



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

“MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS GASOLINAS”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO  
P R E S E N T A :  
MARÍA TERESA VENEGAS PÉREZ



MÉXICO, D.F.,

ENERO 2008

---

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



## JURADO ASIGNADO

**PRESIDENTE:** I.Q. RENE DE LA MORA MEDINA  
**VOCAL:** I.Q. DAVID GONZALEZ RAMÍREZ  
**SECRETARIO:** I.Q. SALVADOR JACINTO GALLEGOS RAMALES  
**PRIMER SUPLENTE:** Dr. NESTOR NOE LOPEZ CASTILLO  
**SEGUNDO SUPLENTE:** I.Q. FAUSTO CALDERAS GARCÍA

**LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA TESIS:**



**SUBDIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN:  
SUBGERENCIA DE MOVIMIENTO DE PRODUCTOS**

**DIRECTOR DE TESIS**

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

---

---



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**\*ZARAGOZA\***

**JEFATURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/044/07**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNO: VENEGAS PÉREZ MARÍA TERESA**  
**P R E S E N T E**

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

<b>PRESIDENTE</b>	<b>I. Q. Rene de la Mora Medina</b>
<b>VOCAL</b>	<b>I. Q. David González Ramírez</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>I. Q. Salvador Jacinto Gallegos Ramales</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>Dr. Néstor Noe López Castillo</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I. Q. Fausto Calderas García</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**

México D. F., a 22 de Octubre de 2007

**JEFE DE LA CARRERA**

**I. Q. RAÚL RAMÓN MORA HERNÁNDEZ**





*AGRADECIMIENTOS*

*A DIOS.*

*Gracias por la vida, la fe, la fortaleza a lo largo de mi camino, para permitirme terminar uno de mis anhelos; y por darme la bendición más grande de una familia.*

*A: Israel Valdez Romualdo:*

*En esos momentos importantes de nuestra vida; te doy las gracias por tus cuidados, por tu amor, por tu apoyo, tu comprensión y tolerancia.*

*AL: Ing. David González Ramírez.*

*Como un testimonio de eterno agradecimiento por brindarme su confianza, su apoyo y sus consejos recibidos, que contribuyeron para que concluyera mi trabajo profesional. Que Dios lo bendiga.*

*A MIS PADRES.*

*Por ser el origen de mi existir, por su sacrificio en algún tiempo incomprendido y brindarme la confianza y apoyo moral y económico necesario para llegar a la culminación de mi carrera profesional.*

*A: Lucy Angelica Valdez Venegas.*

*A mi hija porque su presencia ha sido y será siempre el motivo más grande que me ha impulsado para lograr esta meta.*

*A: Victor Venegas Pérez.*

*En reconocimiento a todo el apoyo brindado a lo largo de nuestras vidas y con la promesa de seguir siempre adelante.*

*A FAMILIARES Y AMIGOS.*

*Para ustedes que siempre han estado conmigo con quienes he compartido alegrías y tristezas, de quienes solo he recibido apoyo y comprensión hoy que he terminado mi carrera, quiero darles las gracias.*

*MARÍA TERESA VENEGAS PÉREZ*

---

---



## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

PAG.

#### **CAPITULO 1      GENERALIDADES**

2

I.1	El petróleo.	2
I.2	Gasolinas.	6
I.2.1	Aspectos históricos.	6
I.2.2	Formación de las gasolinas.	6
I.2.3	Evolución de las gasolinas.	10
I.3	Problemática existente (Combustión y contaminación).	11
I.3.1	Características físicas y químicas de las gasolinas.	13

#### **CAPITULO II      PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA GASOLINA.**

20

II.1	Destilación primaria.	21
II.2	Hidrosulfuración de naftas.	22
II.3	Reformación catalítica.	24
II.4	Isomerización de pentanos y hexanos.	26
II.5	Desintegración catalítica (FCC).	28
II.6	Eterificación (MTBE y TAME).	31
II.6.1	Teramil Metil Eter (TAME).	33
II.7	Alquilación.	33
II.8	Comparación de los procesos y calidad de las gasolinas.	35
II.9	Problemática existente y recomendación uso.	36



PAG:

<b>CAPITULO III</b>	<b>CALIDAD Y ESPECIFICACIONES ACTUALES DE LAS GASOLINAS EN MÉXICO.</b>	38
III.1	Especificaciones para los diferentes tipos de gasolinas.	39
<b>CAPITULO IV</b>	<b>PROYECCIÓN FUTURA DE LAS GASOLINAS EN MÉXICO.</b>	43
<b>CAPITULO V</b>	<b>PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS GASOLINAS.</b>	46
V.1	Propuesta 1: Sustitución del Metil Terbutil Eter por etanol como medio oxigenante.	46
V.2	Propuesta 2: Adición de aditivos reductores de azufre.	47
V.3	Propuesta 3: Desarrollo de un sistema de Blending.	50
<b>CAPITULO VI</b>	<b>ASPECTOS ECONÓMICOS.</b>	52
<b>CAPITULO VII</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.</b>	54
<b>CONCLUSIONES.</b>		56
<b>GLOSARIO.</b>		57
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>		71

---

---



En el **capítulo 1** se menciona el origen del petróleo así como las gasolinas que se producen a partir del mismo, así también se hace referencia del impacto que tienen las gasolinas con el medio ambiente.

En el **capítulo 2** se describen los diferentes procesos que se realizan para la obtención de la gasolina.

En el **capítulo 3** se presentan las especificaciones de cada uno de los diferentes tipos de gasolinas que hay en el país.

En el **capítulo 4** se visualiza los requerimientos de gasolina de bajo azufre.

En el **capítulo 5** se mencionan las propuestas del mejoramiento de calidad de las gasolinas.

En el **capítulo 6 y 7** se hace referencia a las ventajas y desventajas de las propuestas de mejoramiento de calidad de gasolinas, así como su aspecto económico.



**PROYECTO:**

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS GASOLINAS EN MÉXICO.

**APLICACIÓN DEL PROYECTO:**

PETRÓLEOS MEXICANOS.

**PERSONAS QUE PARTICIPAN:**

ING. DAVID GONZALEZ RAMÍREZ.

MARIA TERESA VENEGAS PÉREZ.

**FUNDAMENTO DEL PROYECTO:**

ACTUALMENTE EXISTEN PROBLEMAS SEVEROS DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE, OCASIONADOS POR LA EMISIÓN DE  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ , EN LA CIUDAD DE MÉXICO, DERIVADO DE LA COMBUSTIÓN DE LAS GASOLINAS AUTOMOTRICES.

LA ESTRUCTURA QUÍMICA DE LOS CONVERTIDORES CATALITICOS Y EL MECANISMO QUE UTILIZAN PARA REDUCIR Y CONTROLAR LAS EMISIONES EN CIERTA MEDIDA NO SON SUFICIENTES, POR LO QUE CADA VEZ SE REQUIEREN COMBUSTIBLES CON MEJOR CALIDAD.

SE HA DEMOSTRADO QUE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE DEPENDE EN FORMA CONSIDERABLE DE LA CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES, DE LA TECNOLOGÍA DE COMBUSTIÓN UTILIZADA, ASPECTOS DE VIALIDAD ASI COMO DE FACTORES METEOROLÓGICOS Y NATURALES, EN ESTA OCASIÓN SOLO TRATAREMOS EL ASPECTO DE LA MEJORA DE LAS GASOLINAS.

---

---



## PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO:

LA TECNOLOGÍA VEHICULAR HA IDO EVOLUCIONANDO PARA CUMPLIR CON LOS NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  Y  $\text{CO}$  FIJADOS CONJUNTAMENTE CON LA AUTORIDAD AMBIENTAL.

ASI MISMO A LAS EXIGENCIAS ACERCA DE LA CALIDAD DE LAS GASOLINAS CON MOTIVO DEL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE SE DEBE BUSCAR UN PLANTEAMIENTO ADECUADO PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE ESTAS.

ESTO SE PUEDE LOGRAR DESDE LA APLICACIÓN DE SIMPLES MEJORAS EN LAS PRACTICAS OPERATIVAS HASTA ACCIONES QUE IMPLIQUEN GRANDES INVERSIONES EN PLANTAS DE PROCESO COMPLEJAS EN LOS CENTROS DE REFINACIÓN.





**OBJETIVO:**

GENERAR UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO EN LA CALIDAD DE LAS GASOLINAS E IMPLEMENTARLO EN LOS CENTROS DE PRODUCCIÓN CON EL FIN DE PROTEGER EL MEDIO AMBIENTE AUNADO A LA OBTENCIÓN DE BENEFICIOS ECONOMICOS.



## INTRODUCCIÓN.

Uno de los principales problemas que enfrentan las autoridades ambientales es la creciente contaminación atmosférica en las zonas metropolitanas, esta proviene principalmente del uso de combustibles fósiles en fuentes móviles y dependen principalmente de factores meteorológicos, de la calidad de los combustibles automotrices y de la tecnología utilizada en los motores de los vehículos.

Los agentes contaminantes pueden afectar el aire, las aguas, el suelo, la vida animal y vegetal que se encuentran en ellos. La causa principal de toda la contaminación del aire es principalmente la combustión.

Teóricamente, cuando ocurre la combustión, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor, luz, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), sin embargo las impurezas del combustible, una incorrecta relación de mezcla entre el aire y el combustible o temperaturas de combustión demasiado altas o bajas son causa de la formación de productos secundarios, tales como monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), hidrocarburos no quemados ( $\text{HC}$ ), plomo y otros. Siendo éstas, las emisiones más importantes de los motores automotrices.

Ante estos requerimientos ambientales cada vez mas estrictos la industria automotriz ha desarrollado nuevas tecnologías que requieren el uso de combustibles con especificaciones más rígidas.

El proceso de globalización ha llevado a la industria automotriz a la homologación de sus líneas de producción, por este motivo los próximos los modelos 2004 que se fabriquen requieren consumir gasolina con 50 ppm de azufre, lo hace necesario la preparación de este tipo de gasolina en el país para poder abastecer a los vehículos que la requieran.





# CAPITULO I

## ***GENERALIDADES.***



## I GENERALIDADES.

La edad que la geología data al petróleo varía de 80 a 500 millones de años para explicar su origen existen dos teorías, la primera, se refiere a un origen inorgánico en la cual se establece la suposición de que se presentaron una serie de reacciones químicas entre el agua, bióxido de carbono y varias sustancias inorgánicas, realizadas a las condiciones en que se encontraba nuestro planeta en aquella época y la segunda, que supone que el petróleo se formó por la descomposición de plantas, animales marinos, materiales orgánicos que fueron sepultados por terremotos y que quedaron expuestos a presiones y temperaturas extremas.

### I.1 PETRÓLEO.

El petróleo es una mezcla de hidrocarburos de diversos tipos y sus proporciones varían según el pozo de donde proceda, una composición típica aproximada en base a sus elementos se describen a continuación en la tabla I.1.

COMPONENTES	% EN PESO		PRESENCIA DE METALES (ppm)	
ACEITES	C	83 - 87	V	5 - 1500
			Na	3 - 120
	H	10 - 14	Fe	0.04 - 120
			Cu	0.2 - 12.0
RESINAS	S	0.05 - 6	Co	0.0001 - 12
			Si	0.1 - 5.0
			Mg	1.0 - 2.5
ASFALTENOS	N	0.1 - 2	Ca	1.0 - 2.5
			Zn	0.5 - 1.0
			Al	0.5 - 1.0
			Trazas de Ce, Ti, Zr, Sn, Pb, Hg, Ga, etc.	

**TABLA 1.1**



Al salir del pozo, el petróleo arrastra agua que lleva disueltos compuestos como Cloruro de Sodio, Calcio y Magnesio, esta agua debe ser eliminada antes de su procesamiento, los crudos mexicanos presentan características muy variadas según la región de origen, así se tienen crudos de base asfáltica en la zona de Panuco, de base Nafténica en la zona sur y de base Mixta en la zona de Poza Rica, Veracruz

### **EXTRACCIÓN DEL PETRÓLEO CRUDO.**

El petróleo crudo se encuentra en la naturaleza en yacimientos como un líquido acompañado de gas, aunque en algunos casos tiene la apariencia de sólido por estar mezclado con arena y en otros es gas solamente, la profundidad de los yacimientos pueden ser hasta 7000 metros en formaciones rocosas, para llegar a los yacimientos se perforan pozos, la extracción del petróleo puede suceder en forma natural saliendo por si mismo o por métodos artificiales de recuperación a través de bombeo de agua o inyectando gas.

El petróleo que sale del pozo recibe el nombre de **petróleo crudo** o simplemente crudo y es generalmente un líquido viscoso de color que puede variar de negro a ámbar dependiendo del campo petrolero de donde provenga, su olor es característico, algunas veces a gasolina y otras, un olor bastante desagradable debido al ácido sulfhídrico, el cual es muy venenoso.

Asociado al petróleo crudo que sale de los pozos se encuentran las diferentes familias de hidrocarburos que aparecen en el petróleo crudo, parafinas, isoparafinas, olefinas, naftenos y aromáticos, nombres genéricos de una enorme variedad de compuestos que se diferencian por su tamaño y estructura, y que se integran en soluciones líquidas, asociadas a un gas al que se conoce como gas natural que está constituido por los hidrocarburos más sencillos como el metano  $\text{CH}_4$ , etano  $\text{C}_2\text{H}_6$ , propano  $\text{C}_3\text{H}_8$ , y butano  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .



La composición típica del gas natural asociado al petróleo crudo se muestra en la tabla 1.2.

HIDROCARBURO	COMPOSICIÓN % PESO
METANO	83.3
ETANO	9.4
PROPANO	2.3
BUTANO	0.2
ISOBUTANO	0.2
PENTANO	0.3
HEXANO	TRAZAS
HEPTANO	TRAZAS
BIÓXIDO DE CARBONO	0.7
NITRÓGENO	3.6

Tabla 1.2

### **TRANSPORTE DEL PETRÓLEO CRUDO.**

El petróleo tal y como se obtiene de los pozos es necesario separarlo de los diversos productos que lo forman, para ello se envía del pozo a los separadores de alta presión, intermedia y atmosférica, se elimina el gas natural en forma de un gas húmedo que se envía a las plantas de absorción, se le separa la gasolina natural. Cuando al petróleo crudo se le ha dado este tratamiento se le denomina **“Crudo Estabilizado”**.

En estas condiciones se pasa a las desaladoras para eliminarle el agua y las sales disueltas y posteriormente mandarlo a los tanques de almacenamiento donde es seleccionado por diferentes tipos de calidad, posteriormente, se envía mediante bombeo a través de oleoductos a las diversas refinerías, si el crudo es muy pesado, (peso específico cercano a 1.000 y de viscosidad alta), para facilitar su manejo, se calienta por medio de calentadores colocados estratégicamente o bien se mezcla con cierta proporción de agua para disminuir la fricción en el bombeo; también puede diluirse con gasolina, kerosina, o diesel.



Cuando llegan a las refinerías contienen cantidades bajas de agua, cloruros de sodio, calcio y magnesio disueltos y ácido sulfhídrico.

Pemex Refinación tiene instaladas en puntos estratégicos de la república mexicana 6 refinerías cuya finalidad es aprovechar el petróleo crudo que la misma empresa extrae a través de Pemex-Exploración y Producción de los campos petroleros nacionales. Como productos de la explotación de los campos se obtiene principalmente gas natural y petróleo crudo.

En la tabla 1.3 se muestra la calidad y rendimientos de los diferentes crudos de México.

	<b>OLMECA</b>	<b>TERCIARIO</b>	<b>ISTMO</b>	<b>POZOLEÓ</b>	<b>MAYA</b>
Pe 20/4 °C	0.8346	0.8566	0.8580	0.8823	0.9114
Gravedad °API	38.04	33.6	33.05	26.88	22.07
Azufre, % peso	0.98	1.34	1.43	1.92	3.60
Gases, C1 a C4	0.89	0.86	0.57	0.26	0.53
Nafta hasta 71 °C	7.81	4.84	4.72	3.24	4.46
Gasolina 71 a 190 °C	23.5	22.1	21.6	16.9	14.0
Turbosina 190 a 240 °C	10.1	9.00	9.10	9.30	6.0
Querosina 240 a 274 °C	6.8	6.2	6.5	6.3	4.5
Gasoleo lig. 274 a 346 °C	13.6	12.8	13.1	12.4	9.8
Glo lig vacío 346 a 454 °C	16.3	15.6	16.4	16.3	14.1
Glo Pes Vacío 454 a 538 °C	10.5	11.10	10.20	11.70	11.00
Residuo para 538 °C	10.5	17.5	17.8	24.6	34.8

Glo= Gasoleo

**Tabla 1.3**



## **I.2 GASOLINAS.**

### ***I.2.1 ASPECTOS HISTORICOS.***

Las gasolinas son un subproducto muy valioso en la industria del petróleo, la cual se compone de una mezcla compleja de hidrocarburos con un intervalo de temperatura de ebullición de 37 a 204°C. Sirve para hacer funcionar a los motores de los vehículos de combustión interna , como son automóviles, motocicletas, taxis, minibuses y algunos camiones de carga ligeros. También se utiliza en otros motores pequeños como las podadoras, en las lámparas y estufas de campamento o como disolvente en las reparaciones mecánicas.

- **GASOLINA NATURAL:** es un producto ligero obtenido del procesamiento del petróleo crudo y del gas natural. Se emplea como materia prima en la industria petroquímica y de refinación. Puede ser un componente de gasolinas.
- **NAFTAS:** las naftas son productos derivados de la refinación del petróleo, corresponden a la fracción de destilación de las gasolinas, se emplean como materia prima en la industria petroquímica, en la elaboración de gasolinas, como solventes en la manufactura de pinturas y barnices y como limpiador en la industria. En nuestro país se elaboran los productos: Gas nafta, Gasolvente y Gasolina Incolora, usadas para limpieza y como solventes en la industria, las naftas primarias hidrotratadas que son corrientes intermedias valiosas usadas como carga a reformación catalítica, las naftas depentanizadas, etc. Estas últimas son parte de la formulación de gasolinas.

### ***I.2.2 FORMACIÓN DE LAS GASOLINAS.***

Para la generación de las gasolinas se incorporan procesos como la Reformación catalítica, Síntesis de éteres MTBE y TAME , Alquilación e Isomerización de pentanos y Hexanos balanceados de tal forma que la mezcla resultante cumpla con la especificación establecida.



Los componentes se mezclan para proporcionar una elevada calidad antidetonante, con un fácil arranque, un rápido calentamiento, una baja tendencia a la formación de bolsas de vapor y un bajo contenido de depósitos en los motores automotrices.

A continuación la tabla 1.4 muestra los números de octanos de los principales componentes de las gasolinas.

COMPONENTE	RON	MON	R+M /2	Sensibilidad
MTBE	120	102	111	18
Tolueno	114	93.0	103.5	21
Arom. Pesados	110	92.0	101	18
Gna. Polimerizada	108.2	84.8	96.5	23.8
Butanos	93.0	92.0	92.5	1.0
Isopentano	93.2	90.8	92.0	2.4
Alquilado	94.0	92.0	93.0	2.0
Reformado	93.7	82.3	88.0	11.4
Gasolina FCC	92.3	76.9	84.6	15.4

**Tabla. 1.4**

Ahora bien, las gasolinas que se producen en las refinerías de México, se clasifican en forma general de la siguiente manera:

#### **GASOLINAS INTERMEDIAS**

- Primaria
- Hidrodesulfurada
- Reformada
- Catalítica
- Metil Terbutil Eter (MTBE) y Ter Amil Eter (TAME).
- Alquilado
- Isomeros



## GASOLINAS FINALES

- PEMEX Magna Zona Metropolitana del Valle de México.
- PEMEX Magna resto del país
- PEMEX Magna Oxigenada Zona Metropolitana del Valle de México, Zona Metropolitana de Monterrey y Zona Metropolitana de Guadalajara.
- PEMEX Premium

En seguida se presentan la tabla 1.5 con características principales de las gasolinas intermedias.

Pruebas	Gasolina Primaria	Gasolina Hidrodesulfurada	Reformado	Gasolina Catalítica	Alquilado	MTBE TAME	Gasolina Isomerizada
Pe 20/4 C	0.722	0.707	0.740	0.727	0.689	0.728	0.640
TIE	43	36	38	35	36	40	28
10%	68	53	73	43	80	52	36
50%	116	113	118	75	103	64	45
90%	156	155	165	164	129	83	61
95%	166	162	178	167	175	86	64
TFE	181	180	206	208	185	117	83
PVR	11.0	5.5	8.0	8.0	7.0		13.0
Azufre, ppm	900	700	0.0	-	-	-	-
Aromáticos	12.0	.0	56.2	28.0	0.86	0.7	0.05
Olefinas	0.1	0.0	1.7	30.0	0.6	16.7	0.0
Benceno	-	-	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Octano RON	45.0	48.0	92	92.3	95.1	115.5	84.1
OctanoMON	-	42.0	84	76.9	92.4	107.0	82.9
RON+MON/2	-	45.0	88	84.6	93.75	111.25	83.5

Tabla 1.5

TIE: Temperatura inicial de ebullición  
TFE: Temperatura final de ebullición  
RON: Número de octano de investigación  
MON: Número de octano del motor



Con respecto a las gasolinas finales sus características típicas se muestran en tabla 1.6.

GASOLINA	TFE °C	PVR lb/in <sup>2</sup>	AZUFRE ppm	OCTANO	AROMÁTICOS % V	OLEFINAS %V
Pemex Magna ZMVM	225	6.5/7.8	500	87	23	9
P. Magna resto del país	225	*	500	87	31	12.5
Pemex Premium ZMVM	225	6.5/7.8	500	93	25	10.0
P. Premium resto del país	225	*	500	93	31	11.0

**Tabla 1.6**

\*La PVR varía de acuerdo a los diferentes climas en las épocas estacionales del año.

Cabe mencionar en este punto que existen otras especificaciones adicionales que están encaminadas al aseguramiento de la calidad de las gasolinas que por simplificación no se presentan en los cuadros anteriores, sin embargo se mencionan a continuación:

Peso específico

Temperatura de destilación al 10%, 50% y 90%

Residuo de la destilación

Goma preformada

Periodo de inducción

Contenido de fósforo

Azufre Mercaptánico, etc.



### I.2.3 EVOLUCION DE LAS GASOLINAS.

Por otra parte a través de los años se han venido mejorando la calidad de las gasolinas principalmente debido a los requerimientos ambientales.

A continuación la tabla 1.7 muestra la evolución histórica en la producción de gasolinas.

#### EVOLUCIÓN HISTORICA EN LA PRODUCCIÓN DE LAS GASOLINAS

GASOLINAS.	AÑO VIGENCIA	TFE °C	PVR lb/pulg <sup>2</sup> Max	AZUFRE % PESO	PLOMO g/gal Max.	No. RON Min.	No. MON Min.	INDICE DE OCTANO Mín	COLOR	TETRAETILO DE PB.ml/gal Max
G. Incolora	1948	205	9.0	0.25	0.0	0.0	0.0	42.0	Saybol	Nada
G. pemex	1948	205	9.0	0.25	0.0	0.0	0.0	57.0	Rosa	0.793
Mexolina	1948/1970	205	9.0/9.5	0.25/0.2	0.0	0.0	0.0	70/60	Amarillo	3.0
Smexolina	1960/1970	205-	9.0/9.5	0.2	0.0	0.0	0.0	80.0	Rojo	4.0
Gasolmex	1960/1970	215	9.0/9.5	0.2	0.0	0.0	0.0	90.0	A/verdoso	4.0
Gasolmex premium	1963	215	9.0	0.2	0.0	0.0	0.0	95/98	Rojo	4.0
Pemex 100	1965/1970	215	9.5	0.2	0.0	0.0	0.0	100.0	Dorado	4.0
Nova	1973/1979	220	9.5	0.2	0.0	0.0	0.0	81.0	Dorado	3.5
Nova plus	1983/1995	225	6.5/9.5	0.15	0.0	81.0	0.0	81.0	Rojo	0.5/2.5
Extra	1973/1979	225	9.5	0.2	0.05	0.0	0.0	92/94	Dorado	3.5
Extra plus	1986	225	7.0/9.5	0.15	0.05	0.0	0.0	92.0	Dorado	0.0
Magna sin	1990/1995	221	6.5/9.5	0.1	0.01	0.0	82.0	87.0	V. claro.	0.0
Pemex-mag	1996...	221	6.5/7.8	0.05	0.01	0.0	82.0	87.0	V. claro	0.0
Pemex-pre.	1996..	225	6.5/7.8	0.05	0.01	0.0	Repor tar	92.0	Amarillo	0.0
P.M.Oxigen	1997 *									
P.P.Oxigen.	1997 *.									

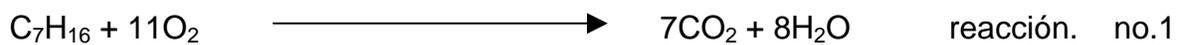
\* Vigentes a la fecha.

Tabla 1.7



### I.3 PROBLEMÁTICA EXISTENTE (COMBUSTIÓN, CONTAMINACIÓN, IMPUREZAS, ETC.).

Actualmente los compuestos emitidos a la atmósfera por el consumo de gasolina, están sujetos a una variedad de influencias físicas y químicas, que pueden dar origen a productos indeseables. Los vehículos emiten a la atmósfera diversos tipos de gases. La mayor cantidad de ellos proviene del escape, sin embargo hay otros puntos del automóvil donde pueden producirse emisiones, como son el carburador, el tanque de combustible y el cárter, dependiendo del estado mecánico y el modelo del automóvil. Esto se debe a que la combustión de la gasolina no es completa, ya que si así fuera, al quemarse produciría solamente bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), de acuerdo a la siguiente reacción teórica:



Sin embargo, en realidad, debido a la eficiencia, diseño y mantenimiento del motor y a la composición química de la gasolina, se produce una mezcla de gases, cuya composición típica cualitativa se aproxima a la siguiente:

- Monóxido de carbono (CO).
- Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- Hidrocarburos (parafinas, olefinas, nafténicos y aromáticos).
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).
- Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>).
- Agua (H<sub>2</sub>O).

Motivo principal que origina elevar la calidad de las gasolinas controlando las características principales de estas, así como su interrelación y los efectos que provocan en motor y en el medio ambiente.



Las gasolinas son productos obtenidos de la refinación del petróleo crudo, constituidos esencialmente por hidrocarburos y eventualmente por pequeñas cantidades de productos de sustitución (compuestos oxigenados y aditivos). Una gasolina expendida en las Estaciones de Servicio está formulada con más de un centenar de elementos distintos.

Los hidrocarburos componentes de una gasolina son de diferentes tipos y formas, químicamente hablando.

Las gasolinas pueden formularse con la combinación de cualesquiera de los cuatro grupos de hidrocarburos conocidos químicamente, estos son: parafinas, olefinas, nafténicos y aromáticos. La diferencia entre cada uno de estos grupos estriba en su relación de átomos de hidrógeno y carbón presentes en su molécula. Como se citó, la gasolina es una mezcla de un centenar de estas especies de compuestos y varían desde el butano (una parafina con sólo 4 átomos de carbono en su estructura) hasta el metil naftaleno (un aromático que contiene once átomos de carbono).

Las características de una gasolina en particular están fuertemente influenciadas por el tipo de hidrocarburos que contiene. La combustión de la gasolina en el motor de un vehículo, proporciona la energía necesaria para su desplazamiento. Por tanto, el rendimiento del combustible será función directa de la calidad del carburante usado. Todo lo antes expuesto tiene una íntima relación con la especificación del producto, las que deben ser bien definidas y a su vez garantizadas por la empresa productora del energético.

Ahora bien, veamos cómo las propiedades de una gasolina afectan el buen desempeño de un vehículo. Las especificaciones de las gasolinas contemplan tanto características físicas como químicas, ambas están definidas para garantizar su manejo y distribución, su buen funcionamiento en el automóvil así como la prevención del deterioro del medio ambiente.



Los problemas de contaminación ambiental de las grandes urbes son originados principalmente por la combustión de gasolinas en los automotores que en ellas circulan, por tanto la calidad de estos energéticos y las tecnologías usadas en el desarrollo de los motores, así como en la reducción de los contaminantes emitidos como producto de su combustión, permiten el control y la prevención de la contaminación de estas regiones.

### ***1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS EN LAS GASOLINAS.***

Entre las características físicas de las gasolinas se pueden citar la densidad, peso específico y la volatilidad, en las químicas se encuentran el octanaje, las gomas preformadas, el período de inducción, el contenido de azufre, la corrosión, así como otras propiedades que en la actualidad se establecen con el objeto de medir las emisiones contaminantes a la atmósfera como son: el contenido de benceno, aromáticos y olefinas.

Las características físicas se definen para garantizar un manejo seguro del producto en las instalaciones de almacenamiento y distribución, así mismo para indicar la facilidad de uso en cualquier tipo de circunstancia dentro del motor del vehículo, esto es, arranque, puesta en operación y comportamiento en caliente. La densidad de una gasolina permite saber si está formulada con componentes ligeros o pesados. La volatilidad afecta en la economía del combustible, el fácil arranque y la manejabilidad del vehículo.

La manejabilidad de un automóvil es su capacidad de desempeñarse s bajo todas las condiciones encontradas durante su uso. Una gasolina necesita ser lo suficientemente volátil para quemarse, pero no tan volátil que ocasione problemas como el conocido sello de vapor (vapor lock) y la formación de hielo en el carburador bajo condiciones ambientales adversas.

Por otro lado, si es poco volátil puede ocasionar la dilución del aceite del motor, este fenómeno ocurre cuando el carburante contiene en su formulación componentes pesados no volátiles, los que adelgazan la película de aceite lubricante en el motor. Una dilución excesiva del aceite ocasiona una pobre protección del motor contra la fricción y el desgaste.



Uno de los parámetros que miden que tan volátil es una gasolina es su destilación. Para esto, se registra la temperatura a la que cae la primera gota del producto, la alcanzada para recolectar el 10% del volumen, la del 50%, la del 90%, así como cuando deja de obtenerse destilado. Otra variable adicional medida es el volumen de producto que no se destiló y se conoce como residuo de la destilación. La curva de punto de ebullición de una gasolina está dividida en tres partes: volatilidad inicial, intermedia y final.

La volatilidad inicial debe ser balanceada para proporcionar: fácil arranque en frío, fácil arranque en caliente y evitar el fenómeno denominado sello de vapor. La intermedia debe de ajustarse para una buena economía del combustible, rápido calentamiento y suave arranque, buena potencia y aceleración así como la protección contra la congelación dentro del carburador.

La final debe de balancearse para proporcionar buena economía de combustible después que el motor se calentó, no provocar la formación de depósitos y una mínima dilución del aceite lubricante.

Analizando cada uno de los puntos de la curva de destilación, se puede citar que la temperatura a la que destila el 10% del volumen permite conocer cómo se comportará el carburante durante el arranque en frío del motor; esto se debe lograr con la mínima vaporización del mismo previniendo con esto el fenómeno del sello de vapor, el cual se presenta en la bomba de gasolina del motor ocasionando el paro parcial o total del mismo, así como inestabilidad y combustión incompleta provocando emisiones de hidrocarburos no quemados a la atmósfera. Adicional a la medición de la temperatura de destilación del 10% (volatilidad inicial) y con el objeto de medir la tendencia de la gasolina a producir sello de vapor, se determina su relación vapor a líquido, conocida por sus siglas en inglés como VLI.

Esta prueba intenta en una forma sencilla establecer la capacidad del carburante a provocar este fenómeno.



Se define como la relación del volumen de vapor formado a presión atmosférica por un volumen de muestra líquida; se considera que este parámetro es el que mejor correlaciona con el fenómeno del sello de vapor en los automóviles modernos y es la temperatura a la cual una relación de V/L igual a 20 se presenta (se reporta como  $T_{V/L=20}$ ), entendiéndose que una gasolina que exceda esta temperatura producirá el fenómeno del sello de vapor.

La temperatura de destilación del 50% (volatilidad intermedia), garantiza el rápido calentamiento del motor. Esto se expresa en términos de las millas en operación necesarias para alcanzar la potencia total del motor sin el uso excesivo del ahogador. Se considera como un recorrido aceptable una distancia de 2 a 4 millas (3.3 a 6.6 kilómetros).

La temperatura de destilación del 90% (volatilidad final), establece la presencia de hidrocarburos pesados en el combustible así como el rendimiento del mismo. Esta última temperatura y la del 50%, tienen un impacto en el período de calentamiento del motor y en el ahorro de combustible durante el tiempo en que el primero se alcanza, así mismo esta última fracción del combustible garantiza que se tenga la mínima dilución de aceite del motor.

El punto final de ebullición del carburante, muestra la presencia de componentes pesados en el mismo que ocasionan la reducción del octanaje. El residuo de la destilación mide la presencia de los componentes pesados en la gasolina y permite visualizar los compuestos precursores de la formación de carbón y gomas en el motor. En complemento a la destilación de la gasolina se determina su presión de vapor, P.V.R. (Presión de Vapor Reid),. Nos indica la cantidad de hidrocarburos de bajo punto de ebullición en el carburante.

Los resultados se expresan en libras por pulgada cuadrada; combustibles con presión de vapor alta denotan en su composición la presencia de hidrocarburos ligeros, mientras que valores bajos de hidrocarburos pesados. Una presión de vapor alta puede originar el fenómeno del sello de vapor, una mayor evaporación del combustible durante su almacenamiento, transporte e incluso en el tanque del vehículo, condiciones que dan como resultado una mayor emisión de hidrocarburos a la atmósfera.



Una presión de vapor baja originará dificultad en el motor para su arranque en frío o una vaporización inadecuada, ocasionando una combustión incompleta que se traduce en emisiones de hidrocarburos no quemados a la atmósfera.

Para garantizar una operación eficiente del motor y a su vez prevenir la generación excesiva de emisiones contaminantes, es conveniente establecer un valor mínimo y máximo de este parámetro; estos valores se fijan en función de la temperatura ambiente de cada región así como de la estación del año.

Las propiedades químicas son diferentes según el tipo de gasolina y son controladas para el buen funcionamiento y durabilidad del motor, conjugando esto con la prevención del deterioro del medio ambiente y la protección de la salud de los seres humanos.

Con base en lo anterior, para cada vehículo se debe seleccionar el combustible apropiado a sus necesidades de funcionamiento. Estas propiedades tienen efecto en la calidad de la combustión del motor.

Según la naturaleza de sus elementos constituyentes y los aditivos incorporados, la gasolina presenta una aptitud más o menos grande para evitar el ruido o golpeteo del motor. Para expresar esta propiedad se utiliza la determinación conocida como octanaje.

El octanaje de una gasolina se puede medir por dos procedimientos: el Método Investigación RON (Research Octane Number) y el Método del Motor MON (Motor Octane Number).

El primero mide la capacidad de evitar el ruido o golpeteo producido por la gasolina en estudio comparándolo contra un combustible de referencia. Una mezcla de n-Heptano e Isooctano de una gasolina es el porcentaje de Isooctano el cual debe ser mezclado con n-Heptano para reproducir el ruido o golpeteo de la gasolina en evaluación.



El Isooctano tiene un número de octano igual a 100 y el n-Heptano presenta un octano de cero. Así, una gasolina que reproduce el ruido o golpeteo de una mezcla de 80% de Isooctano y 20% n-Heptano se reporta como un producto cuyo octano por el método de Investigación (Research) o Motor es igual a 80.

La prueba de octano por el Método de Investigación se lleva a cabo en un motor de un pistón y de relación de compresión variable, esta determinación reproduce el desempeño de la gasolina bajo condiciones de operación poco severas (circulación urbana).

Por otro lado, la determinación del octano por el Método Motor establece el desempeño del combustible bajo condiciones más severas, esto es, alta velocidad y temperatura, es el comportamiento esperado del carburante cuando el automóvil transita en una carretera. El equipo usado para la prueba así como el procedimiento de evaluación es similar al usado para el RON, solo que en este caso el equipo usado en la determinación del MON opera a mayor velocidad (r.p.m.). Generalmente, el RON es un valor mayor que el MON, la diferencia entre estos dos valores se llama sensibilidad.

Internacionalmente se usa para la expresión del octanaje de una gasolina el MON y el índice de Octano, este se obtiene como la mitad de la suma de RON mas el MON, este índice permite conocer el desempeño esperado del combustible bajo cualquier condición del motor y se reporta como  $(R+M)/2$ .

Las gomas preformadas de una gasolina indican su capacidad a formar depósitos en el carburador o los sistemas de inyección y esto origina el atascamiento de las válvulas por la acumulación de los depósitos producidos. En complemento de la prueba anterior se determina la capacidad del combustible para producir gomas o depósitos durante su almacenamiento, esta se determina a través de la prueba conocida como Período de Inducción. Este parámetro se expresa en horas, equivale aproximadamente al tiempo en meses que el energético puede ser almacenado para fines comerciales.



Para establecer la capacidad corrosiva de la gasolina se determina su contenido de azufre y la corrosión a la lámina de cobre, en el caso del azufre este tiene dos objetivos: el primero establecer el aporte de emisiones de bióxido de azufre producto de la combustión del energético y el segundo es medir su corrosividad hacia las partes del motor y escape, originada ésta por la combinación del bióxido de azufre con la humedad del aire usado para la combustión para formar ácido sulfuroso y sulfúrico.

Adicionalmente, la corrosividad se verifica a través de la determinación de la corrosión a la lámina de cobre, esta mide los elementos presentes en el combustible, que en exceso origina la formación de depósitos en la cámara de combustión y provocan ataques a diversas partes del motor.

Existen otros componentes adicionados a la formulación de las gasolinas cuya función es muy específica, tal es el caso de los compuestos que contienen en su molécula oxígeno entre los que pueden citar el Metil Terbutil Eter (MTBE), el Ter Amil Eter (TAME) el Alcohol Etílico y el Terbutílico; su incorporación tiene como objeto proporcionar este elemento a la mezcla de aire combustible con el fin de obtener una mejor combustión y de esta forma reducir las combustiones de hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono a la atmósfera.

Otros productos adicionados son los aditivos para evitar los depósitos en los sistemas de carburación e inyección de combustible. Estos compuestos coadyuvan a reducir la emisiones contaminantes, a evitar la corrosión y el desgaste de los componentes del motor.

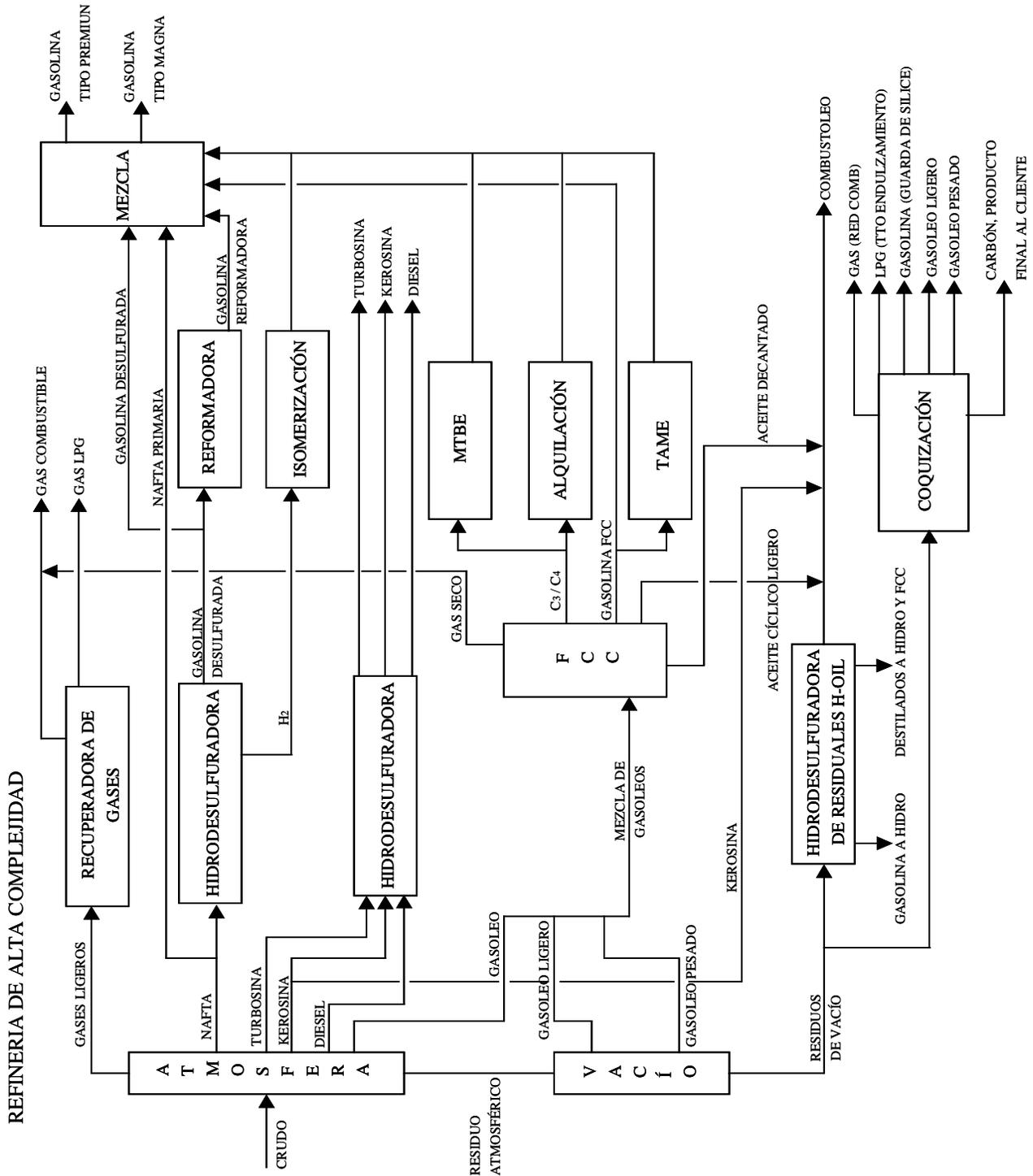


# CAPITULO II

## ***PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA GASOLINA.***

## II. PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA GASOLINA.

ESQUEMA DE REFINERÍA DE ALTA COMPLEJIDAD (FIG 2.1).



## II. PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA GASOLINA.

### II.1 DESTILACIÓN PRIMARIA.

En la destilación primaria se lleva a cabo la separación física de las diferentes fracciones que constituyen el petróleo y que son separadas a través de intervalos de ebullición dentro de una columna de destilación sin que se lleve a cabo la desintegración de los mismos por el efecto de la temperatura. La separación se realiza en el interior de la columna única, la cual opera a una presión superior a una atmósfera en el interior de la columna.

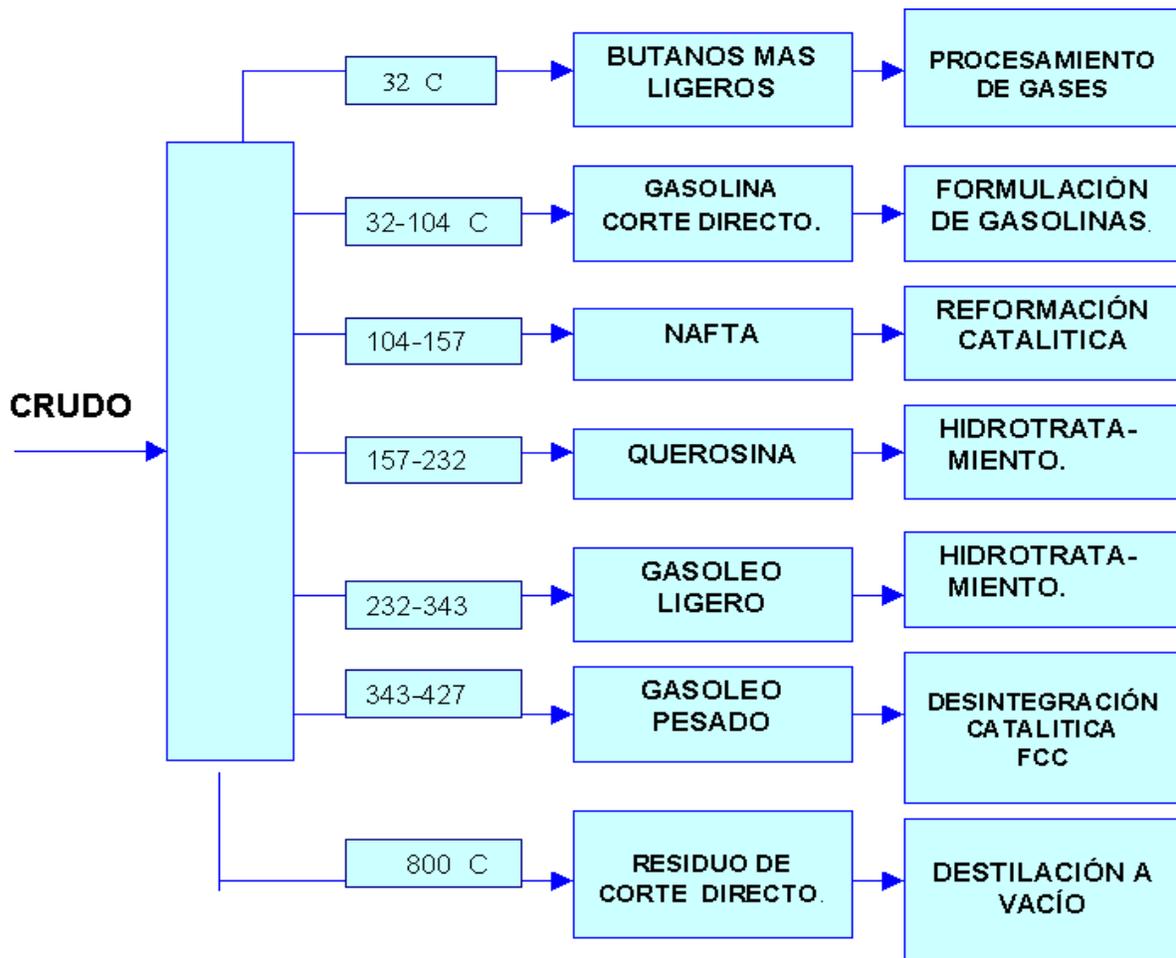


FIG 2.2



## II.2 HIDRODESULFURACION DE NAFTAS.

Los crudos que se procesan en una refinería contienen contaminantes como azufre y metales.

Al separarse el crudo en varias fracciones (en la destilación atmosférica), los contaminantes se distribuyen en ellas, concentrándose mas a medida que la fracción se compone de hidrocarburos mas pesados.

En corrientes de gases compuestas de hidrocarburos ligeros, el azufre esta presente en forma de ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ), y a partir de hidrocarburos con 6 átomos de carbón, forma compuestos con los propios hidrocarburos o esta ocluido en ellos. El proceso mediante el cual se eliminan los compuestos del azufre y metales de los hidrocarburos utilizando hidrógeno, se llama en forma genérica HIDROTRATAMIENTO.

En las refinerías este proceso se realiza para desulfurar la nafta, la turbosina, la kerosina y el gasóleo ligero, antes de enviarlos a almacenamiento como producto final; en algunas refinerías se hidratan los residuos de vacío para desulfurarlos o desintegrarlos.

Existen varias razones para eliminar estos contaminantes por medio de hidrotratamientos, entre los más importantes pueden mencionarse los siguientes:

El azufre y los metales envenenan a los catalizadores, que son utilizados en los procesos de reformación y desintegración catalítica.

- Las normas ambientales restringen el contenido de azufre en las emisiones a la atmósfera y en los combustibles que se elaboran en las refinerías.
- Mejorar la calidad de los combustibles, ya que al quemarse se eliminan los malos olores y disminuye la formación de humo.



## **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

La carga constituida por la corriente de hidrocarburos que se va a desulfurar (nafta, turbosina, kerosina o gasóleo ligero) se mezcla con una corriente rica en hidrógeno, se calienta a una temperatura de 260 425 °C en un calentador de fuego directo. La mezcla es cargada a un reactor que contiene un catalizador de níquel, formando las reacciones siguientes:

- El hidrógeno se combina con los átomos de azufre para formar ácido sulfhídrico.
- Algunos metales contenidos en las corrientes de hidrocarburos son depositados sobre el catalizador.
- Los compuestos olefínicos, aromáticos, o nafténicos son saturados con hidrógeno y toman lugar algunas reacciones de desintegración, formando hidrógeno más hidrocarburos ligeros; metano, etano, propano, butano y pentano.

La mezcla caliente que sale del reactor, es enfriada a una temperatura de 55 °C, cambiando calor contra la carga, y luego con agua de enfriamiento, con lo que se condensa la mayor parte de los hidrocarburos; en seguida, la corriente entra a un separador, donde por la parte superior sale una corriente de gases, rica de hidrógeno hacia la succión de un compresor centrífugo que la recircula para mezclarse con la carga. La fase líquida del acumulador pasa primero a una torre debutanizadora y los fondos de esta torre van posteriormente a una torre deisohexanizadora; donde por la parte superior, se obtiene una corriente de hidrocarburos compuesta por isohexano, hexano, isopentano y pentano, y por el fondo se obtiene la corriente de hidrocarburos desulfurada.

La corriente de hidrocarburos ligeros amargos conteniendo ácido sulfhídrico se envía a la planta de tratamiento de gases. La mezcla de isohexano, y más ligeros, se envía a la planta fraccionadora de gases o la planta de isomerización, y la corriente de hidrocarburos desulfurada, se envía a la planta reformadora de nafta, o almacenamiento si se trata de turbosina, kerosina o diesel.



### II.3 REFORMACIÓN CATALÍTICA.

La nafta que se obtiene en la planta de destilación atmosférica es de bajo octano (53), ya que en su composición predominan los hidrocarburos parafínicos y nafténicos por lo tanto no es conveniente que sea utilizada directamente como componente de la mezcla para elaborar las gasolinas, esto hace necesario someterla a un proceso de reformación catalítica para incrementar su octanaje. El número de octano o la calidad antidetonante de una gasolina, representa la capacidad del combustible para no alcanzar su temperatura de autoignición cuando se comprime en los cilindros de un motor.

Una gasolina de bajo octano inicia por si sola su combustión al comprimirse, antes de que el pistón termine su carrera, originando con esto golpeteos sobre el mismo pistón que se transmite al cigüeñal. La gasolina de alto octano, se quema con la chispa de la bujía, evitando los efectos de una gasolina pobre en octano. La modernización de los automóviles ha hecho que los motores requieran gasolinas que soporten mayor relación de compresión, para ser más eficientes; por esto las refinerías se han visto en la necesidad de producir gasolina de mayor octanaje y uno de los caminos ha sido la instalación de plantas reformadoras, donde los hidrocarburos parafínicos y nafténicos presente en la planta primaria son convertidos a hidrocarburos aromáticos de alto número de octano.

HIDROCARBUROS DE 6 CARBONOS.	FORMULA.	NÚMERO DE OCTANO.	CLASIFICACIÓN
Hexano normal	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	32	Parafina
Isohexano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	83	Isoparafina
Ciclohexano		83	Nafteno
Benceno		105	Aromático

Tabla 2.1 COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE OCTANO.



La reformación catalítica de la nafta es un proceso químico de rearreglo molecular, donde los hidrocarburos parafínicos se convierten a isoparafínicos, naftenicos y aromáticos; lo cual genera mayor octanaje.

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

La nafta desulfurada que proviene de la planta deshidrosulfuradora, constituye la carga a la planta reformadora. Al entrar se le adiciona una corriente de hidrógeno, enseguida la mezcla es precalentada con la corriente que sale del último reactor.

Las reacciones de reformación son endotérmicas y se llevan a cabo en los reactores a una temperatura de 550 °C por lo que es necesario llevar a cabo estas reacciones en varias etapas y reponer el calor requerido entre reactor y reactor. La mezcla entra al primer calentador donde se vaporiza y alcanza la temperatura de 550 °C, enseguida entra al primer reactor donde se llevan a cabo las reacciones de reformación en forma parcial.

La temperatura de la carga disminuye y vuelve a entrar al segundo calentador para alcanzar nuevamente la temperatura de 550 °C, para pasar al segundo reactor donde se vuelve a calentar y finalmente, al último reactor donde se terminan las reacciones.

La corriente que sale del tercer reactor está compuesta principalmente por hidrógeno, hidrocarburos ligeros y una mezcla de hidrocarburos reformados con rangos de ebullición entre 55 y 210 °C, al que se le llama “reformado”, al salir del reactor, la mezcla se enfría, cambiando calor contra la carga y luego en un enfriador con agua, condensándose la mayor parte de los hidrocarburos; en seguida pasa a un separador donde por la parte superior sale una corriente gaseosa rica en hidrógeno, la cual es tomada por el compresor de hidrógeno.

Una parte es recirculada para mezclarse con la carga y otra es enviada a las plantas que requieren de hidrógeno como la planta HDC.



La fase líquida del separador es enviada a una torre estabilizadora donde se separan por la parte superior los hidrocarburos ligeros, los cuales se envían a la planta de gases para su separación y por la parte inferior se obtiene el “reformado”, el cual se alimenta a una torre isohexanizadora, donde por la parte superior se obtiene una corriente de isohexano que contiene pentano, isopentano, hexano e isohexano, la cual es enviada a la planta de isomerización, por la parte inferior de la torre se obtiene el “reformado”, el cual tiene alrededor de 90 octanos y es enviado a mezclas como componente de las gasolinas.

## II.4 ISOMERIZACIÓN DE PENTANOS Y HEXANOS.

La isomerización es un proceso donde los hidrocarburos parafínicos de entre 5 y 6 átomos de carbón, pentano y hexano sufren un rearrreglo molecular sin cambiar el número de carbonos. Consiste en la reubicación de un radical de la molécula original a una posición “iso” de la molécula restante, lo cual de da a esta última características diferentes a la molécula original, como es el índice de octano, muy importante en la industria de la refinación, lo anterior se ilustra con el siguiente ejemplo:



Reacción No.2

Al cambiar la estructura molecular, se modifican sus propiedades físicas, incrementándose la presión de vapor y el número de octano. En este caso, al pasar el pentano a isopentano hay una ganancia de octanaje igual a 30 octanos, el hexano normal tiene un índice de octano de 25 y al pasar a isohexano sube el octanaje a 75, originando una ganancia de 50 octanos.



Con esto se puede establecer que la isomerización es un proceso útil en las refinerías para aumentar el octanaje de las corrientes que contienen hidrocarburos parafínicos de bajo peso molecular, como es el pentano y el hexano ( $C_5 + C_6$ ), y el producto resultante llamado isomerado, ayuda a aumentar el octanaje de la mezcla utilizada para formular gasolina.

La corriente de "isohexano y más ligeros " que se obtienen en la torre de isohexanizadora de la Planta Reformadora de Nafta, es rica en pentano y hexano, pero además contiene isopentano e isohexano con un índice de octano igual a 73 y constituye la carga a la planta de isomerización.

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

La carga es alimentada a una torre fraccionadora que sirve para separar los isómeros ( $iC_5 + iC_6$ ). Por la parte superior, se separan estos compuestos, y por la parte inferior sale una corriente que contiene la mezcla de pentano y hexano, los cuales se calientan intercambiando calor con el efluente del reactor y con un calentador a fuego directo; en seguida, entra la mezcla a un reactor que contiene un catalizador a base de platino y alúmina clorada, donde se llevan a cabo las reacciones de isomerización con una conversión de 50 %.

Saliendo del reactor la mezcla es enfriada, condensándose la mayor parte de los hidrocarburos; posteriormente, pasa a un separador o tanque de flasheo, donde se separa una corriente de gases rica en hidrógeno, el cual se forma en las reacciones. La mezcla es enviada por medio de un compresor centrífugo para mezclarse con la carga, junto con hidrógeno ( $H_2$ ) y cloro repuesto. La fase líquida del separador es alimentada a una torre estabilizadora que separa por la parte superior una corriente conteniendo gases ligeros, por la parte inferior sale una corriente conteniendo los isómeros y compuestos que no reaccionan, esta es enviada a una torre agotadora que separa por la parte superior las mezclas ( $C_5 + C_6$ ) la cual es recirculada a la carga de la fraccionadora para reprocesarse y por la parte inferior de la torre se obtiene la mezcla de isómeros que envía como isomerado a la mezcla de gasolinas.



## II.5 DESINTEGRACIÓN CATALÍTICA (FCC).

En el inicio de la industria de la refinación, solo existían los procesos de separación del crudo por destilación, con lo cual se obtenía una gasolina de pocos octanos, con el tiempo se incremento la demanda de la gasolina y ésta creció más rápido que la demanda de combustóleo, al mismo tiempo, la industria automotriz fue demandando mayor octanaje de la gasolina y menos contaminantes, principalmente el azufre, esto ocasiono la elevación de precios de la gasolina y declino los precios de las fracciones pesadas como los gasóleos y el residuo.

Para resolver este problema económico y la mayor demanda de gasolina, se desarrollaron los procesos de desintegración, saliendo el más popular el de desintegración catalítica fluida.

El proceso de desintegración catalítica fluida , conocido como craking catalítico fluido (FCC), consiste en el rompimiento de las moléculas de los gasóleos, las cuales en un reactor se exponen al calor y son puestas en contacto con un catalizador para promover las reacciones de desintegración.

Un catalizador es una sustancia que facilita o retarda las reacciones químicas, pero cuando estas han terminado, el catalizador mantiene sus propiedades y vuelve a quedar como el inicio, es decir no altera su composición, solo promueve sus reacciones.

La alimentación a las plantas, normalmente es una mezcla de gasóleos de vacío y gasóleo pesado de la destilación atmosférica, y se compone principalmente de hidrocarburos parafínicos constituidos por 18 a 32 átomos de carbonos. El proceso diseñado para promover la desintegración de los gasóleos en una forma determinada y con el objetivo principal de obtener la mayor cantidad de gasolina catalítica de alto octano. Idealmente todos los gasóleos deberían convertirse a gasolina, pero la tecnología no ha logrado esto.



Ya que durante el proceso de desintegración ocurren los siguientes fenómenos: al romperse las moléculas de los gasóleos se produce hidrógeno pero no el suficiente para saturar todos los carbonos libres que aparecen, lo que ocasiona que se forme una cantidad considerable de carbón (o coke); al mismo tiempo, se forma el rango de hidrocarburos de bajo peso molecular, empezando desde el metano hasta el pentano, los cuales constituyen la mezcla de gases.

Debido a la deficiencia de hidrógeno muchas de estas moléculas de bajo peso molecular son olefinas.

Por lo tanto el proceso de desintegración catalítica produce todo el rango de hidrocarburos de tamaño molecular desde metano hasta residuo y carbón (o coke).

### ***DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.***

Los gasóleos provenientes de la planta de destilación al vacío (residuos de la destilación atmosférica) son alimentados y precalentados, intercambiando calor con el residuo catalítico de la misma planta; enseguida entran a un reactor tubular mezclándose con el catalizador.

Los hidrocarburos junto con el catalizador se elevan a través del reactor, empujados por una corriente de vapor que se alimenta en el fondo del mismo. Las reacciones de desintegración se llevan a cabo dentro del reactor, manteniendo una temperatura de 520 °C.

La mezcla de hidrocarburos producto de la reacción más el catalizador gastado y el vapor, salen del reactor y entran a un conjunto de ciclones donde se separa el catalizador gastado, el cual pasa enseguida a un desgasificador, donde se le separan los hidrocarburos que arrastra el catalizador utilizando para ello vapor, posteriormente, fluye (el catalizador gastado) al regenerador.



El catalizador gastado se encuentra cubierto de carbón que se formo en el reactor. Los productos de las reacciones de desintegración, salen de los ciclones y enseguida pasan a un a torre fraccionadora donde se separan las siguientes corrientes de productos: gases, gasolina catalítica, nafta pesada, gasóleo ligero, gasóleo pesado y residuo catalítico.

La corriente de gases con olefinas pasa posteriormente a la sección de fraccionamiento y tratamiento de gases, donde se separan las siguientes corrientes: gas residual, propano/propileno y butano/butileno. El gas residual se envía a la red de gas combustible.

La corriente de propano/propileno se envía a la torre fraccionadora donde se separa el propano, el cual se utiliza como GLP. El propileno se utiliza como materia prima para elaborar productos petroquímicos como acrilonitrilo o alcohol isopropílico. La corriente de butano/butileno se envía a las plantas de MTBE y alquilación, para aprovechar las olefinas que contiene.

En el regenerador, el catalizador gastado conteniendo carbón, se somete a un proceso de combustión para quemar al carbón y dejar libre el catalizador y así mantener su actividad química el cual se recircula nuevamente al reactor para mantener el ciclo de recirculación y utilización del catalizador. La combustión del carbón se logra alimentando al regenerador una corriente de aire con un soplador accionado por una turbina de vapor. El calor desprendido sirve para calentar el catalizador y mantener al reactor a su temperatura.

Los gases calientes de la combustión compuestos principalmente por  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ , salen del regenerador a través de un banco de ciclones para separar el catalizador y enseguida pasan a un expansor que mueve un generador de corriente eléctrica, posteriormente pasa a un generador de vapor donde se quema el  $\text{CO}$  pasando a  $\text{CO}_2$ , con lo cual se genera un vapor que se aprovecha en la refinería. Finalmente, los gases se envían a la atmósfera a través de una chimenea.



## II.6 ETERIFICACIÓN (MTBE Y TAME).

El metil terbutil eter (MTBE) y el TAME son compuestos oxigenados elaborados a partir de olefinas y metanol.

COMPOSICIÓN DE LA CORRIENTE DE BUTANO/BUTILENO.	
Butano Normal	(nC <sub>4</sub> ).
Isobutano	(i C <sub>4</sub> ).
Butileno	(C <sub>4</sub> =).
Isobutileno	(iC <sub>4</sub> =).

NOTA: = olefinas.

**Tabla 2.2**

sobutileno + Metanol → MTBE. Reacción No.3  
Isobutileno + Butileno → Alquilado. Reacción No.4

### GASOLINA LIGERA

Amilenos + Metanol → TAME. Reacción No.5

NOTA: Amilenos (iC<sub>5</sub>= + iC<sub>6</sub>=).

CARACTERISTICAS	MTBE	TAME
Peso molecular.	88	102
% de Oxígeno.	18.2	15.7
Número de Octano.	113	106
Presión de Vapor (psi).	8.0	1.0
Gravedad Específica.	0.74	0.75

**Tabla 2.3**



Al elaborar estos compuestos y ser agregados a la mezcla de gasolinas, en sustitución de las corrientes que contienen olefinas, se obtienen las siguientes ventajas: disminución del contenido de olefinas, aumento en el número de octano, se agrega oxígeno y disminuye la presión de vapor.

### ***DESCRIPCIÓN DE PROCESO MTBE.***

La corriente de butanos proveniente de la planta catalítica, es mezclada con una corriente de metanol, la mezcla es controlada, y enviada a un reactor que contiene un catalizador hecho de resina de intercambio iónico.

El isobutileno contenido en las mezclas de butanos, reacciona con el metanol para formar MTBE, la reacción genera calor calentando la masa reaccionante.

El efluente del reactor es dividido en dos corrientes, una es enfriada y recirculada a la alimentación; de esta forma la elevación de temperatura en el reactor es controlada, la otra parte es enfriada y enviada a un segundo reactor para completar la reacción.

El efluente del segundo reactor pasa a una torre fraccionadora donde el MTBE producido es removido por el fondo y una corriente que contiene metanol y butano sin reaccionar sale por la parte superior, esta corriente es alimentada en seguida a una torre de lavado de metanol, donde este es extraído con agua a contra corriente, (extracción líquido-líquido).

La corriente de butano sin reaccionar, sale por el domo de esta torre hacia la planta de alquilación, la mezcla de metanol más agua es alimentada a una torre fraccionadora de metanol, en donde, por la parte superior se obtiene el metanol que no reacciono, el cual es recirculado a la alimentación, la corriente de agua es removida por el fondo y regresada a la torre de lavado de metanol.



### **II.6.1 TERAMIL METIL ETER (TAME).**

El proceso de TAME es muy parecido al de MTBE, aquí la corriente de nafta ligera que se obtiene en las plantas catalíticas fluidas pasa inicialmente por una torre depentanizadora de donde se obtiene por la parte superior una corriente rica en amilenos (olefinas terciarias de 5 átomos de carbón), la cual se envía como carga a la planta de TAME y por el fondo de la torre se extrae una corriente de nafta despentanizada que se envía a mezcla de gasolinas.

### **II.7 ALQUILACIÓN.**

El proceso de alquilación comprende la unión de una olefina (propileno o butileno) con isobutano, para formar una isoparafina a la que se le llama alquilado.

En las refinerías los procesos de conversión como hidrocracking, reductoras de viscosidad, coking y desintegración catalítica, producen cantidades considerables de olefinas, principalmente esta última que produce propileno y butileno. En algunas refinerías estas olefinas son separadas y utilizadas en la elaboración de productos petroquímicos como GLP o se envían como componente de las gasolinas; en este caso las olefinas tienen el inconveniente de tener alta presión de vapor y son muy reactivas, precursoras del ozono cuando escapan a la atmósfera.

La tendencia actual de la refinerías es producir la máxima cantidad posible de gasolina y disminuir su presión de vapor y su contenido de olefinas lo anterior se favorece limitando la adición a la mezcla de gasolina de corrientes que contengan olefinas y sustituirlas por alquilado, mediante el proceso de alquilación.

Por lo tanto el proceso de alquilación tiene la finalidad de procesar olefinas que se producen en la planta catalítica, produciendo un compuesto llamado alquilado que tiene baja la presión de vapor y al ser mezclado con la gasolina disminuye la presión de vapor de la mezcla.



## **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

La corriente de olefinas originada en la planta catalítica pasa a la planta de MTBE, donde deja el isobutileno, y sale para pasar a la planta de alquilación, al entrar ahí se une con una corriente rica en isobutano proveniente de la planta de reformación, en seguida, la mezcla entra a un reactor asentador que contiene el ácido fluorhídrico (HF) que sirve como catalizador, cuenta con un sistema de enfriamiento para absorber el calor que producen los reactores y que mantienen baja la temperatura, aquí el isobutano reacciona con el butileno.

El reactor-asentador está diseñado de tal forma que los hidrocarburos se mezclan con el ácido durante un tiempo de residencia de 15 a 20 segundos, y permite que los hidrocarburos se separen del ácido, saliendo por la parte superior y asentando el ácido en la parte inferior, recirculando internamente a través de una convección natural.

Los hidrocarburos que salen del reactor-asentador se dirigen a una torre fraccionadora, donde se separa el alquilado y los hidrocarburos que no reaccionan.

Por la parte inferior sale el alquilado, el cual se envía a la mezcla de gasolinas y también sale una corriente lateral de butano; por la parte superior, sale propano y una corriente lateral isobutano sin reaccionar que se recircula a la carga.

La corriente de propano sale hacia la torre depropanizadora donde se le separa el isobutano, el cual sale por la parte inferior y se le recircula a la carga.

El propano libre de isobutano se envía enseguida a la torre agotadora de HF; en el fondo de esta torre se obtiene el propano y por la parte superior se separa el HF el cual se regresa al acumulador de la torre depropanizadora y de aquí se envía al asentador de ácido.



## II.8 COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS Y CALIDAD DE LAS GASOLINAS.

Pruebas	Gasolina Primaria	Gasolina Hidrodesulfurada	Reformado	Gasolina Catalítica	Alquilado	MTBE TAME	Gasolina Isomerizada
Pe 20/4 C	0.722	0.707	0.740	0.727	0.689	0.728	0.640
TIE	43	36	38	35	36	40	28
10%	68	53	73	43	80	52	36
50%	116	113	118	75	103	64	45
90%	156	155	165	164	129	83	61
95%	166	162	178	167	175	86	64
TFE	181	180	206	208	185	117	83
PVR	11.0	5.5	8.0	8.0	7.0		13.0
Azúfre, ppm	900	700	0.0	-	-	-	-
Aromáticos	12.0	.0	56.2	28.0	0.86	0.7	0.05
Olefinas	0.1	0.0	1.7	30.0	0.6	16.7	0.0
Benceno	-	-	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Octano RON	45.0	48.0	92	92.3	95.1	115.5	84.1
OctanoMON	-	42.0	84	76.9	92.4	107.0	82.9
RON+MON/2	-	45.0	88	84.6	93	111	83.5

TIE: Temperatura inicial de ebullición

TFE: Temperatura final de ebullición

RON: Número de octano de investigación

MON: Número de octano del motor

**Tabla 2.4**



## II.9 PROBLEMÁTICA EXISTENTE Y RECOMENDACIÓN DE USO.

El propósito en la reformulación de la gasolina es reducir los componentes que tienen impacto adverso en el medio ambiente.

Los estudios han mostrado que existe una correlación entre la composición química del combustible y los hidrocarburos evaporados no quemados, por ello se conoce que la reformulación de la gasolina resulta una estrategia efectiva para mejorar la calidad del aire.

La reformulación de las gasolinas en esencia implica la reducción de componentes que afectan el medio ambiente. Estos compuestos incluyen al butano, que provoca un incremento de la volatilidad de la gasolina lo que a su vez incide en la pérdida de hidrocarburos del tanque, los aromáticos en especial el benceno por su toxicidad y los xilenos, por su potencialidad para formar ozono y las olefinas por ser causantes del smog.

Reducir las olefinas resulta muy efectivo para aminorar la formación del smog fotoquímico de las emisiones evaporativas.

Para mantener el índice de octano, se debe reemplazar por otros componentes con cualidades mejores, no contaminantes como lo son los isómeros, el alquilado que son hidrocarburos saturados de cadena abierta, y los oxigenados que además de incrementar el octano, promueven una mejor combustión por el contenido de oxígeno en su molécula.

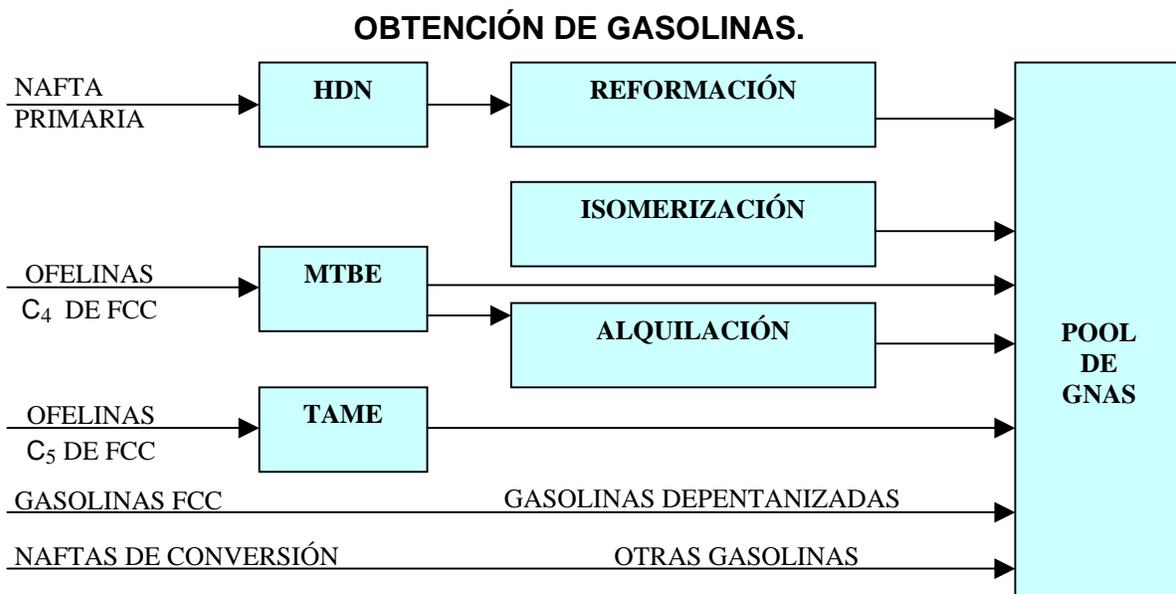


# CAPITULO III

## ***CALIDAD Y ESPECIFICACIONES ACTUALES DE LAS GASOLINAS EN MÉXICO.***

### III. CALIDAD Y ESPECIFICACIONES ACTUALES DE LAS GASOLINAS EN MEXICO.

Las gasolinas que se elaboran en las refinerías, resulta de la mezcla de varias corrientes o componentes que conforman lo que se conoce como “POOL” de gasolinas. Las especificaciones de estas gasolinas resulta de la combinación apropiada y mas económica de sus componentes, tomando en cuenta las características de cada uno de ellos. A esta actividad se le conoce como BLENDING ó MEZCLADO.



**FIGURA 3.1**

En seguida mencionaremos las propiedades más importantes que se desean obtener en las gasolinas para que funcionen adecuadamente en los motores de los automóviles.

- Controlar la cantidad de hidrocarburos ligeros, que se evaporan a bajas temperaturas por ser promotores en la formación del ozono.
- Menor cantidad de hidrocarburos aromáticos, particularmente benceno.
- Menor contenido de azufre para proporcionar menor desgaste de los motores y evitar los efectos en la salud por las emisiones de dióxido de azufre.
- Menor cantidad de aromáticos pesados que se evaporan a altas temperaturas y son precursores de ozono.



- Menor cantidad de hidrocarburos olefínicos que tienen la propiedad de exhibir alta reactividad atmosférica y provocar el smog fotoquímico.
- Uso controlado de compuestos oxigenados, MTBE, TAME, para mejorar la combustión y para incrementar el octano, particularmente en las gasolinas distribuidas a la altura de la ciudad de México.

### III.1 ESPECIFICACIONES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE GASOLINAS.

PRUEBA	UNIDADES	PEMEX MAGNA ZMVM	PEMEX MAGNA RESTO DEL PAÍS	PEMEX PREMIUM ZMVM	PEMEX PREMIUM RESTO DEL PAÍS
Pe, 20/4 °C	-	Reportar	Reportar	Reportar	Reportar
Destilación (1)*					
El 10 % Destila,	°C	70 máx.	(2)*	70 máx.	(2)*
El 50 % Destila	°C	77/121	(2)*	77/121	(2)*
El 90 % Destila,	°C	190	(2)*	190	(2)*
T.F.E	°C	225	(2)*	225	(2)*
Presión de vapor, PVR	lb/plg <sup>2</sup> (Kpa)	6.5/7.8 45/54	(2)*	6.5/7.8 45/54	(2)*
Azufre total	ppm (p)	500 máx	500 máx	500 máx	500 máx
Goma preformada	mg/100ml (Kg/m <sup>3</sup> )	4.0 (0,04)	4.0 (0,04)	4.0 (0,04)	4.0 (0,04)
Periodo de inducción	mín	300 mín	300 mín	300 mín	300 mín
No. Octano RON	-	Reportar	Reportar	Reportar	Reportar
No. Octano MON	-	82	82	Reportar	Reportar
Indice de Octano (RON + MON)	-	87 mín	87 mín	93 mín	93 mín
Aromáticos	% Vol.	25 máx	Reportar	25 máx	32
Olefinas	% Vol.	10 máx	Reportar	10 máx	15
Benceno	% Vol.	1.0 máx	4.9 máx	1.0 máx	2.0
Oxigeno	% peso	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/2.0
Color	-	Rojo	Rojo	Natural sin anilina	Natural sin anilina

Tabla 3.1



**ESPECIFICACIONES: V/L, PVR Y DESTILACIÓN DE LAS GASOLINAS A LO LARGO DEL AÑO.**

Las especificaciones de las gasolinas Pemex Magna y Pemex Premium **ZMVM**, solo se obligan en la zona metropolitana del valle de México, y las especificaciones para las mismas gasolinas para el resto del país, son obligatorias en todo el país excepto en las zonas metropolitanas del valle de México, Guadalajara y Monterrey.

- (1)\* Las temperaturas de destilación son corregidas a 101.3 Kpa (760 mmHg).
- (2)\* Solo en la gasolina **Magna** especificada para uso en el **resto del país**, los valores límites de destilación al 10, al 50, al 90%; la temperatura final de ebullición, el residuo de la destilación, la presión de vapor Reid y la temperatura para asegurar se mantenga la relación de vapor a líquido en 20°C, se establecen en las tres tablas alusivas que veremos. Estos cambios obedecen a los diferentes climas observados en las épocas estacionales durante el año. Especificaciones: V/L, PVR y Destilación (Volatilidad) de las gasolinas a lo largo del año.

Gasolina	Clase de volatilidad	Presión de Vapor lb/plg <sup>2</sup>	EI 10% destila a °C máx	EI 50% destila a °C mín.	EI 90% destila a °C máx	. TFE °C Máx	Tem. Prueba °C V/L=20	Meses
Pemex Magna ZMVM	AA-2	6.5/7.8	70	77/121	190	225	56	Mar/Jun
	AA-3	6.5/7.8	70	77/121	190	225	51	Jul/Feb
Pemex Premium ZMVM	AA-2	6.5/7.8	70	77/121	190	225	56	Mar/Jul
	AA-3	6.5/7.8	70	77/121	190	225	51	Ago/Feb
Pemex Magna Resto del País	A-1	7.8/9.0	70	77/121	190	225	60	Jun-Ago
	B-2	9.0/10	65	77/118	190	225	56	Mar/May, Sep, Oct
	C-3	10/11.5	60	77/116	190	225	51	Nov a Feb
Pemex Premium Resto del País	A-1	7.8/9.0	70	77/121	190	225	60	Jun-Ago
	B-2	9.0/10	65	77/118	190	225	56	Mar/May, Sep, Oct
	C-3	10/11.5	60	77/116	190	225	51	Nov a Feb

**Tabla 3.2**



### **EFFECTO DE LA VOLATILIDAD DE LA GASOLINA CUANDO EL CLIMA ES FRÍO.**

En climas fríos es indicado el uso de gasolinas con valores altos de volatilidad y de PVR, para evitar problemas en el motor derivados del arranque en frío, lo que ha hecho que las especificaciones en las temperaturas de destilación al 10% y al 50% sean claves, así como su correspondiente PVR, y de ahí surge la necesidad de que las gasolinas se clasifiquen en función de su volatilidad de acuerdo al clima de la zona donde se usarán dando lugar a que se cuente en nuestro país con varias clases de gasolinas, tanto para la Magna como la Premium, a fin de dar protección contra el sello de vapor en verano y favorecer el arranque en frío evitando mal funcionamiento en la aceleración y en general en el comportamiento del motor.

A continuación se indican las pruebas y sus límites de especificación:

PRUEBA	CLASES		
	VERANO		INVIERNO
DESTILACIÓN	A – 1	B – 2	C – 3
El 10% destil. °C	70	65	60 valor máx.
El 50% destil. °C	77 / 121	77 / 118	77 / 116
El 90% destil. °C	190	190	185 valor máx.
PVR	9	10	11.5 valor máx.
Relación vapor líq. (V / L)	0.05	0.05	0.05 valor máx.

**Tabla 3.3**



# CAPITULO IV

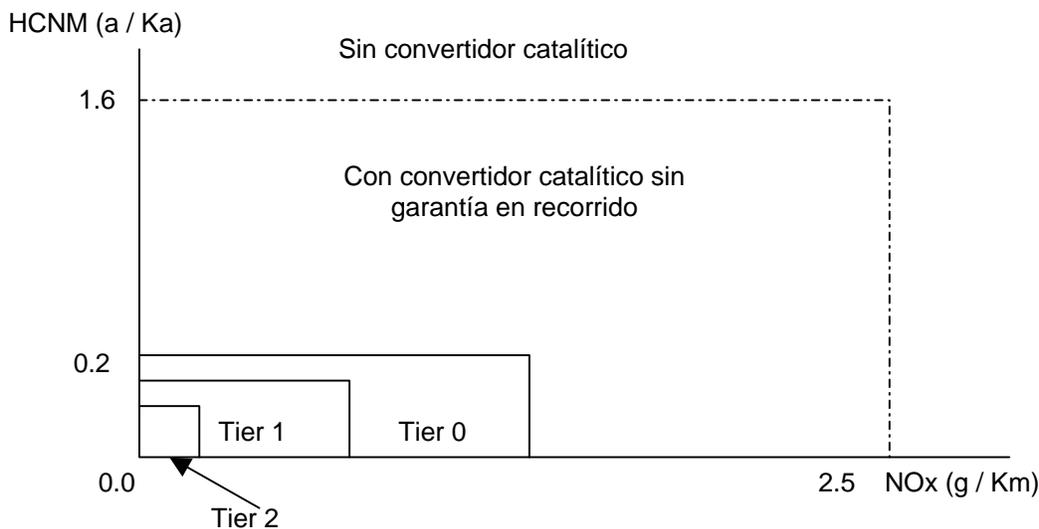
## ***PROYECCIÓN FUTURA DE LAS GASOLINAS EN MÉXICO.***

#### IV. PROYECCION FUTURA DE LAS GASOLINAS EN MÉXICO.

La disminución de emisiones contaminantes en vehículos esta asociada a la utilización de convertidores catalíticos y sistemas de control de emisiones.

Razón por la cual la tecnología vehicular ha ido evolucionando para cumplir con los niveles máximos permisibles de  $\text{NO}_x$  fijados conjuntamente con la autoridad ambiental. La estructura química de los convertidores y el mecanismo que utilizan para reducir y controlar las emisiones ha ocasionado que cada vez se requieran gasolinas con menor contenido de azufre.

Vehículos de gasolina:



Grafica 4.1

Tier 2	Tier 1	Tier 0
> 50 ppm de azufre	300 ppm de azufre	1000 ppm de azufre

**Tier 0:** 2.11 gCO /Km, 0.21 g HCNM /Km y 0.63 g  $\text{NO}_x$  / Km por un recorrido de 80,000 Km.

**Tier 1:** 2.11 gCO /Km, 0.16 g HCNM /Km y 0.25 g  $\text{NO}_x$  / Km por un recorrido de 80,000 Km.

**Tier 2:** 1.31 gCO /Km, 0.03 g HCNM /Km y 0.04 g  $\text{NO}_x$  / Km por un recorrido de 160,000 Km.



Para los autos nuevos implica disponibilidad de gasolina de bajo azufre. De acuerdo con el calendario de introducción de estos vehículos al mercado, se estima que los requerimientos de gasolina de 300 ppm varíen entre 9 y 74 MBD en el periodo 2002-2005.

Los estimados de gasolina de 30 ppm de azufre para el periodo 2006-2011 son de entre 3 y 91 MBD.

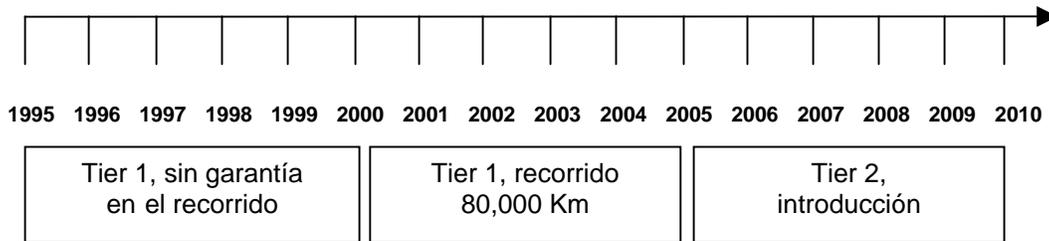


Figura 4.1

Con la introducción de la tecnología TIER I hay un recorrido garantizado de 80,000 Km a partir del 2001 y hasta el 2005. donde se requiere gasolina con un contenido de azufre de 300 ppm.

En la introducción de la tecnología TIER II a partir del año 2006. se requiere gasolina de 50-30ppm

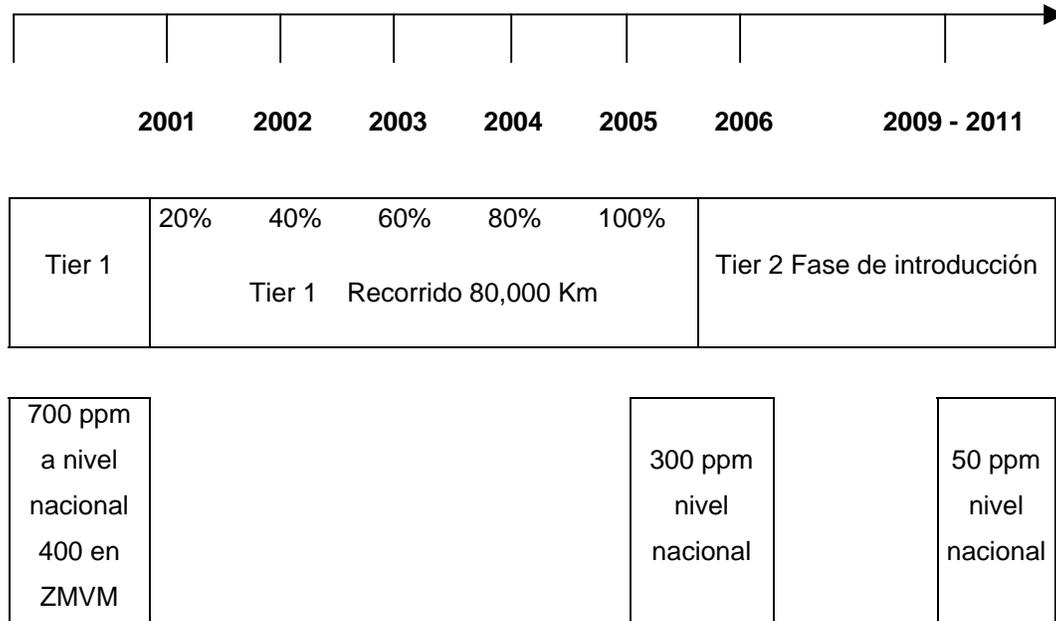


Figura 4.2



# CAPITULO V

## ***PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS GASOLINAS.***



## V. PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS GASOLINAS.

### V.1 PROPUESTA 1: SUSTITUCIÓN DEL METIL TERBUTIL ETER POR ETANOL COMO MEDIO OXIGENANTE.

Los compuestos oxigenados han cobrado importancia en la industria de las gasolinas pues permiten una manufactura más limpia que incluye reformulaciones de las gasolinas ya existentes para producir gasolinas oxigenadas.

Actualmente los éteres terciarios son los compuestos oxigenados adicionados a las gasolinas porque tienen un bajo calor latente de vaporización, baja solubilidad en agua y una capacidad de mezclado. Siendo el más usado el Metil Terbutil Eter (MTBE) por ser más favorable económicamente.

El MTBE se produce a partir de la reacción de isobutileno y metanol.



El Metil Terbutil Eter es un producto químico que se utiliza para aumentar el octanaje, mejorar la combustión y reducir las emisiones de monóxido de carbono en aproximadamente 10%.

El MTBE participa en aproximadamente 10% en el volumen total de las gasolinas oxigenadas; por otra parte el MTBE es altamente volátil y soluble en agua, se ha observado que al evaporarse la gasolina, en las estaciones de servicio o en puntos de almacenamiento, arrastra este producto a la atmósfera, donde se disuelve en el agua de lluvia para luego contaminar los mantos acuíferos.



Cabe mencionar que una falla regulatoria acerca de este producto es que no se determinaron adecuadamente los efectos tóxicos agudos o crónicos antes de permitirse su uso en la gasolina.

El potencial de contaminación de fuentes de agua por parte del MTBE representa un costo que no es compensado por los beneficios que se persiguen con su uso.

Estudios realizados indican que los avances tecnológicos actuales tanto para la producción de combustibles como para la fabricación de motores para automóviles hace ya cuestionamientos sobre el uso de MTBE.

En la actualidad se han presentado nuevas y alarmantes evidencias para eliminar el uso del MTBE de la gasolina reformulada que se comercializa en México, con el propósito de proteger las fuentes de agua.

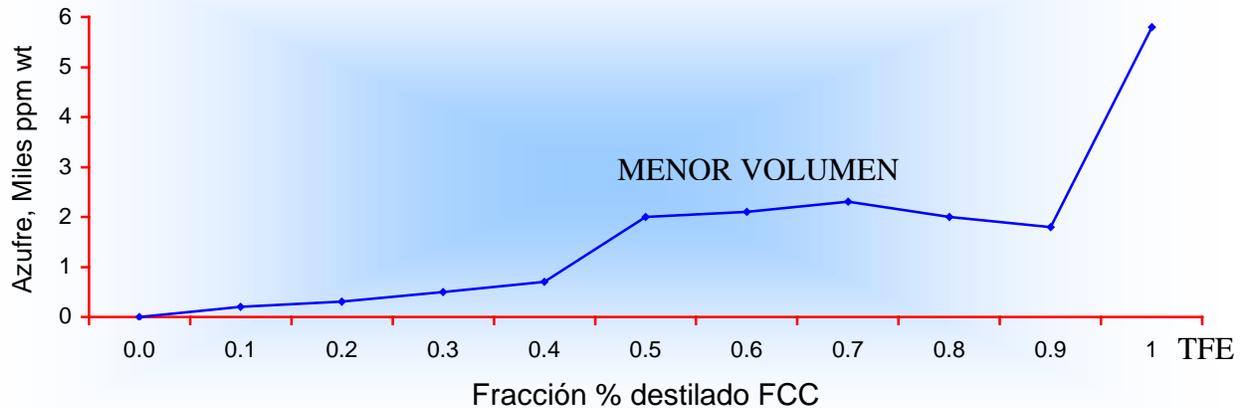
Una de las alternativas es el dar la propuesta de sustitución del MTBE por etanol como oxigenante ya que presenta valores aceptables para aumentar el octanaje, mejorar la combustión y reducir las emisiones de monóxido de carbono y otros contaminantes.

## **V.2 PROPUESTA 2: ADICIÓN DE ADITIVOS REDUCTORES DE AZUFRE.**

Dentro de las gasolinas producidas en las refinerías, la gasolina catalítica es la que aporta mayor cantidad de azufre al pool de las mismas, razón por la cual se ha venido trabajando en el uso de aditivos para disminuirlo.

Se ha observado que la distribución de azufre de la nafta catalítica para una gasolina típica con un contenido de 1,800 ppm, la fracción pesada del último 10% de la destilación contiene aproximadamente un tercio del azufre total.

### DISTRIBUCIÓN DE AZUFRE



**Grafica 5.2**

Actualmente al realizarse pruebas industriales con aditivos reductores de azufre se ha observado, que al adicionarse al catalizador de las plantas catalíticas a razón de 8 a 10%, se reduce considerablemente el azufre en la gasolina catalítica, existiendo valores hasta de un 30% a la baja. Anterior en forma practica permite inclusive incrementar el volumen de producción de esta gasolina al estar en posibilidad de incrementar la temperatura final de ebullición, ya que esta en función directa tanto del volumen como del porcentaje de azufre.

El la refinería de Cadereyta del sistema nacional de refinación de Pemex Refinación se realizo un estudio teórico práctico acerca de la adición de los aditivos mencionados obteniéndose los siguientes resultados

	SIN ADITIVO	CON ADITIVO
<b>CARGA FRESCA, BPD</b>	40,000	40,000
<b>REND. GASOLINA, %VOL</b>	61.2	61.2
<b>AZUFRE GASOLINA, % PESO</b>	0.2	0.145
<b>T.F.E. GASOLINA °C</b>	206	206
<b>REDUCCIÓN DE AZUFRE, %</b>	0	27.5
<b>COSTO APROX. \$USD/LB</b>	0	3.0

**Tabla 5.1**



### CARACTERIZACIÓN DE LA GASOLINA Y NAFTA CATALITICA

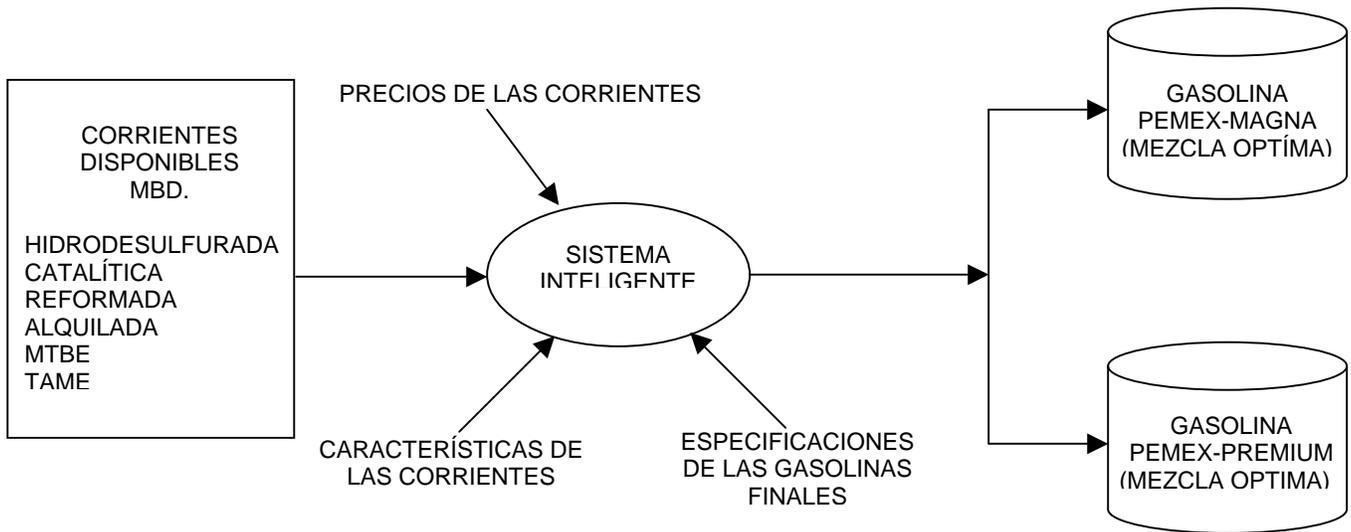
	Gasolina	Nafta Pesada
Peso específico, 20/4 °C	0.78	0.88
Gravedad API	-	28.68
Presión de Vapor lb/plg <sup>2</sup>	2.1	0.38
Corrosión al cobre, 3hrs a 50°C	1a	1a
Destilación °C		
TIE °C	70	181
10 °C	91	195
50°C	125	206
90°C TFE	184	230
Azufre total, % peso	208	250
Mercaptanos, ppm-peso	12.97	3
Sulfhídrico, ppm-peso		<1
Nitrógeno total, ppm-peso		262
Nitrógeno Básico, ppm-peso		162
Parafinas, % peso	3.193	2.63
Isoparafinas, % peso	22.147	14.86
Olefinas, % peso	23.29	0
Naftenos, % peso	10.54	0.44
Aromáticos, % peso	36.70	43.86
Pesados, % peso	4.11	36.41
RON, % peso	91.2	92
MON, % peso	800	79.2

Tabla 5.2



### V.3 PROPUESTA 3: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE BLENDING (MEZCLADO).

Desarrollar un sistema inteligente de mezclado que considere la proporciones adecuadas en volumen de cada una de las gasolinas intermedias, con el fin de optimizar la mezcla económicamente, evitando los regalos de calidad innecesarios.





# CAPITULO VI

## ***ASPECTOS ECONOMICOS.***

## VI. ASPECTOS ECONOMICOS.

A continuación se presentan los valores esperados con la adición del aditivo para disminuir el contenido de azufre en la gasolina catalítica.

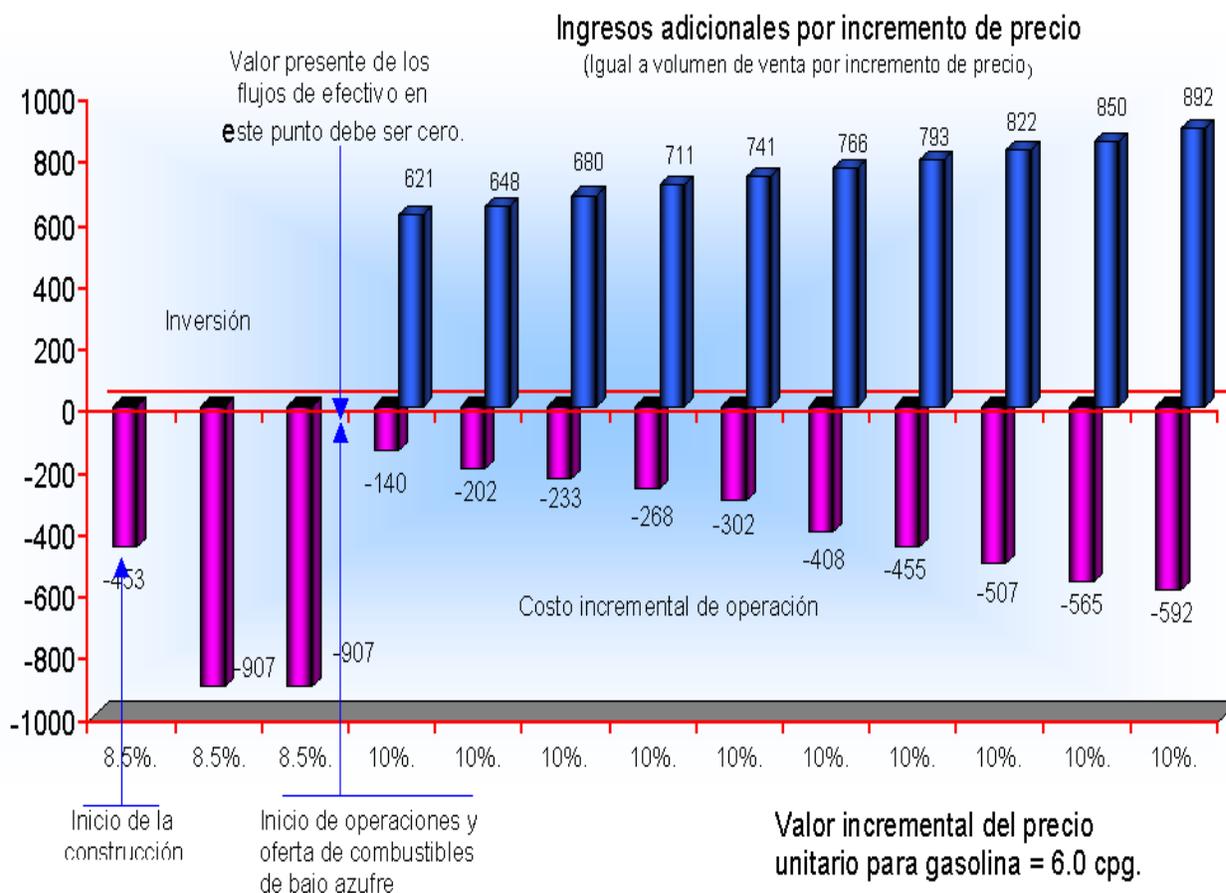
Contenido de Azufre en la gasolina catalítica FCC, ppm	Contenido de Azufre en el pool de gasolina, ppm	Costo estimado para tal efecto.
1333.33	575.0	1.916 MMUSD/año

Tabla 6.1

Por otra parte en la introducción de gasolina de bajo azufre, está en función de la fecha, el nivel del azufre y el volumen ofertado. El incremento en el precio dependerá de estas variables.

(Millones de dolares al año)

Ejemplo para 30 ppm en 2006



Grafica 6.1



# CAPITULO VII

## ***ANÁLISIS DE RESULTADOS.***



## VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### **ADITIVOS OXIGENADOS PARA LA GASOLINA.**

Ventajas de uso de etanol al sustituirlo en el Metil Terbutil Eter. (Propuesta 1).

- Los alcoholes se queman a una temperatura menor de flama.
- Tienen excelentes calidades de octano, se queman muy limpiamente y se emplean como carburantes en los autos de carreteras ya que su octanaje permite operar las maquinas de altos niveles de compresión y su capacidad para quemarse en mezclas ricas con aire, aunado a su alto calor de vaporización, les permite producir mas potencia que la que se obtiene con la gasolina.

Desventajas en la sustitución del etanol.

- El etanol no es un producto que se genere en las refinerías por lo tanto el transporte hasta ellas a fin de mezclarlo con la gasolina aumenta costos.
- La mezcla de etanol con los hidrocarburos requiere que los tanques de las refinerías no contengan agua para que no haya problemas con la homogenidad de la mezcla.

Para la Propuesta 2.

- Al reducir la temperatura final de ebullición en la gasolina catalítica se reduce el azufre; sin embargo esto disminuye el volumen producido.

La aditivación no afecta el rendimiento de la gasolina FCC, mueve parte del azufre de la gasolina al LPG y gas seco, permitiendo incrementar la temperatura de corte de gasolina y/o disminuir el azufre .El aditivo actúa mejor en el rango de gasolina ligera y actúa parcialmente en la remoción de azufre benzotiofenico.



Tiene la ventaja de mantener un control sobre el contenido de este en el inventario de catalizador de la planta FCC.

Tiene potencial de uso en las refinerías que no preparan gasolina calidad zona metropolitana, desde el punto de vista económico al ganar volumen.

Para la Propuesta 3.

El sistema de mezclado óptimo o **Blending** de las corrientes intermedias de las gasolinas que tienen ciertas características y especificaciones definidas, por medio del sistema inteligente se obtienen gasolinas finales con la calidad requerida, y el menor costo.



## CONCLUSIONES.

A nivel nacional los principales problemas que enfrentan las autoridades ambientales es la creciente contaminación atmosférica en la zona metropolitana del valle de México, y que dependen principalmente de la calidad de las gasolinas y de la tecnología utilizada en los motores de los vehículos.

Ante estos requerimientos ambientales cada vez más estrictos la industria automotriz ha desarrollado nuevas tecnologías que requieren el uso de gasolinas con especificaciones más rígidas.

El proceso de globalización ha llevado a la industria automotriz a la homologación de sus líneas de producción, por este motivo y que los modelos 2004 (Ingeniería automotriz Tier Dos) que se fabriquen están equipados con tecnología de punta para emitir ultra bajas emisiones contaminantes y que para que funcionen en forma óptima, requieren consumir gasolina con calidad adecuada de 50 ppm de azufre, factor principal que hace necesario la preparación de este tipo de gasolina en el país para poder abastecer a los vehículos que la requieran.

La alternativa propuesta comprende la reducción del azufre a través de la adición de aditivo en las unidades catalíticas FCC de las refinerías en donde se espera reducción del 20% en el azufre de gasolina catalítica y reducción de un 5% de residuales con aumento de producción de olefinas y LPG.



## GLOSARIO.

**Alquilado:** Producto de la reacción de alquilación, generalmente de isobutano con butileno, para formar hidrocarburos ramificados, principalmente isooctano 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:** 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 (monoclínico) a 2.07 (rómico). 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:** 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:** 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:** 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.

**Calor:** 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:** 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).

**Catalisis:** 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:** 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 gastado:** Cualquier material utilizado para alterar la velocidad de reacción de algún proceso, cuya calidad no permita usarlo nuevamente,

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

**Corriente abajo:** Aquellas actividades que tienen lugar entre la carga de aceite crudo en la terminal de transportación y la utilización del aceite por el usuario final. Esto comprende la transportación 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:** Las actividades relativas a la exploración, producción y entrega a una terminal de exportación de petróleo crudo.



**Crudo ligero:** Aceite crudo con proporciones relativamente altas de fracciones ligeras, y baja gravedad específica.

**Coque del petróleo:** Producto sólido, poroso, de color negruzco, cuya densidad aproximada es 1.2 g/cm

**Desfoque:** 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:** 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>. 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:** 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, hidrodésintegración, desintegración de residuales, desintegración térmica, reducción de viscosidad y de desintegración con vapor.



**Destilación:** 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:** 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:** 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, sometiéndoles 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):** 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 :** 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.

**Diluente(s):** Productos intermedios de la refinación usados para adelgazar combustóleo, reducir la viscosidad y ajustar el nivel de azufre.

**Etileno:** 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.



**Fraccionamiento:** Nombre genérico del proceso de separación de una mezcla en sus componentes o fracciones. Ver también: absorción, adsorción, destilación.

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

**Gas amargo:** 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:** 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:** 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 (*furnace 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.



La ASTM lo designa como aceite No. 2 (No.2 oil), nombre que se usa en varias partes del mundo especialmente en Norteamérica. Dentro de la industria de la refinación se usa el término gasóleo para designar ciertos productos intermedios, adicionalmente a los productos terminados, así nombrados, agregándoles un adjetivo que indique su procedencia, verbigracia, gasóleo de vacío, gasóleo atmosférico, gasóleo de coquización, gasóleo de pirolisis, entre otros. 139

**Gasóleo de vacío:** 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:** 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.

**Gasolina:** El combustible usado en automóviles y motocicletas, etc. (también conocido como petrol). La gasolina que se encuentra en forma natural se conoce como condensado.

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

**Gravedad específica:** 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.

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

**Hidrodeseintegración 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 hidrodeseintegración 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.

**Hidrodeshulfuración (hydrodesulphurization):** Proceso por medio del cual se elimina el azufre de los hidrocarburos tales como gasolina, turbosina, diesel, lubricantes y residuales. La hidrodeshulfuración 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, (Paraffin):** Nombre que se da en el Reino Unido a una kerosina de calidad premium que se emplea en quinqués y calentadores de espacios interiores.

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

**Mercaptanos:** 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:** Número de identificación UN1262, guía 13 Miembro de la serie de hidrocarburos parafínicos; su fórmula condensada es  $C_8H_{18}$ ; 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 isooctano); la temperatura de ebullición del octano normal es de  $125.7^\circ C$  y la del isooctano  $99.2^\circ C$ .. 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 isooctano 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:** 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:** 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 Merox 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  $520^{\circ}\text{C}$ ; 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  $680^{\circ}\text{C}$ ; 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:** 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:** Equipo de refinación cuyo objetivo es transformar los productos residuales en gasolina, gas licuado, etc. En este tipo de plantas los residuales se mezclan con hidrógeno en presencia de un catalizador.

**Presión de Vapor Reid (PVR):** Nos indica la cantidad de hidrocarburos de bajo punto de ebullición en el carburante.

**Proceso de Alquilación:** proceso de Procedimiento para convertir a las olefinas en compuestos de alto octanaje, libres de impurezas y de alto valor agregado. Es, por tanto, un proceso para generar gasolinas de alta calidad.



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

**Punto final de ebullición:** 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:** 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:** Medio seguro de disposición de gases de desecho de combustión y líquidos de desfogue. Existen diferentes tipos de quemadores de campo los cuales son: Quemador sin humo tipo multiflama o multijet. Quemador de fosa sin humo tipo velas. Quemador de fosa con humo. Quemador elevado.

**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.



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

**Residuo:** 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:** 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:** 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 peligroso:** 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:** 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.

**Xileno(s):** 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.



## BIBLIOGRAFÍA.

**American Petroleum Institute;** Alcohols and Ethers , EUA, API Puiblicación 4261, 1999.

Celestinos, J.A; **Evolución del uso de las gasolinas y el Diesel como combustibles en el transporte.** XXX Convención Nacional del IMIQ, A.C, Guadalajara Jal. 1990.

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

Derriem, M.L Andrews. J.W Selective **Hidrogenación Process.** Chemical engineering Process, Vol. 70. 1976.

Enriquez, Gumesindo y L.G. Palafox, **Refinerías de Petroleos Mexicanos**, Pemex, Mexico. 1956.. 207

Gary, James H ., **Refino de Petroleo, Tecnología y Economía**, Ed. Reverte, España, 1980.

Gomez , B. G; **Reducción del azufre en la gasolina de FCC mediante los procesos de hidrodesulfuración y Fraccionamiento**, Primer foro de avances en la industria de la refinación, IMP.

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

Howard, F and Barrane M.H., **Project engineering of process plants**, raser, Ed. John Wiley

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



Kvlakowsky, M; **Reformulated Gasoline Defining the Challenge**, American Chemical Society, agosto 1994.

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

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

Ortiga, G.F; Schacht, H.P **Reducción del contenido de azufre en gasolinas de desintegración catalítica**, 35ª. Convención nacional del Instituto Nacional de Ingenieros Químicos.

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

PEMEX; **Proceso de Desintegración Catalítica**, Refinería Miguel Hidalgo, 2000.

PEMEX – REFINACIÓN; **Características de las corrientes de Proceso**, Unidad FCC, Salamanca Gto, 1995.

Revista **Octanaje**, Gerencia de Estaciones de Servicio, Subdirección Comercial, Pemex Refinación, No. 1-7, 2003.

Rodríguez, M.N; **Las gasolinas, sus características, su impacto en la operación de los vehículos y en el medio ambiente**, Revista del IMIQ ,Vol. 31.