24"	26'410,118	6'439,450	32'849,568	6'545,346	16'747,815
30"	35'811,439	1'661,650	37'473,089	7'467,734	13'000,052
36"	49'122,645	724,900	49'847,545	9'933,747	15'697,217

**Diámetro Seleccionado: 30"**

c) Vía Marítima.

La cantidad requerida de barcos para transportar ---  
300 MBD de crudo de Salina Cruz a Manzanillo se determina \_  
en base a lo siguiente:

Volumen transportado: 300 MBD = 109,500 MBA

Distancia Salina Cruz-Manzanillo: 626 millas

Velocidad del barco: 15 millas/h

Tiempo de operación: 8,000 h/año

Capacidad del barco: 255 MB

$$\text{No. de barcos} = \frac{\left( \frac{109,500 \text{ MB/año}}{255 \text{ MB}} \right) \left( \frac{2 (626 \text{ millas})}{15 \text{ millas/h}} \right) + 48 \text{ h}}{8.000 \text{ h/año}} = 7.056$$

Utilizando los valores de la Tabla V, el costo para -  
transportar por barco 109,500 MBA de crudo de Salina Cruz a  
Manzanillo sería de: 1'284,435.00 M\$/año, y por renta de -  
barco: 1'002,728.00 M\$/año. El costo total sería de:  
2'287,163 M\$/año. Este costo es menor al de envío por vía\_  
terrestre por lo que se selecciona la alternativa de vía ma\_  
rítima para el suministro de crudo a Manzanillo.

Los resultados anteriores se muestran en la siguiente tabla:

### SUMINISTRO DE CRUDO

#### Cantidad de barcos requeridos para el transporte

Ruta	Distancia (Millas)	Cantidad transportada (MBA)	No. barcos
Salina Cruz-Manzanillo	626	109,500	7.056

#### Costo para transporte por barco

Ruta	MBA	\$/barril	M\$/año
Salina Cruz-Manzanillo	109,500	11.73	1'284,435

#### Costo por renta de barco

No. de barcos	Renta/año-barco (M\$)	Renta anual (M\$/año)
7.056	142,110	1'002,728

Costo total: 2'287,163

Se selecciona la alternativa de envío de crudo por vía marítima por ser la más económica.

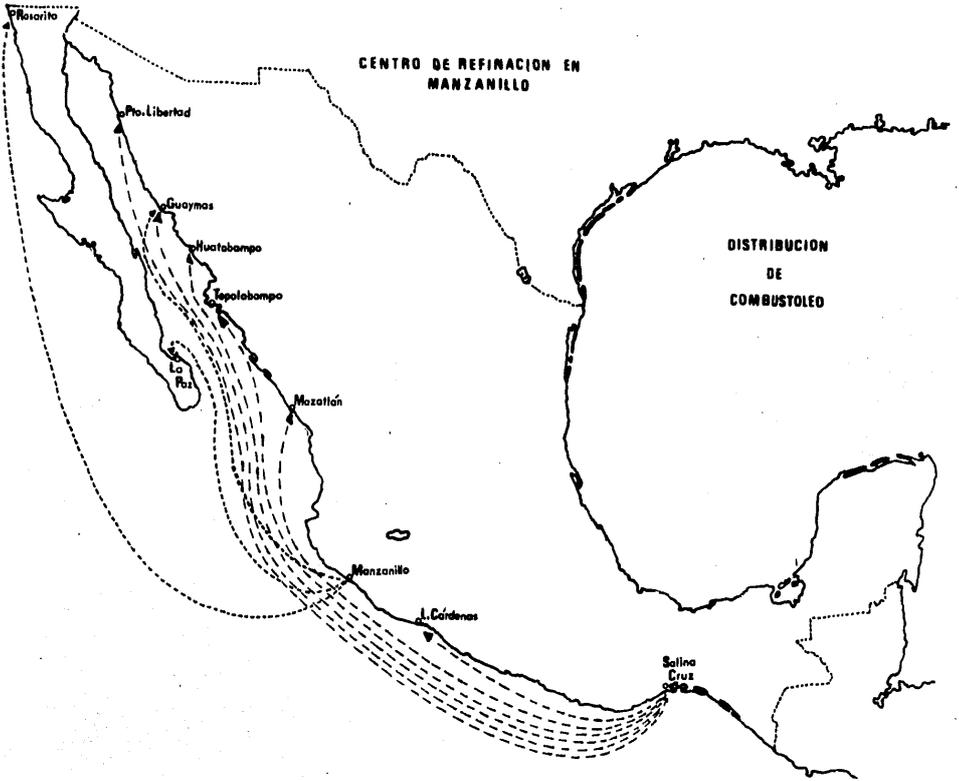
## 2) Distribución de Combustible

Se propone la siguiente distribución a cada agencia:

### DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE COMBUSTOLEO

Agencia	Demanda (MBD)	Salina Cruz (MBD)	Manzanillo (MBD)
Salina Cruz	1.5	1.5	-
Lázaro Cárdenas	51.7	51.7	-
Manzanillo	41.8	-	41.8
Mazatlán	13.5	13.5	-
Topolobampo	5.7	5.7	-
Guaymas	35.6	10.1	25.5
Pto. Libertad	14.7	14.7	-
Huatabampo	7.9	7.9	-
Rosarito	8.1	-	8.1
La Paz	2.6	-	2.6
T O T A L	183.1	105.1	78.0

Esta distribución se hará por barco debido a la facilidad del transporte por este medio.



De la misma forma que para el envío de crudo, se determina la cantidad requerida de barcos para la distribución de combustible.

CANTIDAD DE BARCOS REQUERIDOS PARA EL  
TRANSPORTE DE COMBUSTOLEO

Ruta	Distancia (Millas)	Cantidad (MBA)	No. barcos
Salina Cruz-Lázaro Cárdenas	468	18,870.5	1.021
Salina Cruz-Mazatlán	890	4,927.5	0.402
Salina Cruz-Topolobampo	1,095	2,080.5	0.197
Salina Cruz-Guaymas	1,283	3,686.5	0.395
Salina Cruz-Pto. Libertad	1,454	5,365.5	0.636
Salina Cruz-Huatabampo	1,174	2,883.5	0.289
Manzanillo-Guaymas	657	9,007.5	0.618
Manzanillo-La Paz	479	949.0	0.052
Manzanillo-Rosarito	1,074	2,956.5	0.277
TOTAL DE BARCOS:			3.887

### 3) Distribución de Destilados

Se propone la siguiente distribución de destilados a cada agencia.

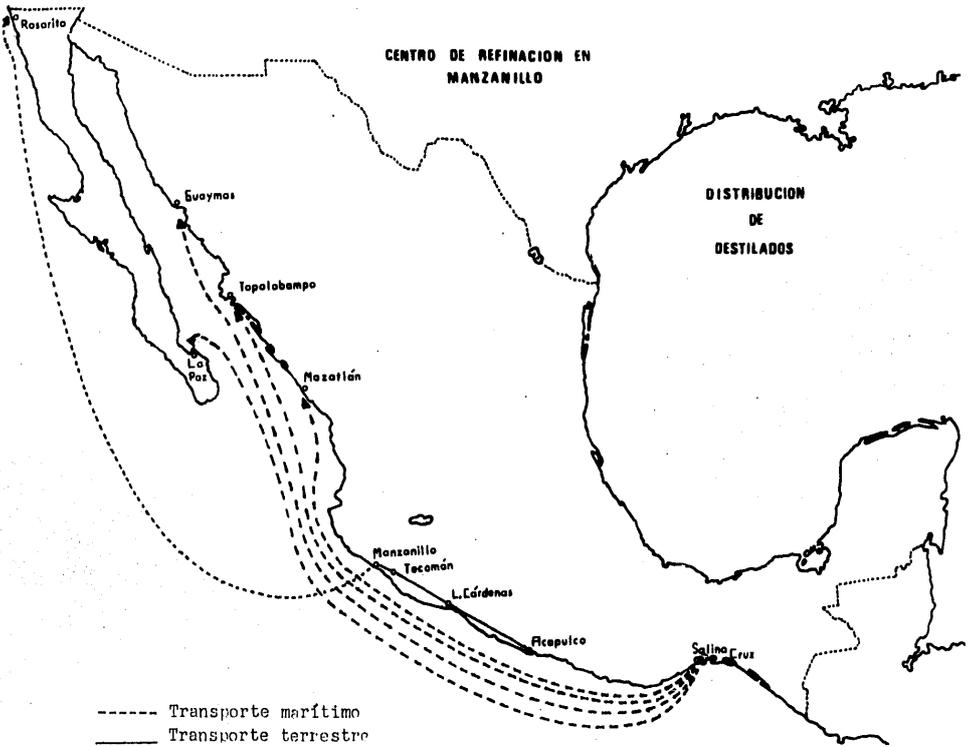
#### DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE DESTILADOS

Agencia	Demanda (MBD)	Salina Cruz (MBD)	Manzanillo (MBD)
Salina Cruz	29.7	29.7	-
Acapulco	12.4	-	12.4
Lázaro Cárdenas	16.7	-	16.7
Manzanillo	14.1	-	14.1
Mazatlán	7.2	7.2	-
Topolobampo	18.9	18.9	-
Guaymas	32.9	32.9	-
La Paz	12.3	12.3	-
Rosarito	24.1	-	24.1
Altiplano	131.0	65.5	65.5
T O T A L	299.3	166.5	132.8

Esta distribución se hará por barco a Mazatlán, Topolobampo Guaymas, La Paz y Rosarito.

A las zonas cercanas, a los centros de refinación, la distribución se hará tendiendo poliductos con la siguiente ruta:

Manzanillo-Tecomán  
Tecomán-Lázaro Cárdenas  
Lázaro Cárdenas-Acapulco.



CANTIDAD DE BARCOS REQUERIDOS PARA EL  
TRANSPORTE DE DESTILADOS

Ruta	Distancia (Millas)	Cantidad (MBA)	No. barcos
Salina Cruz-Mazatlán	890	2,628.0	0.214
Salina Cruz-Topolobampo	1,095	6,898.5	0.656
Salina Cruz-Guaymas	1,283	12,008.5	1.289
Salina Cruz-La Paz	1,105	4,489.5	0.429
Manzanillo-Rosarito	1,074	8,796.5	0.824
TOTAL DE BARCOS:			3.412

La determinación del diámetro de tubería y de los costos totales se determinan de la misma forma que en el envío de crudo, utilizando como fluido base el Diesel. Los resultados se presentan en las siguientes tablas.

DISTRIBUCION DE PRODUCTOS DESTILADOS A ZONAS CERCANAS

POLIDUCTO MANZANILLO-TECOMAN

Gasto Transportado: 94.6 = 95MBD

Fluido Base: Diesel

Gravedad Específica: 0.827

Viscosidad: 5.4 cp.

Distancia Manzanillo-Tecomán: 51 Km

Longitud de accesorios (20%): 10.2 Km

Longitud Total: 61.2 Km

Altura de Tecomán: 507 m SNM

Altura de Manzanillo: 0 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 596.6 = 597 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\varnothing$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
14"	0.0195	0.482	15.81	1,565	2,530	135,891
16"	0.0195	0.243	7.97	1,085	1,754	94,211
18"	0.020	0.139	4.58	877	1,418	76,155

$\varnothing$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq. Bombeo (M\$)	Inv. Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
14"	446,846	126,500	573,346	114,258	307,483
16"	489,456	109,235	598,691	119,309	273,389
18"	607,631	84,975	692,606	138,024	283,430

Diámetro Seleccionado: 16"

/ 24 /

**POLIDUCTO TECOMAN-LAZARO CARDENAS**

Gasto Transportado: 29.2 MBD

Distancia Tecomán-Lázaro Cárdenas: 235 Km

Longitud accesorios (20%): 47 Km

Longitud Total: 282 Km

Altura Tecomán: 507 m SNM

Altura Lázaro Cárdenas: 0 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 597 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\emptyset$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
8"	0.021	0.583	19.13	4,797	2,384	128,049
10"	0.022	0.202	6.63	1,273	633	39,999
12"	0.023	0.087	2.85	207	103	5,532

$\emptyset$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq. Bombeo (M\$)	Inv. Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
8"	1'323,337	119,200	1'442,537	287,472	559,174
10"	1'555,329	67,538	1'622,867	323,409	525,694
12"	1'839,277	14,420	1'853,697	369,409	554,778

Díámetro Seleccionado: 10"

/ 4 /

**POLIDUCTO LAZARO CARDENAS-ACAPULCO**

Gasto Transportado: 12.4 = 13 MBD

Distancia Lázaro Cárdenas-Acapulco: 310 Km

Longitud accesorios (20%): 62 Km

Longitud Total: 372 Km

Altura Lázaro Cárdenas: 0 m SNM

Altura Acapulco: 0 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 0 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\phi$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
6"	0.024	0.680	22.31	8,299	1,835	98,569
8"	0.026	0.143	4.69	1,745	386	20,733
10"	0.027	0.049	1.61	598	132	7,090

$\phi$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq.Bombeo (M\$)	Inv.Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
6"	1'468,191	115,320	1'583,511	315,566	572,486
8"	1'745,678	55,510	1'801,188	358,945	559,796
10"	2'051,710	18,480	2'070,190	412,553	626,662

**Diámetro Seleccionado: 8"**

Los costos totales para el transporte por barco, renta de \_  
barcos y transporte por ductos se muestran en la siguiente tabla:

T A B L A I X

COSTO TOTAL PARA TRANSPORTE POR BARCO

D E S T I L A D O S

Ruta	MBA	\$/Barril	M\$/año
Salina Cruz-Mazatlán	2,628.0	14.36	37,738
Salina Cruz-Topolobampo	6,898.5	15.64	107,892
Salina Cruz-Guaymas	12,008.5	17.87	214,591
Salina Cruz-La Paz	4,489.5	16.28	73,089
Manzanillo-Rosarito	8,796.5	16.41	144,350
		T O T A L:	577,660

C O M B U S T O L E O

Salina Cruz-L. Cárdenas	18,870.5	10.27	193,800
Salina Cruz-Mazatlán	4,927.5	14.36	70,758
Salina Cruz-Topolobampo	2,080.5	15.64	32,539
Salina Cruz-Guaymas	3,686.5	17.87	65,877
Salina Cruz-Pto. Libertad	5,365.5	19.73	105,861
Salina Cruz-Huatabampo	2,883.5	16.49	47,548
Manzanillo-Guaymas	9,307.5	11.78	109,642
Manzanillo-La Paz	949.0	10.54	10,002
Manzanillo-Rosarito	2,956.5	16.41	48,516
		T O T A L:	684,543

C R U D O

Salina Cruz-Manzanillo	109,500.0	11.73	1'284,435
------------------------	-----------	-------	-----------

COSTO TOTAL = 2'546,638.00 M\$/año

T A B L A X

COSTO TOTAL POR RENTA DE BARCOS

Fluido Transportado	No. barcos (M\$)	Renta anual (M\$/año)
Destilados	3.412	484,879
Combustóleo	3,887	552,381
Crudo	7.056	1'002,728
T O T A L	14.355	2'039,988

T A B L A XI

COSTO TOTAL PARA EL TRANSPORTE POR DUCTO

Poliducto	M\$/año
Manzanillo-Tecomán	273,389
Tecomán-Lázaro Cárdenas	525,694
Lázaro Cárdenas-Acapulco	559,796
T O T A L	1'358,879

T A B L A X I I

COSTO TOTAL PARA EL SUMINISTRO DE CRUDO  
Y DISTRIBUCION DE PRODUCTOS

	M\$/año
Suministro de Crudo	2'287,163
Distribución de Combustóleo	1'236,924
Distribución de Destilados	2'421,418
T O T A L	5'945,505

ALTERNATIVA

LAZARO CARDENAS

## SUMINISTRO DE CRUDO

### OLEODUCTO SALINA CRUZ-LAZARO CARDENAS

Gasto Transportado: 300 MBD

Fluido Base: Crudo

Gravedad Especifica: 0.857

Viscosidad: 28 cp.

Distancia Salina Cruz-Lázaro Cárdenas: 1324 Km

Longitud accesorios (20%): 265 Km

Longitud Total: 1589 Km

Altura Salina Cruz: 0 m SNM

Altura Lázaro Cárdenas: 0 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 0 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\phi$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
24"	0.0230	0.398	13.05	20,736	105,859	5'685,949
30"	0.0235	0.103	3.37	5,355	27,337	1'468,345
36"	0.0260	0.044	1.47	2,336	11,924	640,486

$\emptyset$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq.Bombeo (M\$)	Inv.Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
24"	21'718,630	5'292,950	27'011,580	5'382,937	13'770,044
30"	29'449,900	1'366,850	30'816,750	6'141,241	10'691,261
36"	40'396,510	596,200	40'992,710	8'169,133	12'908,890

**Diámetro Seleccionado:** 30"

## SUMINISTRO DE CRUDO

### Cantidad de barcos requeridos para el transporte

Ruta	Distancia (Millas)	Cantidad transportada (MBA)	No. barcos
Salina Cruz-L. Cárdenas	468	109,500	5.925

### Costo para transporte por barco

Ruta	MBA	\$/barril	M\$/año
Salina Cruz-L. Cárdenas	109,500	10.27	1'124,565

### Costo por renta de barco

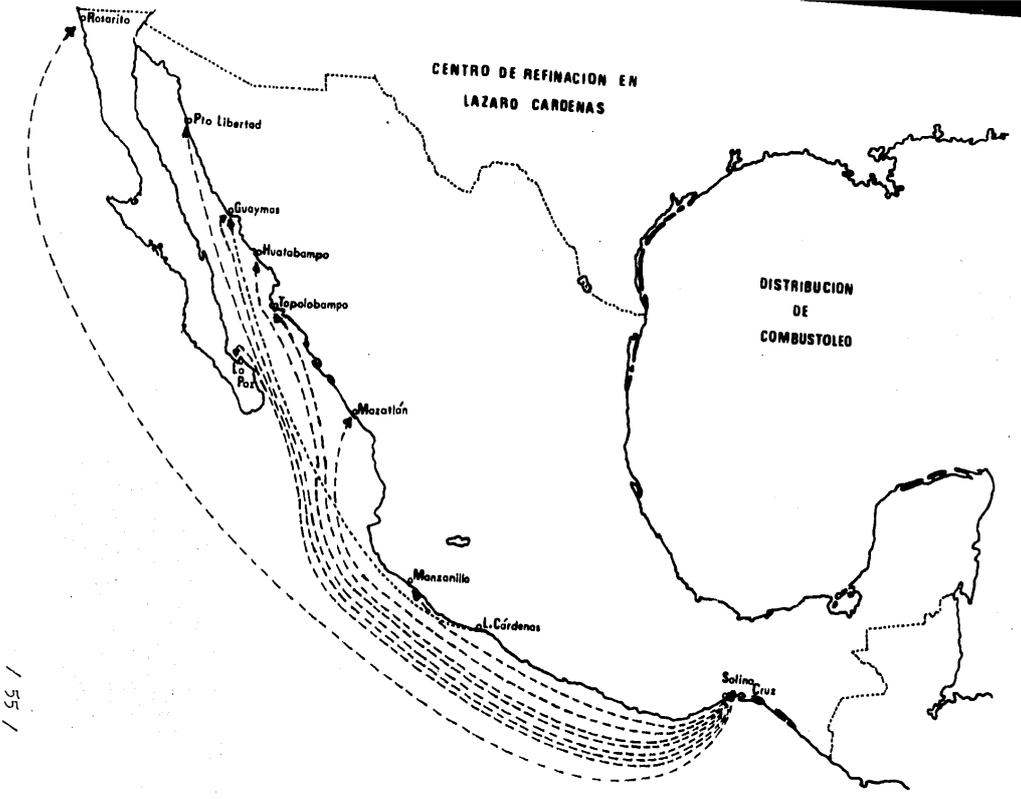
No. de barcos	Renta/año-barco (M\$)	Renta anual (M\$/año)
5.925	142,110	842,001

Costo total: 1'966.566

Se selecciona la alternativa de suministro por vía marítima por ser más económico.

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE COMBUSTOLEO

Agencia	Demanda (MBD)	Salina Cruz (MBD)	L. Cárdenas (MBD)
Salina Cruz	1.5	1.5	-
Lázaro Cárdenas	51.7	-	51.7
Manzanillo	41.8	41.8	-
Mazatlán	13.5	13.5	-
Topolobampo	5.7	5.7	-
Guaymas	35.6	9.3	26.3
Pto. Libertad	14.7	14.7	-
Huatabampo	7.9	7.9	-
Rosarito	8.1	8.1	-
La Paz	2.6	2.6	-
T O T A L	183.1	105.1	78.0



CANTIDAD DE BARCOS REQUERIDOS PARA EL  
TRANSPORTE DE COMBUSTOLEO

Ruta	Distancia (Millas)	Cantidad (MBA)	No. barcos
Salina Cruz-Manzanillo	626	15,257.0	0.983
Salina Cruz-Mazatlán	890	4,927.5	0.402
Salina Cruz-Topolobampo	1,095	2,080.5	0.197
Salina Cruz-Guaymas	1,283	3,394.5	0.364
Salina Cruz-Pto.Libertad	1,454	5,365.5	0.636
Salina Cruz-Huatabampo	1,177	2,883.5	0.289
Salina Cruz-Rosarito	1,700	2,956.5	0.398
Salina Cruz-La Paz	1,105	949.0	0.090
Lázaro Cárdenas-Guaymas	1,283	9,599.5	1.030
TOTAL DE BARCOS:			4.389

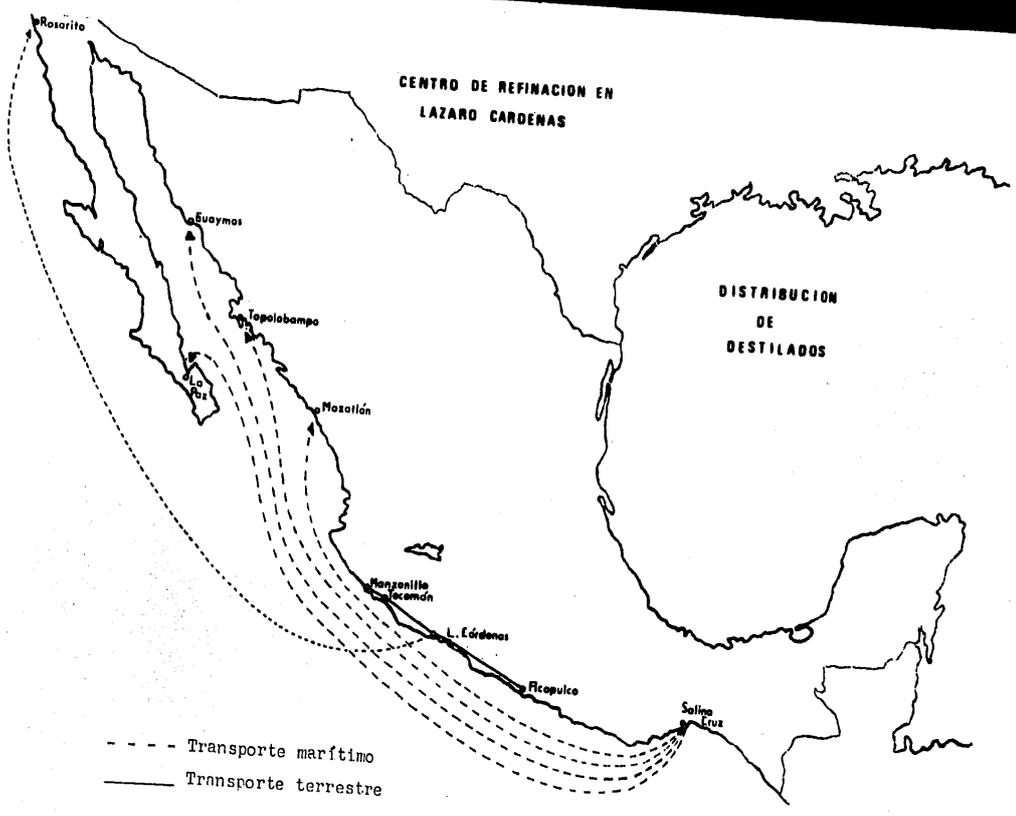
DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE DESTILADOS

Agencia	Demanda (MBD)	Salina Cruz (MBD)	L. Cárdenas (MBD)
Salina Cruz	29.7	29.7	-
Acapulco	12.4	-	12.4
Lázaro Cárdenas	16.7	-	16.7
Manzanillo	14.1	-	14.1
Mazatlán	7.2	7.2	-
Topolobampo	18.9	18.9	-
Guaymas	32.9	32.9	-
La Paz	12.3	12.3	-
Rosarito	24.1	-	24.1
Altiplano	131.0	65.5	65.5

Esta distribución se hará por barco a Mazatlán, Topolobampo, Guaymas, La Paz y Rosarito.

**CENTRO DE REFINACION EN LAZARO CARDENAS**

**DISTRIBUCION DE DESTILADOS**



- - - Transporte marítimo  
— Transporte terrestre

CANTIDAD DE BARCOS REQUERIDOS PARA EL  
TRANSPORTE DE DESTILADOS

Ruta	Distancia (Millas)	Cantidad (MBA)	No. barcos
Salina Cruz-Mazatlán	890	2,628.0	0.214
Salina Cruz-Topolobampo	1,095	6,898.5	0.656
Salina Cruz-Guaymas	1,283	12,008.5	1.289
Salina Cruz-La Paz	1,105	4,489.5	0.429
Lázaro Cárdenas-Rosarito	1,232	8,796.5	0.915
TOTAL DE BARCOS:			3.503

## DISTRIBUCION DE PRODUCTOS DESTILADOS A ZONAS CERCANAS

### POLIDUCTO LAZARO CARDENAS-TECOMAN

Gasto Transportado: 79.6 = 80 MBD

Fluido Base: Diesel

Gravedad Específica: 0.827

Viscosidad: 5.4 cp.

Distancia Lázaro Cárdenas-Tecomán: 235 Km

Longitud accesorios (20%): 47 Km

Longitud Total: 282 Km

Altura Lázaro Cárdenas: 0 m SNM

Altura Tecomán: 507 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 597 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\emptyset$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
14"	0.0195	0.342	11.22	3,716	5,119	274,952
16"	0.0200	0.177	5.80	2,232	3,038	163,177
18"	0.0205	0.102	3.35	1,542	2,099	112,741

$\emptyset$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq. Bombeo (M\$)	Inv. Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
14"	2'058,997	255,950	2'314,947	461,328	967,774
16"	2'255,377	151,900	2'407,277	479,728	883,632
18"	2'799,867	104,950	2'904,817	578,879	982,101

**Diámetro Seleccionado:** 16"

## POLIDUCTO TECOMAN-MANZANILLO

Gasto Transportado: 14.1 = 14 MBD

Distancia Tecomán-Manzanillo: 51 Km

Longitud accesorios (20%): 10.2 Km

Longitud Total: 61.2 Km

Altura Tecomán: 507 m .SNM

Altura Manzanillo: 0 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 597 lb/pulg<sup>2</sup>

**SELECCION DEL DIAMETRO**

$\emptyset$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
6"	0.0240	0.700	22.96	808	192	10,330
8"	0.0250	0.159	5.22	-277	-	-
10"	0.0267	0.056	1.84	-484	-	-

$\emptyset$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq.Bombeo (M\$)	Inv.Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
6"	241,541	26,880	268,421	53,491	90,663
8"	287,192	-	287,192	57,223	85,942
10"	337,539	-	337,539	67,265	101,018

**Diámetro Seleccionado: 8"**

POLIDUCTO LAZARO CARDENAS-ACAPULCO

Gasto Transportado: 12.4 = 13 MBD

Distancia Lázaro Cárdenas-Acapulco: ~ 310 Km

Longitud accesorios (20%): 62 Km

Longitud Total: 372 Km

Altura Lázaro Cárdenas: 0 m SNM

Altura Acapulco: 0 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 0 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\emptyset$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{1m}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
6"	0.024	0.680	22.31	8,299	1,835	98,569
8"	0.026	0.143	4.69	1,745	386	20,733
10"	0.027	0.049	1.61	598	132	7,090

$\emptyset$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq.Bombeo (M\$)	Inv.Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
6"	1'468,191	115,320	1'583,511	315,566	572,486
8"	1'745,678	55,510	1'801,188	358,945	559,793
10"	2'051,710	18,480	2'070,190	412,553	626,662

Diámetro Seleccionado: 8"

COSTO TOTAL PARA TRANSPORTE POR BARCO

DESTILADOS

Ruta	MBA	\$/Barril	M\$/año
Salina Cruz-Mazatlán	2,628.0	14.36	37,738
Salina Cruz-Topolobampo	6,898.5	15.64	107,892
Salina Cruz-Guaymas	12,008.5	17.87	214,591
Salina Cruz-La Paz	4,489.5	16.28	73,089
Lázaro Cárdenas-Rosarito	8,796.5	18.13	159,480
T O T A L:			592,790

COMBUSTOLEO

Salina Cruz-Manzanillo	15,257.0	11.73	178,964
Salina Cruz-Mazatlán	4,927.5	14.36	70,758
Salina Cruz-Topolobampo	2,080.5	15.64	32,539
Salina Cruz-Guaymas	3,394.5	17.87	60,659
Salina Cruz-Pto.Libertad	5,365.5	19.73	105,861
Salina Cruz-Huatabampo	2,883.5	16.49	47,548
Salina Cruz-Rosarito	2,956.5	22.09	65,309
Salina Cruz-La Paz	949.0	16.28	15,449
Lázaro Cárdenas-Guaymas	9,599.5	13.77	132,185
T O T A L:			709,272

C R U D O

Salina Cruz-L. Cárdenas	109,500.0	10.27	1'124,565
-------------------------	-----------	-------	-----------

COSTO TOTAL = 2'426,627.00 M\$/año

COSTO TOTAL POR RENTA DE BARCO

Fluido Transportado	No. barcos (M\$)	Renta anual (M\$/año)
Destilados	3.503	497,811
Combustibleo	4.389	623,720
Crudo	5.925	842,001
T O T A L	13.817	1'963,532

COSTO TOTAL PARA EL TRANSPORTE POR DUCTO

Poliducto	M\$/año
Lázaro Cárdenas-Tecomán	883,632
Tecomán-Manzanillo	85,942
Lázaro Cárdenas-Acapulco	559,796
T O T A L	1'529,370

COSTO TOTAL PARA EL SUMINISTRO DE CRUDO  
Y DISTRIBUCION DE PRODUCTOS

	M\$/año
Suministro de Crudo	1'966,566
Distribución de Combustible	1'332,992
Distribución de Destilados	2'619,971
T O T A L	5'919,529

A L T E R N A T I V A

G U A Y M A S

## SUMINISTRO DE CRUDO

### Cantidad de barcos requeridos para el transporte

Ruta	Distancia	Cantidad transportada	No.barcos
Salina Cruz-Guaymas	1,283	109,500	11.758

### Costo para transporte por barco

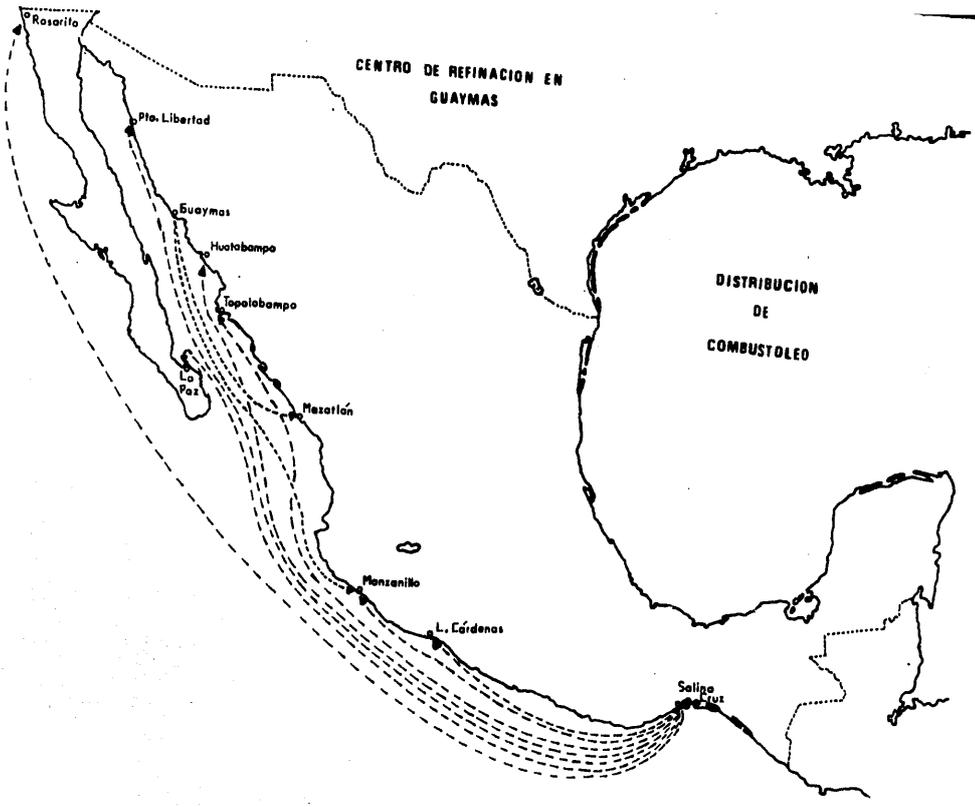
Ruta	MBA	\$/barril	M\$/año
Salina Cruz-Guaymas	109,500	17.87	1'956,756

### Costo por renta de barco

No. de barcos	Renta/año-barco (M\$)	Renta anual (M\$/año)
11.758	142,110	1'670,929
	Costo total:	3'627,694

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE COMBUSTOLEO

Agencia	Demanda (MBD)	Salina Cruz (MBD)	Guaymas (MBD)
Salina Cruz	1.5	1.5	-
Lázaro Cárdenas	51.7	51.7	-
Manzanillo	41.8	23.8	18.0
Mazatlán	13.5	-	13.5
Topolobampo	5.7	5.7	-
Guaymas	35.6	-	35.6
Puerto Libertad	14.7	14.7	-
Huatabampo	7.9	7.9	-
Rosarito	8.1	8.1	-
La Paz	2.6	2.6	-
T O T A L	183.1	116.0	67.1



1 72 1

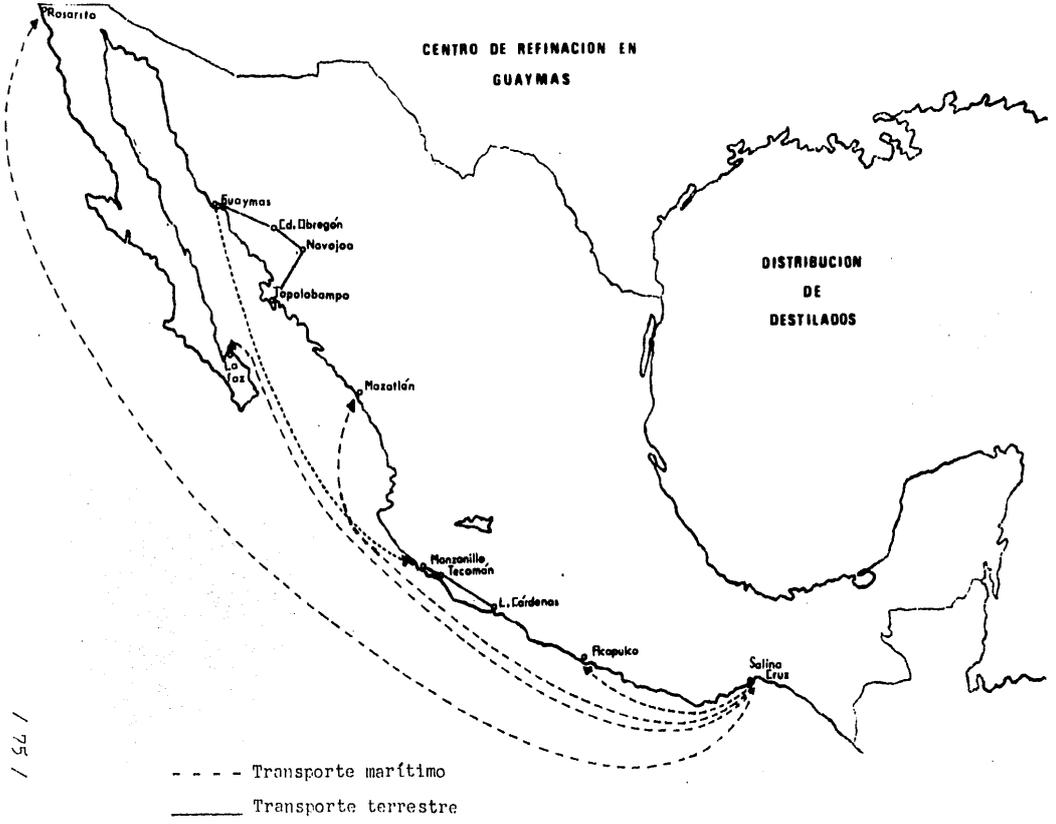
CANTIDAD DE BARCOS REQUERIDOS PARA EL  
TRANSPORTE DE COMBUSTOLEO

Ruta	Distancia (Millas)	Cantidad (MBA)	No. barcos
Salina Cruz-L. Cárdenas	468	18,870.5	1.021
Salina Cruz-Manzanillo	626	8,687.0	0.559
Salina Cruz-Topolobampo	1,095	2,080.5	0.197
Salina Cruz-Pto. Libertad	1,454	5,365.5	0.636
Salina Cruz-Huatabampo	1,177	2,883.5	0.289
Salina Cruz-La Paz	1,105	949.0	0.090
Salina Cruz-Rosarito	1,700	2,956.5	0.398
Guaymas-Manzanillo	657	6,570.0	0.436
Guaymas-Mazatlán	392	4,927.5	0.242
TOTAL DE BARCOS:			3.868

## DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE DESTILADOS

Agencia	Demanda (MBD)	Salina Cruz (MBD)	L. Cárdenas (MBD)
Salina Cruz	29.7	29.7	-
Acapulco	12.4	12.4	-
Lázaro Cárdenas	16.7	-	16.7
Manzanillo	14.1	-	14.1
Mazatlán	7.2	7.2	-
Topolobampo	18.9	-	18.9
Guaymas	32.9	-	32.9
La Paz	12.3	12.3	-
Rosarito	24.1	24.1	-
Altiplano	131.0	65.5	65.5

Esta distribución se hará por barco a Acapulco, Mazatlán, La Paz, Rosarito y Manzanillo.



175 /

**CANTIDAD DE BARCOS REQUERIDOS PARA EL  
TRANSPORTE DE DESTILADOS**

Ruta	Distancia (Millas)	Cantidad (MBA)	No. barcos
Salina Cruz-Acapulco	301	4,526.0	0.195
Salina Cruz-Mazatlán	890	2,628.0	0.214
Salina Cruz-La Paz	1,105	4,489.5	0.429
Salina Cruz-Rosarito	1,700	8,796.5	1.184
Guaymas-Manzanillo	657	35,149.5	2.336
TOTAL DE BARCOS:			4.358

DISTRIBUCION DE PRODUCTOS DESTILADOS A ZONAS CERCANAS

POLIDUCTO GUAYMAS-CD. OBREGON

Gasto Transportado: 29.63 = 30 MBD

Fluido Base: Diesel

Gravedad Específica: 0.827

Viscosidad: 5.4 cp.

Distancia Guaymas-Cd. Obregón: 153 Km

Longitud accesorios (20%): 31 Km

Longitud Total: 184 Km

Altura Guaymas: 0 m SNM

Altura Cd. Obregón: 40 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 47 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\phi$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
8"	0.021	0.614	20.140	3,752	1,915	102,858
10"	0.022	0.212	6.95	1,325	676	36,309
12"	0.023	0.092	3.02	603	308	16,543

$\phi$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq. Bombeo (M\$)	Inv. Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
8"	861,577	121,420	982,997	195,894	397,051
10"	1'012,618	72,959	1'085,577	216,336	361,202
12"	1'197,487	43,620	1'241,107	247,331	387,984

**Diámetro Seleccionado: 10"**

**POLIDUCTO CD. OBREGON-NAVOJOA**

Gasto Transportado: 23.7 = 24 MBD

Distancia Cd. Obregón-Navojoa: 66 Km

Longitud accesorios (20%): 13 Km

Longitud Total: 79 Km

Altura Cd. Obregón: 40 m SNM

Altura Navojoa: 50 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 12 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\phi$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
8"	0.022	0.412	13.52	1,080	441	23,687
10"	0.023	0.142	7.32	590	241	12,944
12"	0.024	0.062	1.97	168	68	3,652

$\phi$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq.Bombeo (M\$)	Inv.Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
8"	371,661	64,098	435,759	86,839	154,101
10"	436,816	33,740	470,556	93,773	153,772
12"	516,563	9,520	526,083	104,839	161,099

Diámetro Seleccionado: 10"

**POLIDUCTO NAVOJOA-TOPOLOBAMPO**

Gasto Transportado: 18.9 = 19 MBD

Distancia Navojoa-Topolobampo: 167 Km

Longitud accesorios (20%): 33 Km

Longitud Total: 200 Km

Altura Navojoa: 50 m SNM

Altura Topolobampo: 0 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 59 lb/pulg<sup>2</sup>

**SELECCION DEL DIAMETRO**

$\emptyset$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
6"	0.0220	1.184	38.85	7,711	2,492	133,850
8"	0.0230	0.270	8.86	1,713	554	29,739
10"	0.0243	0.094	3.08	557	180	9,669

$\emptyset$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq. Bombeo (M\$)	Inv. Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
6"	790,929	124,600	915,529	182,449	407,851
8"	940,414	57,899	998,313	198,946	328,516
10"	1'105,276	25,200	1'130,476	225,284	348,000

**Diámetro Seleccionado: 8"**

**POLIDUCTO MANZANILLO-TECOMAN**

Gasto Transportado: 82.2 MBD

Distancia Manzanillo-Tecomán: 51 Km

Longitud accesorios (20%): 10.2 Km

Longitud Total: 61.2 Km

Altura Manzanillo: 0 m SNM

Altura Tecomán: 507 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 597 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\varnothing$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
14"	0.0195	0.316	11.84	1,321	1,847	99,206
16"	0.0200	0.187	6.13	972	1,359	72,994
18"	0.0203	0.106	3.48	809	1,131	60,748

$\varnothing$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq. Bombeo (M\$)	Inv. Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
14"	446,864	116,229	563,093	112,215	267,730
16"	489,465	80,878	570,343	113,659	243,687
18"	607,631	65,504	673,135	134,144	262,205

**Diámetro Seleccionado: 16"**

**POLIDUCTO TECOMAN-LAZARO CARDENAS**

Gasto Transportado: 16.7 = 17 MBD

Distancia Tecomán-Lázaro Cárdenas: 235 Km

Longitud accesorios (20%): 47 Km

Longitud Total: 282 Km

Altura Tecomán: 507 m SNM

Altura Lázaro Cárdenas: 0 m SNM

$\Delta P$  por diferencia de alturas: 597 lb/pulg<sup>2</sup>

SELECCION DEL DIAMETRO

$\phi$	f	$\Delta P_{100}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{km}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	$\Delta P_{tot.}$ (lb/pulg <sup>2</sup> )	Potencia (HP)	Costo Energ. Electr. (M\$/año)
6"	0.0225	0.966	31.69	8,339	2,408	129,338
8"	0.0235	0.220	7.22	1,439	415	22,290
10"	0.0250	0.077	2.52	113	33	1,772

$\phi$	Costo Tuberfa (M\$)	Costo Eq. Bombeo (M\$)	Inv. Total (M\$)	Costo Anual (M\$/año)	Costo Total (M\$/año)
6"	1'112,983	120,400	1'233,383	245,791	498,467
8"	1'323,983	60,017	1'383,354	275,678	436,303
10"	1'555,329	4,620	1'559,949	310,870	468,591

Diámetro Seleccionado: 8"

COSTO TOTAL PARA TRANSPORTE POR BARCO

DESTILADOS

Ruta	MBA	\$/Barril	M\$/año
Salina Cruz-Acapulco	4,526.0	8.95	40,507
Salina Cruz-Mazatlán	2,628.0	14.36	37,738
Salina Cruz-La Paz	4,489.5	16.28	73,089
Salina Cruz-Rosarito	8,796.5	22.09	194,314
Guaymas-Manzanillo	35,149.5	11.78	414,061
		T O T A L:	759.709

COMBUSTOLEO

Salina Cruz-L. Cárdenas	18,870.5	10.27	193,800
Salina Cruz-Manzanillo	8,687.0	11.73	101,898
Salina Cruz-Topolobampo	2,080.5	15.64	32,539
Salina Cruz-Pto. Libertad	5,365.5	19.73	105,861
Salina Cruz-Huatabampo	2,883.5	16.49	47,548
Salina Cruz-La Paz	949.0	16.28	15,449
Salina Cruz-Rosarito	2,956.5	22.09	65,309
Guaymas-Manzanillo	6,570.0	11.78	77,394
Guaymas-Mazatlán	4,927.5	9.92	48,880
		T O T A L:	688,678

CRUDO

Salina Cruz-Guaymas	109,500.0	17.87	1'956,765
---------------------	-----------	-------	-----------

C O S T O T O T A L = 3'405,152.00 M\$/año

**COSTO TOTAL POR RENTA DE BARCO**

Fluido Transportado	No. barcos (M\$)	Renta anual (M\$/año)
Destilados	4.358	619,315
Combustóleo	3.868	549,681
Crudo	11.758	1'670,929
<b>T O T A L</b>	<b>19.984</b>	<b>2'839,925</b>

**COSTO TOTAL PARA EL TRANSPORTE POR DUCTO**

Poliducto	M\$/año
Guaymas-Ciudad Obregón	361,202
Ciudad Obregón-Navojoa	153,772
Navojoa-Topolobampo	328,516
Manzanillo-Tecomán	243,687
Tecomán-Lazaro Cárdenas	436,303
<b>T O T A L</b>	<b>1'523,480</b>

**COSTO TOTAL PARA EL SUMINISTRO DE CRUDO  
Y DISTRIBUCION DE PRODUCTOS**

	<b>M\$/año</b>
Suministro de Crudo	3'627,694
Distribución de Combustóleo	1'238,359
Distribución de Destilados	2'902,503
<b>T O T A L</b>	<b>7'768,557</b>

### COSTOS TOTALES POR ALTERNATIVA

	M\$/año
Alternativa Manzanillo	5'945,505
Alternativa L. Cárdenas	5'919,529
Alternativa Guaymas	7'768,557

## VII . C O N C L U S I O N E S

En base al estudio económico realizado se tienen dos posibles alternativas de localización de la Refinería; estas son Manzanillo y Lázaro Cárdenas.

Considerando los factores de distribución de materia prima y productos de refinación así como disponibilidad de agua, encontramos que:

- 1.- El transporte de materia prima y la distribución de destilados no tienen una diferencia significativa entre las dos alternativas.
- 2.- El transporte de combustóleo, cuyo manejo es el de mayor problema, hace que resulte ventajoso localizar la refinería en el lugar de mayor consumo, siendo éste Manzanillo.
- 3.- El abastecimiento de agua a la Refinería de Manzanillo sería más costoso que a Lázaro Cárdenas, debido a la distancia de los ríos.

Del análisis anterior, la mejor localización de la Refinería es Lázaro Cárdenas.

## A N E X O

### \*Velocidades recomendables

	V (pies/seg)
Alimentación a Calderas ;	8 - 15
Succión de Bombas	4 - 7
Servicios Generales	4 - 10
Descarga de Bombas	5 - 15

### \*Pérdidas de presión recomendadas por cada 100 pies

#### -Succión de bombas

	P/100 pies
Líquido en equilibrio	0.05 - 0.25
Líquido subenfriado	0.20 - 1.00
Agua de enfriamiento	0.20 - 1.00

#### -Descarga de bombas

Líquido subenfriado	1.00 - 2.00
Agua de enfriamiento	0.50 - 2.00

\* Crane; Flujo de Fluidos

IMP; Curso de Flujo de Fluidos

## SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

CEE	Costo de Energía Eléctrica
CEB	Costo de Equipo de Bombeo
$d = \varnothing$	Diámetro
$d_i$	Diámetro interior
$\frac{E}{d}$	Rugosidad relativa
f	Factor de fricción
HP	Potencia
MB	Miles de Barriles
MBA	Miles de Barriles por Año
MBD	Miles de Barriles por Día
P	Caída de Presión
Q	Flujo
Re	Número de Reynolds
SNM	Sobre el nivel del mar
V	Velocidad del fluido
$\rho$	Densidad
$\mu$	Viscosidad

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

FLOW OF FLUIDS: Through Valves, Fittings and Pipe  
Sixteenth Printing  
CRANE Co., USA, 1976

MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS  
Claudio Mataix  
Segunda edición  
Harper & Row Latinoamericana, México, 1982

MEMORIAS DE LABORES  
Petroleos Mexicanos  
1980, 1981, 1982, 1983

PETROLEUM REFINERY ENGINEERING  
W.L. Nelson  
Eight Edition  
Mc. Graw-Hill, Japan, 1970

PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS  
M. S. Peters y Klaus D. Timmerhaus  
Tercera Edición  
Mc. Graw-Hill, México, 1980

STANDARD HANDBOOK FOR MECHANICAL ENGINEERS

Marks'

Eight Edition

Mc. Graw-Hill, USA, 1978