

50521  
66

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"**

**"APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO  
OPERATIVO EN LA INDUSTRIA DEL PETROLEO."**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO  
P R E S E N T A:  
CLOTILDE ELIZABETH SALAZAR VALVERDE**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**ASESOR: I.Q. DAVID GONZÁLEZ RAMÍREZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

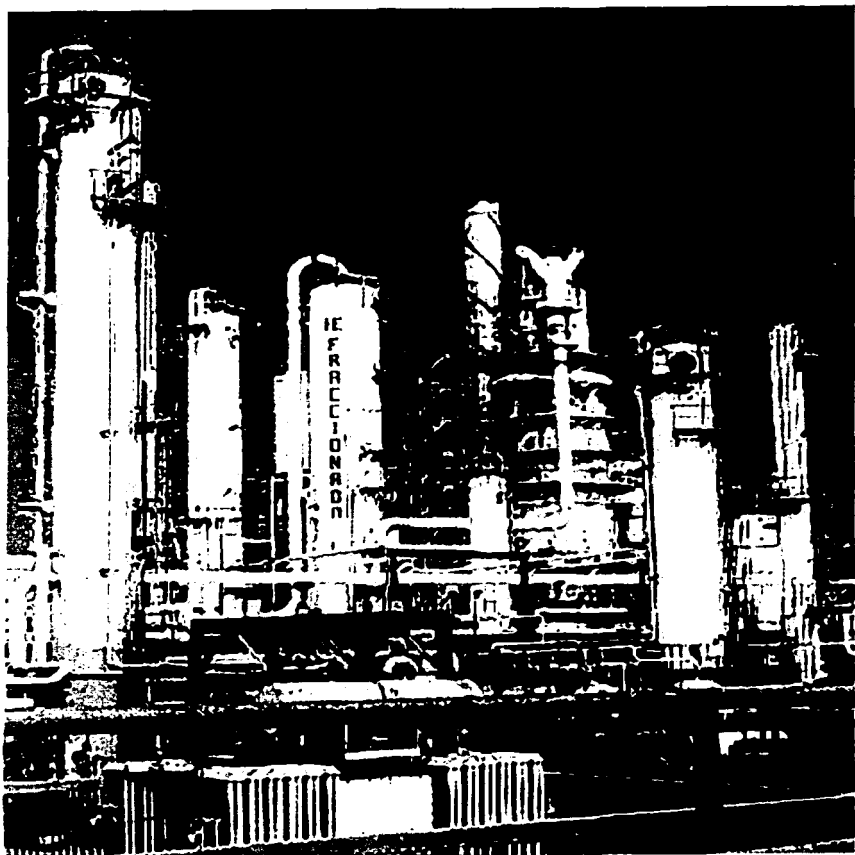


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**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.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**JURADO ASIGNADO**

**PRESIDENTE: I.Q. SALVADOR J. GALLEGOS RAMALES**

**SECRETARIO: I.Q. MIGUEL ÁNGEL VARELA CEDILLO**

**VOCAL: I.Q. DAVID GONZÁLEZ RAMÍREZ**

**SUPLENTE: I.Q. ÁNGEL GÓMEZ GONZÁLEZ**

**SUPLENTE: M.en I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA**

**LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA TESIS:**



**SUBDIRECCIÓN DE PLANEACIÓN:  
GERENCIA DE OPTIMIZACIÓN Y PLAN DE NEGOCIOS.**

**DIRECTOR DE TESIS**

**ING. DAVID GONZÁLEZ RAMÍREZ  
SUBGERENTE DE MOVIMIENTO DE PRODUCTOS**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA

JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/0-43/02

ASUNTO: Asignación de Jurado

**ALUMNA: SALAZAR VALVERDE CLOTILDE ELIZABETH**  
Presente.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.Q. Salvador J. Gallegos Ramales
Vocal:	Ing. David González Ramírez
Secretario:	I.Q. Miguel Angel Varela Cedillo
Suplente:	I.Q. Angel Gómez González
Suplente:	M. en I. Pablo Eduardo Valero Tejeda

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D. F., 4 de Abril de 2002

EL JEFE DE LA CARRERA

I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ

TESIS CON  
FALSA DE ORIGEN

## *Agradecimientos*

### *A Dios*

*Por darme la fe, salud y fuerza para lograr cada uno de mis objetivos y sobre todo por cuidar mi camino.*

### *A mis padres*

*Con todo mi amor y agradecimiento*

*Quienes con su Amor, apoyo y comprensión día a día velaron por mi, para llegar a ser una persona capaz de lograr todas mis metas, pero sobre todo siempre guiaron mi camino y me dieron la confianza de decidir. Gracias.*

### *A mis Hermanas*

*Con todo mi cariño y agradecimiento*

*Aide y Liliana quienes siempre han estado a mi lado y me han apoyado en todo, juntas hemos crecido y espero que esta meta lograda la tomen como un ejemplo de perseverancia y gran esfuerzo, siempre luchen por lo que desean.*

### *A Cesar*

*Quien con su apoyo, dedicación, paciencia y gran Amor me motivo a seguir, y terminar esta meta que significa mucho en mi vida, gracias por todo aquello que me has dado sin esperar nada a cambio.*

### *A mi asesor*

*I.Q David González Ramírez. Mi más eterno agradecimiento, por su enseñanza, amistad, consejos y valioso tiempo por creer en mi, por haberme impulsado a lograrlo. Con quien he llegado a realizar uno de mis más grandes anhelos.*

### *A todos mis familiares y amigos*

*Que de una u otra forma me impulsaron a lograrlo.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ÍNDICE

PAGINA

## RESUMEN

## INTRODUCCIÓN

### CAPITULO I

#### 1. GENERALIDADES

1.1	PANORAMA GENERAL DE PETROLEOS MEXICANOS.	1
1.2	ESTRUCTURA INDUSTRIAL.	3
1.2.1	LA INDUSTRIA DE LA REFINACION.	7
1.2.1	LA INDUSTRIA DE LA PETROQUÍMICA.	13

### CAPITULO II

#### 2. PROGRAMA DE MEJORAMIENTO OPERATIVO.

2.1	¿QUE ES?.	14
2.2	¿EN QUÉ SE BASA? .	15
2.3	¿CUAL ES SU FUNCION?.	21

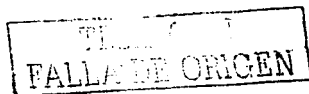
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **CAPITULO III**

<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS PRINCIPALES EN LOS CENTROS DE REFINACIÓN.</b>	
3.1.1 PLANEACIÓN OPERATIVA	22
3.2 AUMENTO DE LOS RENDIMIENTOS DE PRODUCTOS DE MAYOR VALOR AGREGADO.	22
3.3 DISMINUCIÓN DE EL ÍNDICE DE CONSUMO ENERGETICO.	23
3.4 EVITAR DEGRADACIÓN Y PERDIDA DE PRODUCTOS.	24
3.5 AMINORAR LOS GASTOS VARIABLES.	25
3.6 REDUCIR GASTOS DE MANTENIMIENTO.	26

### **CAPITULO IV**

<b>4. OPORTUNIDAD DE MEJORA DE PRACTICAS OPERATIVAS, EN DIFERENTES PROCESOS DE REFINACIÓN DEL PETRÓLEO.</b>	27
4.1 DESTILACIÓN ATMOSFERICA Y AL VACÍO.	28
4.2 DESINTEGRACIÓN CATALITICA.	28
4.3 REFORMACION CATALITICA.	29
4.4 HIDRO DESULFURACIÓN DE DESTILADOS INTERMEDIOS	29
4.5 ALQUILACIÓN.	30
4.6 COQUIZACION.	30
4.7 ETERIFICACIÓN.	30
4.8 MEZCLADO DE PRODUCTOS.	30
4.9 GENERACIÓN DE FUERZA.	31





## **CAPITULO V**

<b>5. APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO OPERATIVO.</b>	
5.1 DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	32
5.2 DEFINICIÓN DE METAS Y ALCANCES.	32
5.3 ELABORACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.	33
5.4 DIFUSIÓN DEL PROGRAMA.	35
5.5 GENERACIÓN DE IDEAS DENTRO DE LAS ÁREAS OPERATIVAS.	36
5.5.1 LLUVIA DE IDEAS.	37
5.5.2 ENTREVISTA A LOS JEFE DE ÁREA.	37
5.5.3 QUEJAS DE LOS USUARIOS.	38
5.5.4 SUGERENCIAS DE PROVEEDORES.	38
5.5.5 INSTALACIÓN DE BUZONES ELECTRONICOS Y DE CAMPO A TODO NIVEL.	38
5.5.6 SESIONES TÉCNICAS	38
5.6 CLASIFICACIÓN DE IDEAS.	39
5.7 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS IDEAS.	39
5.7.1 IDEAS DE ALTO IMPACTO.	40
5.7.2 IDEAS DE BAJO IMPACTO.	40
5.7.3 IDEAS DE SEGURIDAD E IMPACTO AMBIENTAL	41
5.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS.	41
5.9 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	47
5.10 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	47

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO VI**

### **6. DESCRIPCIÓN DE UN PROYECTO REAL DERIVADO DE ESTE TIPO DE PROGRAMAS.**

6.1	ETAPA DE GENERACION DE IDEAS.	49
6.2	ETAPA DE EVALUACION.	55
6.3	CUANTIFICACIÓN REAL DE BENEFICIOS.	62

### **ANEXO A FORMATOS**

1. GENERACIÓN DE IDEAS
2. EVALUACIÓN DE IDEAS
3. CARÁTULA DE SEGUIMIENTO

### **CONCLUSIONES**

### **GLOSARIO**

### **BIBLIOGRAFIA.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## RESUMEN

Pemex Refinación enfrenta retos importantes que lo obligan a enfocar sus esfuerzos implementando diversos programas que faciliten obtener una mejora económica aceptable lo cual a implicado el crear una metodología que ayude a incrementar su valor económico.

Debido a esto es importante mencionar que este documento cumple su objetivo de generar una herramienta para implementar un ejercicio riguroso y metódico de análisis de las principales actividades operativas en los centros de producción de petróleos mexicanos con el fin de detectar oportunidades de mejora económica.

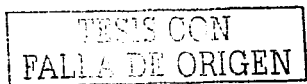
Esta tesis que lleva por nombre: **Aplicación de un programa de Mejoramiento Operativo en la industria del petróleo**, nos da en primer termino una breve reseña de los antecedentes más relevantes en la Industria del petróleo, la estructura Industrial y sus procesos de Refinación.

Aplica una metodología de análisis de las principales áreas operativas dentro de un centro de producción, lo cual requiere para su ejecución de un ejercicio riguroso para cada uno de los procesos operativos en donde existe factibilidad de generar valor económico. Basándose en una estructura que se divide en cuatro etapas importantes las cuales son: diseño, analisis, programación de la implementación e implementación de los proyectos. Siendo su fin cerrar brechas economicas en el sistema de refinación.

Este programa también tiene por filosofía desarrollar una cultura de mejoramiento continuo entre el personal del centro de trabajo a cargo de las tareas operativas, asi como difundir la conciencia económica de las operaciones y las herramientas necesarias para la búsqueda, análisis y evaluación de ideas de mejoramiento del desempeño operativo.

Dentro del Programa de Mejoramiento Operativo se da una descripción de los principales objetivos en los centros de refinación, siendo estos la planeación de operaciones, el aumento de los rendimientos de productos de mayor valor agregado, disminución de los índices de consumo energetico, evitar la degradación y pérdida de productos, disminuir los gastos variables y reducir gastos de mantenimiento, que van ligados con la oportunidad de mejora de practicas operativas que se encuentran esencialmente en sus diferentes unidades de proceso.

En la aplicacion del programa se da una explicación más detallada de cada una de las etapas, y en forma esquematica se obtienen algunos planes para aplicar el programa de Mejoramiento Operativo de manera practica en sus operaciones. Cabe mencionar que su función esencial de esta metodología es incrementar la rentabilidad del centro productivo, mejorando las practicas de operativas, los criterios de ahorro de energía y los costos de mantenimiento



## INTRODUCCIÓN

Las empresas altamente rentables de todo el mundo han venido desarrollando programas de mejoramiento en forma sistemática en los últimos 10 años, entendiéndose por mejoramiento el encontrar brechas entre operaciones tradicionales y futuras que al ser detectadas presentan una oportunidad de aumentar el valor económico de la empresa. Actualmente, este tipo de ejercicios son conocidos como benchmarking.

Petróleos Mexicanos no es la excepción, ya que hacia finales de 1996 inicio un programa de mejoramiento al cual se le denominó MDO, es decir Mejoramiento del desempeño operativo, mismo que forma parte de las iniciativas estratégicas las cuales son: 1.- Desempeño y optimización operativos. 2.- Oferta y calidad de combustibles, 3.- Cadena de suministro y distribución, 4.- modernización de la función comercial 5.- Productividad laboral, 6.- Seguridad industrial, protección ambiental y salud ocupacional. 7.- Planeación de inversiones, 8.- Infraestructura administrativa y sistemas en gestión, en el plan de negocios de Pemex Refinación.

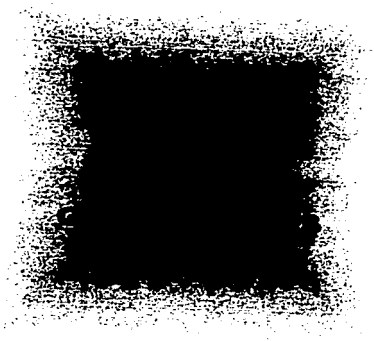
Este programa fue desarrollado por técnicos especialistas en procesos en las seis refinerías del Sistema Nacional de Refinación, arrojando a la fecha considerables beneficios económicos así como mejoras substanciales en aspectos ecológicos, los cuales están ya reportados en los anuarios estadísticos de Pemex Refinación en el periodo 1996 - 2001.

El presente trabajo es parte del mismo, sin embargo aquí se pretende mostrar la importancia de este tipo de programas haciendo patente que puede ser aplicado en un sinnúmero de industrias, siendo una de sus características importantes el implantar entre el personal operativo una filosofía de mejora, creando así una conciencia económica de las operaciones y herramientas necesarias para la búsqueda análisis, evaluación e implementación de ideas de mejoramiento operativo.

También como parte meramente técnica del mismo, se desarrolló la evaluación de los beneficios económicos obtenidos durante el periodo 2000-2001 de una importante área de proceso denominada Planta Catalítica, misma evaluación que aun no había sido realizada y que es también uno de los objetivos de esta tesis.

En el presente documento se da una descripción del trabajo realizado, su estado actual, los logros obtenidos, las evaluaciones específicas y sus beneficios económicos, basándonos en datos reales en el ejemplo de mejoramiento operativo, mismo que nos dan un panorama más amplio de la importancia de estos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1. GENERALIDADES.

### Panorama General de Petróleos Mexicanos.

A nivel mundial representa una fracción importante de las fuentes de energía, siendo aún más relevante en el caso de México.

Es importante mencionar que México ocupa uno de los primeros lugares a nivel mundial en todos los aspectos relacionados con el petróleo.

**Los eventos principales relacionados a la Industria Petrolera en México son:**

- 1861-1900 + Se descubre un yacimiento en El Ebanó.
- 1901-1920 + Se promulga el reglamento que regirá a los refinadores extranjeros.  
+ Se promulga el reglamento de la ley del Petróleo, las compañías se niegan a aceptarlo.
- 1921-1930 + Se promulga el decreto que reforma los artículos 14 y 15 de la Ley del Petróleo.
- 1931-1935 + Se da el Acta Constitutiva del Sindicato de Trabajadores Petroleros de la Republica Mexicana y sus estatutos.
- 1936-1940 + Control de las operaciones por compañías extranjeras (1920-1936).  
+ Huelga general por la no aceptación del STPRM.  
+ Decreto de Expropiación petrolera (1938).  
+ Creación de Pemex ( 7 de junio)
- 1941-1945 + Se crea el departamento de Exploración de Pemex  
+ Inician los trabajos de constitución de la Refinería "18 de Marzo".
- 1946-1950 + Se construyeron las refinerías de Poza Rica, de Salamanca, de Ciudad Madero, la nueva refinería de Minatitlán y se amplió la de Azcapotzalco  
+ Se decreta patrimonio de Pemex el subsuelo de los terrenos cubiertos por aguas territoriales.  
+ Se descubren en 1952 los primeros campos de la nueva Faja de Oro.
- 1951-1960 + Se inaugura la refinería de Minatitlán.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- + Se asigna a la nación toda la explotación de hidrocarburos
- 1961-1970
  - + Time comenta que 1962 fue el primer año en que Pemex opera sin pérdidas.
  - + Se crea el Instituto Mexicano del Petróleo como organismo descentralizado
- 1971-1980
  - + En los años setenta, se da un impulso importante a la refinación, al entrar en operación la refinerías "Miguel Hidalgo", en Tula, Hgo.; "Ing. Héctor Lara Sosa", en Cadereyta, N.L., así como la "Ing. Antonio Dovalí Jaime", en Salina Cruz, Oax
  - + Explora el pozo Ixtoc-1
- 1981-1990
  - + Se inaugura la Cangrejera.
  - + En la década de los ochenta, la estrategia de la industria petrolera nacional fue la de consolidar la planta productiva mediante el crecimiento, particularmente en el área industrial, con la ampliación de la capacidad productiva en refinación y petroquímica.
  - + Se pone en servicio la Torre de Pemex
  - + Se levantan 16 plataformas nuevas en la sonda de Campeche
  - + Se inaugura la primer etapa del complejo Morelos
  - + Creación del PMI, S.A. de C.V.
- 1991-1999
  - + Se modifican las estructuras tradicionales en divisiones especializadas
  - + Se aprueba la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y sus Organismos subsidiarios en 1992.
  - + 1995 y 1996 se fortalecieron los programas operativos de PEMEX para mantener la producción de hidrocarburos y aumentar la elaboración y distribución de productos petrolíferos de mayor calidad, principalmente gasolinas PEMEX Magna y PEMEX Premium, así como PEMEX Diesel a nivel nacional.
  - + Por su importancia estratégica y económica, se iniciaron el "Proyecto Cantarell" para renovar, modernizar y ampliar la infraestructura de este complejo
  - + Acuerdo de RIAD, recorte de 1.1 MBD en las Exportaciones.
  - + Descubrimiento del yacimiento Sihil en Tabasco.

A partir del mes de diciembre de 2000, se inició una nueva era en la industria petrolera mexicana con la implantación de estrategias orientadas a buscar un crecimiento dinámico de Petróleos Mexicanos, mediante la ejecución de importantes proyectos dirigidos a la producción de crudo ligero, a la aceleración de la reconfiguración de las refinerías, al mejoramiento de la calidad de los productos, a la optimización de la exploración para gas no asociado y a la integración de alianzas con la iniciativa privada para revitalizar y fomentar a la industria petroquímica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para cumplir estas metas, se lleva a cabo una reestructuración del Corporativo, con el propósito de mantener el liderazgo en la operación integral de la empresa, dar seguimiento a la nueva planeación e identificar los cambios encaminados a alcanzar mayores rendimientos y una mejor operación de las instalaciones con costos y calidad de nivel mundial.

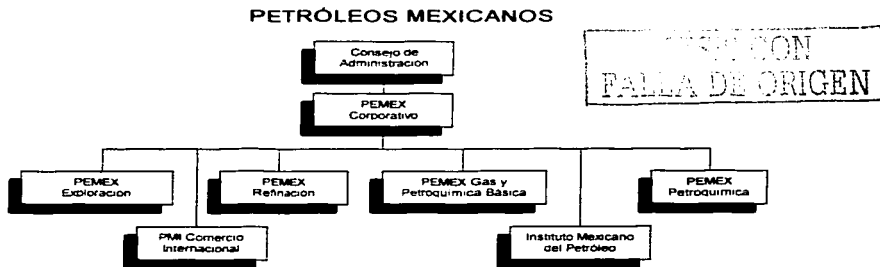
PEMEX es la empresa más grande de México y una de las diez más grandes del mundo, tanto en términos de activos como de ingresos. Con base en el nivel de reservas y su capacidad de extracción y refinación, se encuentra entre las cinco compañías petroleras más importantes a nivel mundial.

Las actividades de PEMEX abarcan la exploración y explotación de hidrocarburos, así como la producción, almacenamiento, distribución y comercialización de productos petrolíferos y petroquímicos. En virtud de que de conformidad con la legislación mexicana estas actividades corresponden en exclusiva al Estado, PEMEX es un organismo público descentralizado.

## 1.2. ESTRUCTURA INDUSTRIAL.

Petróleos Mexicanos es una empresa paraestatal, cuya finalidad es la exploración, extracción y refinación del petróleo crudo, cuyo objetivo fin es obtener productos energéticos de alta calidad con estricto apego a las especificaciones Internacionales, siempre acatando las normas de seguridad industrial en sus instalaciones y respetando en forma integral el entorno ecológico.

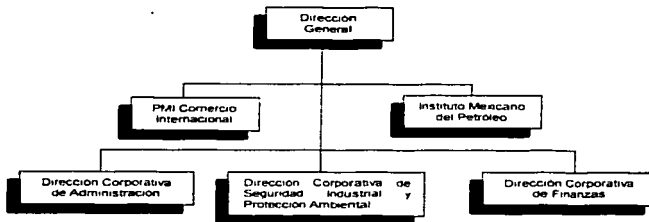
Para lograr el objetivo PEMEX opera como se dijo anteriormente con cuatro filiales bajo el control un corporativo, a continuación se describen en forma esquemática su propia estructura:



NOTA: P.M.I. Comercio Internacional realiza las actividades de comercio exterior de PEMEX.



PEMEX Corporativo es el responsable de la conducción central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, y de asegurar su integridad y unidad de acción.



PEMEX Corporativo es el responsable de la conducción central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, y de asegurar su integridad y unidad de acción. (figura 2)

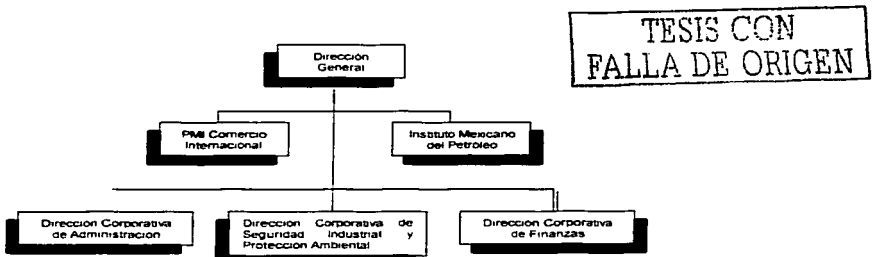


FIGURA 2

PEMEX Exploración y Producción tiene a su cargo la exploración y explotación del petróleo y el gas natural. (figura 3)

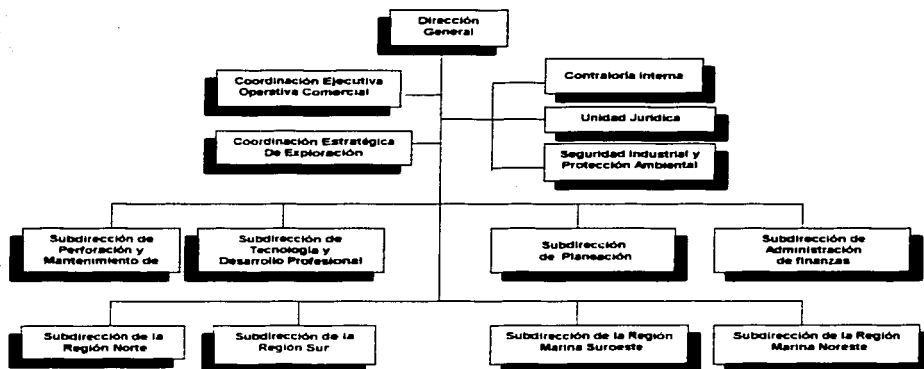


FIGURA 3

PEMEX Refinación produce, distribuye y comercializa combustible y demás productos petrolíferos. (figura 4)

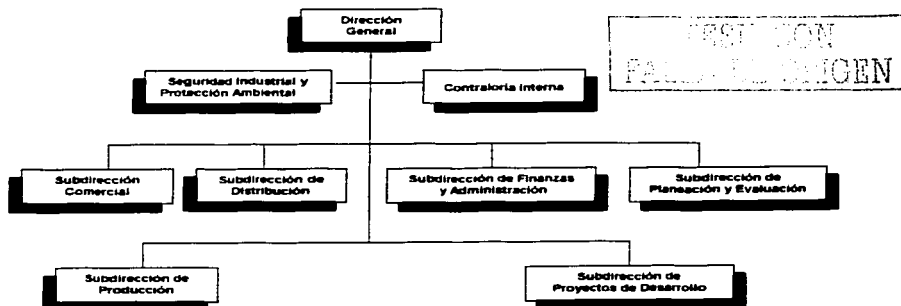


FIGURA 4

PEMEX Gas y Petroquímica Básica procesa el gas natural y los líquidos del gas natural; distribuye, comercializa gas natural y gas LP; produce y comercializa productos petroquímicos básicos.(figura 5)

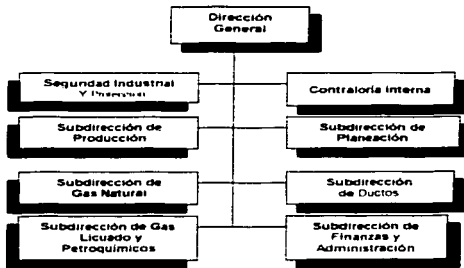


FIGURA 5

PEMEX Petroquímica a través de sus siete empresas filiales (Petroquímica Camargo, Petroquímica Cangrejera, Petroquímica Cosoleacaque, Petroquímica Escolín, Petroquímica Morelos, Petroquímica Pajantos y Petroquímica Tula) elabora, distribuye y comercializa una amplia gama de productos petroquímicos secundarios. (figura 6)

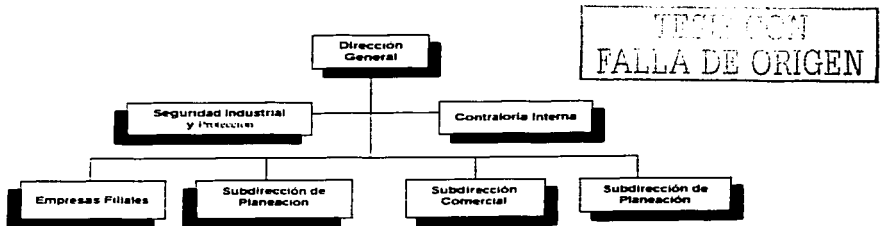


FIGURA 6

### 1.2.1. La Industria de la Refinación:

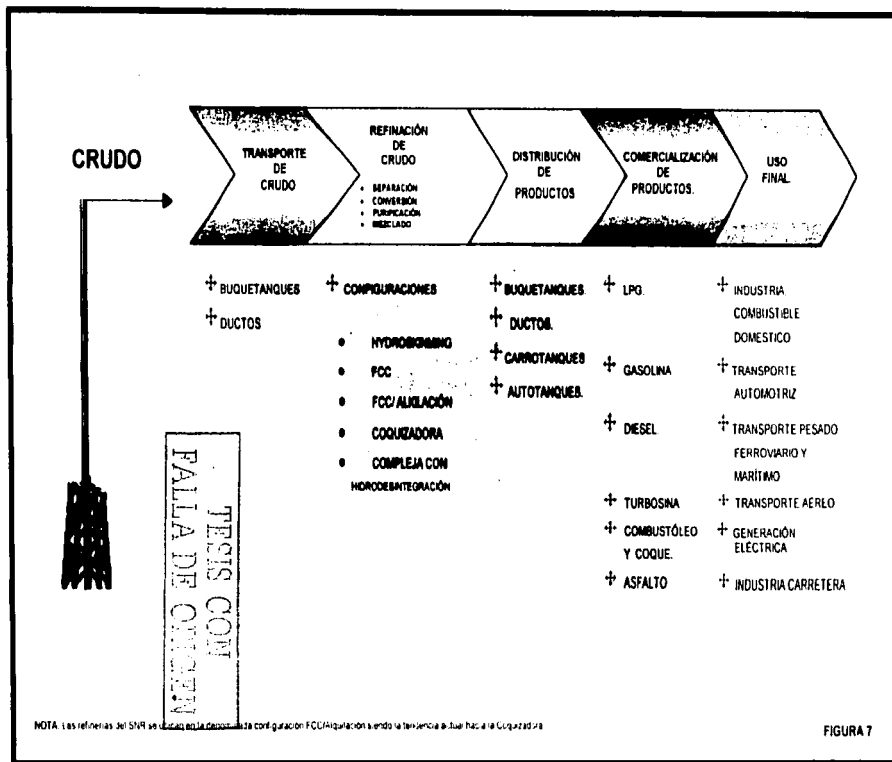
- La refinación consiste en la transformación del petróleo crudo en productos energéticos de uso comercial. (Figura 7)
- Es importante mencionar que los objetivos de la refinación son:
  - ~ Elaborar productos que sean comercializables.
  - ~ Minimizar costos de producción.
  - ~ Intentar cubrir las demandas del mercado.
  - ~ Maximizar beneficios.
  - ~ Cumplir con regulaciones de seguridad y medio ambiente.
- La proporción natural del crudo no satisface la demanda de productos ligeros por lo que se deben buscar métodos de transformación de productos pesados en ligeros.
- Las Refinerías existen debido a que el aceite crudo es un combustible muy pobre, lo cual nos lleva:
  - ~ A que se obtenga un rango de ebullición amplio, ya que no puede quemarse limpia ni eficientemente.
  - ~ A una amplia variación en su composición y calidad.
  - ~ Este contiene muchas impurezas por ejemplo: (azufre, nitrógeno y metales).
- El proceso es complejo y consta de cuatro pasos principales: Separación, Conversión, Purificación y Mezclado, que se describen a continuación: (figura 8)
  - En la **Separación** se obtienen productos que destilan a distintas temperaturas.
  - La **Conversión** consiste en transformar las propiedades fisicoquímicas de los productos.
  - Con la **Purificación** se eliminan principalmente compuestos de azufre que son indeseables en los productos finales.
  - El **Mezclado** es la etapa final en la cual se cumplen las especificaciones requeridas de la forma mas rentable posible y en donde existen excelentes oportunidades de mejora.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

- ⤵ La refinación es un proceso complejo que requiere de optimizar sus operaciones.
- ⤵ En México se dispone de tres variedades de petróleo crudo:
  - ~ **Maya** . Pesado con densidad de 22° API y 3.3 % de azufre en peso.
  - ~ **Istmo**. Con densidad de 33.6° API y 1.3% de azufre, en peso.
  - ~ **Olmeca**. Superligero con una densidad de 39.3° API y 0.8%, en peso.
- ⤵ Existen tres grandes rubros que definen a los centros de refinación: **Capacidad, Complejidad y Enfoque**, los cuales se describen brevemente a continuación:
  - La **capacidad** esta definida por la cantidad de crudo que puede procesar la refinaria.
  - La **complejidad** es función directa del valor creado por barril procesado, esto es afecta la relación de productos ligeros /pesados obtenida.
  - El **enfoque** se refiere al direccionamiento de las refinarias hacia ciertos mercados aislados, o bien nichos específicos; cabiendo mencionar que con respecto a México los mercados de alta competencia son principalmente los involucrados con la Costa Norteamericana del Golfo de México.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

AHORA BIEN EL ENFOQUE GENERAL DE LA INDUSTRIA DE LA REFINACIÓN SE PUEDE REPRESENTAR EN EL SIGUIENTE ESQUEMA.



9

En forma esquemática las principales actividades en las refinerías son:

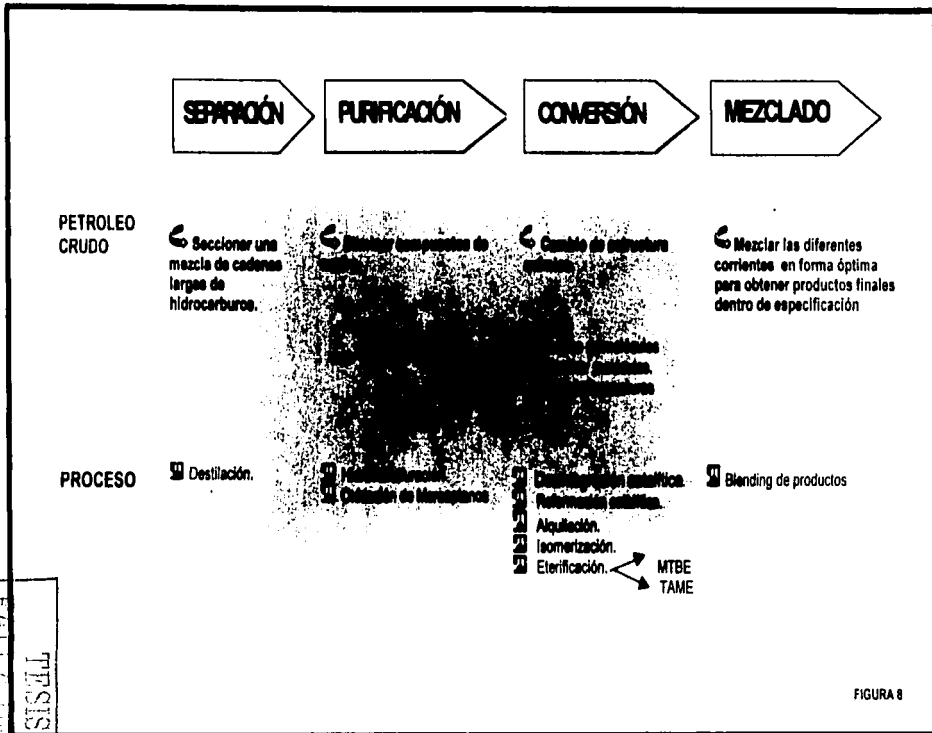
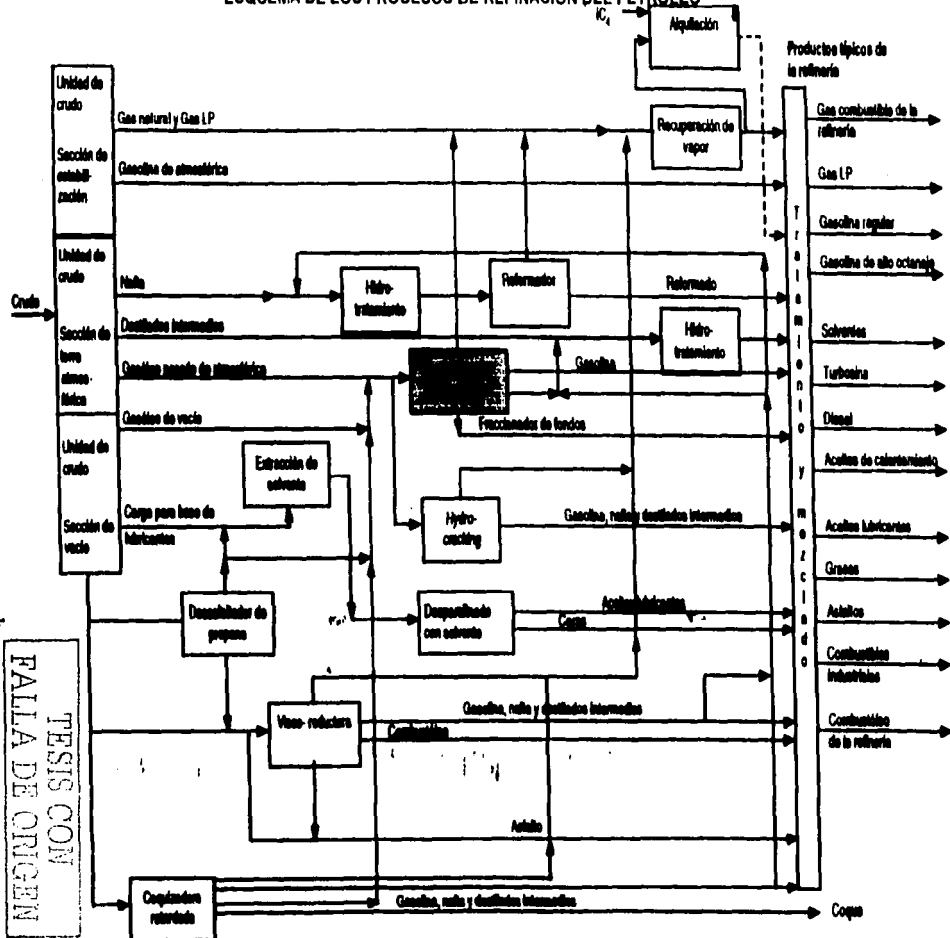


FIGURA 8

TESIS CON  
 FALTA DE PAGINAS

# ESQUEMA DE LOS PROCESOS DE REFINACION DEL PETRÓLEO



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



## Descripción de los procesos de refinación

Proceso	Alimentación	Productos	Función
Destilación de crudo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crudo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas LP</li> <li>• Nafta</li> <li>• Destilados</li> <li>• Gasóleo</li> <li>• Residuos de destilación atmosférica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calentamiento del crudo para permitir la separación de los distintos componentes en función de sus temperaturas de ebullición</li> </ul>
Destilación al vacío	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos de la destilación atmosférica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasóleo de vacío</li> <li>• Fondos de vacío</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separación de los fondos de la destilación atmosférica en función de reducción de presión</li> </ul>
Reformación catalítica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nafta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reformado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de la estructura molecular de la Nafta para crear gasolinas de alto octanaje</li> </ul>
MTBE y oxigenados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metanol y butlenos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metil-terbutil-éter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de combustible de alto octanaje</li> </ul>
Disintegración catalítica (FCC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasóleo de vacío</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas LP</li> <li>• Butano</li> <li>• Propileno</li> <li>• Butilenos</li> <li>• Gasolina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rompimiento de productos pesados usando catalizador para obtener productos ligeros</li> </ul>
Alquilación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isobutano</li> <li>• Butilenos</li> <li>• Propilenos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alquilados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolidación de moléculas ligeras para obtener moléculas más pesadas, usadas para gasolinas</li> </ul>
Isomerización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Butanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isomerados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversión de productos de bajo octanaje a componentes para mezclas de alto octanaje</li> </ul>
Coquización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondos provenientes de la destilación al vacío</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nafta</li> <li>• Destilado</li> <li>• Gasóleo</li> <li>• Coque de petróleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Craqueo térmico de residuos pesados para obtener productos ligeros. El residuo obtenido es el coque</li> </ul>
Reducción de viscosidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondos provenientes de la destilación al vacío</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nafta VB</li> <li>• Destilados VB</li> <li>• Residuos VB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Función similar a la coquizadora, no tan efectiva, pero sí más económica</li> </ul>
Hydrocraqueo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destilados pesados</li> <li>• Destilados ligeros</li> <li>• Gasóleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos varios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Función similar al FCC pero usa hidrógeno a presión en el proceso</li> </ul>
Hydrotratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrocarburos pesados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrocarburos pesados con menos contenido en azufre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se añade hidrógeno para remover el azufre y otras impurezas, evitar el envenenamiento catalítico, y mejorar calidad del producto</li> </ul>

TICS CON  
 FALLA DE ORIGEN

12

## 1.2.2 La Industria de la Petroquímica.

Aunque la industria petroquímica en México resulta de gran relevancia en la actualidad, en el presente trabajo solo la mencionaremos en forma breve, ya que nuestro objetivo solo se relaciona con la industria en la refinación del petróleo crudo.

Como estructura la Industria Petroquímica esta dividida en dos grandes empresas: " Pemex Gas y Petroquímica básica" y "Pemex Petroquímica"; en forma global estas filiales tiene como fin tratar el gas asociado que se produce al extraer el petróleo crudo, para usarlo como energético o bien como materia prima para obtener un sin fin de productos útiles.(figura 11)

En términos generales en lo que se refiere a los procesos petroquímicos se obtienen compuestos primarios como el etileno, propileno, benceno, tolueno y xileno entre muchos otros; de estos componentes se elaboran valiosos derivados, tales como: diferentes clases de polietileno, cloruro de vinilo , compuestos clorados, oxido de etileno, monómeros de estirenos, cumeno, fenoles, etc; que finalmente son la base para la producción de plásticos acrílicos , recubrimientos industriales, moldes, llantas, sellos y fibras sintéticas entre los más importantes.

Es decir, a través de la Industria Petroquímica obtenemos:

### INDUSTRIA PETROQUÍMICA:



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 11

**CAPITULO II**  
**PROGRAMA DE MEJORAMIENTO**  
**OPERATIVO**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

13-A

## 2. Programa de Mejoramiento Operativo.

El Sistema Nacional de Refinerías es amplio y disperso, operarlo con niveles internacionales de eficiencia y rentabilidad representa un reto técnico, gerencial y de coordinación.

El programa está diseñado para desarrollarse en ciclos cortos e intensivos. Esto permite la atención total al mismo y la repetición periódica de los ciclos sin agotar a los participantes

El programa consiste en incrementar la rentabilidad de la refinería al mejorar las prácticas de operación, mantenimiento, seguridad industrial y protección ambiental.

El incremento en rentabilidad es el resultado de implementar un conjunto de ideas dirigidas a aumentar los rendimientos de los distintos procesos, a reducir los costos operativo (fijos y variables), a mejorar la eficiencia de las prácticas de mantenimiento y aumentar los niveles de seguridad y protección ambiental.

Su objetivo es cerrar las brechas en la eficiencia operativa del sistema de refinación, distribución y comercialización de petrolíferos, alcanzando niveles internacionales de desempeño operativo.

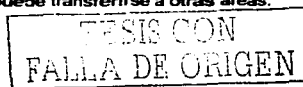
Cabe mencionar que una característica de el programa es que a través de este se habría de difundir, entre el personal petrolero a cargo de las tareas operativas, la conciencia económica de las operaciones y las herramientas necesarias para la búsqueda, análisis y evaluación de ideas de mejoramiento operativo.

En el proceso cada área sistemáticamente revisa sus actividades para generar, evaluar e implementar dichas ideas.

Los productos finales de este proceso típicos de este proceso son una lista de acciones factibles de ser implementadas, seleccionadas, evaluadas, jerarquizadas y el plan de implementación en el cual se detallan tiempos y responsables.

Se genera una mejora significativa en el desempeño: reducciones importantes en costos, incrementos sustanciales en rendimientos y disminución de los eventos de riesgo.

Se genera experiencia relevante que posteriormente puede transferirse a otras áreas.



El Organismo se concentra en criterios de eficiencia, eficacia y rentabilidad.

En el programa se crea y difunde una conciencia de la relación costo/beneficio a todos los niveles de la compañía, lo que conduce al desarrollo de una cultura de mejoramiento continuo del desempeño.

## **2.1 ¿Qué es el Programa de Mejoramiento operativo?**

Es la aplicación de una metodología de análisis de las principales actividades operativas dentro de un centro de producción, lo cual requiere para su ejecución de un ejercicio riguroso de análisis para cada uno de los procesos donde se genera valor económico, con el fin de incrementar este.

## **2.2 ¿En que se basa?**

En forma general su estructura se sustenta en cuatro etapas principales, las cuales son:

- I DISEÑO.**
- II ANÁLISIS.**
- III PROGRAMACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS.**
- IV IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Este ejercicio se aplica en un período de trece semanas. Una perspectiva general de cada una de las etapas se muestra en la siguiente figura 12:

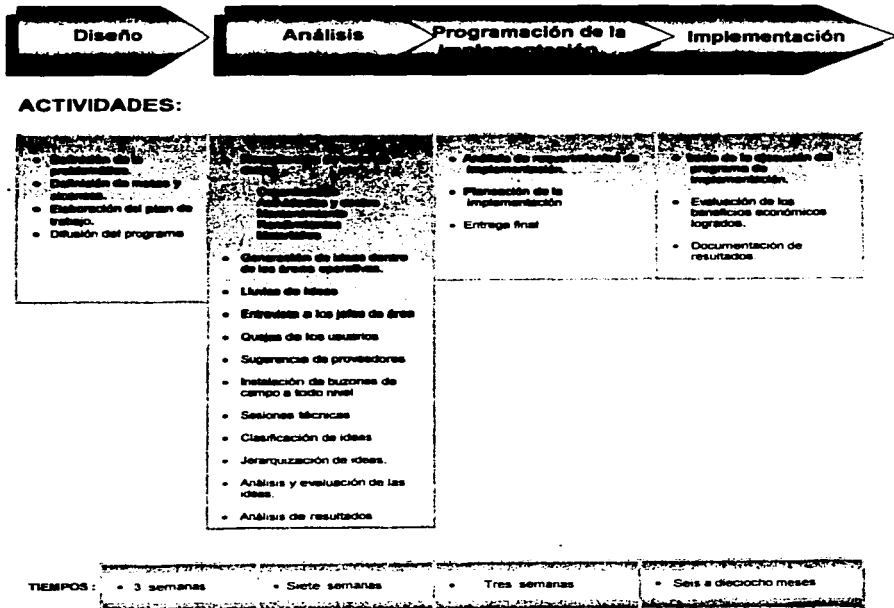


FIGURA 12

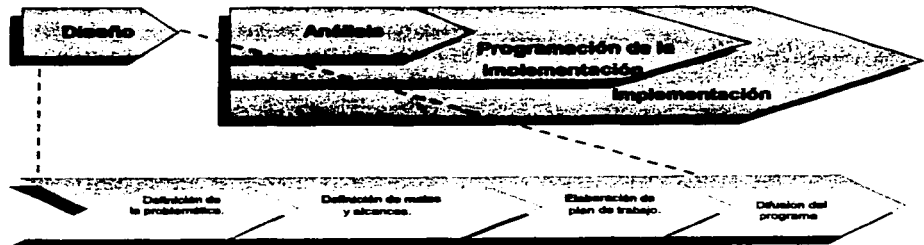
TESIS CON  
FALLA EN LA IMPLEMENTACIÓN

A continuación se presentan en forma mas detallada la estructura de cada una de las etapas

### 1.- Etapa de diseño

En la fase de diseño se definen los alcances y criterios, se desarrollan programas y se diagnostican las metas económicas (figura 13), donde se incluye un procedimiento de análisis para reducir gastos de operación y autoconsumos así como el incremento de rendimientos de productos finales, en base a las brechas detectadas por diversos métodos, como los aplicados por la compañía consultora Solomon.

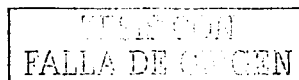
Al preparar el plan de ejecución se involucra sistemáticamente al equipo de especialistas en cada uno de los procesos de la refinación del petróleo, lo que permite establecer la problemática real de cada una de las refinерías, misma que en forma conjunta pocas veces es analizada y que trajo como consecuencia la creación de un ambiente propicio para el nacimiento de un gran número de ideas que a la fecha ya se transformaron en proyectos.



#### Principales actividades:

- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar Grupos de trabajo.</li> <li>• Seleccionar participantes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular la brecha económica real de cada uno</li> <li>• Definir necesidades de evaluación, metas por grupo de trabajo y total.</li> <li>• Analizar estado del área de trabajo.</li> <li>• Comparar estándares internacionales</li> <li>• Recopilar análisis previos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar plan de trabajo detallado</li> <li>• Definir el organigrama con cargos y funciones del plan de trabajo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar y ejecutar programas de apoyo.</li> <li>• Plan de comunicación y entrenamiento</li> </ul> |
|---|---|--|--|

FIGURA 13



## 2.- Etapa de análisis

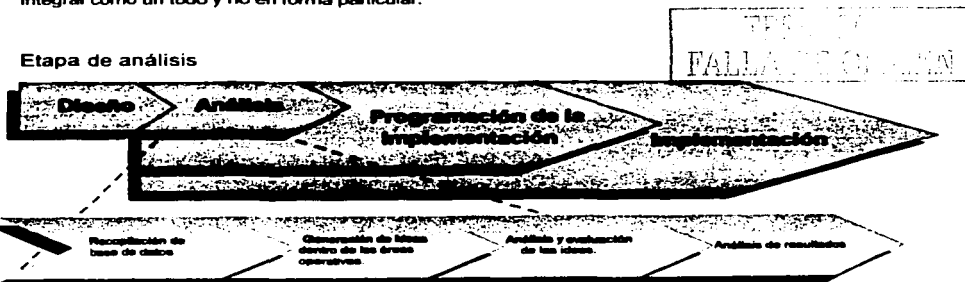
En lo que se refiere al análisis, se recopila información, se generan ideas para reducir costos e incrementar los ingresos, se evalúan económicamente las ideas generadas por medio de parámetros económicos y finalmente se jerarquizan (figura 14).

En esta segunda etapa indudablemente lo más importante fue la generación de ideas, mismas que nacieron del personal técnico-operativo de todos los niveles en las refinerías. Un elemento de gran importancia en esta fase fue la creación de una Base de Datos que permitió contemplar el contexto de las refinerías de una forma integral y ordenada en lo que se refiere a la determinación de costos de sus productos y servicios.

Con lo que respecta a la evaluación de las ideas se implantó toda una cultura de evaluación de proyectos derivados de cualquier modificación física a las instalaciones e inclusive de los movimientos operacionales considerados como rutinarios.

La interacción entre las diferentes especialidades fue muy activa y se estableció un hecho muy relevante, que fue el de entender que las plantas de proceso cualquiera que éste sea debe observarse en forma integral como un todo y no en forma particular.

### Etapa de análisis



### Principales actividades:

Organización  
Actividades y costos  
Mantenimiento  
Prestadores  
Materiales

- Listado de ideas
- Entrevistas.
- Cheques de los usuarios
- Sugerencia de proveedores
- Instalación de buzones de campo a todo nivel
- Sesiones técnicas

- Presentación de las ideas con Coordinadores de equipos
- Clasificación de las ideas

Ideas de alto impacto  
Ideas de bajo impacto  
Ideas de seguridad de  
impacto ambiental

- Sumar a la aprobación del Equipo Base cada una de las ideas.
- Desarrollo de planes estratégicos de trabajo.

Planificación de operaciones  
Plan para obtener mejores  
rendimientos  
Plan para evitar degradación y  
pérdida de productos  
Plan de energía

FIGURA 14



### 3.- Etapa de programación de implementación

Con respecto a la **programación de implementación** de proyectos se planean las acciones y responsabilidades, se emite un diagnóstico final, esto es, se analizan los requerimientos para poder implementar las ideas que finalmente son cristalizadas como proyectos (figura 15).

Ya analizadas y seleccionadas por su impacto cada una de las ideas aprobadas, se plantea la problemática relativa a la elaboración de contratos, adquisición de materiales y las propias licitaciones públicas que esto implica. Debido a la complejidad de lo anterior, se pensó que fuera necesario introducir en la metodología del programa la creación de un equipo de especialistas que dominara tanto las actividades de mantenimiento y construcción como el trabajo propio de gabinete para la elaboración de todo lo relacionado con contratos de obras públicas por lo que se integro el equipo de implementación.

La formación de este equipo fue un gran acierto que impactó favorablemente el funcionamiento del programa, ya que dicho grupo se dedicó plenamente al desarrollo de los proyectos Mejoramiento Operativo, con la filosofía de evaluación técnico-económica y de integración con los jefes de grupo de operación de las plantas de proceso, hecho que normalmente no se da por la esencia misma de sus actividades.

#### Etapa de programación de implementación

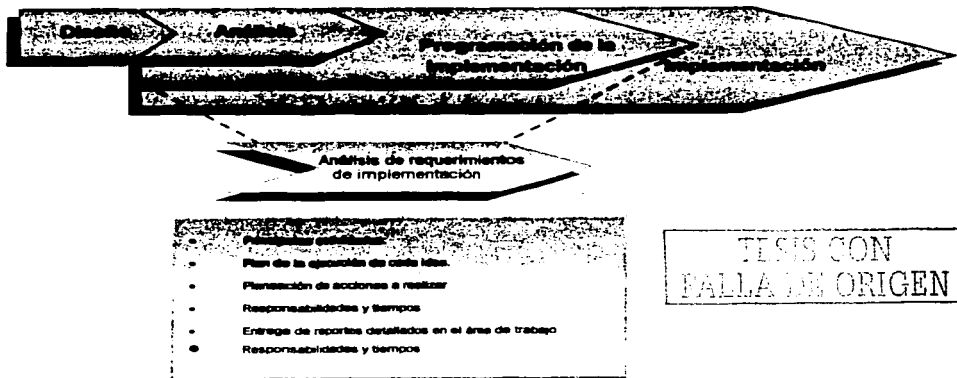


FIGURA 15

#### 4.- Etapa de implementación

Finalmente en la **implementación de proyectos**, se da inicio a la ejecución de los mismos con los recursos económicos ya asignados y con estricto apego a los tiempos en la etapa de programación de la implementación (figura 16). Ya efectuados los proyectos se da inicio a la evaluación real de los mismos y se comparan contra los beneficios potenciales determinados en la primera etapa; a esta actividad se le suele denominar etapa de seguimiento.

Esta etapa se considera también de suma importancia debido al hecho de que en este punto deberá iniciarse la **captura real** de cada uno de los proyectos a implementarse, para tal fin se estableció todo un programa de seguimiento que involucrara principalmente al equipo de implementación y al coordinador Mejora Operativa (figura 17).

A continuación se presentan las actividades de esta última etapa:

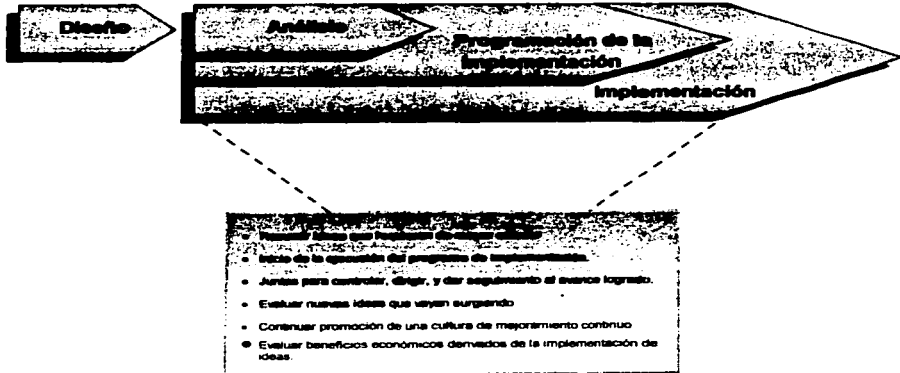


FIGURA 16

## Propuesta para el seguimiento de la implementación

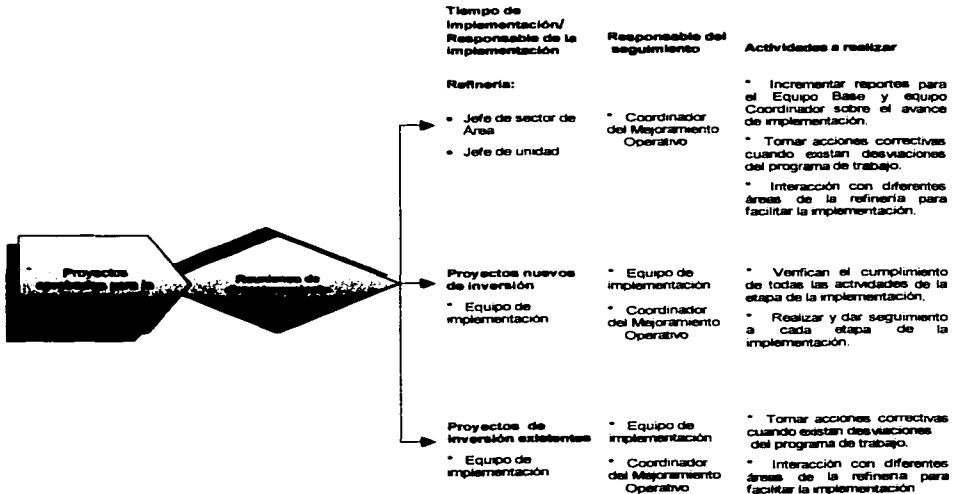


FIGURA 17

### 2.3. ¿Cuál es su función?

La función esencial de una metodología de este tipo es incrementar la rentabilidad del centro productivo, mejorando las practicas de operación, los criterios de ahorro de energía y los costos de mantenimiento. Esto también lleva implícito la reducción de los costos variables en cada una de las actividades del centro de trabajo.

Este programa también tiene por filosofía desarrollar una cultura de mejoramiento continuo entre el personal del centro de trabajo. Cabe mencionar que todas las actividades de este ejercicio deben estar siempre apegadas al cumplimiento de los parámetros de seguridad Industrial y protección ambiental.

DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS  
PRINCIPALES DE LOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

21-A

### **3. Descripción de los objetivos principales en los centros de refinación.**

#### **3.1 Planeación de las Operaciones.**

Considerando que la planeación de cualquier centro de producción tiene una estrecha relación con el aspecto económico y financiero, es de suma importancia considerarla desde el punto de vista a futuro de las operaciones siempre con objetivos y políticas encaminadas a obtener valores económicos óptimos, derivados de la mejora de operaciones.

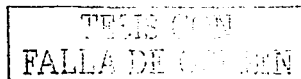
Dentro de un programa de mejoramiento operativo es esencial considerar la planeación de las operaciones a través de modelos de optimización económica, los cuales presentan diversas alternativas expresadas generalmente en dólares por año.

#### **3.2 Aumento de los rendimientos de productos de mayor valor agregado.**

Debido a que los diversos productos procedentes de la refinación del petróleo crudo se les asignan según sus propiedades diferentes precios, el refinador en forma sistemática tiende a producir aquellos productos de mayor valor agregado.

Para lograr este objetivo existen diferentes formas que van desde reconfigurar la estructura de las refinerías hasta implementar ejercicios de mejoramiento operativo, ambos con el fin de mejorar los estados financieros.

Desde un punto de vista estrictamente económico una refinería debe disminuir al mínimo la producción de combustóleo y maximizar la producción de gasolinas y gases licuados para mejorar sus ganancias.



### **3.3 Disminución de los índices de consumo energético.**

Usualmente en los planes de cualquier centro industrial se contemplan programas de ahorro de energía, no siendo las refinerías de Petróleos Mexicanos la excepción.

Normalmente se identifican potenciales aproximados de ahorro de energía, principalmente en las unidades de proceso; se comparan las condiciones actuales con las del pasado en el uso de servicios auxiliares y consumo de combustibles, y finalmente se definen las estrategias a seguir para lograr los beneficios económicos derivados de la reducción en el consumo energético.

Hasta hace poco tiempo solo se hacían ejercicios parciales, sin embargo, actualmente se hacen ejercicios rigurosos e integrales los cuales en conjunto proporcionan un mapeo energético total del centro industrial.

En estos ejercicios se han podido detectar áreas de oportunidad importantes que a través de programas de Mejoramiento Operativo se pueden cristalizar en proyectos factibles de ejecutarse en periodos cortos de tiempo y en algunas ocasiones con costos de inversión mínimos.

### **3.4 Evitar la degradación y pérdida de productos.**

Generalmente en los centros de refinación existen perdidas ya sea por degradación de productos de mayor valor agregado hacia productos de menor valor, operaciones inadecuadas de drenado de productos tanto intermedios como finales.

Aunque esto es un hecho conocido se tiene un considerable grado de incertidumbre debido a la falta de medición. Entonces, en primera instancia se debe reconocer la importancia de la medición de las perdidas para posteriormente realizar un ejercicio de oportunidad el cual podría ser un Benchmark que indique las áreas con mayor aportación de perdidas que por razones obvias representan los sitios potenciales de mejora.

Es importante mencionar que un benchmark se define como Oportunidad de Mercado este se usa como un punto de referencia, un estándar donde se puede medir o juzgar el desempeño que se tiene y, a partir de la brecha, o diferencia detectada, poder determinar la oportunidad de mejora.



El benchmarking constituye un apoyo firme para la toma de decisiones, pues permite que estas se formulen con bases objetivas y verificables, además, de que por sí mismo ayuda a establecer metas y objetivos alcanzables al mismo tiempo que facilita el mejoramiento de la estructura organizacional, así como los métodos de evaluación del desempeño en todos los niveles.

Petróleos Mexicanos no era una empresa que se pudiese comparar, sin embargo, en 1992 se inscribe con la asociación Solomon la cual lleva una estadística de todos los registros de las refinerías para ver los estándares estos en base a la Costa Norteamericana del Golfo de México.

Una buena opción para resolver esta problemática es la aplicación de un ejercicio de **mejora operacional**, lo cual normalmente nos conduce a reducir hasta valores mínimos las cifras negativas

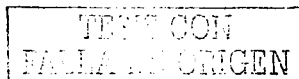
### **3.5 Disminuir los gastos variables.**

La mayoría de las industrias pugnan por obtener utilidades, lo llevan a cabo mediante un escrutinio de sus costos internos de operación.

Con relación a los costos variables, son relativamente fáciles de determinar, ya que están asociados directamente con un producto o servicio específico. Cuando no hay producción, los costos variables son igual a cero. Como lo indica el autor James L. Riggs en su libro de Ingeniería Económica.

El material de entrada y el tiempo requerido para hacer una unidad da origen a los costos variables.

Cabe mencionar que aquellos costos que permanecen relativamente constantes, con independencia del nivel de actividad, se reconoce como costos fijos o indirectos. Esta descripción implica que el nivel fijo se mantiene tanto si la producción es nula o si alcanza el 100% de la capacidad.



Entre los costos de producción tenemos los más significativos como se muestra en la siguiente figura 18, donde la unidad se divide en tres segmentos diferentes que clasifican los intereses del productor.

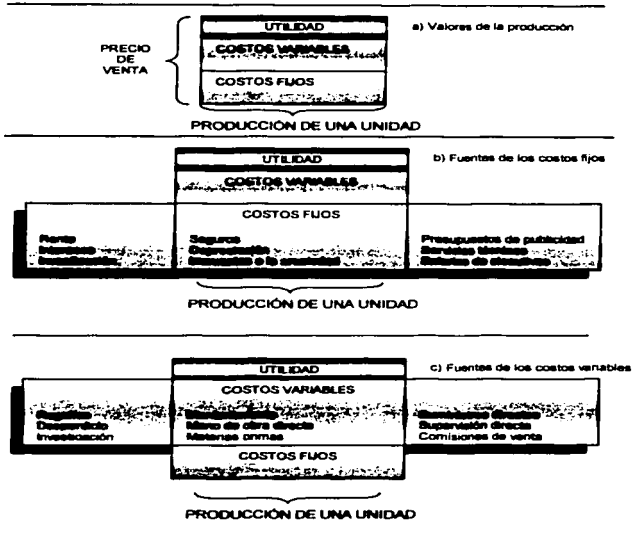


FIGURA 18

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Al tratar de obtener utilidades las empresas tienden a reducir en primera instancia los costos variables, sin embargo, por lo general no se cuenta con métodos sistemáticos para ello, siendo entonces un programa de mejoramiento operativo una buena opción para encontrar alternativas que reduzcan estos costos.

### **3.6 Reducir gastos de mantenimiento.**

Aunque en forma estricta los gastos de mantenimiento son un gasto que es conveniente manejar en forma particular ya que es un rubro donde generalmente existen considerables áreas de oportunidad económica.

Actualmente se manejan conceptos importantes tales como confiabilidad y disponibilidad de las instalaciones. La confiabilidad esta ligada a un conjunto de acciones necesarias tales como: ingeniería de materiales, rotaciones adecuadas de equipos mecánicos, inspecciones sistemáticas, metodologías, políticas de activos, mantenimientos preventivos así como predictivos, y aplicación de modelos de optimización entre otros, lo que se traducirá a una mayor disponibilidad de todas las instalaciones del centro refinador y por lo tanto a una mejora económica. Para lograr confiabilidad y utilidad deberán entonces establecerse sistemas computacionales que pueden tener su origen en programas de mejoramiento de desempeño operativo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPITULO IV**

**OPORTUNIDAD DE MEJORA DE PRACTICAS  
OPERATIVAS EN DIFERENTES PROCESOS DE  
REFINACIÓN DEL PETRÓLEO.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4 Oportunidad de mejora de practicas operativas en diferentes procesos de refinación del petróleo.

El área de oportunidad de mejora en un centro de refinación se encuentra esencialmente en sus diferentes unidades de proceso, las cuales son:

- Destilación atmosférica y al vacío.
- Desintegración catalítica.
- Reformación catalítica.
- Hidrodesulfuración de naftas y destilados intermedios.
- Eterificación de hidrocarburos ( MTBE y TAME).
- Alquilación de hidrocarburos.
- Coquización.
- Mezclado de componentes.
- Generación de Fuerza.

##### 4.1 DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA Y AL VACÍO.

Es un proceso físico, el cual es la base de la refinación ya que mediante ésta se obtiene el primer grupo de componentes para su conversión posterior.

Su configuración puede ser simple o compleja

Permite flexibilidad de acuerdo con la calidad de la carga.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

En lo que se refiere al aumento de rendimiento de productos de mayor valor agregado juega un papel muy relevante el proceso de **destilación atmosférica y al vacío**, ya que es factible en éste, aumentar los volúmenes de por ejemplo; la gasolina primaria al modificar adecuadamente la temperatura final de ebullición (TFE) , al hacer modificaciones operacionales o bien en un plano más ambicioso realizar cambios estructurales a los equipos para evitar traslapes de productos. Así también lograr un adecuado agotamiento de los gasóleos de vacío para corriente abajo del proceso obtener una mayor producción de productos valiosos, tales como el gas licuado del petróleo y la gasolina catalítica.

#### 4.2 DESINTEGRACIÓN CATALÍTICA.

Es un proceso de conversión de residuales en productos más ligeros y de mayor valor.

La alimentación a la unidad de desintegración catalítica proviene de la torre de destilación atmosférica, y sus productos tienen diversos destinos en la refinería.

Su función es convertir gasóleo pesado a gasolina y destilados ligeros.

Los factores determinantes de la rentabilidad en la desintegración catalítica son:

Debe existir un rendimiento volumétrico de  $C_3+$ .

Canalización adecuada de oleofinas  $C_3$  y  $C_4$  ( por ejemplo petroquímicos, Alquilación, gasolina)

Con respecto a la **desintegración catalítica** existen oportunidades de mejora de rendimiento, y aumento de volumen al hacer modificaciones en equipos específicos del proceso, tales como una mejor tecnología. También existe la posibilidad de incrementar los índices de octano a través de catalizadores más eficientes ligados a promotores de octano adecuados.

#### 4.3 REFORMACIÓN CATALÍTICA.

Es un proceso en el cual se incrementa el octanaje de una corriente en presencia de un catalizador.

La alimentación a una reformadora proviene de una unidad de hidrotratamiento y sus productos (reformado) se destinan al mezclado (Blending de gasolinas).

El octanaje es una propiedad de los hidrocarburos para resistir la compresión sin que ocurra autoignición. A mayor octanaje se logra mayor eficiencia en los motores de combustión interna.

Se utilizan motores de prueba para determinar los índices MON ( Motor Octane Number) y RON (Research Octane Number).

MON – alta velocidad y carga alta

RON – Punto muerto y carga baja.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Con relación a la **reformación catalítica** la cuestión más importante es el como aumentar el índice de octano disminuyendo lo menos posible el rendimiento de la nafta reformada, para lo cual actualmente existen importantes alternativas que van desde sencillos ajustes en la operación hasta la instalación de equipos sofisticados, que inclusive influyen en el consumo energético de la planta, como pueden ser intercambiadores de calor más eficientes. Cabe mencionar que para este tipo de proceso, tanto para el aumento del índice de octano como para una operación más eficiente, juega un papel importante la elección del tipo de catalizador.

#### 4.4 HIDRO DESULFURACIÓN DE DESTILADOS INTERMEDIOS.

Actualmente por cuestiones ambientales las especificaciones de azufre de los diferentes tipos de diesel y kerosina tienden a ser más estrictos, para lo cual se requiere mejorar la calidad de los catalizadores de **hidrodesulfuración de destilados intermedios**, sin embargo, esto pudiera ser un tanto costoso y aun plazo no muy corto, por lo que con los catalizadores actuales trabajando a temperatura de reacción altas y mezclando productos altos en azufre tales como el aceite ciclico ligero y/o gasóleo ligero primario con lo que se podrían obtener algunas mejoras significativas.

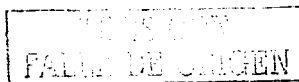
#### 4.5 ALQUILACIÓN.

Es un proceso para disminuir la presión de vapor de corrientes alimentadas mediante su reacción con isobutanos en una atmósfera fuertemente ácida.

La rentabilidad del proceso depende de los costos marginales del octanaje, los precios del propileno y los butanos.

Una fuente alterna de generación de octanaje es el proceso de isomerización.

Relativo al proceso de **alquilación de hidrocarburos** existe un gran número de posibilidades de mejora ya que productos tales como el butano-butileno que normalmente tienen su destino en el gas licuado, se pueden inducir para formar parte de la carga de este proceso y así ser transformados en alquilado ligero el cual es el producto más valioso con que se componen las gasolinas finales.



#### 4.6 COQUIZACIÓN.

La coquización es una desintegración térmica donde las moléculas de pesados se rompen en una serie de moléculas más ligeras , mientras se permitan moléculas de carbón en forma de coque.

Para el proceso de coquización la oportunidad de mejora en cierta forma es relativa ya que su existencia en sí , dentro de los centros de refinación , ya es una mejora significativa, sin embargo, en lo que respecta a la planeación de la operación de la misma y al proceso de comercialización de coque representan oportunidades extras de mejora.

#### 4.7 ETERIFICACIÓN

Los oxidantes son compuestos con oxígeno en su estructura química que se mezcla en la gasolina con la finalidad de aumentar el índice de octano, mejorar la combustión de la gasolina , y por ende reducir emisiones en la atmósfera.

MTBE (Metil terbutil éter)

TAME (Teramil metil éter)

Este proceso se lleva a cabo a través de la reacción de eterificación del metil con los isoamilenos presentes en el flujo de gasolinas ( C<sub>5</sub>) al flujo del proceso.

Las mejoras relacionadas con la eterificación de hidrocarburos van en relación directa con la aportación de componentes de alto octano, por lo tanto existen excelentes oportunidades en lo que se refiere a la optimización de mezclado.

TESIS CON  
FALLA DE CARGEN

#### 4.8 MEZCLADO DE PRODUCTOS.

El mezclado de productos ( blending) es una operación importante en una refinería porque garantiza que la producción cumpla con las especificaciones que el mezclado demanda.

La complejidad de esta operación radica en:

La multitud de corrientes disponibles para el mezclado.

La variedad de productos que se requieren producir .

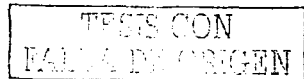
La relación de las propiedades de la mezcla contra la de cada corriente.

Dados estos factores, el mezclado de productos brinda una oportunidad de mejora

En el mezclado de componentes se espera siempre obtener productos finales dentro de especificación con valores óptimamente económicos. Sin embargo, en muchos casos se separan del valor óptimo al degradar productos, regalar calidad, desfogar inadecuadamente, etc. En ocasiones el problema parte incluso desde la medición de corrientes. Aquí como en los casos anteriores siempre existe un potencial importante de mejora.

#### 4.9 GENERACIÓN DE FUERZA.

Referente a la generación de fuerza es donde quizás existan las mayores áreas de oportunidad ya que de este proceso depende toda la operación de una refinería. En éste se genera el vapor y la energía eléctrica necesaria, lo que finalmente se traduce en generación y consumo de energía. Generalmente los índices de consumo de energía en los centros de refinación presentan grandes brechas económicas.



**CAPITULO V**

**APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO  
OPERATIVO.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **5. Aplicación del programa de mejoramiento operativo.**

### **Etaa de diseño.**

#### **5.1. Definición de la problemática.**

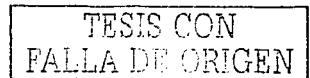
El sistema nacional de refinación ha venido mejorando en los últimos años sus practicas operativas. Estas mejoras se han reflejado en la evolución de distintos indicadores emitidos por compañías consultoras especializadas en el ramo.

Sin embargo, al comparar este tipo de indicadores con referencias internacionales recopilados por la compañía Solomon, aun se aprecian oportunidades significativas de mejora. Estas oportunidades también llamadas brechas se han identificado y cuantificado en diferentes ejercicios realizados por el propio organismo, como se menciona en lo que respecta a las brechas operativas.

La identificación y definición de brechas operativas contra las mejores prácticas de la industria, utiliza una metodología que busca establecer las diferencias entre distintas referencias internacionales y Pemex Refinación.

La metodología actual utiliza un enfoque que permite representar de una manera más adecuada las diferencias contra las mejores prácticas al cuantificar las brechas para cada proceso. De esta manera se desarrollaron tres agrupaciones operativas: producción, transporte y almacenamiento.

Para corregir estos rezagos y continuar mejorando la rentabilidad de los centros de refinación es necesario considerar la ejecución de un ejercicio riguroso y metódico de análisis de las principales actividades operativas.



#### **5.2. Definición de metas y alcances.**

Al tener conocimiento de las diferentes brechas económicas surge la necesidad de cuantificar la oportunidad real de captura, lo cual en la mayor parte de las ocasiones resulta una empresa difícil, sin embargo, es una necesidad real que se obtiene sobre criterios meramente prácticos, pero numéricamente cuantificables.

Normalmente las metas se enfocan a oportunidades de ahorro de energía, aumento de rendimientos y reducción del mantenimiento. Actualmente esto se logra bajo la aplicación de modelos de optimización, que

pueden ser altamente teóricos pero que nos dan un punto inicial de referencia. En forma general podríamos considerar lo anteriormente expuesto como un ejercicio riguroso de Benchmark.

El Benchmarking es una herramienta muy útil para identificación de prioridades estratégicas de oportunidad, este requiere conjuntar diversas fuentes de información, su objetivo de la comparación detallada es identificar acciones específicas de mejora.

El tipo de resultados depende, del nivel de detalle que se profundice en el análisis.

### 5.3. Elaboración del plan de trabajo.

Como primer punto se tendrá que definir el organigrama con cargos y funciones de los responsables, bajo el siguiente esquema (figura 19).

Posteriormente en este punto se deberán definir las áreas específicas de aplicación donde sea susceptible una mejora. Esto lleva consigo la descripción detallada de las funciones de cada área y la revisión de sus actividades cotidianas.

Las principales funciones desarrolladas por cada uno de los grupos mencionados son:

Elemento	Funciones
Comité Directivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Controlar y dirigir el programa Institucional.</li> <li>. Asignar recursos.</li> <li>. Dirigir la implementación.</li> <li>. Impulsar el programa de comunicación.</li> </ul>
Equipo Coordinador	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Preparar el desarrollo del programa.</li> <li>. Difundir el programa de Mejora Operativa en sus refinerías</li> <li>. Evaluar e implementar ideas / iniciativas de potencial significativo fuera del ejercicio.</li> <li>. Afinar la metodología de Mejora Operativa mediante el seguimiento de los avances y dificultades que puedan existir.</li> </ul>
Equipos Base de cada Refinería	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Entrenar y apoyar al Grupo de trabajo.</li> <li>. Controlar el avance y los resultados del programa.</li> <li>. Promover un clima favorable para la generación de ideas.</li> <li>. Auxiliar en la elaboración y presentación de reportes de resultados.</li> </ul>
Grupo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Ejecutar el proceso.</li> <li>. Servir de interfase con el personal de línea.</li> <li>. Desarrollar programas de implementación.</li> </ul>

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Equipo de  
Implementación

- Participar con el Grupo de trabajo en el desarrollo de programas de implementación.
- Implementar las mejoras.
  - Dar seguimiento a la implementación y a la captura de los beneficios derivados de las mejoras.

### ESTRUCTURA DEL EQUIPO PARA EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO OPERATIVO.

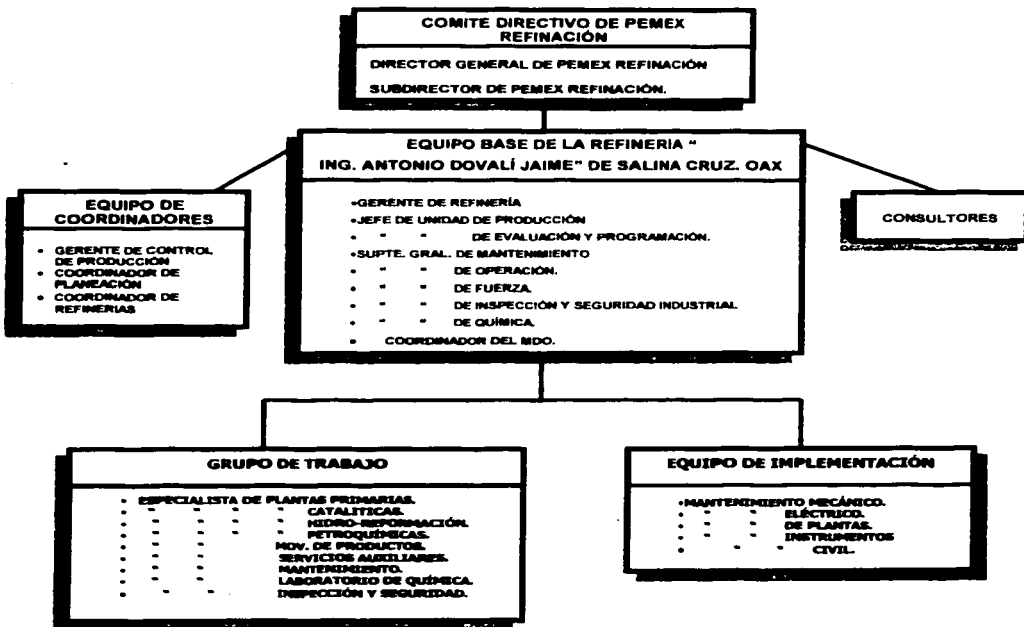


FIGURA 19

TESIS  
FALLA DE ORIGEN

Es importante mencionar que como parte del plan de trabajo se debe contemplar la creación de una base de datos que deberá contener: Insumos, producciones, ventas, pérdidas, traspasos de productos y consumos de energía como los más relevantes.

Así también esta base de datos deberá tener la versatilidad para manejar diferentes formatos de organización, tales como: reportes de avances, costos y beneficios.

En la figura 20 se muestra una descripción de lo que contiene la base de datos ya antes mencionada.

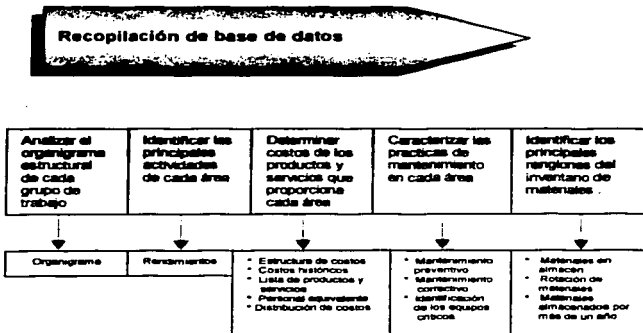


FIGURA 20

Con respecto a los tiempos de aplicación deberán estar programados y definidos con la mejor precisión para cada una de las actividades.

#### 5.4 Difusión de programa.

El éxito del programa depende en gran medida de la información que se les proporcione a la totalidad del personal del centro de trabajo; que podrá ser a través de material didáctico y de consulta, trípticos, folletos, volantes, entrevistas, talleres, pláticas, videos, información electrónica, etc.

Cabe mencionar que dentro de esta difusión deberá resaltarse al personal que se trata de un programa de mejoramiento operativo, con el fin de que las acciones tomen un giro meramente económico y no afectando la seguridad de las instalaciones y la integridad física del recurso humano.

#### **Etapas de análisis.**

#### **5.5 Generación de ideas dentro de las áreas operativas.**

La esencia del programa realmente es la generación de ideas, mismas que proporcionaran a través de un medio adecuado los especialistas de cada una de las áreas. Esto debido a que dichos especialistas conocen a fondo la problemática operativa de los sectores, y cuya experiencia es el valor más importante para la obtención de ideas de mejora (figura 21).



FIGURA 21

**Sesión de generación de ideas**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.5.1 Lluvia de ideas.

Una de las partes fundamentales del programa es mencionar la importancia de crear ideas, esto va ligado a conocer las propuestas e inquietudes entre cada área, hechas dentro del centro de trabajo. Al integrarse un grupo de especialistas da como resultado una interacción entre sectores y así se logra unificar varias ideas en una sola, lo que nos lleva a concretar grandes ideas que quizá pudiesen surgir de la nada, es decir, de algo poco conceptualizado.

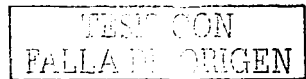


FIGURA 22

Visita a las áreas de proceso.

### 5.5.2 Entrevistas a los jefes de área.

Una de las fases fundamentales es llevar acabo las entrevistas con los especialistas ya que ellos son los que tienen la autoridad y experiencia en su área para poder tomar decisiones y aterrizar adecuadamente una idea que posteriormente se convertirá en un proyecto potencialmente atractivo (figura 22).



### **5.5.3 Quejas de los usuarios.**

Es importante conocer las inquietudes o molestias que existen en las diversas áreas, lo cual nos lleva de la mano a crear ideas que solucionarían los problemas expuestos en las mencionadas inquietudes.

Esto en ocasiones nos puede incluso llevar a no detener la operación de todo un sector, para poder llevar a cabo un desempeño óptimo.

### **5.5.4 Sugerencia de proveedores.**

Normalmente los proveedores nos proporcionan nuevas tecnologías y soluciones actuales a problemas antiguos en muchas ocasiones, por lo que es necesario tomar asesoría de los proveedores que están a la vanguardia, ya que por lo general son una buena fuente de ideas de mejora.

### **5.5.5 Instalación de buzones de campo a todo nivel.**

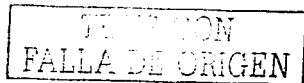
Al instalar buzones de campo en lugares estratégicos se presenta la oportunidad de recabar masivamente ideas y sugerencias, teniendo como ventaja esencial la libre expresión de los trabajadores, inclusive en forma anónima.

La experiencia en diversas industrias nos indica que la información recibida en este tipo de buzones en forma general es una considerable fuente de ideas que han cristalizado en proyectos importantes en muchas industrias del mundo, que finalmente aportan beneficios económicos.

Tales proyectos finalmente están ligados al aumento de rendimiento de productos de alto valor agregado, disminución de mantenimiento de plantas y ahorro de energía principalmente.

### **5.5.6 Sesiones técnicas.**

El organizar sesiones técnicas con licenciadores de tecnologías o constructores de plantas presenta considerables aportaciones para mejorar las operaciones, ya que a través del tiempo se empieza a degradar la operación óptima de las plantas de proceso ya sea por cuestiones de falta de información o de vicios operacionales, siendo que teniendo interacción con estos, se renueva la forma de operar adecuadamente. De este hecho se desprenden un sin número de oportunidades económicas.



## 5.6 Clasificación de ideas.

Al haberse generado el número total de ideas, el paso siguiente es la clasificación de las mismas, debiéndose eliminar todas aquellas que en principio no presenten un atractivo económico. Seguido de lo anterior se agrupan por sectores o áreas específicas, es decir, ideas del sector de destilación primaria, reformación catalítica, movimiento de productos, generación de fuerza, etc.



FIGURA 23

### Análisis y evaluación de ideas.

## 5.7 Análisis y evaluación de las ideas.

Ya clasificadas las ideas, se inicia la evaluación, misma que consistirá esencialmente en determinar la creación de valor económico, el cual tiene como indicadores principales la TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VPN (Valor Presente Neto), parámetros que están gobernados por el interés al capital, periodo de aplicación, inversión y beneficio antes de inversión (figura 23).

En base a los parámetros mencionados anteriormente se realiza la clasificación de las ideas, designándose como de "Alto Impacto" aquellas que rebasen el millón de dólares anuales, y como de "Bajo Impacto" aquellas que no rebasen esta cantidad., ya que así se acordó con el comité directivo de Pemex-Refinación, aunque pueden existir otros criterios en otras industrias.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



Esta clasificación es un tanto arbitraria y podrá ser modificada por los altos mandos de los centros de trabajo ya que es una mera referencia.

En relación a las ideas de seguridad e impacto ambiental es difícil clasificarlas desde un punto de vista económico sin embargo, deberán ser incluidas inclusive cuando son de alta inversión, ya sea por políticas gubernamentales o por necesidades propias del centro de trabajo que así lo requieran.

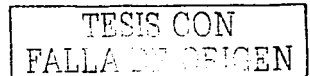
### 5.7.1 Manejo de ideas de alto impacto.

Se manejan estas ideas en principio como se menciono anteriormente cuando rebasan el millón de dólares anuales, sin embargo, representan algo más: son aquellas que afectan sensiblemente la economía del centro de trabajo así como la operación misma en forma substancial.

Ahora bien, los verdaderos parámetros que gobiernan estas ideas son la TIR y VPN los cuales se mencionaron anteriormente, así como el denominado PRI (Periodo de Retorno de la Inversión).

Como mera referencia mencionaremos más ampliamente estos conceptos:

#### a) VPN:



Se define como un valor de una serie de flujos de efectivo descontados al presente con una tasa de inversión de costo al capital, o bien como la suma de los valores presentes de todos los flujos de efectivo del proyecto negativos (egresos) y positivos (ingresos).

Los factores determinantes del valor presente neto son la tasa del descuento que es el supuesto más crítico, el nivel de la inversión que es muy importante por niveles de descuento inicial, el momento oportuno para invertir, que es el segundo supuesto más importante, el nivel de flujo de efectivo donde regularmente son importantes los primeros años, el horizonte de tiempo donde a plazos mayores se tiende a permitir que se acumulen flujos positivos futuros y el valor terminal que puede generar un VPN de 40% en un plazo de 10 años y una devaluación de un 10%, valores que fueron determinados a través de las poli de Pemex-refinación.

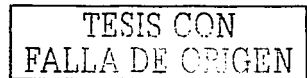
b) **TIR:**

Tradicionalmente la tasa interna de retorno se define como la tasa de descuento necesaria para que el valor presente neto se haga cero, también en ocasiones se dice que es comparable a un retorno de la inversión. Como meritos de este parámetro se puede decir que es fácil de entender, sin embargo, no toma en cuenta la magnitud de la inversión

c) **PRI:**

El periodo de retorno de la inversión es una manera rápida de obtener un pronostico estimado del tiempo (es una regla de dedo) que se necesitara para recuperar la inversión y se calcula simplemente dividiendo la inversión entre el beneficio prometido y normalmente se expresa.

$$PRI = \left[ \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficio}} \right]$$



Ahora bien, se dice que un buen proyecto deberá tener un VPN superior a los 500,000 USD/Año, una TIR de 25% y un PRI de un año, siendo estos valores totalmente empiricos y avalados por la practica misma.

### 5.7.2 Manejo de ideas de bajo impacto

Aunque en principio se manifestó que estas ideas son aquellas que no rebasan el millón de dólares en conjunto tienen un gran impacto económico ya que por experiencia propia de este tipo de programas son estas las ideas mas numerosas, además de que en ocasiones su valor económico esta muy cercano al millón de dólares. Por lo tanto, deben considerarse como una fuente importante de beneficios económicos.

### 5.7.3 Manejo de ideas de seguridad e impacto ambiental

Estas ideas pueden o no tener un impacto económico relevante, sin embargo en la mayoría de las ocasiones se ejecutan debido a políticas gubernamentales o del propio centro de trabajo.

## 5.8 Análisis de resultados.

Al haber clasificado y cuantificado el valor económico de las ideas se tiene la oportunidad de conocer el verdadero alcance económico de de cada una de las refinerías de SNR. Esta cuantificación deberá entonces ser comparada con la meta fijada al inicio del programa.

En la mayoría de las ocasiones la cuantificación de los beneficios mencionados rebasa considerablemente las metas establecidas, por lo que en forma general deberá aplicarse un factor de seguridad que normalmente se maneja en el 60% del beneficio. Porcentaje que pudiera parecer arbitrario sin embargo, la experiencia nos indica que es un número aceptable.

Al concluir las dos etapas antes descritas se obtienen diferentes planes para la aplicación del programa de mejoramiento operativo que principalmente incluyen la planeación de operaciones, la obtención de mejores rendimientos, disminución de perdidas y degradación de productos, así como la optimización del uso de la energía.

Cabe mencionar que aunque aquí no se presenta, también se consideran aspectos relativos a la confiabilidad y disponibilidad de las plantas de proceso.



FIGURA 24

Reunión de especialistas en cuartos centralizados de control.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **PLANEACION DE OPERACIONES.**

### ■ **PLANEACIÓN EN BASE AL BENCHMARK.**

- ◆ PLANEACIÓN DE LAS MEJORES PRACTICAS.
- ◆ PLANES A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.
- ◆ APROVECHAMIENTO DEL ESCENARIO BASICO.
- ◆ SELECCIONAR LOS PUNTOS DE REFERENCIA Y PERIODOS A ANALIZAR.
- ◆ METODOS DE EVALUACIÓN DE CARGAS DE CRUDO.
- ◆ FLUJO DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN ENTRE LAS PLANTAS.
- ◆ EJECUCIÓN DE AUDITORIAS ENTRE LA SITUACIÓN INICIAL CONTRA LA PLANEADA.
- ◆ RETROALIMENTAR Y PONER AL DIA LA MEJORA CONTINUA.

### ■ **DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE LA REFINERÍA.**

- ◆ ENSAYOS DE CRUDO
- ◆ MODELACIÓN DE PROCESOS.
- ◆ BLENDING DE PRODUCTOS
- ◆ ESTRUCTURA DE LOS MODELOS (FLEXIBILIDAD EXISTENTE EN LAS REFINERÍAS).

FIGURA 25

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **PLAN PARA OBTENER MEJORES RENDIMIENTOS**

### **■ DESARROLLO DE CASO BASE**

- ◆ REUNION DE INICIO
- ◆ RECOPIACION DE INFORMACIÓN
- ◆ VISITA A LAS ÁREAS DE TRABAJO DE LA REFINERIA PARA ENTENDER SU OPERACIÓN, ESTRATEGIAS Y OPORTUNIDADES.
- ◆ FORMULAR RECOMENDACIONES PARA IMPLEMENTARSE DE INMEDIATO.

### **■ CONSTRUCCIÓN DE UN CASO BASE .**

### **■ DESARROLLAR UNA LISTA DE OPORTUNIDADES DE MEJORA.**

- ◆ EVALUAR CADA OPORTUNIDAD Y CAMBIO.

### **■ IMPLEMENTAR PRIORIDADES EN TIEMPOS E IDENTIFICAR LAS ÁREAS QUE REQUIEREN UNA FUTURA INVESTIGACIÓN.**

FIGURA 26

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**PLAN PARA EVITAR LA DEGRADACIÓN Y PERDIDA DE PRODUCTOS.**

■ **BENCHMARK PARA LA INTERPRETACIÓN DE LAS PERDIDAS TOTALES DE PRODUCTOS.**

- ◆ SE REALIZA UN ANÁLISIS TOTAL DE LOS DATOS DEL BALANCE DE PRODUCTOS.
- ◆ CONVERSIÓN DE LOS DATOS DEL BALANCE DE VOLUMEN A MASA, BAJO UN FORMATO ESTANDAR.

■ **RECOMENDACIONES PARA UNA MEJORA INMEDIATA.**

- ◆ CUSTODIAS DE TRANSFERENCIAS ENTRE CENTROS DE TRABAJO.
- ◆ CUANTIFICACIÓN DE PERDIDAS Y ENVIOS AL QUEMADOR.
- ◆ ALMACENAMIENTO DE CRUDO Y PRODUCTOS.
- ◆ MOVIMIENTO DE PRODUCTOS BLENDING Y CONTROL DE INVENTARIOS.

FIGURA 27

TECNOLOGIA  
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 28

### PLAN DE ENERGIA

- **CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO BENCHMARK DE ENEGIA Y APLICACIÓN DE MEJORES TECNOLOGÍAS.**
  - ◆ EL MODELO CUANTIFICA EL PODER ENERGÉTICO PRODUCIDO POR EL COMBUSTIBLE UTILIZADO Y LO COMPARA CON LA ENERGIA CONSUMIDA UNIDAD POR UNIDAD.
  - ◆ EL PROGRAMA SIGUE UNA METODOLOGÍA DEFINIDA.
  - ◆ CUANTIFICA EXACTAMENTE EL CONSUMO DE ENERGIA PARA ECONOMIZAR EL POTENCIAL.
  - ◆ TODA LA ENERGIA ESTA EXPRESADA EN MMBTU/HR SIENDO ESTAS UNIDADES LAS EQUIVALENTES DEL COMBUSTIBLE CONSUMIDO.
  
- **IDENTIFICAR Y EVALUAR LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA DE ENERGIA UTILIZANDO UN MODELO.**

TIENE CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Etapas de la programación de implementación**

### **5.9 Programación de la implementación.**

Ya analizada la información y jerarquizadas las ideas, se programa la implementación de las mejores de ellas para convertirlas en proyectos; lo que requiere un análisis para su realización, la planeación de las acciones a tomar, la secuencia de los trabajos, responsabilidades y tiempos.

En esta etapa ya se deberán tener aprobadas por el comité directivo las ideas de alto impacto y jerarquizadas económicamente.

La experiencia a través de estos programas a indica que un periodo aceptable para la implementación de las ideas nacidas de un programa de este tipo es de aproximadamente tres años.

Cabe mencionar que con una buena selección de ideas es suficiente con 20 o 30 de ellas para obtener excelentes beneficios económicos.

## **Etapas de implementación.**



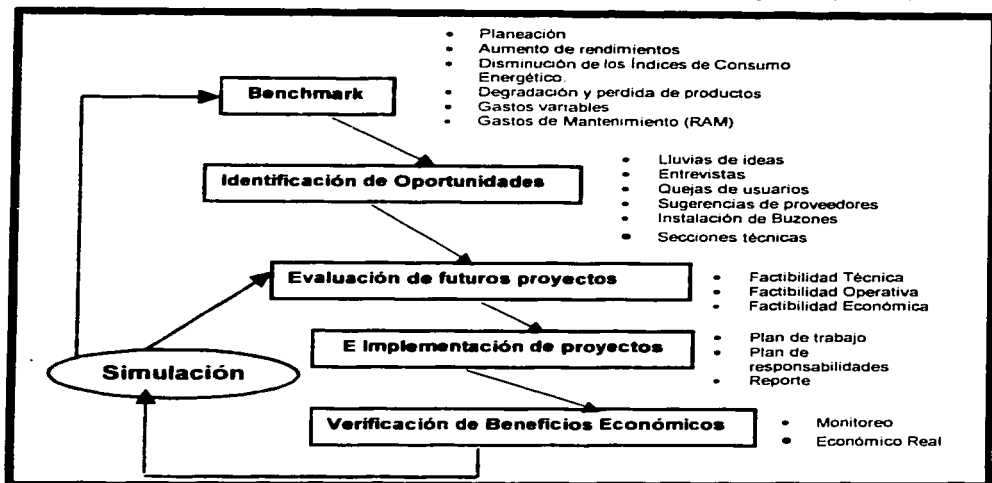
### **5.10 Implementación de proyectos.**

Con esta etapa se concluye el programa y es donde se deben concretar las metas con todas sus expectativas.

Es importante mencionar que desde que se inicia el programa deberá empezarse el seguimiento con el fin de tener claridad de la situación antes y después de la conclusión del mismo.

En la siguiente sección se presenta un ejemplo real donde se aplico la metodología citada hasta ahora, con sus respectivos resultados técnico económicos.





Aspectos relevantes de la aplicación de un programa de mejoramiento operativo.

FIGURA 29

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPITULO VI**

**DESCRIPCIÓN DE UN PROYECTO  
REAL DERIVADO DE ESTE TIPO  
DE PROGRAMAS.**

## 6. DESCRIPCIÓN DE UN PROYECTO REAL DERIVADO DE ESTE TIPO DE PROGRAMAS.

Con relación a la idea de mejorar el aumento volumétrico en la planta catalítica No.1 de la refinería " Ing. Antonio Dovall Jaime" de Salina Cruz. Oax., que posteriormente se convirtió en un proyecto, tuvo su origen de la siguiente manera:

En forma general desde tiempo atrás se manifestaba a diferentes niveles la inquietud de hacer más eficiente la operación de la planta catalítica No.1 de la refinería " Ing. Antonio Dovall Jaime" de Salina Cruz. Oax. Sin embargo, no se había concretado en forma substancial algún proyecto al respecto.

Al iniciarse el programa del mejoramiento operativo se tuvo la oportunidad de reunir diferentes opiniones de aspectos operativos que condujeron a ligarlos con aspectos económicos.

La secuencia de convertir la idea de aumentar la expansión volumétrica en una Planta FCC hasta convertirla en proyecto presenta a continuación en sus diferentes etapas:

### 6.1 Etapa de generación de ideas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La idea aun no concretada nació bajo el siguiente esquema de opiniones del personal técnico y manual:

- Se opino que se producian muchos barriles de residuales de bajo precio.
- Se indico que debido a la alta producción de residuales en ocasiones las plantas de destilación primaria debian de bajar carga por falta de la salida de combustóleo.
- Se dijo que el envío de aceite ciclico ligero a combustóleo era una degradación.
- Se comento que se debería buscar un método para producir más gasolina y menos aceite ciclico ligero.
- Se menciona que se ganaría más dinero si se pudiese producir una mayor cantidad de compuestos ligeros como el propano-propileno y el butano-butileno.

- Se expuso que era necesaria más carga de butanos para las plantas de MTBE y Alquilación ya que en ocasiones trabajan a media carga, siendo esto una pérdida económica debido a que sus productos son de un alto valor agregado.
- Se refirió que en el sector de mezclado y movimiento de productos siempre se quejan de que la gasolina catalítica se produce con muy bajo octano.

Finalmente se realizó una sesión técnica donde se tuvo interacción con los licenciadores de la compañía M. W. Kellogg Company, en donde estos al escuchar las inquietudes del personal técnico de la refinería propusieron la instalación de una nueva tecnología de dispersión de la carga de gasóleos de vacío por medio de boquillas de alta tecnología

Derivado de esta sesión la compañía mencionada presentó una propuesta donde se definieron las bondades y beneficios de esta innovación, hecho que derivó el nacimiento de la idea: **"Instalación de boquillas de alta eficiencia en la planta catalítica No. 1"**.

### **Descripción**



Ahora bien, ya definida la idea se planteó como proyecto la siguiente forma:

Ingeniería básica, procura de materiales e Instalación de boquillas de alta eficiencia en el reactor de la planta catalítica No.1 de la refinería " Ing. Antonio Dovalí Jaime" de Salina Cruz. Oax.

### **Objetivo**

Generar un aumento de expansión volumétrica producido por el efecto de una mejor dispersión de los gasóleos de vacío, a través de la boquillas de alta eficiencia, así como incrementar el índice de octano de la gasolina catalítica.

## Antecedentes

En la Refinería de Salina Cruz, Oax., la planta catalítica No. 1, había estado operando de manera tradicional, es decir sin boquillas de alta eficiencia, sin embargo a través del programa de mejoramiento de desempeño operativo se propuso mejorar su operación mediante un proyecto de modernización que contempló la adecuación del sistema de carga instalando mejores boquillas de dispersión.

Al instalar esta innovación se tendría una mejor atomización y/o dispersión de los gasóleos de vacío, obteniéndose un mayor contacto con el catalizador, por lo que aumentan los rendimientos de la gasolina catalítica, propano-propileno y butano-butileno a cambio de una disminución en los aceites residuales de esta planta.

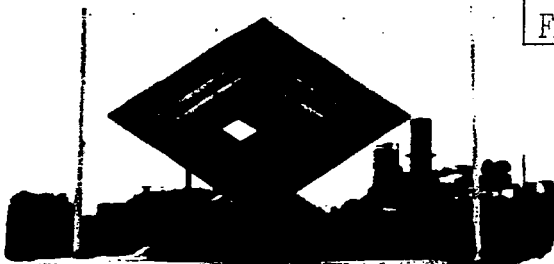


FIGURA 30

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

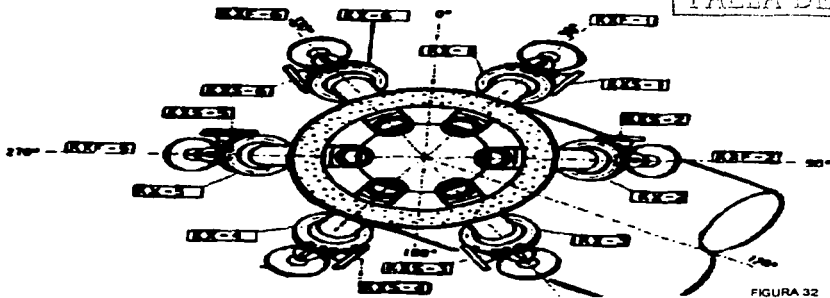
A continuación se muestran diagramas y fotografías del reactor-regenerador de la planta catalítica FCC No.1, así como el esquema de las boquillas de alta eficiencia.



FIGURA 31

Reactor de la Planta Catalítica No.1  
Refinería "Antonio Dovalí Jaime" de Salina Cruz Oax.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Detalle esquemático de corte transversal del reactor con sus seis boquillas periféricas.

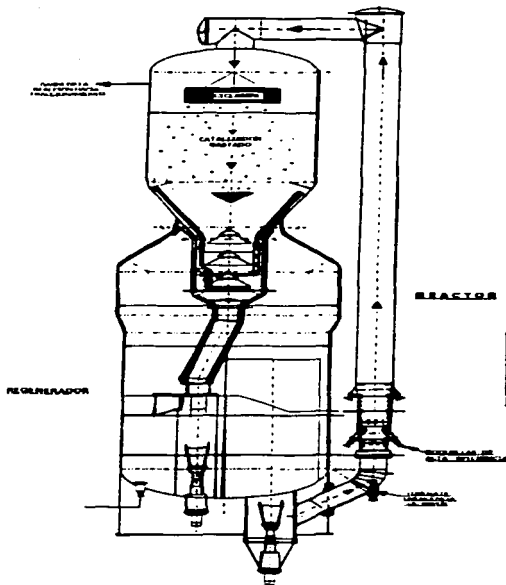
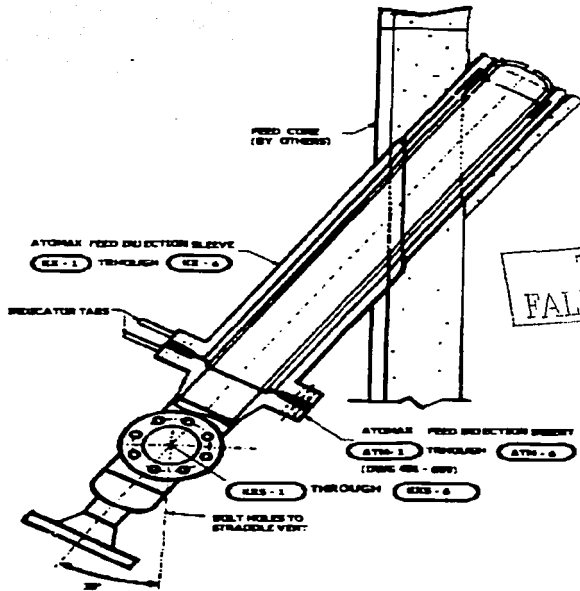


Diagrama del Reactor-Regenerador de la Planta FCC No. 1



Detalle esquemático de boquillas de alta eficiencia



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Cap. V Aplicación del programa de mejoramiento operativo.

## 6.2 Etapa de evaluación.

En forma resumida algunos de los beneficios que se esperan son los siguientes:

- Aumento volumétrico y redistribución en los rendimientos de los productos.
- Incremento de octano de la gasolina catalítica.
- Disminución de aceites residuales.

En un principio el licenciador proporciono las bases de diseño y la ingeniería básica, con la que se prometía la siguiente distribución de productos relacionada con su respectiva expansión volumétrica:

**Tabla 1.**

RENDIMIENTOS	VOLUMEN %	PESO %
Gasolina catalítica (C5 -224°C ASTM)	61.5	50.6
Butano-Butileno	17	11
Propano-Propileno	11.8	6.7
Aceite ciclico ligero (224-367°C ASTM)	16.3	17.3
Aceite decantado	4.9	5.6
Coque, Gas seco y H <sub>2</sub> S		8.8
<b>TOTAL MASICO</b>		<b>100</b>

NOTA: Capacidad de diseño de la planta FCC No.1 ( FLUID CRACKING CATALYTIC No.1 ) 40,000

[ B1

Dia ]

En la tabla anterior se aprecia una expansión volumétrica de 11.5%, valor que es relativamente alto, ya que no se contempla por cuestiones de simplificación de cálculo la expansión volumétrica del gas seco y del ácido sulfhídrico, sin embargo en los cálculos de diseño el licenciador así los presenta.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Cap. V Aplicación del programa de mejoramiento operativo.

A continuación se muestran los datos estadísticos tanto en volumen como en masa, del año 1998, mismo que se tomo como referencia para el calculo del beneficio potencial:

**Tabla 2.**

<b>RENDIMIENTOS</b>	<b>VOLUMEN %</b>	<b>PESO %</b>
Gasolina catalítica (C5 -224°C ASTM)	59.5	48.81
Butano-Butileno	110.9	7.6
Propano-Propileno	7.9	4.5
Aceite ciclico ligero (224-367°C ASTM)	21	21.24
Aceite decantado	6.66	7.53
Coque, Gas seco y H <sub>2</sub> S		10.29
<b>TOTAL MASICO</b>		<b>100.0</b>

El calculo de los beneficios que a continuación se presenta, se realizo con datos reales de 1998 vs los datos propuestos por la M. W. Kellogg Company.

**Tabla 3.**

<b>Rendimientos Volumétricos reales de 1998 vs 2000</b>			
<b>RENDIMIENTOS</b>	<b>VOLUMEN % 1998</b>	<b>VOLUMEN % M.W.Kellogg</b>	<b>DIFERENCIA</b>
Gasolina catalítica (C5 -224°C ASTM)	59.5	61.5	2
Butano-Butileno	11.9	17	5.1
Propano-Propileno	7.9	11.8	3.9
Aceite ciclico ligero (224-367°C ASTM)	21	16.3	-4.7
Aceite decantado	6.66	4.9	-1.76
Coque, Gas seco y H <sub>2</sub> S			

El beneficio aquí calculado a partir de este momento se le denominará beneficio potencial y dividió en dos rubros,

- a) Beneficio B<sub>1</sub>: Aumento volumétrico y redistribución de los rendimientos de los productos.
- b) Beneficio B<sub>2</sub>: Incremento de octano en la gasolina catalítica.

Mismos que se detallan a continuación:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**B<sub>1</sub>:**

Considerando la diferencial en volumen presentada en la tabla 2 y tomando los precios promedio de los productos del año 2000 del catalogo Institucional de resultados de operación de Pemex Refinación, se calculan sus fracciones correspondientes.

Tabla 4.

MARGENES	Diferencia	Precio Dls/Bi	Margen Dls/Bi
Gasolina catalítica (C <sub>5</sub> -224°C ASTM)	2	32.7019	0.7
Eutano-Butileno	5.1	25.9134	1.3
Propano-Propileno	3.9	25.9134	1.0
Acete cíclico ligero (224-367°C ASTM)	-4.7	28.7893	-1.4
Acete decantado	-1.76	28.7893	-0.5
Diferencial de vol.			1.1

Nota: El margen de  $\left[ \frac{Dls}{Bi} \right]$  se refiere al barril procesado y una carga de 36,666.9  $\left[ \frac{Bls}{Dia} \right]$  correspondiente a 1999.

$$\text{Margen por } BI \text{ procesado} = 1.1 \left[ \frac{Dls}{Bi} \right]$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$B_1 = \text{Margen} \left[ \frac{Dls}{Bl} \right] \cdot \text{Carga} \left[ \frac{Bl}{Dia} \right]$$

$$B_1 = 1.1 \left[ \frac{Dls}{Bl} \right] \cdot 38.666.9 \left[ \frac{Bl}{Dia} \right] \cdot 330 \left[ \frac{Dia}{Año} \right] = 14'036.084.7 \left[ \frac{Dls}{Año} \right]$$

**B<sub>2</sub>:**

Para determinar el beneficio por incremento de octano en primera instancia se determina el costo precisamente del barril-octano de la siguiente forma:

$$\text{CostoBl} - \text{Oct} = \frac{\text{PrecioGna} \cdot \text{Premium} \left[ \frac{Dls}{Bl} \right] - \text{PrecioGna} \cdot \text{Magna} \left[ \frac{Dls}{Bl} \right]}{93\text{Oct} - 87\text{Oct}}$$

$$\text{CostoBl} - \text{Oct} = \frac{38.8 \left[ \frac{Dls}{Bl} \right] - 35.9 \left[ \frac{Dls}{Bl} \right]}{6} = 0.483 \left[ \frac{Dls}{Bl - \text{Oct}} \right]$$

Para el beneficio por incremento de índice de octano se considero que este podría ser de 1.0 octanos,

**Entonces:**

El beneficio por este concepto es:

$$B_2 = \text{Carga Real} \left[ \frac{Bl}{Dia} \right] \cdot \text{Rend.Gna.} [\%] \cdot \text{Aumento de Oct} [\text{Oct}] \cdot \text{Precio de Oct} \left[ \frac{Dls}{Bl - \text{Oct}} \right]$$

$$B_2 = 38,666 .9 \left[ \frac{Bl}{Día} \right] \cdot 0.615 [Bl] \cdot 1.0 [oct] \cdot 0.423 [Dls]$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$B_2 = 11,485 .80 \left[ \frac{Dls}{Día} \right]$$

$$B_2 = 11,485 .80 \left[ \frac{Dls}{Día} \right] \cdot 330 [Día] = 3'790 .317 .072 \left[ \frac{Dls}{Año} \right]$$

**Entonces el beneficio potencial total es:**

$$B_1 + B_2 = 14'036,084.7 + 3'790,317.072$$

$$B_{TOTAL POTENCIAL} = 17'826.401.77 \left[ \frac{Dls}{Año} \right]$$

Para este beneficio potencial se considero solo esperar en primera instancia un 60% de este, en función de que pudiesen existir factores externos que impidieran que pudieran alcanzar la totalidad el mencionado beneficio.

Por lo tanto para efectos del calculo de los parámetros económicos el beneficio potencial será:

$$B_{TOTAL POTENCIAL} = 17'826.401.77 \left[ \frac{Dls}{Año} \right]$$

Para este beneficio potencial se considero solo esperar en primera instancia un 60% de este, en función de que pudiesen existir factores externos que impidieran que pudieran alcanzar la totalidad el mencionado beneficio.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto para efectos del calculo de los parámetros económicos el beneficio potencial será:

$$\text{TOTAL POTENCIAL} = 17'826.401.77 \left[ \frac{Dls}{Año} \right] * 60\% = 10.695.841.1 \left[ \frac{Dls}{Año} \right]$$

NOTA: Se consideraron para los cálculos anteriores solo 330 días del año, debido a que en este tipo de plantas se presentan trabajos de mantenimiento durante el año de aproximadamente 35 días.

En virtud del carácter incierto de los flujos de efectivo proyectados, las medidas de evaluación deberán ser lo suficientemente confiables, para una toma de decisiones con el menor riesgo posible.

Ya se comentaba en el capítulo anterior, que los métodos cuantitativos más eficientes son aquellos que consideran el valor del dinero en el tiempo; siendo los más relevantes el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

En cuanto al Periodo de Retorno de la Inversión (PRI) mas que un parámetro, es un dato para orientar el criterio de quien toma decisiones en torno al proyecto.

Ahora bien con referencia a los parámetros económicos de VPN, TIR y el PRI los resultados son los siguientes:

**Condiciones de calculo:**

Inversion ( I ): 2.6 MMUSD

FE 1, 2, 3 .....10 = Flujos de efectivo

Tasa de Interes: 10%

Periodo de recuperacion: 10 años.

Beneficios anuales: 10.7 MMUSD / Año

**Resultados:**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**A) Periodo de Retorno de la Inversión.**

$$PRI = \left[ \frac{2.6 \text{ MMUSD}}{10.7 \text{ MMUSD / Año}} \right] = 2.5 \text{ Años}$$

PRI = 3 meses

Ahora bien, al haber elegido una tasa de interés de del 10% para descontar dichos flujos , se compara con la inversión original (I).

**B) Valor Presente Neto.**

$$VPN = -I + \frac{FE1}{(1+i)^1} + \frac{FE2}{(1+i)^2} + \frac{FE3}{(1+i)^3} + \frac{FEn}{(1+i)^n}$$

$$VPN = \left[ \frac{\sum FE(n)}{(1+i)^n} \right]$$

VPN = 57.3 MMUSD

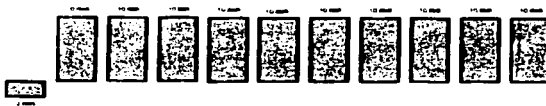
**C) Tasa interna Retorno.**

TIR = ( P = VPN) esto es, VPN = 0

TIR: 401.3%

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Flujo de Efectivo**



**Inversión**

**6.3 Cuantificación real de beneficios.**

La instalación de Boquillas de lata eficiencia , en la mencionada Planta Catalítica se llevo acabo a finales de 1999, quedando estabilizada la operación de la misma a inicios del año 2000.

Ya entonces en operación el proyecto de la mencionada planta se hizo necesano tal como lo contempla la metodología del programa de Mejoramiento Operativo, iniciar la evaluación real de los beneficios economicos para conocer el tiempo de amortizacion de los 2.6 millones de dolares invertidos y conocer los ganancias netas relativas a la implementación de este proyecto.

Se consideraron como referencia los datos de carga y producción de 1998 para calculo de los mencionados beneficios reales.

A continuacion se presenta la memona de calculo que contempla los años 2000 y 2001 en operación sin interrupción. de la planta catalítica No.1 y que es parte del objetivo de esta tesis.



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## MEMORIA DE CALCULO

### Evaluación del Proyecto

Instalación de boquillas de alta eficiencia al reactor de la planta catalítica L.

Carga y producción (BPS)	1998												Prom 1998
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98	
Gasolina	43,485	37,034	33,628	39,880	37,882	37,882	40,132	40,853	39,833	41,000	42,887	38,018	38,880
CCl <sub>4</sub>	2,980	3,087	2,988	3,103	3,080	2,987	3,080	3,098	2,730	3,239	3,191	2,854	3,093
CCl <sub>2</sub>	4,858	4,424	4,499	4,889	4,899	4,797	4,780	4,888	4,880	4,803	4,975	4,179	4,658
Gasolina	24,200	22,490	20,541	23,903	22,738	21,581	23,185	24,423	23,749	23,827	24,322	21,143	23,025
ACL	8,007	7,546	6,938	6,942	6,030	5,719	5,542	6,888	6,444	6,994	6,994	7,765	8,100
Ac. Esc.	2,788	2,298	2,189	2,362	2,542	2,808	2,968	3,688	3,781	3,971	3,915	2,961	3,282

Carga y producción (BPS)	2000												Prom 2000
	Ene-00	Feb-00	Mar-00	Abr-00	Mayo-00	Jun-00	Jul-00	Ago-00	Sep-00	Oct-00	Nov-00	Dic-00	
Gasolina	38,859	34,101	34,174	34,302	35,123	35,423	35,179	38,717	38,717	38,717	37,880	40,000	38,880
CCl <sub>4</sub>	3,020	3,205	3,220	3,287	3,289	3,211	3,212	3,260	3,880	3,204	2,880	2,900	3,204
CCl <sub>2</sub>	4,900	3,001	4,888	4,888	4,807	3,088	3,324	3,324	3,208	3,208	3,183	3,183	3,208
Gasolina	23,000	20,499	20,189	20,415	21,200	21,228	22,408	22,798	22,798	22,798	22,988	22,988	21,007
ACL	8,100	6,027	5,787	5,882	5,882	6,137	6,508	6,508	6,728	6,508	6,104	6,508	6,508
Ac. Esc.	2,720	2,318	2,148	2,132	2,430	2,775	2,312	2,628	2,717	2,494	3,748	2,000	2,500

Cuentas - Cuantías Catalíticas													Prom 2000
RCM	140	92	92	92	91	92	92	92	92	92	92	91	
RCM	140	79	80	80	79	80	82	78	80	80	80	80	
RTM/2	80	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
DM C/2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Promedio del año 2000 (Días)	1998												Prom 2000
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	Mayo-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98	
Reactivos	29,3330	29,8224	34,4601	37,8875	32,798204	36,862	40,810	37,4724	36,300205	39,9808	38,1398082	38,1398082	36,8880
Reactivos consumo	40,82372	37,2149	40,8234	47,8245	47,8245	49,1851	52,819	49,3944	47,823204	49,8207	49,820703	49,820703	43,4208
Gasolina	24,18148	20,5815	20,1432	22,6022	27,798704	31,30174	34,275	32,4142	31,42550224	35,895	35,012172	35,012172	31,5014
CCl <sub>4</sub>	23,2040	28,8822	28,8822	28,3491	28,8794901	26,1229	28,754	28,1427	28,877788	32,0881	31,1262987	31,1262987	28,7349
CCl <sub>2</sub>	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843	28,234843
Gasolina	38,1738	39,8483	33,1858	37,3308	31,2747285	35,7148	40,788	37,3203	38,8259018	40,0981	38,427823	38,427823	35,4875
ACL	27,6882	29,4620	22,2204	21,8388	28,8888888	30,4878	31,050	32,0417	34,8887848	41,8728	38,844288	38,844288	23,524
Ac. Esc.	12,3411	12,3888	16,18	16,18	19,770675	19,2623	19,2623	19,2623	19,2623	19,2623	18,483208	18,483208	17,8258

Cálculo de reacción volumétrica													Prom 2000
1 litro de gas en condiciones normales de presión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Gasolina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CCl <sub>4</sub>	0,078	0,1	0,088	0,087	0,087	0,088	0,088	0,081	0,081	0,081	0,078	0,080	
CCl <sub>2</sub>	3,118	0,1	0,145	3,185	0,144	0,144	0,145	0,143	0,149	0,149	0,149	0,175	
Gasolina	0,8	0	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
ACL	2,210	0,2	0,174	0,173	0,173	0,173	0,173	0,174	0,178	0,208	0,188	0,175	
Ac. Esc.	0,070	0,1	0,1	0,082	0,072	0,078	0,086	0,081	0,070	0,090	0,090	0,080	
Actividad de agua	0,073	0,041	0,088	0,088	0,084	0,084	0,086	0,070	0,072	0,117	0,107	0,088	

Cálculo de diferencias													Prom 2000
Costo Boque	1,267	1,223	1,006	1,610	1,271	1,684	1,987	1,987	1,566	1,491	1,420	1,420	
Gasolina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
CCl <sub>4</sub>	0,020	0,018	0,020	0,018	0,017	0,020	0,018	0,018	0,012	0,038	-0,021	-0,030	
CCl <sub>2</sub>	3,419	0,576	0,027	0,025	0,024	0,024	0,024	0,027	0,027	0,027	0,021	0,028	
Gasolina	3,01	0,01	0,01	0,012	0,005	0,008	-0,003	-0,007	-0,005	-0,017	-0,007	0,000	
ACL	0,03	-0,04	-0,04	-0,037	-0,038	-0,038	-0,038	-0,038	-0,032	-0,013	-0,024	-0,020	
Ac. Esc.	0,00	-0,00	-0,01	0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	0,000	
Actividad de agua	0,0178	0,0130	0,0081	0,023	0,021	0,010	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,004	0,014	

Cálculo de reactivos por litro producido - Diferencia													Prom 2000
Costo Boque	1,267	1,223	1,006	1,610	1,271	1,684	1,987	1,987	1,566	1,491	1,420	1,420	
Gasolina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
CCl <sub>4</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
CCl <sub>2</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Gasolina	3,674	0,739	1,832	1,770	0,813	0,946	0,732	0,987	0,762	0,954	0,900	1,739	
ACL	2,170	0,211	0,200	0,218	0,200	0,218	0,200	0,218	0,200	0,218	0,200	0,218	
CCl <sub>4</sub>	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	-0,160	
Ac. Esc.	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	
Ac. Esc.	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	

Beneficio Anual													Prom 2000
Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	Mayo-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98		
140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140		
79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79		
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80		
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

BENEFICIO ANUAL	19.382,3 MDLS
INVERSION	2.688,0 MDLS

MEMORIA DE CALCULO (GRAFICAS)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

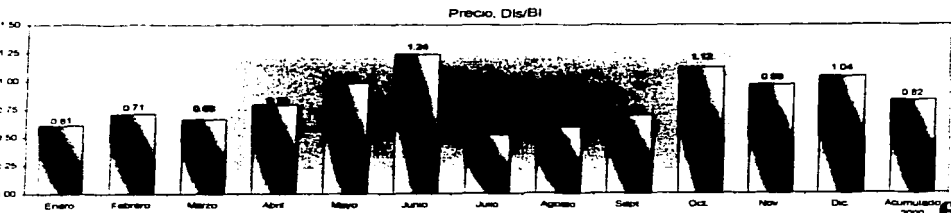
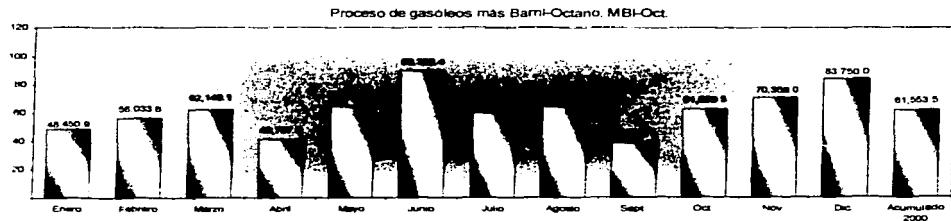
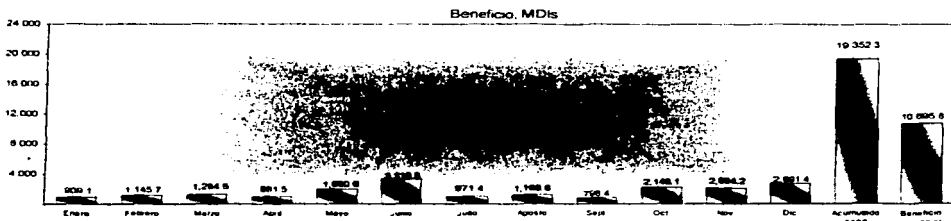
Inversión real	2 855	MDa
Periodo de pago	0,2	Años
Periodo de recuperación del proyecto	18	meses

Evaluación del Proyecto

Instalación de boquillas de alta eficiencia al reactor de la planta catalítica f.

Año 2000	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov.	Dic.
Beneficio MDa	909 1	1 145 7	1 264 5	561 5	1 500 6	3 310 8	971 4	1 168 6	708 4	2 148 1	2 034 2	2 691 4
Vol. MBi-Oct	49 5	56 0	62 1	40 6	64 1	80 3	59 7	63 6	36 2	42 0	70 4	63 6
Precio, Dls/Bi	0 705	0 735	0 654	0 786	0 981	1 238	0 525	0 59	0 89	1 1178	0 9837	1 0367

Acumulado Real	Beneficio Potencial	Acumulado Real
19 352 3	10 895 6	12 801 6



## MEMORIA DE CALCULO

## Evaluación del Proyecto

Instalación de boquillas de alta eficiencia al reactor de la planta catalítica.

Carga y producción (BPD)	1998												
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ag-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98	Prm. 1998
Gasolina	40 485	37 034	33 626	39 880	37 952	36 487	40 132	40 953	38 833	41 000	40 887	35 810	38 080
C3C3+	2 995	3 087	2 985	3 103	3 080	2 887	3 085	3 408	2 755	3 258	3 181	2 984	3 063
C4C4+	4 954	4 450	4 248	4 888	4 519	4 087	4 787	4 782	4 538	4 901	4 975	4 178	4 930
Gasoleno	24 200	22 986	20 041	23 003	22 779	21 063	24 423	24 742	23 822	24 522	23 145	22 845	23 863
ACL	8 007	7 546	6 908	8 042	8 030	7 317	8 542	8 889	8 444	8 880	9 044	7 771	8 100
Ac. Dec.	2 789	2 298	2 198	2 382	2 542	2 828	3 084	2 958	2 781	3 315	3 315	2 581	2 722

## Carga y producción (BPD)

Carga y producción (BPD)	2001												
	Ene-01	Feb-01	Mar-01	Abr-01	May-01	Jun-01	Jul-01	Ag-01	Sep-01	Oct-01	Nov-01	Dic-01	Prm. 2001
Gasolina	37 215	38 829	35 907	37 074	38 794	39 895	38 183	38 837	38 024	38 216	36 104	36 218	31 880
C3C3+	3 328	3 734	3 313	3 274	3 279	3 180	3 810	3 278	3 208	3 000	2 415	2 833	2 833
C4C4+	5 353	5 573	5 585	5 628	5 628	5 878	5 878	5 029	5 029	5 029	3 971	4 178	4 178
Gasoleno	22 589	21 782	20 443	22 008	22 008	22 918	21 184	19 899	17 849	17 849	15 510	18 749	18 749
ACL	7 108	7 488	6 462	8 747	8 533	9 249	8 033	8 880	7 882	7 981	8 510	8 510	8 510
Ac. Dec.	3 137	3 318	2 758	2 921	2 884	3 111	2 078	3 485	3 375	3 582	2 579	2 722	2 722

## Opciones - Gasolina Catalítica

Opciones - Gasolina Catalítica	RDH	MOH	(R+M)Z	DL Det
RDH	82.5	82.3	83.1	82.9
MOH	79.9	79.9	80.4	80.7
(R+M)Z	86.2	86.1	86.7	86.8
DL Det	0.66	0.63	1.3	1.6

## Precios del año 2001 (Dólares)

Precios del año 2001 (Dólares)	Ene-01	Feb-01	Mar-01	Abr-01	May-01	Jun-01	Jul-01	Ag-01	Sep-01	Oct-01	Nov-01	Dic-01	Prm. 2001
Petrola magna	32 1953	37 4215	37 3588	33 6194	30 7431	40 8853	33 4882	28 8728	32 7568	35 4859	28 2238	23 9632	33 47
Petrola premium	40 3650	44 4498	44 5347	40 3320	35 8545	54 1812	43 8508	37 2021	41 8654	40 738	29 885	26 817	42.08
Gasolina	28 8537	32 0712	30 8217	27 4823	32 2988	33 3882	28 2089	24 0811	27 0809	28 8010	30 9231	18 1437	27 88
C3C3+	31 0981	38 3746	30 7357	28 5278	28 2780	29 5249	23 8088	18 1113	22 0814	21 3586	21 0080	18 5842	23 91
C4C4+	31 0981	38 3746	30 7357	28 5278	28 2780	29 5249	23 8088	18 1113	22 0814	21 3586	21 0080	18 5842	23 91
Gasoleno	31 8871	38 8243	36 1909	32 0140	38 4208	38 7800	32 8828	28 3231	32 3174	34 8881	25 8082	23 1441	32.70
ACL	33 9178	33 9159	31 4789	27 4731	28 7541	29 8887	30 0315	27 0327	27 9777	29 883	24 2878	21 3852	28.78
Ac. Dec. (promedio)	25 5647	24 5045	22 8984	24 2119	22 58245	22 5819	21 85845	20 2153	21 8343	23 1827	20 44049	18 2888	22.08
Ac. Dec.	33 5778	33 9159	31 4789	27 4731	28 7541	29 8887	30 0315	27 0327	27 9777	29 883	24 2878	21 3852	29.78
Cosec	17 5818	15 9522	13 8589	14 5649	18 4508	15 2331	13 6882	13 3879	15 9529	18 6824	16 6805	15 6074	15.29

## Calculo de fracciones volumétricas

La instalación se hizo considerando 1 barril de carga

Calculo de fracciones volumétricas	Gasolina	C3C3+	C4C4+	Gasoleno	ACL	Ac. Dec.	Aumento de vol.
Gasolina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
C3C3+	0.1	0.1	0.1	0.09	0.089	0.089	0.089
C4C4+	0.1	0.1	0.2	0.157	0.159	0.159	0.159
Gasoleno	0.7	0.6	0.6	0.673	0.683	0.683	0.683
ACL	0.2	0.2	0.2	0.181	0.178	0.182	0.182
Ac. Dec.	0.1	0.1	0.079	0.078	0.071	0.064	0.068
Aumento de vol.	0.115	0.133	0.079	0.084	0.102	0.081	0.078

## Calculo de diferencias

Calculo de diferencias	Gasolina	C3C3+	C4C4+	Gasoleno	ACL	Ac. Dec.	Aumento de vol.
Gasolina	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
C3C3+	0.01	0.02	0.01	0.009	0.010	0.011	0.016
C4C4+	0.02	0.03	0.04	0.028	0.028	0.028	0.028
Gasoleno	0.01	-0.01	-0.02	-0.012	-0.005	-0.005	-0.002
ACL	-0.02	-0.01	-0.03	-0.023	-0.047	-0.052	-0.018
Ac. Dec.	0.01	0.02	0.01	0.008	0.007	0.000	0.018
Aumento de vol.	0.0418	0.0599	0.0057	0.011	0.029	0.008	-0.012

## Cosec 18-oct

Cosec 18-oct	1 388	1 171	1 198	2 119	2 554	2 216	1 748	1 388	1 484	874	810	493	1 438
Gasolina	0.000	0.28	0.30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C3C3+	0.332	0.890	0.400	0.209	0.209	0.209	0.199	0.072	0.039	0.039	0.032	0.039	0.039
C4C4+	0.780	1.216	1.064	0.921	1.089	1.058	0.828	0.348	0.338	0.307	0.000	0.398	0.885
Gasoleno	0.381	-0.211	-0.730	-0.378	-0.208	-0.208	-0.162	-0.587	-2.892	-3.598	0.000	-0.221	-0.824
ACL	-0.821	-0.258	-0.813	-0.758	-0.903	-1.408	-1.548	-0.782	-0.308	0.000	-0.450	-0.840	-0.840
Ac. Dec.	0.355	0.478	0.143	0.170	0.189	0.004	-0.349	0.479	0.351	1.813	0.000	0.528	0.528
Aumento de vol.	1.207	2.074	-0.008	0.228	0.835	0.147	-0.338	-0.322	-2.300	-1.241	0.000	0.688	0.888

## Calculo de margen por barril cosecado, Dólares

Calculo de margen por barril cosecado, Dólares	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Gasolina	9 352.3	8 280	7 251.4	1 161.2	2 384.3	3 827.2	5 271	915.0	908.8	0.0	0.0	0.0	0.0
C3C3+	918	87	53.4	68.9	70.6	73.2	26.6	96.8	96.8	0.0	0.0	0.0	0.0
C4C4+	6 249	1 265	1 773	0 531	1 120	1 685	0 981	0 442	0 44	0	0	0	0
Gasoleno	1 938.3	2 890	2 751.4	1 161.2	2 384.3	3 827.2	5 271	915.0	908.8	0.0	0.0	0.0	0.0
ACL	918	87	53.4	68.9	70.6	73.2	26.6	96.8	96.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Ac. Dec.	0 6249	1 265	1 773	0 531	1 120	1 685	0 981	0 442	0 44	0	0	0	0

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## MEMORIA DE CALCULO (GRAFICAS)

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

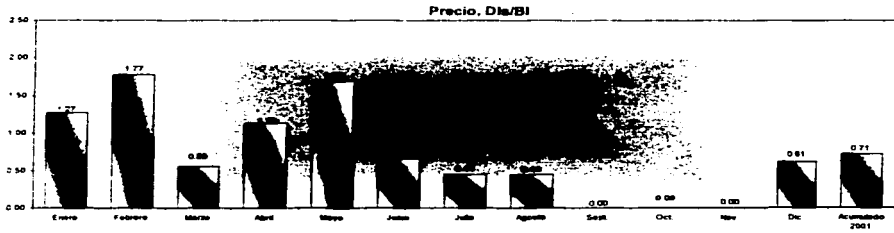
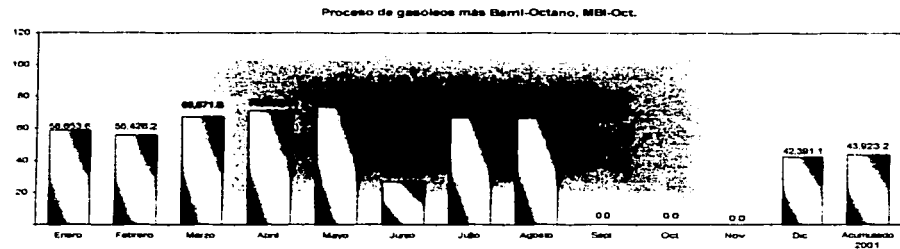
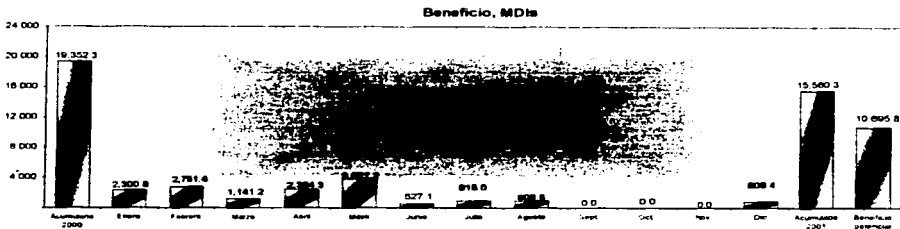
## Evolucion del Proyecto

Evolucion de Beneficio de MBI Octano y MBI-O2 de la planta actualizada 1.

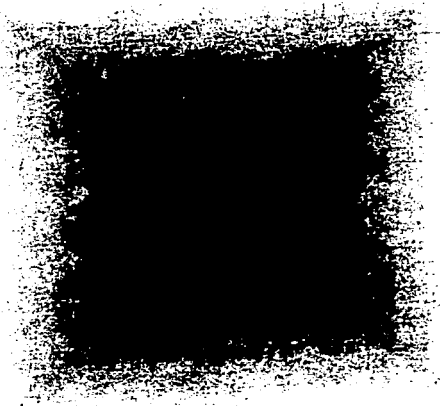
Inversion total	2 850	MDi
Presente de MBI	0,2	Años
Tiempo de vida útil del proyecto	30	meses

AÑO 2001	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Beneficio MDi	2.300,8	2.751,4	1.141,2	2.384,3	3.827,2	527,1	915,0	938,8	0,0	0,0	0,0	808,4
Vol. MBI-O2	14,7	58,4	89,9	70,6	73,2	26,6	86,8	88,5	0,0	0,0	0,0	42,4
Precio Diesel-Oct	1,295	1,771	0,561	1,126	1,895	0,961	0,442	0,64	0	0	0	0,4113

Acumulado	Beneficio	Acumulado
Real	15 560,3	Real
Presente	10 460,6	Presente
15 560,3		15 560,3



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CONCLUSIONES

1. Se puede mencionar que, con respecto al año 2001, el programa de Mejoramiento operativo aplicado en la refinería " Ing. Antonio Dovalí Jaime" en Salina Cruz, Oax, cumplió con el requerimiento para que fuese implementado, esto es, se identificaron las oportunidades de mejora (brechas económicas), las cuales, siguiendo la metodología presentada en el citado proyecto lograron incrementar la eficiencia del área de producción, y fortalecer una cultura de un entorno meramente económico con el personal técnico que opera sus instalaciones.

Además se concluye que este programa donde se aplica un ejercicio Benchmark es una herramienta de gran utilidad con valor estratégico, el cual, nos pronostico una ventaja amplia que pudo defender y competir con éxito. Lo que nos dio un amplio apoyo para lograr una acertada toma de decisiones, pues está formulado con bases y objetivos verificables.

2. En términos generales se puede decir, que basándonos en la metodología su evaluación consistió en cuatro etapas fundamentales.

### 1. ETAPA DE DISEÑO:

En esta etapa se menciona como punto relevante la definición de metas y objetivos específicos, organizando equipos, definiendo criterios de evaluación, para con todo ello desarrollar un plan de trabajo detallado.

### 2. ETAPA DE ANÁLISIS:

En esta etapa lo más importante fue la generación de ideas mismas que nacieron del personal técnico-operativo de todos niveles y la creación de una base de datos para poder analizar de una forma integral y ordenada cada una de estas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

3. ETAPA DE PROGRAMACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN:

Ya analizadas y seleccionadas cada una de las ideas se compactan para formar una sola idea, la cual al ser aprobada, se plantea la problemática para la elaboración de contratos, actividades con los licenciadores, ingeniería de detalle, procura e instalación.

4. ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS:

Esta etapa es de suma importancia ya que en este punto se inicia la captura real del proyecto a implementarse. Esto es, con la idea obtenida se inicia la ejecución del programa, la evaluación de beneficios antes de la inversión, es decir, beneficio potencial.

Se puede concluir que los beneficios esperados en la evaluación, el aumento volumétrico y redistribución en los rendimientos de los productos fue 14'036,048.7 Dis/año. El beneficio por incremento de octano de la gasolina catalítica fue de 3'790,317.07 Dis/Año, por lo que el beneficio potencial calculado a un 60% fue 10'695,841.1 Dis/Año.

Al medirse la rentabilidad los parámetros obtenidos fueron favorables debido a que:

[REDACTED]

Se hace el calculo en base a un periodo de recuperación 10 años.

[REDACTED]

Esto quiere decir, que en un periodo de 3 meses se recupero la inversión.

Con datos reales en la memoria de calculo se logra esquematizar las mejoras y rentabilidad del proyecto.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

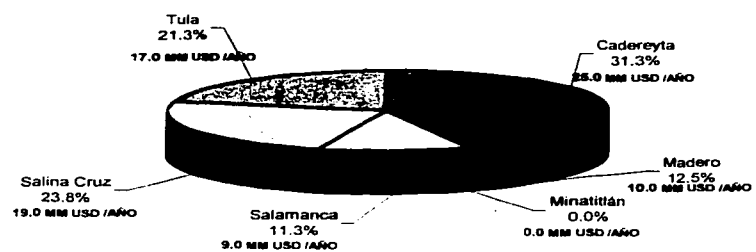
3. Al cierre del año 2000 - 2001 se implementaron en todas las refinerías varios proyectos significativos de Mejoramiento Operativo en todo el SNR, con los cuales se consideró que los beneficios económicos detectados afectan positivamente los resultados de operación de Pemex Refinación.

Habiéndose comprobado la eficiencia de este proyecto se pudo implementar en las diferentes refinerías la instalación de boquillas de alta eficiencia exceptuando la de Minatitlán, reportándonos resultados favorables y cerrando brechas operativas las cuales nos dieron cifras de beneficios económicos significativos.

Estos beneficios se calcularon con base en datos reales reportados por las refinerías, tales como incremento de cargas y barril-octano con el aumento en la expansión volumétrica de los productos de las plantas catalíticas ( FCC ), entre otros.

De manera general es importante mencionar el comparativo que existe con la implementación de este proyecto en las otras refinerías, para así poder concluir que ha sido favorable esta idea.

**Porcentaje de los beneficios capturados por Refinería  
2000 - 2001 (80 MMUSD/AÑO)**



Es fundamental el incluir estos programas en todas las áreas Operativas de la Industria en México. Debido a, que los costos para implementar los programas resultan mínimos al compararlos con los beneficios obtenidos.

Es importante mencionar que ayuda a establecer metas y objetivos alcanzables al mismo tiempo que facilita el mejoramiento operativo de un Organismo.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ANEXO  
FORMATOS**

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Generación de ideas

Refinería " Ing. Antonio Dovalí Jaime" de Salina Cruz, Oax.

## REFERENCIA

Autor:

ING. MARGAL MEDINA M

Fecha:

Grupo generador

PLANTAS CATALITICAS

Jefe de Grupo: ING. GILBERTO BARENCA

IDEA

Clave de la idea

CTS045

Tipo de idea:

ALTO IMPACTO

Descripción:

Instalación de boquillas de alta eficiencia en el reactor de la planta catalítica No.1 ( FCC No.1)

Beneficios:

- 1) Aumento volumétrico y redistribución en los rendimientos de los productos.
- 2) Incremento de octano de la gasolina catalítica
- 3) Disminución de aceites residuales.

Requerimientos

- 1) Ingeniería de Detalle
- 2) Compra de boquillas de alta eficiencia y periféricos.
- 3) Instalación de boquillas.

Añote si ha sido aplicada en alguna otra ocasión

(NO)

¿Cuándo, dónde y con qué resultado?

Observaciones:

Se espera obtener una mayor carga a las plantas de afluencia y MTBE.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## Evaluación de ideas

Centro de trabajo: Refinería "Ing. Antonio Dovall Jaime" de Salina Cruz, Oax.

Descripción:

5 1 1                      38

### GASTOS OPERATIVOS

Concepto	Ahorros

Suma de gastos operativos

### INVERSIONES INICIALES

Concepto	Ahorros

Suma de inversiones iniciales

### INVERSIONES MULTIANUALES

Concepto	Ahorros	Año

VPN	
Tiempo de implementación	
TIR	
PRI	

Valor presente neto:		Impacto anual:	
Tasa interna de retorno:		Impacto anual:	
Periodo de retorno de la inversión		Impacto anual:	

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## CARATULA DE SEGUIMIENTO

### Descripción de ideas

Clave	Tipo de rubro
-------	---------------

### Implementación

Requisitos para poner en marcha	Fecha de puesta en marcha	Trimestre	Año
---------------------------------	---------------------------	-----------	-----

### Parámetros económicos (MUSD)

Impacto anual	VPM	TPI	Inversión	PBI	
---------------	-----	-----	-----------	-----	--

### Base de cálculo de beneficios

Concepto	Unidades Físicas	Cantidad	Precio	Beneficio (MUSD/ANO)

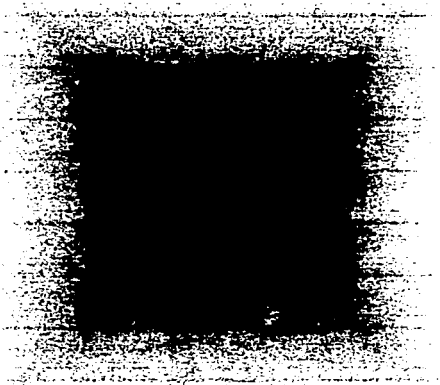
### Indicadores de seguimiento

Indicador	Unidades	Niveles históricos			
		1998	1999	2000	2001

### Impacto en estado de resultados

Rubro	Cambio en el rubro	Fecha inicial de recuperación
-------	--------------------	-------------------------------

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **GLOSARIO**

### **Alquilado, st. (alkylate)**

Producto de la reacción de alquilación, generalmente de isobutano con butileno, para formar hidrocarburos ramificados, principalmente isoocetano y otros isómeros ramificados del octano, con un índice de octano de alrededor de 94, por lo cual es muy apreciado para preparar gasolina de alto octano.

### **Azufre, st. lat. sulphur (sulfur sulphur)**

Su símbolo químico es S, de número atómico 16 y masa atómica 32.06. Elemento sólido no metálico de color amarillo, existe en dos formas cristalinas: D y E, además de otras estructuras amorfas; su punto de fusión varía según la forma cristalina, 113° C para la forma D y 119° C para la E; su punto de ebullición es 445° C, de inflamación 207° C y auto ignición 232° C, con una variación de su gravedad específica (20/4° C) de 1.96 (monoclinico) a 2.07 (rómbo). Es insoluble en agua, ligeramente soluble en alcohol y éter, soluble en disulfuro de carbono, tetracloruro de carbono y benceno; además de ser combustible.

Se encuentra en yacimientos en forma más o menos pura y combinado en diversas formas químicas en el petróleo crudo, gas natural y formando sulfuros y sulfatos minerales. En el gas natural se encuentra en sus formas más sencillas, principalmente como ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y mercaptanos (R-SH).

### **Asfalto (Asphalt)**

La mezcla de bitumen y agregado que se utiliza para la pavimentación de caminos.

### **Barril (Barrel - bbl)**

Una medida estándar para el aceite y para los productos del aceite. Un barril = 35 galones imperiales, 42 galones US, ó 159 litros.

### **Barriles por día (Barrels per day - bpd or b/d)**

En términos de producción, el número de barriles de aceite que produce un pozo en un período de 24 horas, normalmente se toma una cifra promedio de un período de tiempo largo. (En términos de refinación, el número de barriles recibidos o la producción de una refinería durante un año, divididos por trescientos sesenta y cinco días menos el tiempo muerto utilizado para mantenimiento).

### **BTX**

Abreviatura de los hidrocarburos aromáticos: benceno, tolueno y xileno.

### **Calidad (quality)**

Conjunto de características de un elemento que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades explícitas o implícitas.

Para Pemex Refinación el concepto de calidad está implícito en todas sus áreas. Por tanto, se han diseñado estrategias para que el servicio ofrecido por la empresa se caracterice por su calidad. Los esfuerzos emprendidos por Pemex Refinación para incrementar la calidad en su operación incluyen el desarrollo de esquemas de trabajo que respondan a nuevas oportunidades de servicio y requerimientos de los consumidores.

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### Calor, st. (heat)

Energía originada probablemente por un movimiento vibratorio atómico molecular, cuyas variaciones son debidas a fenómenos de tipo cinético en las moléculas. Un cuerpo que absorbe calor aumenta su temperatura, mientras que un cuerpo que cede calor disminuye su temperatura. Cuando dos cuerpos se encuentran a la misma temperatura, es decir, cuando alcanzan el equilibrio térmico, cesa el tránsito de calor entre ambos. Otros efectos del calor son las destilaciones, el aumento de las dimensiones de un objeto y los cambios de estado. El calor se puede transmitir por **conducción** (sólidos), por **convección** (líquidos y gases) o por **radiación** (incluso en ausencia de un medio de conducción). La unidad de calor es el joule. También se mide en calorías (1 cal. o 4.1868 joules), en Btu (*british thermal unit*, que en el sistema inglés equivale a 251.98 cal.).

### Carbono (Carbon)

Un elemento sólido que existe de muchas formas incluyendo diamantes, grafito, coque y carbón vegetal. Las combinaciones de carbono con hidrógeno son conocidas como hidrocarburos y pueden consistir de moléculas muy grandes (tales como polipropilenos) o muy cortas (como metano).

### Catálisis, st. (catalysis)

Incremento o aceleración de una reacción química causado por una sustancia (catalizador) que permanece sin cambio al final de la reacción. También se dice de cualquier reacción efectuada por un agente externo a ella.

### Catalizador, st. (catalyst)

Sustancias que facilitan las reacciones químicas, dado que aumentan la velocidad con que se producen o, en casos reducidos, las retardan (catalizadores inhibidores). Su finalidad puede estar determinada y encauzarse a obtener productos deseables o bien se utilizan para liberar a un producto específico de sustancias indeseables. Terminada la reacción química que desencadena el catalizador, este último regresa a su estado químico original.

En atención al estado físico de las sustancias que intervienen en una reacción química y los catalizadores, las reacciones resultantes suelen dividirse en dos rubros, a saber, sistemas homogéneos y sistemas heterogéneos.

### Catalizador(es) gastado(s)

Cualquier material utilizado para alterar la velocidad de reacción de algún proceso, cuya calidad no permita usarlo nuevamente.

### Combustóleos (Fuel oils)

Aceites pesados provenientes del proceso de refinación; utilizados como combustibles en plantas de generación de energía, en la industria, en barcos, etc. Futuros (aceites): La venta y compra de aceite a un precio acorde con una fecha de entrega a futuro. El vendedor puede no tener aún el aceite, y ambos comprador y vendedor están especulando sobre como cambiarán los precios en el futuro.

### Coquización (Coking)

Un proceso de desintegración térmica para romper las moléculas grandes en otras más pequeñas con la generación de coque de petróleo.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## Corriente - abajo (Downstream)

Aquellas actividades que tienen lugar entre la carga de aceite crudo en la terminal de exportación y la utilización del aceite por el usuario final. Esto comprende la exportación de aceite crudo a través del océano, el abastecimiento y la comercialización, la refinación, la distribución y el mercadeo de los productos derivados del aceite. Ver también corriente arriba (upstream).

## Corriente arriba (Upstream)

Las actividades relativas a la exploración, producción y entrega a una terminal de exportación de petróleo crudo.

## Crudo ligero (Light crude)

Aceite crudo con proporciones relativamente altas de fracciones ligeras, y baja gravedad específica.

## Coque del petróleo (petroleum coke)

Producto sólido, poroso, de color negrozco, cuya densidad aproximada es 1.2 g/cm

## Desfogue (Blowdown)

Un método de producción de gas/condensado del yacimiento permitiendo la depresión del mismo sin reinyectar gas. Con este método de producción algunos condensados pueden condensarse dentro del yacimiento donde su recuperación deja de ser operación práctica.

## Densidad, lat. *dense* - denso (*density*)

Relación entre la masa de un cuerpo y su volumen. Su valor depende de muchos factores, como la temperatura y presión a la que estén sometidos. Para los líquidos la densidad varía muy poco dentro de los límites amplios de estas variables. En cambio la densidad de un gas es muy sensible a cambios de temperatura y presión, por lo que generalmente se reporta en condiciones estándar a 0° C y una atmósfera de presión. En el caso de sólidos y líquidos comúnmente se expresa en g/cm<sup>3</sup> siendo su unidad en el Sistema Internacional de Medidas (SI) kg/m<sup>3</sup> *Petro*. Característica de los productos derivados del petróleo que se determina a través de su volumen y peso o la gravedad específica y la gravedad API, en grados API.

## Desintegración, st. (*cracking*)

Proceso que consiste en descomponer las moléculas de hidrocarburos más grandes, pesadas o complejas en moléculas más ligeras y simples. La desintegración se lleva a cabo mediante la aplicación de calor y presión y, en técnicas más avanzadas, mediante el uso de catalizadores. La utilización de este proceso permite incrementar el rendimiento de gasolina y de otros productos importantes (gas seco, propano, propileno, butano-butileno, gasolinas, aceites cíclicos y decantados, etc.) que tienen aplicaciones diversas en la industria del petróleo.

Los tipos más comunes de unidades de desintegración son las de desintegración catalítica, hidrosdesintegración, desintegración de residuales, desintegración térmica, reducción de viscosidad y de desintegración con vapor.

## Destilación, lat. *destillatio* - gotear (*distillation*)

Proceso de separación de componentes de una mezcla líquida por vaporización parcial y la recuperación separada del vapor y el residuo. Mediante este proceso se logra aumentar la concentración del componente más ligero o volátil en la fase de vapor y del pesado o residuo en la fase líquida. La eficiencia de separación dependerá de la volatilidad relativa de los componentes y del diseño del equipo de destilación. Este proceso puede aplicarse en muchas mezclas de productos, binarias (de dos productos) o multicomponentes (varios productos).



En la industria petrolera se usa para separar componentes o grupos y fracciones de hidrocarburos con características similares. Este procedimiento es el más usado en la refinación del petróleo. Las variantes de esta operación son la destilación súbita (*flash*), rectificación, destilación fraccionada y destilación azeotrópica, entre otras.

**Destilación atmosférica (atmospheric distillation, skimming, topping)**

Primera etapa de la destilación de crudos; consiste en la separación por destilación a presión ambiente de las diversas fracciones o constituyentes, apoyándose para tal fin en su diferencia de temperatura de ebullición (o volatilidad). Durante este proceso las fracciones o productos más ligeros (gases y nafta ligera) se destilan primero y posteriormente se sacan por el domo o parte superior de la torre. Los destilados. El proceso que aquí se describe ocurre cuando el crudo proveniente de los tanques de almacenamiento se alimenta a la planta, se calienta intercambiando calor con los productos que salen de ella y se le elimina la sal que viene disuelta en él, utilizándose para este propósito el equipo denominado

**Destilación al vacío (vacuum distillation)**

Proceso de destilación de crudos utilizado como paso intermedio para extraer, del residuo atmosférico, el gasóleo usado como carga a las plantas de desintegración catalítica FCC, así como las fracciones para la elaboración de los aceites lubricantes. La temperatura necesaria para fraccionar el residuo obtenido de la destilación atmosférica sería de alrededor de 550°C, nivel en el cual se presentaría una desintegración de las moléculas y su consecuente pérdida de producto, formación indeseable de coque y ensuciamiento del equipo. Para solventar estos inconvenientes se cuenta con el proceso de destilación al vacío, el cual consiste en fraccionar el residuo de las plantas primarias en tres o más cortes, sometiendo a una destilación nueva en una torre especial donde se ha reducido la presión alrededor del 2 por ciento de la presión atmosférica normal (de 10 a 20mm, de mercurio de presión absoluta); esto se hace creando condiciones de vacío con eyectores de vapor.

Debe destacarse que una de las propiedades de todas las sustancias es la de reducir su temperatura de ebullición al bajar la presión a que están sometidas. Aunado a esto ha de observarse también que de acuerdo con la ley de los gases, el volumen de vapor en las torres de destilación al vacío es mayor que la que concurre en las torres de destilación atmosférica, derivándose de ello que las torres de destilación al vacío son de mayor diámetro. En los últimos 20 años, para obtener una mayor eficiencia térmica y reducir costos, se han integrado plantas de destilación atmosférica y de destilación al vacío en una sola unidad, aunque cabe aclarar que se sigue respetando la independencia de cada una de ellas. A este tipo de unidades se les ha denominado **plantas de destilación combinada**.

**Destilado(s) intermedio(s) (intermediate fractions)**

Fracción de crudo o hidrocarburos proveniente de su destilación, que destilan entre 175° C y 330° C, que corresponden a una fracción de nafta, querosina y combustible diesel, utilizándose estos dos últimos productos, en algunos países como combustible para calefacción (*distillate heating oil No. 1 y No. 2* respectivamente).

**Diesel, Pemex (diesel)**

Combustible derivado de la destilación atmosférica del petróleo crudo. Se obtiene de una mezcla compleja de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos, mediante el procesamiento del petróleo. Es un líquido insoluble en agua, de olor a petróleo.

**Diluyente(s), (diluent(s))**

Productos intermedios de la refinación usados para adelgazar combustóleo, reducir la viscosidad y ajustar el nivel de azufre.

**Etileno (Ethylene -ethene-)**

Una olefina consistente de dos átomos de carbono y cuatro átomos de hidrógeno; es un químico básico muy importante en las industrias química y de plásticos.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## Fraccionamiento (Fractionation)

Nombre genérico del proceso de separación de una mezcla en sus componentes o fracciones.

### Fuga, st (leak)

Salida o escape de un líquido o gas, causado por algunos efectos de la corrosión a la estructura metálica. También existen algunos factores internos o externos que provocan las fugas tales como laminaciones, grietas, fisuras, golpes o defectos de fabricación, entre otros.

### Gas, st (gas)

Sustancia comprimible que llena completamente cualquier recipiente que lo confine. Su volumen depende del tamaño del recipiente y de la presión que se ejerza contra el envase que lo contiene.

### Gas amargo (sour gas)

Gas natural o de refinería que contiene derivados del azufre, tales como ácido sulfhídrico, mercaptanos, sulfuros y disulfuros. Proviene directamente de los yacimientos de crudo o de los diversos procesos de refinación.

## Gas licuado de petróleo (Liquefied Petroleum Gas - LPG)

El LPG está compuesto de propano, butano, o una mezcla de los dos, la cual puede ser total o parcialmente licuada bajo presión con objeto de facilitar su transporte y almacenamiento. El LPG puede utilizarse para cocinar, para calefacción o como combustible automotriz.

### Gasóleo, st (gasol)

Producto refinado del petróleo cuya densidad es mayor que las de las gasolinas y querosinas, pero menor que la de los residuos; generalmente comprende los hidrocarburos destilados entre 190 y 370° C. cuyo rango de pesos específicos (20/4° C) es de 0.820 a 0.890. Esta mezcla de hidrocarburos tiene dos usos principales: Combustible para pequeñas máquinas diesel y para hornos o calentadores, de donde toma sus nombres populares, diesel y aceite para hornos (*farmace oil*). En la terminología petrolera internacional la frase "aceite combustible destilado" (*distillate fuel oil*) distingue al gasóleo de mezclas más pesadas usadas en máquinas diesel mayores y en grandes calentadores.

### Gasóleo de vacío (vacuum gasoil)

Destilado de punto de ebullición relativamente alto, se obtiene, generalmente por destilación al vacío de residuo primario, del cual se producen comúnmente el gasóleo ligero y el gasóleo pesado de vacío, que junto con el gasóleo pesado extraído en la destilación atmosférica del crudo, se utiliza como carga a las plantas de destilación catalítica.

### Gasolina, st (gasoline)

Nombre comercial que se aplica de una manera amplia a los productos más ligeros de la destilación del petróleo. En la destilación del petróleo crudo la gasolina es el primer corte o fracción que se obtiene. En su forma comercial es una mezcla volátil de hidrocarburos líquidos con pequeñas cantidades de aditivos, apropiada para usarse como combustible en motores de combustión interna con ignición por chispa eléctrica, con un rango de destilación de aproximadamente 27 a 225° C. Indudablemente es el producto derivado del petróleo más importante por su volumen y valor en el mercado. Para estar en posibilidades de cubrir en cantidad y calidad la demanda de gasolina, las modernas refinerías han inventado e instalado nuevos procesos químicos para obtener con el mismo volumen de petróleo crudo mayores volúmenes de gasolinas, cada vez de mejor calidad, para satisfacer las exigencias de mayor eficiencia en los motores y menor contaminación al ambiente. Existen varios tipos y grados de gasolina. La gasolina para motores de automóviles, camiones y autobuses representa en México más del 99 por ciento de la producción y demanda y el resto es gasolina utilizada en motores de

aviación y como solvente. Los diferentes grados de gasolina se refieren principalmente a su número de octano y a su presión de vapor, que se fijan de acuerdo a la relación de compresión de los motores, a la zona geográfica donde se venden y a la estación del año. En los últimos años se han desarrollado nuevas gasolinas con la finalidad de reducir la contaminación provocada por las emisiones de los vehículos con motor de combustión interna, a las que se ha denominado gasolinas oxigenadas o reformuladas a diferencia de las gasolinas anteriores o convencionales.

#### **Gravedad específica (Specific Gravity)**

La relación de la densidad de una sustancia a determinada temperatura con la densidad de agua a 4°C.

#### **Gravedad específica (specific gravity)**

Relación entre la densidad de una sustancia y la densidad de otra sustancia como referencia a temperaturas específicamente definidas para cada una de ellas.

En el caso de líquidos y sólidos la sustancia base (o estándar) es agua pura, no obstante para los gases el agua tiene una densidad excesivamente alta, por lo que se toman como sustancias base, el hidrógeno puro o el aire seco a la misma presión y temperatura del gas. Dada la naturaleza de la gravedad específica éste es un valor sin dimensión (adimensional), por lo que se pueden usar las unidades que se quieran, siempre que sean congruentes. Es indispensable también, definir con precisión las temperaturas a las que se consideraron las densidades correspondientes al material o sustancia, así como la del compuesto de referencia. La fórmula es la siguiente: grav. esp.  $15.6$  o  $C/15.6^{\circ} C$  también grav. esp.  $60^{\circ} F/60^{\circ} F$  indicándose en este caso que la densidad de la sustancia considerada a  $60^{\circ} F$  se compara con la densidad de la sustancia base a la misma temperatura.

Para el caso de líquidos y sólidos las temperaturas más usuales son  $25^{\circ} C/25^{\circ} C$  o  $20^{\circ} C/4^{\circ} C$ , ya que la densidad del agua a  $4^{\circ} C$  ( $3.98^{\circ} C$ ) es  $1.0 \text{ g/cm}^3$ . En el sistema inglés es usual efectuar la referencia a  $60^{\circ} F$ .

#### **Hidrocarburo (Hydrocarbon)**

Cualquier compuesto o mezcla de compuestos, sólido, líquido o gas que contiene carbono e hidrógeno (p. ej. : carbón, aceite crudo y gas natural).

#### **Hidrogenación catalítica. (catalytic hydrocracking)**

Proceso mediante el cual de las reacciones químicas exotérmicas se obtienen productos de peso molecular o temperaturas de ebullición bajas, a partir de un producto pesado.

La hidrogenación catalítica en la industria del petróleo se realiza bajo condiciones de presión y temperatura específicas, en presencia de un catalizador y una corriente de hidrógeno.

#### **Hidrosulfuración (hydrodesulphurization)**

Proceso por medio del cual se elimina el azufre de los hidrocarburos tales como gasolina, turbosina, diesel, lubricantes y residuales.

La hidrosulfuración se lleva a cabo en un reactor bajo condiciones de presión y temperatura y la presencia de hidrógeno y de un catalizador que acelera la reacción para eliminar el azufre de los hidrocarburos que entran al reactor. Los catalizadores son de base níquel-molibdeno y molibdeno-cobalto.

#### **Kerosina (Kerosine or kerosene)**

Un aceite medio ligero procedente de la refinación del petróleo, intermedio entre el gasóleo y la gasolina; utilizado para alumbrado y calefacción y también como combustible para los motores de los aviones a chorro y los de turbo-hélice.

### Margen (Swing)

La cantidad por la cual puede diferir, durante un periodo determinado, el suministro de gas del valor diario contratado.

### Mercaptanos (Mercaptans)

Compuestos fuertemente olorosos de carbono, hidrógeno y azufre que se encuentran en el gas y en el aceite. Algunas veces se agregan al gas natural por razones de seguridad.

### octano, st. (octane)

Miembro de la serie de hidrocarburos parafínicos; su fórmula condensada es C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>; posee 18 isómeros; los más importantes además del octano normal son el 2, 3 dimetil hexano y el 2, 2, 4 trimetil pentano (más conocido como isoocetano); la temperatura de ebullición del octano normal es de 125.7° C y la del isoocetano 99.2° C.. Sus vapores son casi cuatro veces más pesados que el aire, y la densidad del líquido es 0.70; su límite inferior de explosividad es 1.0 por ciento. Por definición, el isoocetano tiene un índice de octano de 100 y se toma como referencia para la determinación estándar del octano de los combustibles. El 2, 2, 4 trimetil pentano constituye alrededor del 25 por ciento del alquilado y otros isómeros del octano otro 25 por ciento, siendo componentes de alto valor en las gasolinas reformuladas de alto octano.

### octanaje, st. (octane rating)

Número de octano. Medida de calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil.

### planta catalítica FCC (FCC plant)

Planta que se emplea para producir principalmente gasolina estabilizada de alto octano (59 por ciento en volumen), gas residual que se adiciona al gas combustible de la refinería, propano-propileno, butano-butileno, aceite cíclico ligero y aceite cíclico pesado, teniendo como carga gasóleo pesado primario y gasóleos de la planta de vacío.

La planta cuenta con cuatro secciones: reacción, fraccionamiento principal, tratamiento con amina, sosa y Mercox y fraccionamiento de licuables. La mezcla de gasóleos se recibe en un reactor tubular, previo calentamiento con los fondos de la fraccionadora principal. En el reactor los gasóleos se mezclan con el catalizador (zeolítico) y en compañía de una alimentación de vapor se llevan a cabo las reacciones de desintegración a una temperatura aproximada de 520° C; los hidrocarburos de menor peso molecular producido y el catalizador gastado y vapor salen del reactor y entran a un conjunto de ciclones donde se separa el catalizador gastado, agotándose los hidrocarburos para luego pasar a un regenerador en donde se le quema el carbón a 680° C; la corriente de hidrocarburos libre se alimenta posteriormente a la fraccionadora principal para separarse en gases licuables, gasolina, aceite cíclico ligero, aceite cíclico pesado y residuo catalítico. Por el fondo de la fraccionadora se recuperan granos finos de catalizador arrastrado junto con el residuo.

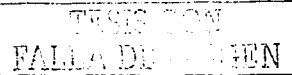
Las corrientes obtenidas de la fraccionadora principal son tratadas en las secciones respectivas para eliminarles el ácido sulfhídrico. Después del endulzamiento las corrientes se alimentan a la sección de fraccionamiento de licuables para separar el propano, propileno, butano-butileno. En el caso del gas y gasolina, éstos son enviados a gas combustible y a tanques de gasolina estabilizada respectivamente.

### planta de proceso (processing plant)

Para los procesos de refinación del petróleo es el área industrial en la cual se transforman las sustancias que se manejan, siguiendo procesos petroquímicos o de refinación.

### planta desintegradora de pesados (heavy oil cracking plant)

Equipo de refinación cuyo objetivo es transformar lo productos residuales en gasolina, gas licuado, etc. En este tipo de plantas los residuales se mezclan con hidrógeno en presencia de un catalizador.



### proceso de crudo

Volumen de petróleo crudo que procesa la refinería, en metros cúbicos diarios o en barriles por día.

### punto final de ebullición (final boiling point)

Temperatura a la cual un producto o fracción del petróleo termina de hervir.

En las pruebas de destilación de los productos del petróleo, el punto final de ebullición es la mayor temperatura leída obtenida durante la prueba, lo que generalmente ocurre después de la evaporación de todo el líquido del fondo del matraz de destilación. Las características de 192 *Reacción ante derrames de hidrocarburos en el mar*, The International Tanker Owners destilación (volatilidad) de los productos del petróleo que indican su comportamiento en las aplicaciones propuestas.

### punto inicial de ebullición (initial boiling point)

Temperatura a la que un material natural o fracción derivada del petróleo comienza a hervir.

Para el caso de una prueba de destilación de los productos del petróleo, el punto inicial de ebullición es la temperatura observada en el instante en que la primera gota de condensado cae del extremo inferior del condensador empleado en la prueba.

### quemador, st. (burner)

Medio seguro de disposición de gases de desecho de combustión y líquidos de desfogue.

Existen diferentes tipos de quemadores de campo los cuales son:

Quegador sin humo tipo multiflama o multijet., de fosa sin humo tipo velas, de fosa con humo, y elevado.

### reactor, st. (reactor)

Recipiente industrial donde se efectúa una reacción química que puede ser en presencia de un catalizador. En la refinación del petróleo, generalmente, los diferentes reactores se mantienen bajo condiciones de presión y temperatura en presencia de un catalizador que puede ser gaseoso, líquido o sólido, según sean los requerimientos de la mezcla de hidrocarburos de carga.

### refinería Ing. Antonio Dovali Jaime

Esta refinería se localiza en la costa del Golfo de Tehuantepec, en una superficie de 700 hectáreas, con una capacidad de procesamiento de 330 000 barriles por día de crudo. Cubre las necesidades de energéticos de la costa del Pacífico y de los estados de Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y ocasionalmente, en forma parcial, el Valle de México.

Los principales productos que se obtienen en esta refinería son el gas doméstico, gasolina Pemex Magna, turbosina, Diesel Sin, combustóleo, propileno, butano-butileno, asfalto y azufre. El crudo llega a la refinería a través de dos oleoductos, uno de 48 pulgadas de diámetro y otro de 30 pulgadas de diámetro para crudo Maya. Cuenta con una capacidad de almacenamiento de crudo de 7 000 000 de barriles.

Su capacidad de generación eléctrica de 114 MWH, le permite ser autosuficiente y dispone de excedentes para vender a la Comisión Federal de Electricidad. Cuenta con equipo e instalaciones de contraincendio, así como con un sistema de tratamiento de aguas residuales, las cuales se usan como agua de negro y en los mismos sistemas de contraincendio. El 80 por ciento de los combustibles obtenidos son transportados por buquetanques a todos los puertos del Pacífico mexicano para su distribución y entrega a los consumidores. El resto se distribuye vía terrestre a través de ductos.

La refinería fue construida en dos etapas, iniciándose en 1975 la primera y concluyendo en 1983. La segunda etapa se inició en 1985 y se concluyó en 1993, contando con dos trenes de refinación y una planta reductora de viscosidad.

A la fecha, los principales productos que elabora son: Gas licuado del petróleo (gas LP), gasolina Pemex Magna, gasolina Pemex Premium, turbosina, Pemex Diesel, diesel desulfurado, combustóleo, asfalto AC-20, azufre, propileno y butano-butileno.

RESERVA  
FALLA DE ORIGEN

**reflujo, st. (reflux)**

Operación de destilación de un líquido o líquidos que se extraen de la torre de destilación, tomando el producto condensado del domo o el producto de platos seleccionados, que se reciben en la misma torre generalmente enfriados en platos predeterminados, con el objeto de aumentar, en las zonas que los reciben, la concentración de los componentes más ligeros para reducir la concentración de los componentes más pesados, estabilizando al mismo tiempo el balance térmico de la torre.

El propósito de este procedimiento es el de aumentar la concentración de vapores en el componente más ligero y al mismo tiempo reducir la concentración del componente más pesado

**residual, st. (residual)**

Sobrante o residuo. @ En refinación se refiere a los aceites o productos considerados como residuos. Véase residuo.

**residuo, st. (residue)**

Producto o fracción más pesada que se obtiene de la destilación de una mezcla de sustancias miscibles, por ejemplo el petróleo. También se denomina así a los subproductos más pesados de la refinación del petróleo, que por carecer de instalaciones o no ser económicamente viable, no se pueden transformar en productos ligeros de mayor valor comercial.

**residuo atmosférico (atmospheric residue)**

Producto que se obtiene del fondo de las torres de fraccionamiento de la destilación primaria, después de la extracción de gasolinas, querosinas y gasóleos primarios.

**residuo de vacío (vacuum residue)**

Residuo que se obtiene de la planta de destilación al vacío. Es el resultado de extraer de una torre de destilación al vacío los gasóleos contenidos en el residuo atmosférico. Está compuesto por hidrocarburos complejos de alto peso molecular e impurezas concentradas como el azufre, níquel y vanadio. Posteriormente el residuo de vacío se convierte en asfalto, betún o en coque del petróleo mediante otros procesos de refinación.

**residuo(s) peligroso(s) (hazardous wastes)**

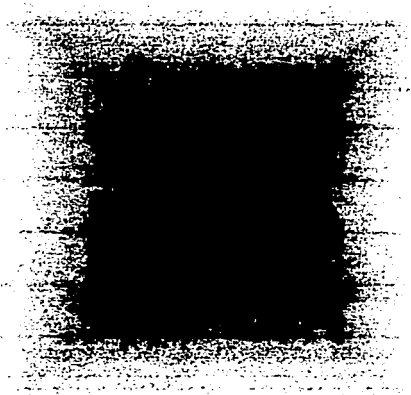
"Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

**turbosina (aviation turbine fuel, jet kero)**

Combustible para avión. Destilado del petróleo similar a la querosina. Líquido claro, olor a aceite combustible, insoluble en agua. Conocido también con los nombres de *jet fuel* y combustible de reactor. Se utiliza como combustible en las turbinas de los aviones de propulsión a chorro. Límites de inflamabilidad en aire, porcentaje en volumen: Inferior 0.6 por ciento, superior

**xileno(s), st. (xylene)**

Hidrocarburos aromáticos con peso molecular de 106.16 y peso específico de 0.860 a 0.872 (20/4° C). Productos derivados del benceno en el cual dos de los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por grupos metilo. Su fórmula condensada es C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>. Líquidos claros, insolubles en agua y solubles en alcohol y éter.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **MATERIAL TÉCNICO E HISTÓRICO**

CONTENNSISCAL y otros. Norma mexicana. "**Administración de la calidad y aseguramiento de la calidad**". Asociación Mexicana de Calidad, A.C. e Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.. México, 1995.

Chow Pangtay, Susana. **Petroquímica y Sociedad**. F.C.E. (Col. La ciencia desde México, No. 39), México, 1987.

Enríquez, Gumesindo y L.G. Palafox. **Refinerías de Petróleos Mexicanos**. Pemex, México, 1956

Gary, James H.. **Refino de petróleo, tecnología y economía**. Ed. Reverté. España, 1980.

Howard, F. and Barrane M.H., **Project engineering of process plants**. rase, Ed. John Wiley & Sons, Inc., 1967.

Instituto Mexicano del Petróleo. Curso: **Procesos típicos y tendencias tecnológicas en la refinación**. IMP, México, noviembre de 1992.

Jenkins, Gilbert. **Oil economists' handbook**. 5ª ed., Elsevier Applied Science, Elsevier Science Pubusaers LTD. Essex, England, 1989.

Thuesen "**Decisiones Económicas, Análisis y Proyectos**" Ed. Rice Hall Inc. 1991.

Hernández y Rodríguez **Introducción a la Administración**. Mc Graw Hill ,1996.

Leffler, William L., **Petroleum refining**. PennWell Books, Tulsa, Oklahoma, 1985.

Meyers, Robert A., **Petroleum refining processes**, McGraw-Hill Book Company, United States of America, 1986.

Perry, John H., **Manual del ingeniero químico**. T. I y II. UTEHA, México, 1966.

Wuithier, Pierre, **El petróleo, refino y tratamiento químico**. 2 Vol., CEPISA, Madrid, 1971.

Hawley, Gessner, **Diccionario de química y de productos químicos**. Revisado por N. Irving Sax y Richard J. Lewis, Sr., Ediciones Omega, Barcelona, 1975.

Hyne, Norman J., **Dictionary of petroleum exploration, drilling and production**. PennWell publishing Corp., United States, 1960.

TESIS CON  
FALLA DE CIRCEN



Ibeas, F. Franco, *Diccionario tecnológico inglés-español*, Ed. Alhambra, Madrid 1980.

Instituto Argentino del Petróleo, *Glosario técnico de la industria del petróleo*, Buenos Aires.

Langenkamp, R.D., *Handbook of oil industry, terms & phrases*, 4ª edición, Ed. PennWell Books, Tulsa, Oklahoma, 1991.

Miall, Stephen y Mackenzie Miall, *The Illustrated Petroleum Reference Dictionary*, 4ª ed., Ed. PennWell Books, Oklahoma, 1994.

Parker, Sybil P., *Diccionario McGraw-Hill de Química*, México, 1991.

## **HEMEROGRAFÍA**

Aziz, Jorge, *"Conceptos básicos de refinación del petróleo"* Pemex Refinación, México, mayo de 1995.

*Hydrocarbon Processing, "Refining Processes"*, Houston, Texas, Noviembre de 1998, Vol 77, No. 11.

García Calvo, Filadelfo, *Principios básicos de refinación*, Instituto Mexicano del Petróleo/ Pemex Refinación, Gerencia de Desarrollo Humano, México, septiembre de 1996.

Revista *Octanaje*, Gerencia de Estaciones de Servicio, Subdirección Comercial, Pemex Refinación, 1996-2000.

J.J. Blazek, *"Craqueo catalítico"*, Departamento de Productos Químicos del Petróleo, sin fecha y sin editorial.

*Petróleo Internacional*, Ed. Keller Internacional, Nov. Dic. 1997, Vol. 56, No. 7., Nueva York.

## **MATERIAL LINGÜÍSTICO**

Fernández, David, *Diccionario de dudas e irregularidades de la lengua española*, Ed. Teide, Barcelona, 1991.

Malberg, G., *Los nuevos caminos de la lingüística*, Siglo XXI, Madrid.

Moliner, María, *Diccionario de uso del español*, Ed. Gredos, Madrid, 1986.

Manuel, *Diccionario de dudas y dificultades de la lengua española*, 9ª edición, Ed. Espasa Calpe, Madrid, 1992.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN