

73
Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

NUEVO OLEODUCTO POZA RICA-CD. MADERO

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

Presenta:

RAMON CHACON MENDOZA



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA _____
PROC. Mt. 73



QUÍMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA.

Presidente	Prof. CARLOS DOORMAN MONTERO.
Vocal	Prof. ABENAMAR RICARDEZ BARRIENTOS.
Secretario	Prof. GERARDO BAZAN NAVARRETE.
1er. Suplente	Prof. GERARDO RODRIGUEZ ALONSO
2do. Suplente	Prof. MARIO RAMIRES Y OTERO

SITIO DONDE SE DESARROLLA EL TEMA:
PILARES 908 DEPTO. 10 MEXICO, D. F.

GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION PETROLEOS MEXICANOS

SUSTENTANTE: RAMON CHACON MENDOZA

ASESOR DEL TEMA: I. Q. ABENAMAR RICARDEZ BARRIENTOS.

I N D I C E .

	Página.
1. ANTECEDENTES	1
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	3
3. INFORMACION BASICA.	4
4. ANALISIS DEL PROBLEMA	27
5. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS	29
6. ANALISIS ECONOMICO	35
7. SELECCION DE ALTERNATIVAS	42
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
9. BIBLIOGRAFIA	66

1. ANTECEDENTES.

Desde hace más de 25 años, Petróleos Mexicanos tienen en operación una red de oleoductos entre Poza Rica y Tampico, la cual está formada por dos sistemas conocidos con el nombre de "Sistema ex-Aguila" y Sistema ex-Huasteca", que aproximadamente tienen 50 años - en servicio.

Debido al gran incremento en la demanda nacional de productos refinados, ha sido necesario aumentar la capacidad de proceso en la - refinería "Madero", y en consecuencia, la capacidad de transporte de crudo de la Faja de Oro y Faja Marítima, hacia esa refinería, exis--tiendo a la fecha la idea de substituir dichos sistemas por uno solo.

La realización de este proyecto se haría en dos etapas:

La primera, consistente en la construcción de un oleoducto submarino entre la plataforma de Tiburón y Cabo Nuevo, pasando por la Isla de Lobos y continuando como un oleoducto subacuático, de Majahua a San diego, a través de la Laguna de Tamiahua, para unirse a un nuevo oleoducto de la Estación de bombas de Naranjos a Mata Redonda.

La segunda etapa, consistente en la construcción de un oleoducto, de la nueva estación de bombas de poza Rica a Naranjos, Ver. pasando por Alamo y Cerro Azul.

FUTUROS REQUERIMIENTOS DE TRANSPORTE DE CRUDO

A LA REFINERIA "MADERO"

1968 - 1972

POR OLEODUCTO POZA RICA - CE. MADERO.

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>
<u>DISTRITO POZA RICA:</u>					
Nueva Faja de Oro	20,400	20,400	20,400	20,400	20,000
Pozóleo	1,000	-	-	-	-
Residuos primarios	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Faja Marítima (Atún)	-	5,000	5,000	10,000	10,000

DISTRITO SUR (Z.N.)

Potrero y Alamo	1,700	1,500	1,200	1,200	1,200
Cerro Azul	4,200	4,500	4,500	4,500	4,500
Naranjos	4,800	5,000	5,000	5,000	5,000
Faja Marítima	16,000	20,000	25,000	25,000	25,900
Tres hermanos	20,000	20,000	20,000	15,000	15,000
La Laja	180	200	200	200	200
TOTAL:	70,280	70,600	83,300	83,300	82,900

POR OTROS DUCTOS:

Cacalilao	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Tamaulipas-Constituciones	30,000	50,000	50,000	50,000	50,000
TOTAL:	43,000	63,000	63,000	63,000	63,000

POR VIA MARITIMA.

Total Zona Sur.	<u>65,720</u>	<u>37,400</u>	<u>32,700</u>	<u>32,700</u>	<u>33,100</u>
GRAN TOTAL:	179,000	179,000	179,000	179,000	179,000
	=====	=====	=====	=====	=====

NOTA: Los gastos de diseño considerados en este estudio, corresponden al 115% de los gastos reales reportados en la presente tabla.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio es determinar las obras que -
deberán ser realizadas para que el transporte de crudo entre Poza Ri
ca y Cd. Madero, se efectúe en condiciones óptimas.

3. INFORMACION BASICA.

PRODUCCION DE CRUDO EN LOS CAMPOS QUE ABASTECEN A LA REFINERIA "MADERO".

En la actualidad, la refinería "Madero" se abastece de crudo -
procedente de las siguientes zonas:

- a) Distrito de Poza Rica.
- b) Distrito Sur y Distrito Norte de la Zona Norte.
- c) Zona Sur (por vía marítima).

Distrito de Poza Rica.

La producción de aceites en el Distrito de Poza Rica, proviene
de diferentes campos petroleros, los cuales, por razón del tipo de for-
mación y por la naturaleza del crudo que de ellos se obtiene, se les -
agrupa como sigue:

- 1) Campos productores de crudo tipo pozóleo.
- 2) Campos de la Nueva Faja de Oro.

A la fecha este Distrito Produce un total de 145,000 BPD. de
de petróleo crudo, tipo pozóleo, que se obtiene principalmente de los
siguientes campos:

Poza Rica	41,500 BPD.
Mecatepec	6,800 "
Escolín	14,500 "
Juliapa	6,200 "
San Andrés	47,500 "
El Hallazgo	11,100 "
Remolino	5,200 "

La producción de estos campos representa más del 90% del total

de pozóleo obtenido en el Distrito.

En la actualidad los campos de la Nueva Faja de Oro producen aproximadamente, 19,000 BPD. de petróleo crudo. Sus principales campos son:

Acuatempa	2,700	BPD.
Santa Agueda	7,500	"
Ezequiel Ordóñez	2,200	"
Ocatepec	1,500	"
Mesa Cerrada	1,100	"
El Muro	1,600	"

La producción de estos campos representa aproximadamente el 90% del total de crudo obtenido en la Nueva Faja de Oro.

Distrito Sur de la Zona Norte.

La producción actual en los campos de la Faja de Oro, es de 50,600 BPD. de petróleo crudo, distribuída según su origen, en la forma que sigue:

Naranjos	10,800	BPD.
Tres Hermanos	20,100	"
Isla de Lobos	5,100	"
Cabo Nuevo	3,900	"

La producción de los campos antes citados, representa más del 90% del total de crudo obtenido en este Distrito.

Distrito Norte de la Zona Norte.

Este Distrito produce actualmente, 24,500 BPD, de petróleo crudo.

Los principales campos productores de este Distrito, son:

Pánuco	10,600 BPD.
Tamaulipas	5,200 "
Constituciones	5,200 "
Barcodón	1,100 "

La producción de estos campos representa más del 90% del total de crudo obtenido en el Distrito.

Campos de la Zona Sur.

Esta zona produce aproximadamente 142,000 BPD. de petróleo crudo. Los principales campos productores, son:

La Venta	5,050 BPD.
Ogarrio	10,200 "
Sánchez Magallanes	19,000 "
Mecoacán	4,700 "
Cinco Presidentes	59,000 "
Tupilco	4,000 "
El Golpe	9,900 "
El Plan	5,450 "
Los Soldados	3,700 "

La producción de estos campos representa el 85% del total obtenido en la Zona Sur.

RESERVAS PROBADAS DE CRUDO.

Distrito de Poza Rica.

La producción de petróleo en el Distrito de Poza Rica, es de 46.4 millones de barriles por año y la reserva probada de aceite de esta clase, es del orden de 1,660.3 millones de barriles.

En los campos de la Nueva Faja de Oro, la producción de aceite es de 6.1 millones de barriles por año y la reserva probada es de 138.6 millones de barriles, aproximadamente.

Distrito Sur de la Zona Norte.

En el Distrito sur de la Zona Norte, la producción de aceite es de 15 millones de barriles por año y la reserva probada es del orden de 84.3 millones de barriles.

Distrito Norte de la Zona Norte.

En este Distrito la producción de aceite es de 8.7 millones de barriles por año y la reserva probada es del orden de 171.8 millones de barriles.

Campos de la Zona Sur.

En la Zona Sur la producción de aceite es del orden de 51.5 millones de barriles por año y la reserva estimada es de 359.4 millones de barriles.

PRONOSTICOS DE PRODUCCION DE GRUPO.

Distrito Poza Rica.

Para los fines del presente estudio se ha tomado como monto de producción de crudo pesado en la Nueva Faja de Oro, 20,000 BPD., - considerando que en la actualidad es de 19,000 BPD. y que se cuenta con reservas suficientes para sostener y posiblemente incrementar su producción actual. Por lo que respecta a la de pozóleo, se ha considerado que dicha producción sería ajena a los problemas de transporte - del oleoducto Poza Rica-Cd. Madero ya que toda ella se destinaría para abastecer a las refinerías de Salamanca y Azcapotzalco.

La Gerencia de explotación tiene el proyecto de instalar cuatro plataformas submarinas en el campo de Atún, con las cuales espera alcanzar para el año de 1971 una producción de 30,000 BPD.

Los campos Horcón y Xacotla, cuya producción conjunta suma cerca de 400 BPD., tienen reservas que al ritmo actual de producción, solo alcanzarán para cuatro años.

En resumen, para los próximos cinco años, partiendo desde 1968, se estiman las siguientes producciones de crudo (BPD):

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>
Nueva Faja de Oro	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Atún	-	10,000	20,000	30,000	30,000
Horcón y Xacotla	400	10,000	20,000	30,000	30,000
T o t a l.	20,400	30,400	40,400	50,400	50,000

Distrito Sur de la Zona Norte.

Según los programas de distribución de crudo a proceso, aprobados por la Gerencia de Refinación, todo el crudo que se produzca en el Distrito Sur de la Zona Norte, incluyendo el de los campos de la Faja Marítima, deberá ser procesado en la refinería "MADERO".

Con base en los datos de las reservas probadas de aceite crudo en estos campos, se deduce que no podrá mantenerse al ritmo actual de la producción que se recolecta en Potrero, ya que son muy bajas las reservas de los campos de Chapopote y Tierra Blanca.

Los campos cuya producción se concentra en Cerro Azul, tienen en promedio, reservas suficientes para 15 años, de manera que con al-

gunas mejoras en sus instalaciones, se estima que estos campos podrían incrementar su producción hasta 4,500 BPD.

Los campos que envían su producción a Naranjos, tienen reservas suficientes para 13 años y con algunas mejoras en sus instalaciones, podrían aumentar su producción hasta 5,000 BPD. de crudo.

Si se mantuviese el ritmo actual de producción en los campos de Tres Hermanos, Rancho Nuevo y otros, sus reservas quedarían agotadas en menos de cinco años, de manera que la producción tendrá que ser aumentada con sistemas de explotación secundarias, de lo contrario, dicha producción tenderá a declinar en los próximos años.

Según los planes de la Gerencia de Explotación, se espera que los campos de la Faja Marítima, pertenecientes a la Zona Norte, están incrementando su producción de 16,000 BPD. en 1968 hasta 25,000 BPD. para el año 1970.

Con base en las consideraciones antes mencionadas, se espera que los campos de la Faja Marítima, pertenecientes a la Zona Norte, están incrementando su producción de 16,000 BPD. en 1968 hasta -- 25,000 BPD. para el año de 1970.

Con base en las consideraciones antes mencionadas, se espera que el año 1972 la producción de crudo en los campos del Distrito Sur de la Zona Norte, será como sigue: (BPD).

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>
Potrero del Llano	1,500	1,300	1,200	1,200	1,200
Alamo	200	200	-	-	-
Cerro Azul	4,200	4,500	4,500	4,500	4,500
Naranjos	4,800	5,000	5,000	5,000	5,000
Tres Hermanos	20,000	20,000	20,000	15,000	15,000
Faja Marítima (Z.N.)	16,000	20,000	25,000	25,000	25,000
La Laja	180	200	200	200	200
TOTAL.	46,880	51,200	55,900	50,900	50,900

Distrito Norte de la Zona Norte.

De acuerdo con los planes de la Gerencia de Explotación se espera que a mediados del año próximo, se tendrá una producción de 30,000 BPD. de crudo en el campo Tamaulipas-Constituciones, debido a la instalación del sistema de explotación secundaria, consistente en la instalación de un aditamento para la inyección de agua a la caliza del yacimiento.

Con base en los pronósticos anteriores, se estima que en los próximos cinco años el Distrito Norte de la Zona Norte, produzca los siguientes volúmenes de crudo (BPD).

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>
Cacalilao	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Tamaulipas-Constituciones	30,000	50,000	50,000		50,000
TOTAL	43,000	63,000	63,000	63,000	63,000

DEMANDA DE CRUDO EN LA REFINERÍA "MADERO".

Capacidad de refinación.

En la actualidad la refinería "Madero" tiene una capacidad nomi

nal de refinación de 135,000 BPD., de crudo repartida en dos plantas primarias con capacidad de 60,000 BPD.; sin embargo, su capacidad promedio de refinación es de 109,000 BPD., de los cuales, 50,000 BPD. son procesados en cada una de las dos plantas primarias y 9,000 BPD. en la planta de asfaltos y lubricantes.

En la Tabla siguiente se resumen las capacidades anteriormente ennumeradas: (BPD).

	<u>Capac. nominal</u>	<u>Capac. efectiva</u>
Primaria "MA"	60,000	50,000
Primaria "MB "	60,000	50,000
Asfaltos y Lubricantes "MF"	<u>15,000</u>	<u>9,000</u>
TOTAL	135,000	109,000

Esta refinería es en la actualidad la de mayor capacidad de proceso en el país y una de las más grandes en toda la América Latina; pero no obstante su tamaño, el aumento en el consumo de destilados en su área de influencia, ha hecho necesaria una ampliación en esta refinería; y así, en la actualidad está en operación una tercera planta primaria, con capacidad nominal de proceso de 60,000 BPD., capaz de tratar en promedio, 55,000 BPD. de crudo.

Con esta tercera planta primaria, la refinería de Cd. Madero tiene en la actualidad una capacidad nominal de 195,000 BPD.

	<u>Capac. nominal</u>	<u>Capac. efectiva</u>
	B. P. D	B. P. D.
Primaria "MA"	60,000	50,000
Primaria "MB"	60,000	50,000
Asfaltos y Lubricantes "MF"	<u>15,000</u>	<u>9,000</u>
TOTAL	195,000	164,000

Suministro de crudo.

Crudo del Distrito de Poza Rica.

De acuerdo con los informes diarios de producción, elaborados en la Superintendencia General de Producción de la Gerencia de Explotación, en el año de 1968 se recibieron en la refinería de Cd. Madero, 18,500 BPD. de crudo, en promedio provenientes de la Nueva Faja de Oro y 2,000 BPD. de residuo obtenido en el Distrito industrial de Poza Rica.

Eventualmente también se bombean los excedentes de pozóleo - que por cualquier causa no pudieron ser procesados en las refin^{erías} de Azcapotzalco o Salamanca.

La producción de los campos Horcón y Xocotla, pertenecientes a la Nueva Faja de Oro, no se recolecta en Poza Rica, sino que se inyecta directamente al oleoducto, a la altura de Tihuatlan.

A continuación se incluye una tabla con los volúmenes actualmente manejados a lo largo del tramo Poza Rica-Alamo.

Producción Promedio

Nueva Faja de Oro	19,000 B.P.D.
Pozóleo	1,000 "
Residuos primarios	2,000 "
Horcón y Xacotla	400 "
	<hr/>
	22,400 B.P.D.

En los programas de proceso de la Gerencia de Refinerías está el envío a la refinería de Cd. Madero, de toda la producción de crudo de los campos que pertenecen a la Nueva Faja de Oro; por ser éste un tipo de crudo que en su destilación primaria deja mucho residuo, el cual se exporta a los Estados Unidos.

El residuo de pozóleo que actualmente se envía desde Poza Rica a Cd. Madero, se considera que se seguirá enviando a este punto - vía oleoducto.

También se considera que Cd. Madero será receptor de cualquier sobrante de pozóleo que no pudiera o no conviniera procesar en las refinerías de Azcapotzalco y Salamanca, aún cuando se estima que para 1970 cuando se realicen todas las nuevas ampliaciones programadas en el Distrito Industrial de Poza Rica y en la refinería de Salamanca, no habrá sobrante alguno de pozóleo.

Según planes de la Gerencia de Explotación, se ha logrado tener en explotación la primera de las cuatro plataformas submarinas las cuales desde principios de Enero están produciendo cerca de 10,000 BPD.

Actualmente se desconocen las características del crudo de atún no obstante, si resultara ser del tipo ligero solamente una parte de es

te crudo sería procesado en Cd. Madero.

Con base en los planes anteriores se espera que en los próximos cinco años Cd. Madero estará recibiendo desde Poza Rica los siguientes volúmenes de Crudo:

	Volúmenes de Crudo (BPD)				
	1968	1969	1970	1971	1972
Nueva Faja de Oro	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Residuo de Pozóleo	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Pozóleo	1,000	-	-	-	-
Atún	-	5,000	5,000	10,000	10,000
Horcón y Xacotla	400	400	400	400	-
TOTAL	23,400	27,400	27,400	32,400	32,000

Crudo del Distrito de la Zona Norte.

De acuerdo con los reportes diarios de producción, elaborados en la Suptcia. General de Producción de la Gerencia de Explotación hoy día se están enviando a la refinería de Cd. Madero, un promedio de 35,700 BPD. de crudo, procedentes de los distintos campos que pertenecen al Distrito Sur de la Zona Norte. Del volumen anterior 10,900 BPD. provienen de los campos de la Faja de Oro; 20,700 BPD. de Tres Hermanos y otros campos cercanos y 4,100 BPD. de Cabo Nuevo y campos de los alrededores.

La producción de la Faja de Oro Marítima, que es un promedio de 5,000 BPD. se está enviando por medio de chalanes hasta la Barra de Tuxpan y de ahí hasta la refinería de Azcapotzalco, por medio de oleoductos.

A continuación se presentan tabulados los volúmenes de crudo - enviados de los campos del Distrito Sur de la Zona Norte a la refinera de Cd. Madero.

	Volúmenes de crudo (BPD)
Potrero del Llano	1,900
Cerro Azul	4,200
Naranjos	4,800
Tres Hermanos	20,700
Cabo Nuevo	<u>4,100</u>
TOTAL	35,700

Las producciones de Alamo y La Laja se consumen como combustibles en las estaciones de bombeo respectivas.

Con base en los programas mencionados en este Capítulo, se espera que los campos del Distrito Sur de la Zona Norte, envíen a la refinera de Cd. Madero, los siguientes volúmenes de crudo:

	Volúmenes de Crudo (BPD)				
	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>
Potrero del Llano	1,500	1,300	1,300	1,200	1,200
Alamo	200	200	-	-	-
Cerro Azul	4,200	4,500	4,500	4,500	4,500
Faja Marítima (Z.N.)	16,000	20,000	25,000	25,000	25,000
Naranjos	4,800	5,000	5,000	5,000	5,000
Tres Hermanos	20,000	20,000	20,000	15,000	15,000
La Laja	<u>180</u>	<u>200</u>	<u>200</u>	<u>200</u>	<u>200</u>
TOTAL	46,880	51,200	55,900	50,900	50,900

Crudo del Distrito Norte de la Zona Norte.

En la actualidad se envía a la refinera de Cd. Madero, un promedio de 24,500 BPD. de aceite crudo procedente de los campos del -

Distrito Norte de la Zona Norte. Del volumen anterior, 13,000 BPD. provienen de los campos de Ebano y Pánuco y 11,500 BPD. de los campos que forman el sistema Tamaulipas-Constituciones.

	<u>Volúmenes de crudo.</u>
Sistema Cacalilao	13,000 BPD.
Sistema Tamaulipas-Constituciones	11,500 "
TOTAL	<hr/> 24,500 "

Con base en los planes de pronósticos mencionados en este Capítulo, se estima que desde 1968 hasta 1972 se transportarán hacia la refinería de Cd. Madero, desde los campos del Distrito Norte de la Zona Norte, los siguientes volúmenes de crudo:

	<u>Volúmenes de crudo (BPD)</u>				
<u>Sistema</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>
Ebano-Pánuco	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Tamaulipas-Constituciones	30,000	50,000	50,000	50,000	50,000
TOTAL	<hr/> 43,000	63,000	63,000	63,000	63,000

Crudo de los campos de la Zona Sur.

En el año de 1967 se estuvo enviando a la refinería de Cd. Madero, desde los campos de la Zona Sur, un promedio de 40,300 BPD. de crudo, transportados por vía marítima Nanchital Cd. Madero. En algunas ocasiones parte del volumen de crudo transportado se descarga en la estación de bombeo de la Barra de Tuxpan y de allí en adelante se bombea vía oleoducto hasta Cd. Madero, pasando por Poza Rica.

El volumen de crudo enviado a Cd. Madero desde la Zona

Sur, tiene por objeto cubrir el faltante de crudo demandado por la capacidad de refinación de dicha refinería.

Con base en lo anterior y en los pronósticos de producción de crudo de los otros campos que abastecen a la refinería de Cd. Madero, se elaboró la siguiente tabla que muestra los volúmenes futuros de crudo procedentes de la Zona Sur, que se estima tendrán que ser enviados a esta refinería durante los próximos cinco años.

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>
Zona Sur	65,720	37,400	32,700	32,700	33,100

SISTEMAS DE TRANSPORTE

Sistema ex-Huasteca

Líneas existentes

Este sistema de transporte de crudo, consta de tres tramos: El primero es de Poza Rica-Alamo, constituido por un oleoducto de 12" \emptyset y 51.612 Km. de longitud.

El segundo es de Alamo-Cerro Azul, constituido por dos líneas de 10" \emptyset y 34.146 Km. de longitud.

El último es de Cerro Azul-Mata Redonda, consistente en una línea de 10" \emptyset y 107.156 Km. de longitud.

La longitud total de las líneas de este sistema de oleoductos es de 214.914 Km.

Estaciones de bombeo y auxiliares.

Como complemento de las líneas antes mencionadas, el sistema

cuenta con una estación inicial de bombeo en Poza Rica y estaciones - de rebombeo en Alamo, Cerro Azul y La Laja.

Para el bombeo de crudo de la Nueva Faja de Oro, hacia Alamo la estación de Poza Rica dispone en la actualidad de tres bombas - con capacidad nominal de 24,000 BPD., acopladas a motores eléctricos de 500 H.P. cada uno y tanques suficientes para almacenar 55,000 Bls. de crudo pesado.

Para el bombeo de crudo pesado a la estación de Alamo, dicha Terminal, que desde mediados de 1969 está en operación cuenta con - cuatro bombas de tornillo, accionadas por motores eléctricos y tanques con capacidad suficiente para almacenar 320,000 Bls. de crudo y resi-
duo.

La estación de bombeo de Alamo posee tres bombas reciprocantes accionadas por vapor, con una capacidad nominal de 30,000 BPD. c/u y tanques de almacenamiento con capacidad de 130,000 BLS. de -
crudo.

La estación de bombeo de Cerro Azul cuenta con cinco bombas reciprocantes accionadas por vapor y con una capacidad de bombeo de 30,000 BPD. c/u y una capacidad total de almacenamiento de 149,000 Bls. de crudo.

La estación de bombeo de La Laja dispone para su operación de cinco bombas reciprocantes accionadas por vapor y con capacidad nomi
nal de 30,000 BPD. c/u. Tiene una capacidad total de almacenamiento -

de 73,430 Bls.

En la Tabla 1 se presenta el resumen de las instalaciones de cada una de las estaciones de bombeo pertenecientes al sistema Ex-Huasteca.

Operación del Sistema.

De la estación de bombeo de Poza Rica se transporta hasta la estación de rebombeo de Alamo, toda la producción de los campos de la Nueva Faja de Oro que es en la actualidad, de unos 19,000 BPD. de crudo. Esta terminal abastece de crudo también a las refinerías de Azcapotzalco y Salamanca. En este tramo se manejan también, 2,000 BPD. de residuo obtenido en Poza Rica y eventualmente, unos 1,000 BPD. de pozóleo. La producción de los campos de Horcón y Zacotla, de 400 BPD., se inyecta directamente a la línea, a la altura de Tihatlán. En total, se envía a Alamo un promedio de 22,400 BPD. de crudo.

La producción de Alamo, que es de 400 BPD., se consume íntegramente como combustible, en la misma estación.

De Alamo se transporta hasta Cerro Azul, 17,400 BPD, por uno de los oleoductos de 10" \varnothing del Sistema Ex-Huasteca y los 5,000 restantes se manejan por el otro oleoducto de 10" \varnothing ; pero a la altura de Potrero se desvían hacia esta localidad.

En la estación de La Laja se bombean hasta Mata Redonda, 17,400 BPD. recibidos de Cerro Azul, y 8,000 BPD. que se desvían -

del Sistema Ex-Aguila a la altura de San Gregorio; es decir, que en el tramo La Laja-Mata Redonda se manejan 25,400 BPD. de crudo,

Toda la producción de crudo de La Laja, 180 BPD., se consume como combustible en la estación de bombeo.

En la figura 1 del Anexo 11 se indican los volúmenes de crudo actualmente manejados en cada tramo del sistema Ex-Huasteca.

Estado de conservación de las instalaciones.

Este sistema de oleoductos se encuentra en muy malas condiciones de conservación, debido a la forma como fueron construídos y a los muchos años que llevan en servicio.

La presión nominal de trabajo de sus tuberías, es de 1,005 - - Lbs/pulg², Abs.; sin embargo, a la fecha sólo pueden resistir alrededor de 415 Lbs/pulg², abs., en el tramo Poza Rica-Alamo y 655 Lbs/pulg², abs., en el tramo Alamo-Cerro Azul-Mata Redonda.

Sistema Ex-Aguila.

Este sistema de oleoductos está formado por dos secciones: el tramo Potrero-Naranjos, constituído por dos líneas de 8" ϕ y 33.420 - Km. de longitud y el tramo Naranjos-Mata Redonda, formado por tres líneas de 8" ϕ y 109.250 Km., siendo la longitud total del tramo, de 142.570 Km.

Estaciones de bombeo y auxiliares.

Las estaciones de bombeo del Sistema, se encuentran ubicadas -

en Potrero, Naranjos, San Diego, San Gregorio y Bustos. La primera de ellas cuenta con cuatro bombas reciprocantes con capacidad nominal de 30,000 BPD. c/u, accionadas por vapor; tiene una capacidad de almacenamiento de 244,200 Bls.

La estación de bombeo de Naranjos cuenta con dos bombas reciprocantes con capacidad de 15,000 BPD., accionadas por vapor; su capacidad total de almacenamiento es de 222,000 Bls.

La estación de bombeo de San Diego posee una bomba reciprocante con capacidad de 30,000 BPD. y cuatro con capacidad nominal de 15,000 BPD. todas ellas accionadas por vapor; tiene una capacidad total de almacenamiento de 24,750 Bls.

La estación de bombeo de San Gregorio posee dos bombas reciprocantes con capacidad nominal de 30,000 BPD. y tres bombas con capacidad nominal de 15,000 BPD., todas ellas accionadas por vapor; su capacidad total de almacenamiento es de 36,810 Bls.

La estación de bombeo de Bustos tiene dos bombas reciprocantes con capacidad de 30,000 BPD. y tres bombas con capacidad de 15,000 BPD., todas ellas accionadas por vapor; su capacidad total de almacenaje es de 40,000 Bls.

En la Tabla 2 del Anexo I se describe en forma resumida, las instalaciones existentes en cada una de las estaciones de bombeo que pertenecen al Sistema ex-Aguila.

Operación del Sistema.

En el tramo comprendido entre Potrero y Naranjos, se manejan por una de las líneas del Sistema ex-Aguila, 1,900 BPD. de crudo recolectados en Potrero y por la otra línea, 5,000 BPD. procedentes de -- Alamo; es decir que por este tramo se maneja un total de 6,900 BPD. de crudo.

En el tramo comprendido entre las estaciones de Naranjos y - San Diego, se manejan 6,900 BPD. provenientes de Potrero, junto con la producción de Naranjos que es de 4,800 BPD. y la producción de - Cerro Azul, de 4,200 BPD., para dar un total de 15,900 BPD. de crudo.

De la estación de San Diego se bombean hacia San Gregorio los 15,900 BPD. recibidos de Naranjos, junto con la producción de Tres - Hermanos, de 20,700 BPD. y 4,100 BPD. Producidos en Tamiahua, para dar un total de 40,700 BPD.

A la fecha, a causa del mal estado de conservación del tramo - San Gregorio-Mata Redonda, San Gregorio se desvían hacia el Sistema ex-Huasteca, alrededor de 8,000 BPD. de crudo; es decir, que desde - esta estación hasta Mata Redonda, únicamente se manejan 32,700 BPD.

En la figura 2 del Anexo II se indican los gastos manejados actualmente en cada tramo del sistema ex-Aguila.

Estado de conservación de las instalaciones.

Este otro sistema de oleoductos se encuentra también en muy -

malas condiciones de conservación, ya que fue construido con las mismas técnicas que el sistema ex-Huasteca y lleva los mismos años en servicio.

La presión mínima de trabajo de sus tuberías es de 1,476 Lbs. Pulg.², Abs.; sin embargo, a la fecha sólo puede resistir alrededor de 565 Lbs/Pulg², Abs., en el tramo Potrero-Naranjos y 795 Lbs/pulg² - Abs. en el tramo Naranjos-Mata Redonda.

Sistema de transporte del Distrito Norte (Z.N.)

Líneas existentes.

La producción de los campos Ebano-Cacalilao y Tamaulipas-Co Constituciones, se envía a la refinería de Cd. Madero mediante dos líneas entre dichos campos y la refinería, una de las cuales, de 14" Ø por 47.330 Km. de longitud, parte de la estación de bombeo Cacalilao 2 Huasteca teniendo una capacidad máxima de transporte de 25,000 -- BPD. de crudo.

La otra, de 10" Ø y 22.337 Km. de longitud, parte de la estación de bombeo localizada en la Batería No. 1 del campo Tamaulipas, pudiendo transportar un máximo de 49,000 BPD. de crudo.

Instalaciones de bombeo y auxiliares.

Para su operación, el oleoducto Cacalilao-Refinería Madero, -- cuenta con una estación de bombeo provista de tres unidades recíprocas accionadas por vapor, con capacidad nominal para 30,000 BPD.

de crudo cada una y una capacidad total de almacenamiento de 70,000 Bls.

El oleoducto Tamaulipas-Refinería Madero tiene una estación de bombeo con cinco bombas rotatorias acopladas a motores de combustión interna y posee una capacidad de almacenaje de 32,000 Bls. de crudo.

Operación del Sistema.

Desde 1968 se maneja por el Oleoducto Cacalilao-Refinería Madero, un promedio de 13,000 BPD. de crudo y según planes de la Gerencia de Explotación, no ha existido ningún proyecto para aumentar dichos envíos de crudo; pero por otra parte, el oleoducto Tamaulipas Refinería Madero, que en 1968 manejaba un promedio de 11,500 BPD. de crudo, y para 1969 ya transportaba alrededor de 50,000 BPD.

TRANSPORTE DE CRUDO DE LA ZONA SUR.

Rutas y equipo de transporte.

El crudo recibido en la refinería de Cd. Madero, proveniente de los campos de la Zona Sur, es transportado por buque-tanques, siguiendo una ruta que tiene su punto de partida en Nanchital y de llegada en los muelles de esta refinería. Por esta ruta se transporta la mayor parte del crudo del Istmo y Tabasco, que procesa la citada refinería.

Cuando por alguna causa no es posible que la refinería de Azcapotzalco procese todo el crudo de la Zona Sur que recibe desde Poza Rica, estos excedentes se desvían hacia Cd. Madero, transportándolos a esa localidad vía oleoducto Poza Rica-Mata Redonda; de esta manera

dicho crudo sigue una ruta marítima desde Nanchital hasta Tuxpan y -
luego una ruta terrestre vía oleoducto Tuxpan-Poza Rica-Mata Redonda.

Volúmenes transportados.

De acuerdo con datos reportados anteriormente en este capítulo -
lo en el año 1967 se envió a la refinería "Madero", un promedio de -
40,300 BPD. de crudo, proveniente de la Zona Sur, en el curso de ---
1968 cuando entró en operación la tercera planta primaria, dichos en-
víos aumentaron a cerca de 65,700 BPD.; sin embargo, en el año ---
1970, cuando la producción de la Faja Marítima elevó su producción a
30,000 BPD, el volumen de crudo transportado vía Nanchital-Cd. Mader
o, se redujo en 32,700 BPD.

Costos de operación y mantenimiento.

Los costos anuales por operación y mantenimiento, del Sistema
ex-Huasteca, ascendieron durante el año 1964, a la suma de: - - - -
\$ 12.355,800.00, distribuídos en los siguientes conceptos:

Estaciones de bombeo:

Alamo	\$ 4,390,000.00	
Cerro Azul y La Laja	\$ 4,851,300.00	
Total	\$ 9,241,300.00	\$ 9,241,300.00

Oleoductos:

Poza Rica-Cerro Azul	\$ 630,000.00	
Cerro Azul-Mata Redonda	\$ 2,484,500.00	
Total	\$ 3,144,500.00	\$ 3,144,500.00
Total estaciones de bombeo y oleoductos:		\$ 12,355,800.00

Estos costos incluyen la mano de obra directa e indirecta del personal de operación y mantenimiento, el costo de las obras realizadas para la operación y conservación, combustibles, servicios, cargos generales, etc.

Los costos correspondientes al Sistema ex-Aguila, ascendieron durante el año de 1964, a la suma de \$ 17.827,000.00 que se desglosan de la siguiente manera:

Estaciones de bombeo:

Potrero, Naranjos, San Diego, San Gregorio y Bustos, \$ 12,121,200.00

Oleoductos:

Potrero-Naranjos, Naranjos-Sn. Diego, San Diego-San Gregorio, San Gregorio- Bustos y Bustos-Mata Redonda.	\$ 5.705,800.00
Total estaciones de bombeo y Oleoductos:	\$ 17.827,000.00

4. - ANALISIS DEL PROBLEMA

Los sistemas de transporte hoy día en servicio en el Distrito Sur: el ex-Huasteca y el ex-Aguila, tienen capacidad suficiente para cubrir los actuales programas de transporte de petróleo crudo de dicho Distrito de la Zona Norte, sí como el de los campos de la Nueva Faja de Oro; pero por el mal estado de conservación de sus líneas, se presentan frecuentes rupturas en ellas, las que por consecuencia originan interrupciones en el bombeo.

Por otra parte, la presión a la que pueden operar estos sistemas sin que se presenten rupturas en las líneas, restringe su capacidad, al grado de que en el caso del tramo Poza Rica-Alamo, la presión máxima de trabajo es sólo de 400 Lbs/Pulg²; pero aún cuando fuesen acondicionadas, la capacidad instalada no sería suficiente para transportar los futuros requerimientos de crudo.

En el anexo II se indican los gastos máximos que permiten manejar los sistemas en servicio.

Además de lo antes expuesto, dichos sistemas tienen costos de operación y mantenimiento muy elevados, del orden de: \$30.000,000.00, según datos que reporta el estudio elaborado por la Gerencia de Exploración.

En virtud de todo lo anterior se plantea la necesidad de construir un nuevo oleoducto desde Poza Rica hasta los actuales cruzamien

tos de las líneas con el río Pánuco, que se encuentran en buen estado.

Por ello se ha considerado conveniente dividir el oleoducto en dos secciones: el tramo Poza Rica-Naranjos y el tramo Naranjos-Mata Redonda, pues el primero, a pesar de encontrarse en malas condiciones, resulta suficiente para el transporte de los requerimientos inmediatos, no así el tramo Naranjos-Mata Redonda que será insuficiente para transportar las demandas correspondientes de 1969, en adelante.

5. - ALTERNATIVAS CONSIDERADAS.

En vista de que la solución del actual problema de transporte terrestre de crudo a la refinería de Cd. Madero, no tiene la misma urgencia para cada uno de los tramos que forman el oleoducto Poza Rica-Mata Redonda, se juzgó conveniente considerar en la evaluación de las diferentes alternativas, que dicho oleoducto estaría constituido por dos secciones, a saber: tramo Poza Rica-Naranjos y tramo Naranjos-Mata Redonda.

Para la solución del problema de transporte de crudo en el tramo Poza Rica-Naranjos, se consideraron cuatro alternativas, y para el tramo Naranjos-Mata Redonda, cinco; las cuales se describen a continuación:

TRAMO POZA RICA-NARANJOS.

El punto inicial de este primer tramo, sería la nueva casa de bombas de Poza Rica y su punto final, los tanques de almacenamiento de la estación de bombeo en Naranjos, teniendo como paso obligado en el trazo de este ducto, la estación de Cerro Azul.

Alternativa A-1

La primera alternativa consiste en la construcción de una línea entre Poza Rica y Naranjos, de 14" ϕ , 0.250" de espesor y especificación API-Std. 5LX-52.

Requiere de una estación inicial en Poza Rica y estaciones de -

inyección en Tihuatlán, Alamo y Cerro Azul.

En todos los casos estudiados, se consideró que el crudo de Poza Rica se bombearía caliente a 50°C. y que al pasar por Alamo se sometería a un nuevo calentamiento, y que el crudo que hoy día se recolecta en Potrero, se mandaría a Cerro Azul para su deshidratación.

Las condiciones de operación del tramo Poza Rica-Naranjos para esta alternativa, se resume en la Tabla 1 del Anexo III.

Alternativa A-2

Esta alternativa consiste en la construcción de una línea entre Poza Rica y Naranjos, de 12" ϕ , 0.250" de espesor, especificando - - API-Std. 5LX-52.

Requiere de una estación inicial de bombeo en Poza Rica, estaciones de rebombeo en Alamo y Cerro Azul y una estación de inyección en Tihuatlán.

Las condiciones de operación del tramo Poza Rica-Naranjos, para esta alternativa, se resumen en la Tabla 2 del Anexo III.

Alternativa A-3.

En esta tercera alternativa se tendería una línea entre Poza Rica y Cerro Azul, de 12" ϕ , 0.250" de espesor, especificación AP Std. 5LX-52; de este punto hasta Naranjos, la línea sería de 14" ϕ , 0.250" de espesor e igual especificación que el tramo anterior.

De esta manera se requeriría de una estación inicial de bombeo en Poza Rica, una estación de rebombeo en Alamo y estaciones de in-

yección en Tihuatlán y Cerro Azul.

Las condiciones de operación del tramo Poza Rica-Naranjos, para esta alternativa, se resumen en la Tabla 3 del Anexo III.

Alternativa A-4.

Esta alternativa consiste en tender una línea entre Poza Rica y Naranjos de 12" \varnothing , 0.250" de espesor, especificación API-Std. 5LX-52. Además requiere de un sistema de calentamiento de crudo que se instalaría en Cerro Azul; de esta manera se bombardearía inicialmente desde Poza Rica y se rebombardearía en Alamo. Las estaciones de Tihuatlán y Cerro Azul serían de inyección únicamente.

Como en las alternativas anteriores el crudo se calentaría en Poza Rica y Alamo; pero además, en este caso, se sometería a un tercer calentamiento en Cerro Azul.

Las condiciones de operación del tramo Poza Rica-Naranjos, para esta cuarta alternativa, se resumen en la Tabla 4 del Anexo III.

TRAMO NARANJOS-MATA REDONDA.

El punto inicial de este segundo tramo, sería la nueva estación de bombas en Naranjos y su punto final el actual cruzamiento de las líneas con el río Pánuco. El único paso obligado de este tramo, sería la estación de inyección de Tres Hermanos.

Alternativa B-1.

Esta alternativa consiste en la construcción de un tramo de 14" \varnothing , 0.250" de espesor, especificación API-Std 5LX-52, entre Naranjos y

Tres Hermanos; y de un tramo de 16" ϕ , 0.250" de espesor e igual - especificación, entre Tres Hermanos y Mata Redonda.

Requiere de una estación inicial de bombeo de Naranjos, una de inyección en Tres Hermanos y una de rebombeo localizada a 69 Km. - de Naranjos, sobre el nuevo trazo del oleoducto.

El crudo manejado no necesita ser calentado en ningún punto del tramo.

Las condiciones de operación del tramo Naranjos-Mata Redonda, para esta alternativa, se resumen en la Tabla 1 del Anexo IV.

Alternativa B-2.

Esta segunda alternativa consiste en tender una línea de 16" ϕ , 0.250" de espesor, especificación API-Std., 5LX-52, entre Naranjos y Mata Redonda.

Requiere de una estación inicial de bombeo en Naranjos, una es tación de inyección en Tres Hermanos y una de rebombeo localizada a 71 Km. de Naranjos sobre el nuevo trazo del oleoducto.

El crudo manejado no necesita ser calentado en ningún punto del tramo.

Las condiciones de operación del tramo Naranjos-Mata Redonda, para esta alternativa, se resumen en la Tabla 2 del Anexo IV.

Alternativa B-3.

Esta alternativa consiste en la construcción de una línea de 16" ϕ , 0.250" de espesor, especificación API-Std., 5LX-52, entre Naranjos

y Tres Hermanos, y de una línea de 18" ϕ , 0.281" de espesor e igual especificación, entre este punto y Mata Redonda.

Requiere de una estación inicial de bombeo en Naranjos y una de inyección en Tres Hermanos.

Todo el crudo recibido en Naranjos se bombardearía caliente a 50°C y al llegar a Tres Hermanos se sometería a un nuevo calentamiento - junto con el crudo recibido en esta localidad.

Las condiciones de operación del tramo Naranjos-Mata Redonda para esta alternativa, se resumen en la Tabla 3 del Anexo IV.

Alternativa B-4.

Esta cuarta alternativa consiste en la construcción de una línea de 18" ϕ , 0.281" de espesor, especificación API-Std., 5LX-52, entre Naranjos y Mata Redonda.

Requiere de una estación inicial de bombeo en Naranjos y de una estación de inyección en Tres Hermanos.

El crudo manejado por este tramo únicamente sería objeto de calentamiento en la estación de Naranjos.

Las condiciones de operación del tramo, para esta cuarta alternativa, se resumen en la tabla 4 del Anexo IV.

Alternativa B-5.

Esta alternativa consiste en tender una línea de 16" ϕ , 0.250" de espesor, especificación API-Std., 5LX-52, entre Naranjos y Tres Hermanos, de este punto hasta Mata Redonda, se tendería una línea 20"

\emptyset , 0.281" de espesor e igual especificación que la de 16" \emptyset .

Requiere de una estación inicial de bombeo en Naranjos y una de inyección en Tres Hermanos.

En este caso no sería necesario el calentamiento del crudo en ningún punto del tramo.

Las condiciones de operación del tramo para esta última alternativa, se resumen en la Tabla 5 del Anexo IV.

La metodología de cálculo seguida para llegar a los resultados expuestos en este capítulo y en los Anexos III y IV, se describe en el Anexo V.

Costo de transporte por barril de crudo.

Para poder comparar económicamente las alternativas estudiadas y seleccionar de ellas la más conveniente, se ha utilizado como parámetro, el costo unitario de transporte de crudo, calculado a partir del costo anual por concepto de amortización e intereses del capital, considerando para ello que tanto la línea como las estaciones de bombeo, se amortizarían en un período de 10 años a una tasa de interés de 6% sobre saldos insolutos.

En la cuantificación de los costos de operación y mantenimiento se consideraron los siguientes conceptos:

1. Mantenimiento de la línea (1% sobre la inversión neta de la misma).
2. Gastos en combustibles, lubricantes y refacciones, proporcionales a la potencia utilizada en cada una de las estaciones de bombeo.
3. En el concepto "Otros", se consideran incluidos los costos de agua, energía eléctrica consumida en alumbrado, compresores de aire, etc.
4. Costos de personal que laboraría en las estaciones de bombeo. Se estimó en este aspecto que cada dos años se presentarían un incremento de salarios del 10% en promedio.
5. En las alternativas que requieren la instalación y servicio de calentadores, se estimaron sus costos de operación y mantenimiento, en forma separada de los correspondientes a la línea.
En el cuadro No. 1, incluido al final de este Capítulo, se indican los costos de transporte por barril de crudo por el año 1971.

Rentabilidad de las alternativas.

Según datos tomados del estudio elaborado por la Gerencia de -

Explotación (Suptcia. General de Diseño y Construcción), que a su vez está basado en información proporcionada por la Contaduría de Campos de la Zona Norte, los costos de operación y mantenimiento en el tramo Poza Rica-Naranjos, para el año de 1963, fueron del orden de - \$ 10.722,200.00.

Se considera que los costos anuales de estos sistemas de transporte a la fecha están distribuídos en la forma que sigue:

Sistema ex-Huasteca.

Estación de bombeo en Alamo, Ver.	\$ 4,390,000.00	
Est. de bombeo en Cerro Azul, Ver.	\$ <u>3,230,965.00</u>	\$ 7,620,965.00

Oleoductos

Poza Rica-Cerro Azul	\$ 630,000.00	
Cerro Azul - Naranjos	<u>427,560.00</u>	\$ 1,027,560.00
Total:		\$ 8,678,525.00

Sistema ex-Aguila:

Estación de bombeo en Potrero	\$ 691,000.00	
Oleoducto Potrero - Naranjos	<u>1,352,675.00</u>	\$ 2,053,675.00
GRAN TOTAL:		\$10,722,200.00 =====

A falta de información actualizada, se ha supuesto que dichos - costos se mantienen hoy día dentro del mismo orden y que las erogaciones que se realizan cubren los siguientes conceptos:

1. Costo de personal de operación y mantenimiento.
2. Costo de las obras que se realizaron para la operación y conservación del sistema.
3. Costo por consumo de combustibles, refacciones y lubricantes.

4. Costos generales por servicios (energía eléctrica, agua, planta de hielo, etc.).

Estos valores no incluyen personal de oficinas, bodegas, etc. - que presta servicios a otras actividades de la Industria.

Considerando un tiempo de amortización a 10 años, con 6% de interés sobre saldos insolutos de la inversión, y considerando el ahorro anual promedio que se obtendría al abatir los costos de operación y mantenimiento, con respecto a los correspondientes al actual sistema, se puede obtener al tiempo necesario para recuperar la inversión en cada una de las alternativas:

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Amortización} + \text{Ahorros}}$$

$$\text{ALTERNATIVA A-1} \frac{38.362,700}{3.735,214 + 3.416,004} = 5.36 \text{ años}$$

$$\text{ALTERNATIVA A-2} \frac{37.958,410}{3.718,869 + 2.724,752} = 5.89 \text{ años}$$

$$\text{ALTERNATIVA A-3} \frac{39.553,670}{3.872,814 + 2.622,029} = 6.05 \text{ años}$$

$$\text{ALTERNATIVA A-4} \frac{37.691,810}{3.690,369 + 2.364,172} = 6.22 \text{ años}$$

La rentabilidad considerada como la relación entre el ahorro neto obtenido y la inversión, sería la que se presenta en la tabla siguiente:

<u>Alternativa</u>	<u>Rentabilidad (%)</u>	<u>Alternativa</u>	<u>Rentabilidad (%)</u>
A-1	8.9	A-3	6.6
A-2	7.8	A-4	6.3

TRAMO NARANJOS-MATA REDONDA.

Inversiones estimadas.

Para el análisis económico en el tramo Naranjos-Mata Redonda, se estudiaron cinco alternativas. (descritas en el Capítulo anterior), y las inversiones estimadas para cada una se muestran en la Tabla No. 2, incluida al final de este Capítulo.

Costo de transporte por barril de crudo.

Para poder comparar entre sí, las alternativas estudiadas y seleccionar de ellas la ventajosa desde el punto de vista económico, se utilizó como parámetro el costo unitario de transporte de crudo, partiendo del costo anual por concepto de amortización e intereses del capital invertido y de los gastos anuales de operación y mantenimiento, considerando que en el primero, tanto la línea como las estaciones de bombeo, se amortizarían en un lapso de 10 años, con una tasa de interés anual de 6% sobre saldos insolutos. Para cuantificar los costos de operación y mantenimiento, se consideraron los mismos conceptos mencionados para el Tramo Poza Rica-Naranjos.

En la Tabla No. 3 incluida al final de este Capítulo, se muestra el costo de transporte por barril para cada una de las alternativas estudiadas, considerando que en todos los casos se manejarían los volúmenes correspondientes al año 1971.

Rentabilidad de las Alternativas.

Según la información que se presenta en el estudio elaborado por

la Gerencia de Explotación (Suptcia. Gral. de Diseño y Construcción), y que fue proporcionada por la contaduría de Campos de la Zona Norte, los gastos de operación y mantenimiento en el tramo Poza Rica-Naranjos, para el año de 1963, fueron del orden de: \$19,460,600.00 .

Los costos para dicho sistema de transporte distribuyeronse como sigue:

Sistema ex-Huasteca.

Estación de bombeo en la Laja, Ver.	\$ 1.620,335.00	
Oleoducto Naranjos-Mata Redonda	\$ 2.056,940.00	\$ 3.677,275.00

Sistema ex-Aguila.

Estación de bombeo en Naranjos. San Diego, San Gregorio y Bustos	\$11.430,200.00
---	-----------------

Oleoductos.

Naranjos-San Diego, San Diego-San Gregorio, San Gregorio-Bustos, Bustos-Mata Redonda.	\$ 4.353,125.00	\$15.783,375.00
---	-----------------	-----------------

GRAN TOTAL:		\$19.460,600.00
		=====

A falta de datos más recientes que los antes mencionados, en la presente evaluación se ha supuesto que dichos costos se mantienen hoy día dentro del mismo orden y se ha considerado que las erogaciones - cubren los mismos conceptos que se indicaron para el tramo Poza Rica Naranjos.

El tiempo necesario para recuperar la inversión en cada una de las alternativas, Sría:

ALTERNATIVA B-1	$\frac{58.664,929}{5.730,285 + 7.289,661} = 4.5 \text{ años}$
-----------------	---

$$\begin{aligned} \text{ALTERNATIVA B-2} & \quad \frac{59.749,686}{5.830,376 + 7.178,158} = 4.59 \text{ años} \\ \text{ALTERNATIVA B-3} & \quad \frac{66.711,199}{6.494,840 + 5.842,650} = 5.41 \text{ años} \\ \text{ALTERNATIVA B-4} & \quad \frac{67,055,915}{6.526,982 + 6.704,571} = 5.07 \text{ años} \\ \text{ALTERNATIVA B-5} & \quad \frac{67.376,072}{6.534,683 + 7.506,074} = 4.8 \text{ años} \end{aligned}$$

La rentabilidad considerada como la relación entre el ahorro ne to y la inversión, sería la que presenta la siguiente Tabla:

<u>Alternativa</u>	<u>Rentabilidad (%)</u>	<u>Alternativa</u>	<u>Rentabilidad (%)</u>
B-1	12.4	B-4	10.0
B-2	12.0	B-5	11.1
B-3	8.8		

7. SELECCION DE ALTERNATIVAS.

TRAMO POZA RICA-NARANJOS.

Del análisis económico efectuado, se concluye que la alternativa que presenta mayores ventajas con respecto a las demás, es la alternativa A-1, consistente en la construcción de un oleoducto de 109.900 Km. de tubería de 14" Ø, 0.250" de espesor, especificación API-Std. XLX-52.

En el cuadro que a continuación se inserta, se presenta un análisis comparativo de las ventajas y desventajas para cada una de las alternativas:

Costo transporte/B1. crudo (1)	\$ 0.5132	0.5594	0.5650	0.5894
Tiempo de recuperación del capital (años)	5.4	5.9	6.1	6.2
Rentabilidad (%)	8.9	7.8	6.6	6.3
Problemas de operación	Menores			
Capacidad neta	Mayor			
Inversión	\$38.362,700	37.958,410	39.553,670	37.691,810
Capacidad / peso invertido				Mayor
Flexibilidad		Mayor		

(1) Costo promedio para el lapso 1968 - 1972.

Aunque la inversión estimada para la alternativa A-1, es mayor que la de las alternativas A-2 y A-4 (\$ 404,290.00 y \$670,890.00, respectivamente,) el ahorro obtenido en gastos totales para la alternativa A-1 con respecto a las alternativas mencionadas, haría que en menos de un año se compensase dicha diferencia.

Por otra parte, la alternativa A-1 resulta más atractiva por tener un menor tiempo de recuperación del capital, así como una mayor tasa de rentabilidad.

TRAMO NARANJOS - MATA REDONDA.

Según el análisis económico del Capítulo anterior, se concluye que la alternativa que presenta mayores ventajas con respecto a las demás, es la B-2, consistente en la construcción de un oleoducto de 116 Km. de longitud, 0.250" de espesor, especificación API-Std., -- así como de dos estaciones de bombeo, una localizada en Naranjos, - Ver. y la otra a 71 km. aproximadamente en dicho lugar.

En el cuadro inserto a continuación, se presenta un análisis comparativo de ventajas y desventajas para cada una de las alternativas:

<u>Concepto</u>	<u>B- 1</u>	<u>B - 2</u>	<u>B - 3</u>	<u>B - 4</u>	<u>B - 5</u>
Costo Transporte /Bl. crudo (1)	\$0.3655	0.3690	0.4094	0.3839	0.3596
Inversión necesaria: (\$)	58.664,929	59.749,686	66.711,199	67.055,915	67.376,072
Tiempo recup. Capital (años)	4.50	4.59	5.41	5.07	4.80
Rentabilidad (%)	12.4	12.0	8.0	10.0	11.1
Flexibilidad					Mayor
Problemas de operación				Menores	Menores
Problemas de desplazamiento de mano de obra.	Menores	Menores			
Capacidad Neta.					Mayor
Capacidad / peso invertido.	Mayor				

(1) Costo promedio para el lapso 1968 - 1972.

Según esta tabla, se plantea el problema de seleccionar entre la alternativa de menor inversión y la de costos anuales menores.

Entre la alternativa B-2 y B-5, la diferencia en inversión es de \$ 7.626,000 en números redondos a favor de la primera, cantidad que puede ser aprovechada en la construcción de otras obras a corto plazo de Petróleos Mexicanos.

Por otra parte, los gastos totales promedio son menores para la alternativa B-5 que para la B-2, siendo la diferencia de \$ 327,916.00. Si se toma en cuenta este ahorro para justificar una mayor inversión, se estima que se necesitarían 23 años para compensar la diferencia en inversiones entre la alternativa B-5 y la B-2.

La diferencia en inversión entre las alternativas B-1 y B-2, es de \$ 1.084,757.00, pero la alternativa B-2 permitiría una mayor flexibilidad en la operación, razón por la cual se recomienda esta última alternativa.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

TRAMO POZA RICA-NARANJOS.

Los requerimientos de transporte de crudo, de 43,800 BPD, correspondientes al año de 1971, podrían ser cubiertos con el actual sistema de transporte, el cual tiene una capacidad máxima de 32,400 BPD. (Ver Capítulo 4), pero dicho sistema a la fecha resulta ser poco confiable por las interrupciones al bombeo, ya que el mal estado de las líneas ocasiona frecuentes fugas.

Por otra parte, los costos de operación y mantenimiento que tienen dichos sistemas, resultan ser excesivamente elevados, por lo que se recomienda que a la mayor brevedad, se construya para reembolzar los un oleoducto de 109.9 Km. de longitud, con tubería de 14" ϕ , - - 0.250" de espesor, especificación API-Std., 5LX-52.

La inversión necesaria sería del orden de \$38,362,700.00.

TRAMO NARANJOS-MATA REDONDA.

En vista de que los ductos actualmente en servicio, resultarían insuficientes para conducir por este tramo los volúmenes de crudo requeridos para el año de 1971, que se estima sean alrededor de 83,300 BPD., y para satisfacer las demandas futuras, así como para abatir los costos de transporte, se recomienda la construcción de las siguientes obras:

Oleoducto de 116 Km. de longitud entre Naranjos y Mata Redon

da, con tubería de 16" \varnothing , 0.250" de espesor, especificación API-Std.
5 LX-52.

Estación de bombeo en Naranjos, Ver. (3 motobombas de 600
H.P. de potencia efectiva).

Estación de bombeo intermedia a 71 Km. de Naranjos, sobre el
nuevo trazo del oleoducto. (4 motobombas de 600 H.P. de potencia efec
tiva).

La inversión necesaria para estos conceptos, sería del orden de
\$ 59,749,686.00.

I. METODOLOGÍA DE CÁLCULO:

Para el cálculo hidráulico de las nueve alternativas estudiadas, se siguió la siguiente metodología:

1. Elaboración de gráficas Q vs Δp_f para las distintas mezclas de crudo manejadas y para los diferentes diámetros considerados. Dichas gráficas se encuentran incluidas en este mismo anexo.
2. Cálculo de las pérdidas unitarias de carga por fricción en cada tramo y para las condiciones propias de cada alternativa.
3. Cálculo de la caída de presión por fricción en cada tramo, para cada una de las alternativas estudiadas.
4. Cálculo de la caída de presión por altura hidrostática en cada tramo.
5. Cálculo de las pérdidas totales de carga en cada tramo, para cada una de las alternativas estudiadas.
6. Cálculo de la presión de descarga necesaria en cada una de las estaciones de bombeo requeridas para cada alternativa.
7. Corrección de la presión de descarga necesaria, para ajustarse a las dos restricciones siguientes:
 - a. Presión máxima de trabajo permitida por la línea.
 - b. Presión mínima requerida para evitar la vaporización del fluido manejado.
8. Cálculo de la potencia de bombeo necesaria en cada estación, para manejar los gastos considerados.

II. CONSIDERACIONES:

1. Las caídas de temperatura en los tramos que manejan crudo caliente se calcularon de acuerdo con una caída unitaria de temperatura de -.

1. 0°C/Km.
2. La temperatura mínima del crudo en cualquier punto de oleoducto se consideró igual a la temperatura promedio del suelo a 6 pies de profundidad, que se tomó igual a 20°C.
 3. Las caídas de presión en los tramos que manejan crudo caliente, fueron calculadas de acuerdo a la temperatura promedio del tramo.
 4. La viscosidad de las distintas mezclas de crudo, se calcularon por el método del factor V50.
 5. Los gastos utilizados para el cálculo hidráulico se tomaron igual al 115% de los reales.
 6. Los espesores considerados de las tuberías se calcularon sobre la base de que éstos no serían menores a 0.250" y que deberían soportar como mínimo una presión de trabajo de 1,050 Lbs/pulg² man.
 7. La presión mínima en cualquier punto del oleoducto se supuso igual a 30 Lbs/pulg² man.

III. FORMULAS EMPLEADAS:

1. Fórmula empleada para calcular la pérdida unitaria de carga:

$$Q = \frac{18 \Delta P_f \quad 0.572 \quad d \quad 2.716}{S^{0.572} \quad \gamma^{0.144}}$$

2. Fórmula para calcular la caída total de presión por fricción en un tramo de longitud:

$$\Delta P_f = \Delta p_f L$$

3. Fórmula empleada para calcular la caída de presión por altura hidrostática:

$$\Delta P_h = 0.433 S (H_2 - H)$$

4. Fórmula para calcular la caída total de presión en un tramo:

$$\Delta P_t = \Delta P_f + \Delta P_h$$

5. Fórmula empleada para calcular la potencia consumida en las estaciones de bombeo:

$$\text{BHP} = \frac{Q (P_D - P_S)}{58\,900 \times \Phi}$$

6. Fórmula para calcular la viscosidad de una mezcla de crudos formada por "n" componentes:

$$V_{50} M = \frac{m_1 V_{50} 1 + m_2 V_{50} 2 + \dots + m_n V_{50} n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

7. Fórmula para calcular la densidad de una mezcla de crudos formada por "n" componentes:

$$\frac{1}{S_M} = \frac{m_1/S_1 + m_2/S_2 + \dots + m_n/S_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

NOMENCLATURAS DE SIMBOLOS:

- Q = Gasto de diseño manejado, en BPD.
- ΔP_f = Pérdida unitaria de carga por fricción, en Lbs/pulg² mi/lla.
- d = Diámetro interno de la tubería, en pulgadas.
- S = Densidad relativa.
- γ = Viscosidad Cinemática, en centistokes.
- ΔP_f = Caída de presión por fricción, en Lbs/pulg².
- L = Longitud del tramo, en millas.
- ΔP_h = Caída de presión por altura hidrostática, en Lbs/pulg².
- H₂ = Altura del punto final del tramo, en pies.

H_1 = Altura del punto inicial del tramo, en pies.

ΔP_t = Caída total de presión, en Lbs / pulg².

BHP = Potencia consumida, en HP.

P_D = Presión de descarga de la bomba, en Lbs/pulg².

P_S = Presión de succión de la bomba, en Lbs/pulg².

ϕ = Eficiencia del grupo motor-bomba.

V_{50M} = Factor V50 de la mezcla de crudos.

m_n = Gasto en masa del componente "n", en Lbs/h².

IV. DATOS NECESARIOS PARA EL CALCULO HIDRAULICO:

Los datos utilizados en los cálculos de este estudio, fueron los que a continuación se indican:

1. Tuberías consideradas:

DIAMETRO NOMINAL	ESPESOR DE PARED	PRESION DE TRABAJO (CONSTRUCCION TIPO "A")
10"	0.250"	1742 Lbs/Pulg ²
12"	0.250"	1468 "
14"	0.250"	1337 "
16"	0.250"	1170 "
18"	0.281"	1169 "
20"	0.281"	1052 "

Todas estas tuberías fueron de especificación API Standard -- 5LX - 52.

2. Gastos manejados:

Los gastos considerados para el cálculo hidráulico fueron los que a continuación se indican (BPD):

TRAMO	1968	1969	1970	1971	1972
POZA RICA-TIHUATLAN	26,500	31,000	31,000	36,800	36,800
TIHUATLAN-ALAMO	27,000	31,500	31,500	37,300	36,800
ALAMO-CERRO AZUL	27,200	31,700	31,700	37,300	36,800
CERRO AZUL-NARANJOS	33,700	38,400	38,200	43,800	43,400
NARANJOS-TRES HERMANOS	39,300	44,200	43,900	49,600	49,100
TRES HERMANOS-MATA REDONDA	80,800	90,200	95,600	95,600	95,100

3. Propiedades del crudo manejado:

TIPOS DE CRUDO	VISCOSIDAD	SSU		DENSIDAD RELATIVA	
		100	140° F	20/4°C	60/60° F
NUEVA FAJA DE ORO	2980	920	280	0.940	0.944
POZOLEO	94 ✓	58 ✓	43	0.868	0.872
RESIDUO	2100	750	270	0.929	0.933
ATUN	360	142	64	0.920	0.924
ALAMO	2800	1050	400	0.930	0.934
POTRERO	2800	1050	400	0.931	0.934
CERRO AZUL	3700	1220	425	0.934	0.938
NARANJOS	2100	775	265	0.927	0.931
TRES HERMANOS	100	113	67	0.885	0.888
LA LAJA	360	142	64	0.920	0.924
FAJA MARITIMA (Z.N.)	1348	525	191	0.927	0.931

4. Trazo del Nuevo Oleoducto:

En el tramo comprendido entre Poza Rica y Naranjos, el nuevo Oleoducto seguiría sensiblemente al actual trazo de las líneas, no así en el tramo Naranjos-Mata Redonda, donde dicho Oleoducto seguiría el trazo de la nueva carretera Tuxpan-Tampico.

5. Perfil del trazo:

En las figuras 3A y 3B, que se incluyen en este anexo, se presentan los perfiles del trazo actual y del nuevo trazo del Oleoducto Poza Rica-Mata Redonda.

6. Para motores de combustión interna y bombas rotatorias, se tomó una eficiencia de grupo del 65%.

NUEVO OLEODUCTO
POZA RICA - CD. MADERO
ALTERNATIVA B - 1

Oleoducto de 20.3 Km., de 14" \varnothing , 0.250" de espesor, especificación API-5LX-52	\$ 6.107.460.00
Oleoducto de 95.7 Km., de 16" \varnothing , 0.250" de espesor, especificación API-5LX-52.	\$ 35.277,140.00
Estación de bombas en Naranjos, Ver., (3 - motobombas de 600 H.P.)	\$ 3.600,000.00
Estación de bombas intermedia entre Naranjos y Mata Redonda. (4 motobombas de 800 H.P.)	\$ 8.000,000.00
Imprevistos (5%)	<u>2.649,230.00</u>
INVERSION FIJA:	\$ 55.633,830.00
Intereses durante la construcción	<u>1.669,015.00</u>
INVERSION INMOVILIZADA:	\$ 57.302,845.00
Puesta en servicio	120,906.00
Contenido de la línea.	<u>1.241,178.00</u>
INVERSION NECESARIA:	\$ 48.664,929.00

NUEVO OLEODUCTO
 POZA RICA - CD. MADERO
 ALTERNATIVA B -2

Oleoducto de 116 Km., de 16" ϕ , 0.250" de espesor, especificación API-5LX-52.	\$ 42,310,090.00
Estación de bombeo en Naranjos, Ver. (3 motobombas de 600 H.P.)	3,600,000.00
Estación de bombeo intermedia (4 motobombas de 800 H.P.)	8,000,000.00
Imprevistos (5%)	<u>2,695,500.00</u>
INVERSION FIJA:	56,605,590.00
Intereses durante la construcción	<u>1,698,170.00</u>
INVERSION INMOVILIZADA:	\$ 58,303,760.00
Puesta en servicio.	119,910.00
Contenido de la línea.	<u>1,326,016.00</u>
INVERSION NECESARIA:	\$ 59,749,686.00

NUEVO OLEODUCTO
 POZA RICA - CD. MADERO
 ALTERNATIVA B - 3

Oleoducto de 20.3 Km. y 16" Ø, 0.250" de espesor, especificación API-5LX-52.	\$ 7.062,575.00
Oleoducto de 95.7 Km. y 18" Ø, 0.281" de espesor, especificación API-5LX-52.	46.191,425.00
Estación de bombeo en Naranjos, Ver. (3 motobombas de 700 H.P.)	4.200,000.00
Sistema de calentamiento en Naranjos, Ver., de 20 x 10 ⁶ BTU / Hr.	1.540,000.00
Imprevistos	<u>3.002,700.00</u>
INVERSION FIJA:	\$ 63.056,700.00
Intereses durante la construcción	<u>1.891,700.00</u>
INVERSION INMOVILIZADA:	\$ 64.948,400.00
Puesta en servicio.	146,124.00
Contenido de la línea.	<u>1.616,675.00</u>
INVERSION NECESARIA:	\$ 66.711,199.00

NUEVO OLEODUCTO
 POZA RICA - CD. MADERO
 ALTERNATIVA B -4

Oleoducto de 116 Km., de 18" \varnothing , 0.281" de espesor, especificación API-5LX-52	\$ 55.091,200.00
Estación de bombeo en Naranjos, ver. (3 motobombas de 700 H.P.)	4.200,000.00
Sistema de calentamiento en Naranjos, Ver. para 10×10^6 BTU/Hr.	1.060,000.00
Imprevistos (5%)	3.017,560.00
INVERSION FIJA:	63.368,760.00
Intereses durante la construcción	1.901,062.00
INVERSION INMOVILIZADA:	\$ 65.269,822.00
Puesta en servicio	107,761.00
Contenido de la línea	1.678,332.00
INVERSION NECESARIA:	\$ 67.055,915.00

NUEVO OLEDUCTO.
 POZA RICA - CD. MADERO
 ALTERNATIVA B - 5

Oleoducto de 20.3 Km., de 16" ϕ , 0.250 de espesor, especificación API-5LX-52.	\$ 7.057,575.00
Oleoducto de 95.7 Km. de 20" ϕ , 0.281" de espesor, especificación API-5LX-52.	50.364,828.00
Estación de bombeo en Naranjos, Ver. (3 motobombas de 500 H.P.)	3.000,000.00
Imprevistos (5%)	3.021,120.00
INVERSION FIJA:	\$ 63.443,523.00
Intereses durante la construcción.	1.903,305.00
INVERSION INMOVILIZADA:	65.346,828.00
Puesta en servicio	77,880.00
Contenido de la línea.	1.951,364.00
INVERSION NECESARIA:	\$ 67.376,072.00

NUEVO OLEODUCTO.
POZA RICA - CD. MADERO
ALTERNATIVA A-1

109.0 Km. de tubería de 14" \varnothing , 0.250 "	
de espesor, especificación API-5LX-52.	\$ 34,537,340.00
Imprevistos (5%)	1,726,870.00
INVERSION FIJA:	\$ 36,264,210.00
Intereses durante la construcción.	1,087,930.00
INVERSION INMOVILIZADA:	\$ 37,352,140.00
Puesta en servicio.	63,310.00
Contenido de la línea.	947,250.00
INVERSION NECESARIO:	\$ 38,362,700.00

NUEVO OLEODUCTO
POZA RICA - CD. MADERO

ALTERNATIVA A- 2

109.9 Km. de tubería de 12" ϕ , 0.250" de espesor, especificación API-5LX-52.	\$ 29.092,090.00
Estación de bombeo en Alamo, Ver. (3 motobombas de 300 H.P.)	2.647,060.00
Estación de bombeo en Cerro Azul, Ver. (3 motobombas de 300 H.P.)	2.647,060.00
Imprevistos (5%)	1.719,310.00
INVERSION FIJA:	\$ 36.105,520.00
Interes durante la construcción	1.083,170.00
INVERSION INMOVILIZADA:	\$ 37.188,690.00
Puesta en servicio.	82,340.00
Contenido de la línea.	687,380.00
INVERSION NECESARIA:	\$ 37.958,410.00

NUEVO OLEDUCTO

POZA RICA - CD. MADERO

ALTERNATIVA A - 3

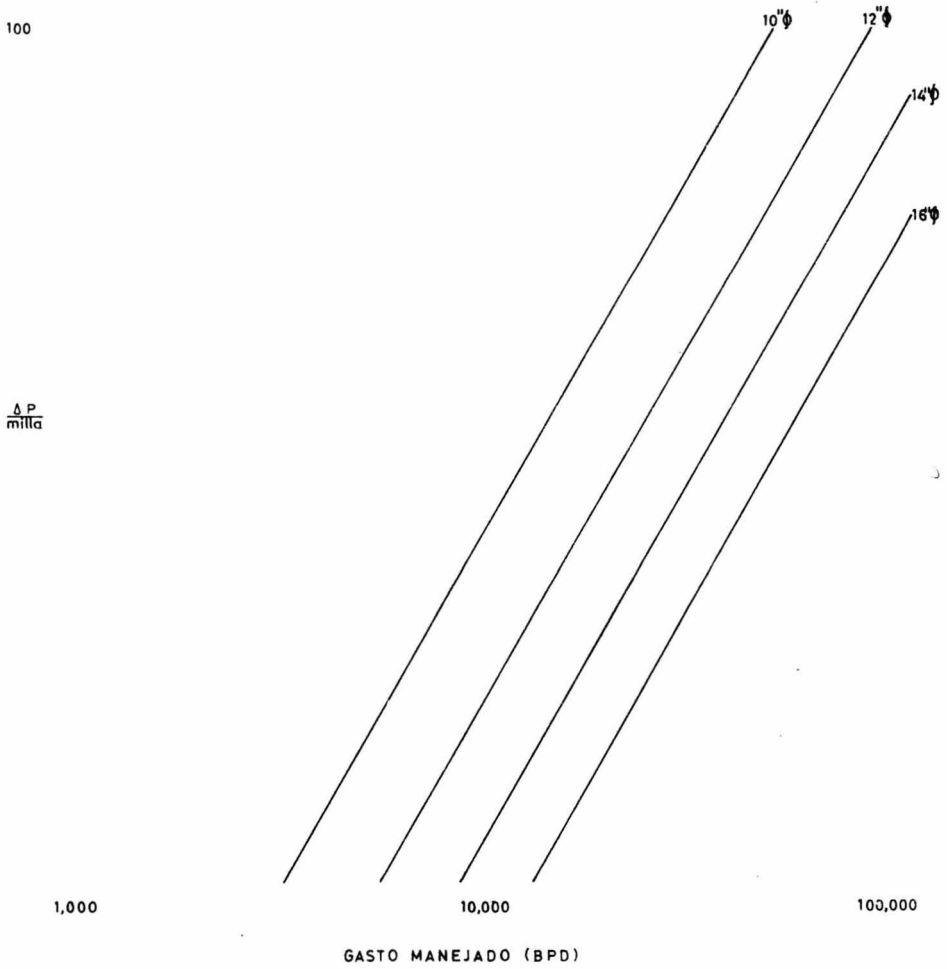
85.8 Km. de tubería de 12" ϕ , 0.250" de espesor, especificación API-5LX-52.	\$ 21,714,480.00
24.2 Km. de tubería de 14" ϕ , 0.250" de espesor, especificación API-5LX-52.	10,566,200.00
Estación de bombeo en Alamo, Ver. (3 motobombas de 400 H.P.)	3,529,410.00
Imprevistos (5%)	1,790,050.00
INVERSION FIJA:	\$ 37,600,140.00
Intereses durante la construcción.	1,128,000.00
INVERSION INMOVILIZADA:	\$ 38,728,140.00
Puesta en servicio.	81,020.00
Contenido de la línea.	744,510.00
INVERSION NECESARIA:	\$ 39,553,670.00

NUEVO OLEODUCTO
POZA RICA - CD. MADERO

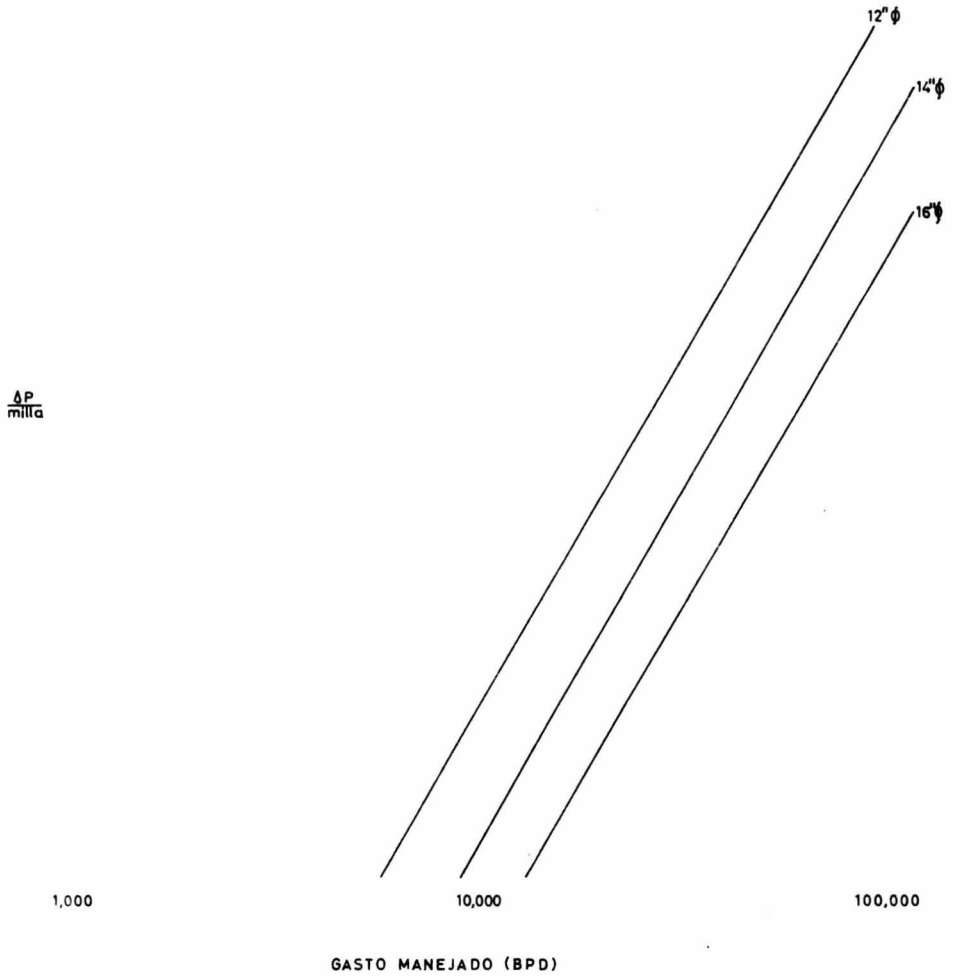
ALTERNATIVA A - 4

109.9 Km. de tubería de 12" ϕ , 0.250" de espesor, especificación API-5LX 52.	\$ 29.092,090.00
Estación de bombeo en Alamo, Ver. (3 motobombas de 450 H.P.)	3.970,590.00
Calentador de fuego directo en Cerro Azul, Ver., de 10 x 10 ⁶ BTU /Hr.	1.060,000.00
Imprevistos (5%)	1.706,140.00
INVERSION FIJA:	35.828,820.00
Intereses durante la construcción.	1.074,870.00
INVERSION INMOVILIZADA:	36.903,690.00
Puesta en servicio.	100,740.00
Contenido de la línea.	687,380.00
INVERSION NECESARIA:	\$ 37.691,810.00

NUEVO OLEODUCTO POZA RICA—CD. MADERO
TRAMO POZA RICA—ALAMO
GRAFICA 1

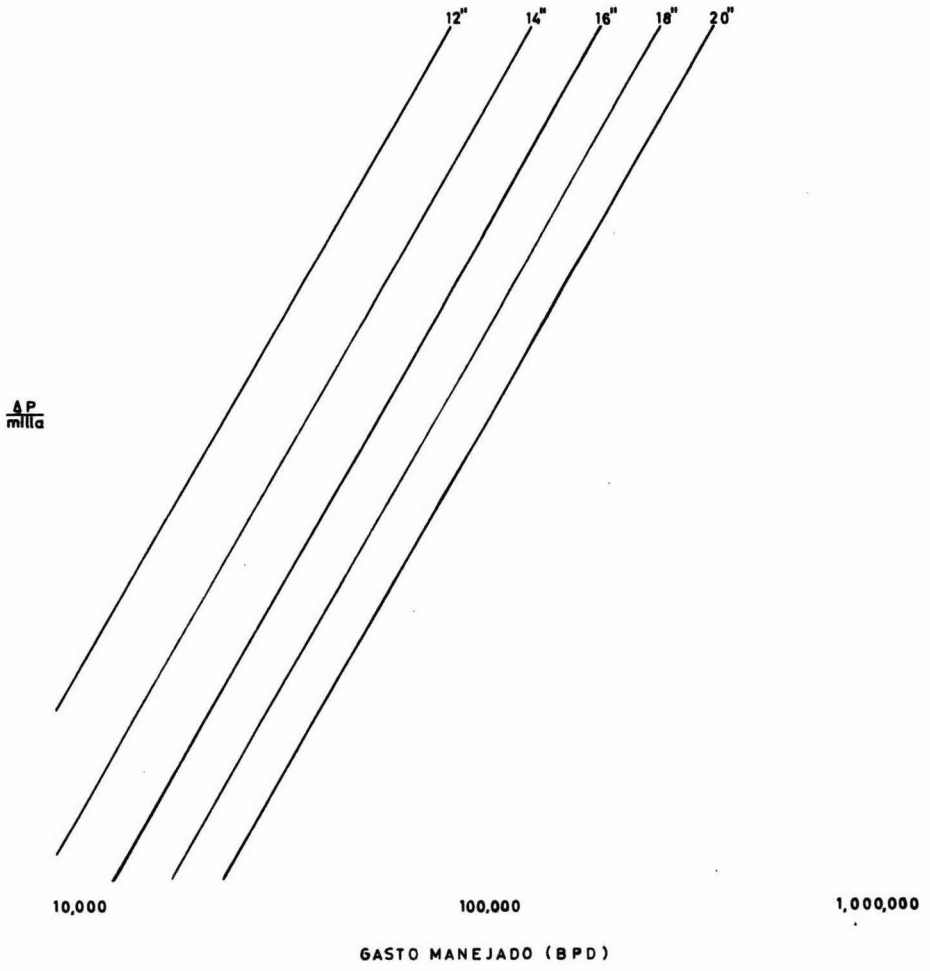


NUEVO OLEODUCTO POZA RICA — CD. MADERO
TRAMO ALAMO — NARANJOS
GRAFICA 2

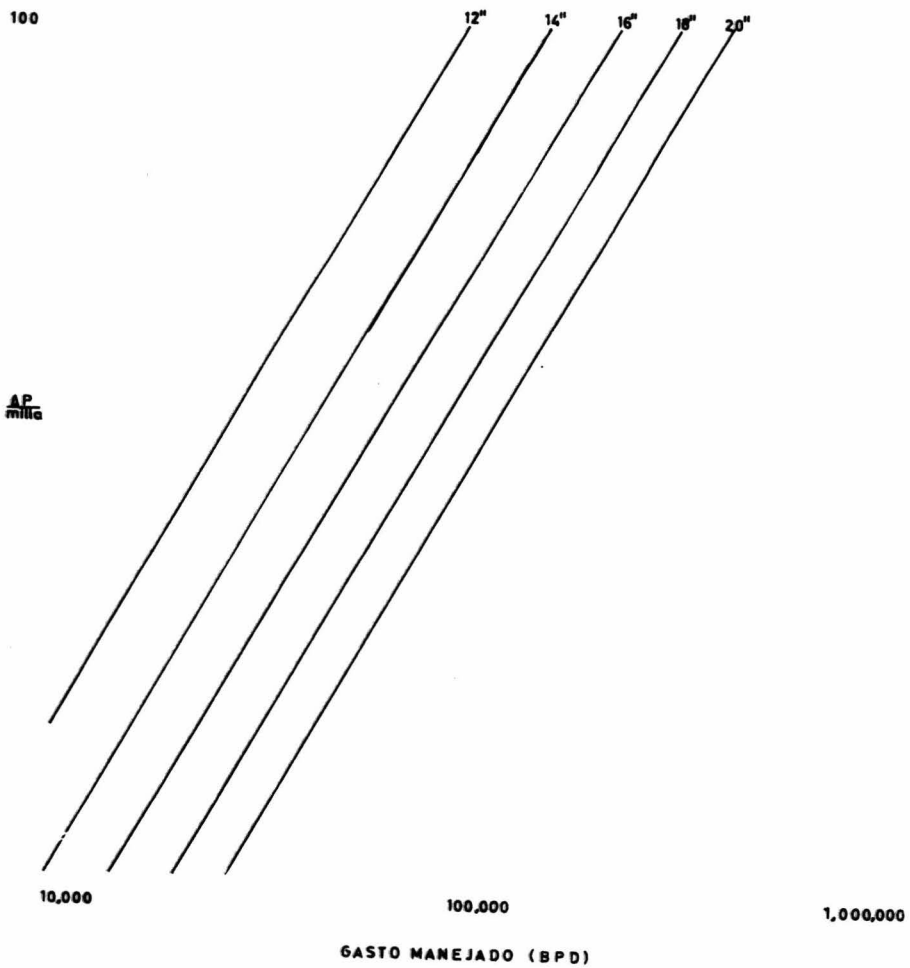


NUEVO OLEODUCTO POZA RICA-CD MADERO
TRAMO NARANJOS-TRES HERMANOS

GRAFICA 3



NUEVO OLEODUCTO POZA RICA-CD MADERO
TRAMO TRES HERMANOS-MATA REDONDA
GRAFICA 4



BIBLIOGRAFIA

- 1.- Oil Pipe Line Pumping Station Operation and Maintenance. The University of Texas. Primera Edición. Febrero de 1953.
- 2.- The Oil and Gas Journal. Fluid Flow Formula. 1956 (págs. 38 a 51)
- 3.- Suggested Formula for Calculating Capacity of Products Pipelines.
- 4.- McCabe, W.L., J.C. Smith. Unit Operations of Chemical Engineering, 1956. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- 5.- Littleton, Ch.T. Industrial Piping, 1951.
- 6.- Nelson, W.L. Petroleum Refinery Engineering, Fourth Edition - 1958, McGraw-Hill Book Co., Inc.
- 7.- J.H. Perry. Chemical Engineer's Handbook. McGraw-Hill Book Company, 1963.

VOLUMENES DE CRUDO MANEJADOS
POR EL SISTEMA EX HUASTECA



VOLUMENES DE CRUDO MANEJADOS
POR EL SISTEMA EX—AGUILA

