



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**GASOLINA DE LLENADO INICIAL PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

***T E S I S***

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA:**

**LAURA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**



**MÉXICO, D.F.**

**AÑO 2014**



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:**           **PROFESOR:**   **ORTIZ RAMIREZ JOSE ANTONIO**

**VOCAL:**               **PROFESOR:**   **MONTIEL MALDONADO CELESTINO**

**SECRETARIO:**       **PROFESOR:**   **MORENO XOCHICALE JOSE JORGE TOMAS**

**1er. SUPLENTE:**     **PROFESOR:**   **BARRAGAN AROCHE JOSE FERNANDO**

**2° SUPLENTE:**       **PROFESOR:**   **LEMUS BARAJAS MARIA GUADALUPE**

## **SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**SUBGERENCIA DE DISTRIBUIDORES Y CLIENTES DE GOBIERNO, EDIFICIO B-2 PISO 3, DE PEMEX  
REFINACIÓN.**

**AVENIDA MARINA NACIONAL NO. 329, COLONIA PETRÓLEOS MEXICANOS, DELEGACIÓN MIGUEL  
HIDALGO, MÉXICO D.F. C.P. 11311**

## **ASESOR DEL TEMA:**

**ING. JOSÉ JORGE TOMAS MORENO XOCHICALE**

---

## **SUSTENTANTE:**

**LAURA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

---

# ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
RESUMEN.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	VI
JUSTIFICACIÓN.....	VIII
OBJETIVO PRINCIPAL.....	IX
1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 Definición de Gasolina.....	1
1.2 Historia de la Gasolina en México.....	4
1.3 Cronología de la Gasolina en México.....	10
1.4 Origen de la Gasolina de Llenado Inicial.....	12
1.5 Características Relevantes de las Gasolinas Mexicanas.....	14
1.5.1 Características de manejo y almacenamiento.....	14
1.5.2 Características de desempeño en los vehículos.....	15
1.5.3 Características de protección al medio ambiente.....	18
1.6 Características de los componentes empleados en la formulación y producción de las gasolinas.....	20
1.7 Principales Propiedades de las Gasolinas en México.....	21
2 EL PROCESO DE REFINACIÓN.....	23
2.1 Localización de la Refinería de Tula, Hidalgo.....	24
2.2 Procesos de Refinación del Petróleo.....	25
2.3 Procesos para elaborar Gasolina en Pemex Refinación.....	29
2.3.1 Planta de destilación atmosférica (plantas primarias).....	30
2.3.2 Planta de Destilación al Vacío.....	31
2.3.3 Planta Estabilizadora de Nafta y Fraccionadora de Gases.....	33
2.3.4 Planta Hidrodesulfuradora (HDS) de Naftas y Destilados Intermedios.....	34
2.3.5 Plantas de Reformación Catalítica.....	35
2.3.6 Planta de Isomerización.....	37
2.3.7 Planta de desintegración catalítica.....	38
2.3.8 Plantas de MTBE y TAME.....	40
2.3.9 Planta de Alquilación.....	43

2.4	Descripción de los Procesos de Desulfuración de Gasolinas.....	45
2.4.1	Procesos No Selectivos.....	45
2.4.2	Procesos Selectivos.....	46
2.4.3	Proceso por Destilación Catalítica.....	47
2.5	Proceso de Gasolina de Llenado Inicial.....	47
2.6	Especificaciones de Formulación y Mezclado.....	49
2.6.1	Formulación de Gasolinas.....	49
3	PRODUCTO Y SERVICIO.....	52
3.1	Comercialización.....	53
3.2	Publicidad.....	54
3.3	Mercado Nacional de Gasolinas.....	55
3.3.1	Evolución del mercado de 2002 a 2012.....	55
3.3.2	Pronostico de oferta y demanda de gasolinas.....	62
3.4	Sistema de calidad.....	65
4	LEGISLACIÓN NACIONAL.....	66
4.1	Marco Legal.....	66
4.2	Sistema Normativo.....	67
4.2.1	Normatividad Ambiental.....	68
4.2.2	Emissiones a la Atmósfera.....	69
4.2.3	Normas de emergencia.....	73
5	EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL.....	74
5.1	Evolución de los motores de los vehículos.....	74
5.2	El Motor.....	75
5.2.1	Estructura del Motor.....	76
5.2.2	Funcionamiento del Motor.....	78
5.3	La Gasolina como Combustible en la Industria Automotriz.....	80
5.3.1	Química de la combustión.....	80
5.3.2	Combustión Anormal.....	81
5.3.3	Etapas del Proceso de Producción de un Vehículo.....	81
5.3.4	Motores con combustibles alternos a la gasolina.....	83

5.4	La Industria Automotriz en México .....	87
5.4.1	Producción.....	88
5.4.2	Exportación.....	92
5.5	Futuro de la industria automotriz .....	94
6	ESPECIFICACION DE LA GASOLINA DE LLENADO INICIAL.....	95
6.1	Hoja Técnica de Especificaciones de Gasolina de Llenado Inicial.....	96
6.2	Especificaciones de los Componentes más importantes para la GLLI.....	98
6.2.1	Hoja Técnica de Especificaciones de MTBE .....	98
6.2.2	Hoja Técnica de Especificaciones de TAME.....	100
6.2.3	Hoja Técnica de Especificaciones de Alquilerado Ligero .....	101
6.2.4	Hoja Técnica de Especificaciones de Detergente .....	103
	CONCLUSIONES .....	105
	RECOMENDACIONES .....	106
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	107
	ABREVIATURAS USADAS.....	118
	REFERENCIAS .....	120
	ANEXO A .....	124
	ANEXO B .....	125

## RESUMEN

Esta tesis proporciona un material de apoyo que se presenta de manera simplificada para conocer y comprender el comportamiento de las gasolinas en México, especialmente la de primer llenado. Para su desarrollo, se estudió el mercado nacional de gasolinas, sus proyecciones futuras y la evolución del parque automotor en México sobre todo para la exportación de autos, con el fin de proporcionar un panorama general y justificar la necesidad de seguir elaborando la gasolina de primer llenado.

Las principales conclusiones que se obtuvieron son: la producción de gasolinas ha permanecido prácticamente estancada, teniendo que importar cada vez más estos combustibles con el fin de suplir la creciente demanda. En el caso del pronóstico de la oferta, se prevé que se mantendrán las importaciones de gasolinas, pese al aumento proyectado en su capacidad de producción. Por otra parte, la gasolina de primer llenado define la calidad que es requerida por la flota vehicular actual.

Las gasolinas son en su mayoría usadas por los motores de combustión interna para proporcionar la energía necesaria para transportarnos. La dependencia de las gasolinas con el sector automotor se atribuye a una limitada oferta de otros combustibles no fósiles. Como resultado, actualmente no existe un combustible alternativo que represente una fuerte competencia para los motores de combustión interna.

Los autos eléctricos no funcionarían ni serían sustentables ambientalmente en nuestro país, porque la generación de energía eléctrica se basa en el petróleo, por lo que se necesita cambiar el sistema actual de generación de electricidad por uno que use fuentes de energías renovables, como la solar o eólica, que sí son eficientes, sustentables y limpias. Además de que no se tienen las condiciones actuales de infraestructura necesaria para la recarga de las baterías de los vehículos.

El continuo crecimiento del parque vehicular, ha hecho del automóvil la principal fuente de contaminación atmosférica en los centros urbanos, debido a la cantidad de emisiones que genera como resultado de la reacción de combustión. Su crecimiento se debe a que la aparición del automóvil trajo consigo una nueva dimensión de libertad: la capacidad de desplazarse de forma rápida e independiente. El grado de preferencia del automóvil se da por razones de flexibilidad, rapidez, eficacia, y costo.

En consecuencia, la industria automotriz ha tenido que evolucionar para responder a las crecientes exigencias en materia de normatividad ambiental y a los avances tecnológicos. Por ello, adoptó el término “verde”, orientado a automóviles más amigables con el medio ambiente, de ahí que la competencia automotriz actual se centra en fabricar el mejor automóvil, el más ecológico, el más eficiente y el más económico del mercado.

## INTRODUCCIÓN

La gasolina es un derivado del petróleo, que está constituido por la suma de varios hidrocarburos (moléculas de hidrógeno y carbono). La gasolina es utilizada en todo el mundo porque es el combustible para vehículos automotores más efectivo hasta el momento.

Este combustible es el más demandado entre los productos derivados de la refinación del petróleo. La gasolina comenzó a formar parte de nuestra vida desde que empezó la producción en serie de los automotores, esto ocurrió por ahí de la década de los años 20's del siglo pasado.

A principios del siglo XX, la obtención de gasolina de calidad era cuestión de suerte, con el paso del tiempo se produjeron más y mejores gasolinas. Por otro lado, la tendencia histórica de la tecnología de la desulfuración inicio a principios de los años setentas, logrando combustibles de bajo azufre, esto es reducir la producción de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Entre 1995 y hasta nuestros días, la meta ha sido lograr un combustible libre de azufre en la gasolina, no solamente eliminando el azufre (S), sino compuestos de nitrógeno, partículas y reducción del bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el lograr estas características, es obtener la "gasolina del futuro".

La creciente demanda de gasolinas, exige la producción de mejores y cada vez más limpias las gasolinas, y en consecuencia una reglamentación ambiental.

Por lo anterior, en la presente tesis se estudia la perspectiva y uso de la gasolina en México, su mercado internacional, los procesos para su obtención, la normatividad ambiental y conjuntamente al estudiar estos aspectos se busca analizar las ventajas y desventajas que se presentan. Como resultado se tienen conceptos básicos de manera simplificada y los principios con que se rige la gasolina en México.

De manera particular, el análisis consiste en examinar la situación actual y futura de la gasolina de primer llenado.

Esta tesis está estructurada de la siguiente manera, en su primer parte se realiza una retrospectiva histórica de las gasolinas en México. Se hace referencia a la evolución histórica del precio y características de las mismas.

En el **segundo apartado**, se analiza el contexto de los principales procesos de refinación, la descripción general de cada proceso; proceso de destilación atmosférica, planta hidrodesulfuradora (HDS) de nafta, desintegración catalítica (FCC), MTBE Y TAME.

En un **tercer apartado** se presenta el panorama general de las gasolinas, su situación actual y sus retos a nivel nacional.

El **cuarto apartado** se expone el marco normativo que se ha manejado en los últimos años tanto para la elaboración, consumo y restricciones para el uso de combustibles fósiles.

En el **quinto apartado** se muestra al sector de mayor consumo a nivel mundial, el cual es la industria automotriz, por su alta dependencia de las gasolinas para su funcionamiento. Así como la opción de algunos combustibles alternos los cuales pueden sustituir a éste combustible fósil.

En el **último apartado** se refiere a la especificación de la gasolina ya que esta determina su calidad. Las propiedades físicas y químicas más importantes que se deben cumplir en una gasolina son: la Volatilidad, Destilación, la Presión de vapor Reid, Octanaje, las Gomas preformadas, la Capacidad Corrosiva y el Contenido de Azufre.

## JUSTIFICACIÓN

La presente tesis enfatiza la importancia que tiene la gasolina en la industria automotriz, debido a la atracción por los automóviles se ve el incremento en el parque vehicular así como el consumo de gasolinas. Es necesario resaltar que México es el octavo productor de vehículos a nivel mundial, con una producción de 2.88 millones de unidades en 2012 y del total, el 80% de autos que se arman en nuestro país son pensados para venderlos al extranjero. Por lo que hace pensar que de cada 100 vehículos producidos en el mundo, 3 fueron ensamblados en México.

Por lo anterior se da la inquietud de conocer y comprender a las gasolinas de México, de manera particular la gasolina de llenado inicial que es utilizada para realizar el llenado en fábrica de los autos nuevos, la cual se identifica con la dependencia de autos para exportación, por lo que se estudia su situación actual, la perspectiva, los procesos para su obtención y la normatividad.

La finalidad es empezar a generar información acerca de ella, con el fin de proporcionar un material de apoyo simplificado que muestre un panorama general y que se justifique la necesidad de seguir elaborando la gasolina de primer llenado.

Sin duda, los resultados que logre arrojar la investigación, permitirán conocer el terreno sobre la gasolina, especialmente la gasolina de primer llenado, que aún es incierto y provocar alternativas de su importación.

## OBJETIVO PRINCIPAL

Investigar las expectativas de consumo de la gasolina de Llenado Inicial por las armadoras automotrices que operan actualmente en el país, incluyendo las que podrían en un futuro instalarse.

Para cumplir con el objetivo principal, se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- ♣ Orígenes del consumo de la Gasolina de Llenado Inicial de Pemex en México.
- ♣ Conocer la dependencia que hay entre la Gasolina de Llenado Inicial con la Industria Automotriz
- ♣ Descripción del proceso para la obtención de Gasolina de Llenado Inicial.
- ♣ Estudiar el comportamiento del mercado nacional de gasolinas, especialmente la de primer llenado.
- ♣ Investigar a quién se vende la Gasolina de Llenado Inicial de Pemex.
- ♣ Estudiar el uso y aplicación de la Gasolina de Llenado Inicial en las plantas armadoras automotrices.

*La ciencia es la defensa valiente de la realidad contra el dogma, de la verdad ante el mito, de la razón frente a la fe, de lo que sabemos ante lo que creemos, del mundo como es ante el mundo que quisiéramos que fuera.*

*Ruy Pérez Tamayo*

## 1 ANTECEDENTES

### 1.1 Definición de Gasolina

La Real Academia Española define la gasolina como la “mezcla de hidrocarburos líquidos volátiles e inflamables obtenidos del petróleo crudo, que se usa como combustible en diversos tipos de motores”.

En general un combustible es cualquier sustancia que puede arder, habitualmente se reserva esta denominación para aquellos materiales que son quemados para producir energía calorífica. Los combustibles tienen una importancia fundamental en el mundo actual y dan un gran poder económico a los países que los poseen.

La gasolina es el producto más importante de la refinación del petróleo, este es un producto que tiene gran demanda, debido al aumento del parque vehicular en todo el mundo. En términos generales, en el mercado internacional se reconocen tres calidades de gasolinas. La primera de ellas se le conoce como Regular Unleaded (Regular sin plomo) cuyo índice de octano es de 87 mínimo. El segundo tipo se conoce como MidGrade (grado medio), cuyo índice de octano mínimo es 89 y el tercero denominado como Premium, cuyo índice de octano mínimo es 92.

En México existen tres tipos de gasolinas, la gasolina que está en bombas verdes (Pemex Magna), la gasolina que está en rojas (Pemex Premium) y una tercera gasolina denominada Ultra Bajo Azufre, que se vende en la Zona Metropolitana del Valle de México, Guadalajara y Monterrey; lugares que, por su congestionamiento vehicular, requieren de una gasolina con un mayor número de oxidantes para que al quemarse en la cámara de combustión de los automóviles genere menor cantidad de contaminantes.

## ANTECEDENTES

Las gasolinas Magna y Premium no se diferencian sólo por el color de las bombas, su principal característica es su nivel de octanaje: la Premium cuenta con 92 octanos, mientras que la Magna tiene 87.

A continuación se presentan las gasolinas que se comercializan en todo el país.

- ♣ Pemex Premium Zona Metropolitana del Valle de México
- ♣ Pemex Premium Resto del País
- ♣ Pemex Magna UBA Zona Metropolitana del Valle de México
- ♣ Pemex Magna Resto del País
- ♣ Pemex Magna UBA Zona Metropolitana de Monterrey
- ♣ Pemex Magna UBA Zona Metropolitana de Guadalajara
- ♣ Pemex Premium Zona Metropolitana de Monterrey
- ♣ Pemex Premium Zona Metropolitana de Guadalajara
- ♣ **Gasolina Llenado Inicial**

**Tabla 1.1** Gasolinas Mexicanas

PRODUCTO	DEFINICIÓN	TIPO	APLICACIÓN
<b>Gasolina Pemex Magna</b>	Gasolina sin plomo formulada para automóviles con convertidor catalítico y en general motores de combustión interna a gasolina con requerimientos por lo menos de 87 octanos y 80 ppm peso máximo de azufre.	Combustible Automotriz	Combustible en motores de combustión interna, con convertidor catalítico, de 87 octanos.
<b>Gasolina Pemex Magna UBA</b>	Gasolina de bajo contenido de azufre (30 ppm peso como promedio ponderado mensual), formulada para automóviles con convertidor catalítico.	Combustible Automotriz	Combustible en motores de combustión interna, con convertidor catalítico, de 87 octanos.

ANTECEDENTES

PRODUCTO	DEFINICIÓN	TIPO	APLICACIÓN
<b>Gasolina Pemex Premium</b>	Gasolina sin plomo formulada para automóviles con convertidor catalítico y en general motores de combustión interna a gasolina con requerimientos, por lo menos de 91 octanos y 80 ppm peso máximo de azufre.	Combustible Automotriz	Combustible en motores de combustión interna, con convertidor catalítico, de 92 octanos
<b>Gasolina Pemex Premium UBA</b>	Gasolina de bajo contenido de azufre (30 ppm peso como promedio ponderado mensual) y mayor octanaje, formulada para automóviles con convertidor catalítico y motores de alta relación de compresión.	Combustible Automotriz	Combustible en motores de combustión interna, con convertidor catalítico, de 92 octanos.
<b>Gasolina de Llenado Inicial</b>	Gasolina formulada para garantizar la integridad del motor de los vehículos nuevos. Ya que cumple con los requisitos técnicos, logísticos y ambientales. Con un índice de octano 90 mín. y 80 ppm peso máximo de azufre.	Combustible Automotriz	Combustible utilizado para llenar por primera vez los tanques de combustible solo para vehículos nuevos de exportación.

**FUENTE:** <https://www.comercialrefinacion.pemex.com/portal/>

Conjuntando los diferentes términos, se tiene que la gasolina 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.

## 1.2 Historia de la Gasolina en México

No hay duda: lo más estimable del petróleo es la gasolina. Cuando en el siglo XIX el queroseno desplazó a las grasas animales como iluminantes, no solamente se inventó el quinqué, sino que el hombre intuyó que detrás de ese aspecto negro y aceitoso del petróleo, se escondía una gama de posibilidades energéticas que podía revolucionar al mundo.

Desde 1882 se inventó el motor de combustión interna, dando paso a la creación del automóvil, todavía en la segunda década del siglo veinte el petróleo se utilizaba mayormente como proveedor de luz, lubricante o para elaborar sustancias medicinales. La gente seguía prefiriendo al carbón como combustible.

El avance fue lento. El crecimiento de la industria petrolera estuvo relacionado al desarrollo de los automotores. Para 1911 ya transitaban por el mundo medio millón de autos que se movían con gasolina o nafta. Estas máquinas que se desplazaban por sí solas habían comenzado a fabricarse en serie y al llegar a 1916 la cantidad de unidades rebasaba los dos millones. Fue entonces que la industria del petróleo se convirtió en altamente rentable, cuyo detonante fue la Primera Guerra Mundial, conflicto que incrementó notoriamente el uso de autotransportes con fines bélicos.

“El crudo, por sí solo, es como el carbón que envuelve y oculta al diamante y, en este caso, la gasolina es el diamante del petróleo”. (*La gasolina el diamante del petróleo*, Pág. 3).

El 18 de marzo de 1938, el presidente Lázaro Cárdenas del Río anunció la trascendental decisión de expropiar a las compañías extranjeras de la industria del petróleo. Unos meses después, el 7 de junio, por medio de un decreto se funda la Compañía de Petróleos Mexicanos, a la cual se le faculta para realizar todos los trabajos relacionados con la exploración, explotación, refinación y comercialización del petróleo en el país.

En 1938 sólo existía un tipo de combustible automotriz llamado simplemente gasolina, que tenía un índice de 57 octanos y un máximo de tres mililitros de plomo por galón.

El 22 de octubre de 1939, químicos mexicanos lograron producir el tetraetilo de plomo (TEP), el ingrediente indispensable para fabricar gasolina.

## ANTECEDENTES

Los automóviles se fueron desarrollando y al diseñarse vehículos con mayor autonomía se demandaban gasolinas de mayor octanaje, en 1940 apareció la Mexolina que contaba con 70 octanos y un nivel de tres miligramos de Tetraetilo de Plomo por galón (TEP/gal.).



**Figura 1. 1** Bomba de Gasolina marca Bennett de los años sesenta

**FUENTE:** Pemex, *"La gasolina el diamante del petróleo"* (2000).

Como los motores cada vez eran más exigentes, en 1950 se comercializó la Supermexolina, de 80 octanos y con 4 ml de TEP/gal.

En agosto de 1952 se tenían tres tipos de gasolina: gasolina, Mexolina y Supermexolina, respectivamente.

A mediados de 1956, Pemex sacó al mercado una nueva gasolina de 90 octanos para automóviles, denominada Gasolmex 90, fijando su precio en 85 centavos el litro al mayoreo y 90 centavos al menudeo. Este combustible mantenía los 4 ml de TEP/gal. El octanaje de la Mexolina se elevó a 72 y el de la Supermexolina a 82.

A principios de 1959, se estableció oficialmente que el octanaje para la gasolina ordinaria sería de 57 a 67 octanos; Mexolina de 68 a 72 y Supermexolina de 78 a 82.

En 1960 la Mexolina se comenzó a retirar del mercado por ser un combustible que perjudica los motores y en realidad resulta antieconómico por su bajo precio.

## ANTECEDENTES

En 1966 salió al mercado la gasolina Pemex 100, con un índice de 100 octanos RON y los mismos 4 mg de Pb.

En 1970 se registra una crisis energética mundial por un embargo petrolero en el Medio Oriente, lo que obliga a la Industria Automotriz a diseñar autos de menor peso y tamaño que permiten economizar combustible. En respuesta, en 1973 las gasolinas Nova y Extra desplazan a las que existían.



**Figura 1. 2** Bombas de Gasolina, Gasolmex 90 y Pemex 100

**FUENTE:** Pemex, *"La gasolina el diamante del petróleo"* (2000).

La Nova tenía un octanaje de 81 y la Extra de 94, ambas con un contenido de 3.5 ml de TEP.

En el año 1974 aparece la Extra sin plomo, con 92 octanos y apenas 0.1 gramos de plomo por galón. Y en 1975 todavía se le redujo más el plomo a 0.05 gramos.

En la década de los 80's, el establecimiento de duras restricciones del uso del Pb como medida de protección ecológica, obligó a las refinerías a integrar nuevos procesos para producir gasolinas sin este elemento, que demandaron los autos equipados con convertidor catalítico, para reducir las emisiones contaminantes a la atmosfera.

De 1981 a 1987, se fue reduciendo paulatinamente el contenido de Pb en la Nova, pasando de 2.49 a 0.78 ml/gal.

## ANTECEDENTES

Los automóviles continuaban su avance con diseños aerodinámicos, menor peso, sistemas computarizados de inyección de gasolina, carburación y control de emisiones. Por lo que en 1986 aparecen en el mercado las gasolinas mejoradas Nova Plus y Extra Plus, con contenidos de plomo de 0.5 ml/gal y 0.05 g/gal. Además, en ambas se incorporó un aditivo detergente desarrollado por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP-DG-2A), para evitar ensuciamiento en las partes internas del carburador y mejorar la combustión.

Entre la Expropiación Petrolera y el último año del gobierno de Miguel de la Madrid, los precios de los combustibles evolucionaron de la siguiente forma:

Cuando en 1938 se puso a la venta la gasolina incolora, su precio era de \$0.18 el litro y en 1988 llegó a \$493.

Mexolina: 1940, \$0.23; 1946, \$0.30... 1975, \$0.52

Súper Mexolina: 1948, \$0.35... 1972, \$0.80

Gasolmex 90: 1956, \$0.90... 1972, \$1.0

Pemex 100: 1965, \$1.20... 1972, \$1.20

Nova: 1973, \$1.40; 1981, \$6.00; 1982, \$10.00; 1983, \$30.00... 1988, \$493

Extra: 1973, \$2.0; 1981, \$10.00; 1982, \$15.00; 1983, \$41.00... 1988, \$573

La alta contaminación ambiental de algunas urbes del país, pero sobre todo del Distrito Federal, prendieron focos rojos que hubo que considerar. Los grandes beneficios que alguna vez dio al país el TEP, al paso del tiempo se habían revertido.

En la búsqueda de mejorar cada vez más la calidad de los combustibles, en 1989 se efectuaron cambios importantes en la formulación de las gasolinas para aumentar su eficiencia y, a la vez, cumplir con las exigencias de un combustible de calidad ecológica que contribuyera a mantener limpio el aire.

## ANTECEDENTES

En la reformulación de las gasolinas se han tomado como base las siguientes premisas para obtener mayores beneficios técnicos y ecológicos:

- ♣ Menor contenido de hidrocarburos ligeros, debido a que éstos se evaporan a baja temperatura.
- ♣ Menor contenido de aromáticos, particularmente el benceno.
- ♣ Menor contenido de azufre.
- ♣ Menor contenido de aromáticos pesados.
- ♣ Menor contenido de hidrocarburos olefínicos (que tienen la propiedad de ser altamente reactivos a la atmósfera).
- ♣ Adición de compuestos oxigenados tales como el Metil-Terbutil-Eter (MTBE) y Teramil Metil Éter (TAME), sobre todo en las gasolinas distribuidas en las grandes ciudades y de gran altitud.

Aún más, en ese año se sustituyó el aditivo detergente por uno nuevo mejorado que además de detergente es dispersante. Este aditivo que también es de tecnología IMP (IMP-DDCV-3), exhibe ventajas técnicas por una mayor disminución de hidrocarburos y monóxido de carbono en las emisiones vehiculares.



**Figura 1. 3** Bomba de Gasolina de los años ochenta

**FUENTE:** Pemex, "La gasolina el diamante del petróleo" (2000).

## ANTECEDENTES

En septiembre de 1990 Pemex puso a la venta la Magna Sin, gasolina sin plomo (0.01 gramos de plomo por galón) y un octanaje de 82 con calidad comparable a la gasolina estadounidense Unleaded Regular de 87 índice de octano, sustituyó a la Extra.

En 1991, se redujo a la mitad el contenido de plomo en la Nova (0.36 ml), se aumentó en 50% la producción de Magna Sin y se agregó MTBE para oxigenar las gasolinas comercializadas en el Valle de México. Este compuesto mejora la combustión de los automotores, principalmente en los lugares de mayor altitud en donde el contenido de oxígeno es menor. En 1993, la cantidad de Pb en la Nova se redujo a 0.21 ml/gal.

En 1995, se mantuvo el énfasis en el cuidado del medio ambiente, por lo que en la búsqueda de gasolinas de mayor calidad, Pemex Refinación destinó el 62% de su inversión en el paquete ecológico.

El 18 de marzo de 1996, en el 58 Aniversario de la Expropiación Petrolera, se puso a la venta la mejor gasolina obtenida hasta el momento: la Pemex Premium. Esta gasolina sin plomo tiene un alto octanaje equivalente a 93, seis puntos arriba de la Pemex Magna. Además contiene aromáticos, olefinas y benceno de 25, 10 y 1% como máximo, con lo cual se reduce la formación de ozono. El nivel de azufre se limitó a un máximo de 500 partes por millón (ppm).

La aparición de esta nueva gasolina, motivó que a la Magna Sin se le renombrara como Pemex Magna.

En 1997 para lograr el objetivo ambiental y de salud adoptado en esta materia, fue necesario intensificar el comercio exterior de la gasolina y sus componentes. Por tanto, se exportaron 67,000 bd de gasolinas de bajo octano y naturales, y se importaron 127,000 bd de gasolinas terminadas y componentes de alto octano. De esta manera se cubrió el déficit de octano que supuso pasar de la Nova a la Magna y la Premium.

El primero de enero de 1998 México se colocó a la vanguardia de muchos países, incluyendo a naciones industrializadas como Alemania, Inglaterra, Francia, Suiza y España, al eliminar totalmente el plomo de sus gasolinas en un tiempo record, ya que apenas tres años atrás sólo poco más de la mitad (54%) de la gasolina que se consumió en el país no contenía plomo, porcentaje que se elevó al 61% en 1996, llegando al 83% en 1997, para por fin alcanzar el 100% al amanecer del año 1998.



**Figura 1. 4** Bomba de Gasolina del año 2012

**FUENTE:** Pemex, "Revista Octanaje" (oct-dic 2012).

### 1.3 Cronología de la Gasolina en México

Para el consumidor las especificaciones de las gasolinas entre regiones no es un factor de preocupación, ya que el motor del vehículo funciona adecuadamente con el combustible que carga en cualquier lugar; en este sentido también se han dado los adelantos en las especificaciones de las gasolinas en el país.

Durante muchos años las empresas petroleras han puesto a disposición de los consumidores opciones para la gasolina considerando las especificaciones de los motores de los vehículos.

## ANTECEDENTES

En México, se han ofrecido dos y hasta cuatro tipos de gasolina, como se muestra a continuación:

**Tabla 1.2** Cronología de la Gasolina en México

AÑO DE REFERENCIA	OPCIONES DE GASOLINAS
<b>1938</b>	GASOLINA de 57 octanos.
<b>1940</b>	MEXOLINA de 70 octanos con plomo.
<b>1950</b>	SUPERMEXOLINA de 80 octanos, con plomo: por requerimientos de los nuevos motores.
<b>1956</b>	Aumenta la relación de compresión en motores y aparece GASOLMEX 90 con 90 octanos, con plomo.
<b>1966</b>	PEMEX 100, la súper gasolina con 100 octanos, con plomo.
<b>1973</b>	Pemex suministraba 4 tipos de gasolinas: MEXOLINA, SUPERMEXOLINA, GASOLMEX y PEMEX 100; solo que los motores no siempre tenían el combustible que requerían. Pemex lanza al mercado NOVA con 81 octanos y EXTRA con 94 octanos (ambas con plomo) y retiró las demás. El contenido de plomo en las gasolinas era cuando menos de 3.5 ml de TEP/gal.
<b>1974</b>	Se especifica la EXTRA en 92 octanos.
<b>1975</b>	La EXTRA reduce su contenido de plomo entre 0.1 y 0.05 gramos de plomo por galón.
<b>1986</b>	La NOVA es sustituida por la gasolina NOVA PLUS, con los mismos 81 octanos, pero con 92% menos de plomo: 0.25 ml de TEP/gal. Toda una innovación a nivel internacional.
<b>1989</b>	En noviembre se incorpora un oxigenante a la composición de la NOVA PLUS: MTBE; además el TEP pasó de 0.2 a 0.3 ml/gal.
<b>1990</b>	En septiembre se sustituyó NOVA PLUS por MAGNA SIN, sin plomo.
<b>1992</b>	Para reducir la reactividad y toxicidad atmosférica, en diciembre se fijaron como obligatorios los valores máximos de aromáticos (30%) olefinas (15%) y bencenos (2%) en la composición de la gasolina en la Zona Metropolitana del D.F.
<b>1994</b>	Pemex se comprometió a que en los periodos invernales (diciembre hasta marzo) a restringir los niveles de aromáticos (de 30 a 25%), olefinas (15 a 12%) y bencenos (de 2 a 1.5% en la composición de MAGNA SIN.
<b>1996</b>	En octubre Pemex recibió órdenes de establecer límites menores en los componentes de gasolinas: los valores máximos es relación al volumen son: 2.5% de aromáticos, 10% de olefinas y 1% de benceno. Se fija un contenido máximo de azufre de 500 ppm. El límite superior de Presión de Vapor Reid (PVR) pasó de 8.5 psi a 7.8. El límite inferior de PVR se conserva en 6.5 psi. Se pone en venta PEMEX PREMIUM.

## ANTECEDENTES

AÑO DE REFERENCIA	OPCIONES DE GASOLINAS
<b>1997</b>	24 noviembre la Gasolina de Llenado Inicial está disponible para su suministro y comercialización en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
<b>2004</b>	El 15 de abril se introdujo al mercado nacional la gasolina PEMEX PREMIUM DE BAJO AZUFRE de 92 octanos, que cumple con las especificaciones requeridas por la industria automotriz para su consumo en vehículos automotores modelos 2004 y posteriores, para tener una mayor durabilidad de los motores al disminuir la cantidad de azufre y por lo tanto, la corrosión de éstos.
<b>2006</b>	El 19 de octubre Pemex inicia la distribución de gasolina PREMIUM ULTRA BAJO AZUFRE, la cual sustituye a la gasolina Pemex Premium Bajo Azufre. Con solo 30 ppm de azufre, el programa se presentó con la necesidad de una inversión de 3,000 millones de dólares.
<b>2008</b>	Mejora la calidad de las gasolinas, se cumplen las especificaciones que marca la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT- SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental; la cual establece que las gasolinas PEMEX MAGNA y PEMEX PREMIUM, deben tener como límite máximo 30 ppm en peso de azufre promedio y 80 ppm en peso de azufre respectivamente.
<b>2009</b>	A partir de enero, las zonas metropolitanas del Distrito Federal y Monterrey ya cuentan con gasolina PEMEX Magna Ultra Bajo Azufre (UBA) y la zona metropolitana de Guadalajara cuenta con la PEMEX Magna UBA a finales de febrero.

**FUENTE:** Quezada S. Francisco J. (2011). "Gasolina" Revista Octanaje No. 2. Nueva Edición.

### 1.4 Origen de la Gasolina de Llenado Inicial

A partir del mes de agosto de 1994 Pemex Refinación comenzó la importación de gasolina de llenado inicial para la compañía Ford Motor Company, y durante los años de 1996 y 1997 otras compañías solicitaron el mismo permiso para llevar a cabo la importación destacando dos de ellas: Chrysler de México y General Motors, las cuales obtuvieron el otorgamiento del permiso.

## ANTECEDENTES

El volumen importado de Gasolina de Llenado Inicial en el año 1997 por parte de Volkswagen es del orden de 7,000 m<sup>3</sup> por año, por Ford Motor Company, asciende aproximadamente a 3,000 m<sup>3</sup> por año. El volumen importado por Chrysler de México y General Motors es de aproximadamente 8,800 m<sup>3</sup> por año.

Por lo que continuar con la importación de la Gasolina de Llenado Inicial y cumpliendo la regulación de los precios de las gasolinas en México se estimó una pérdida de alrededor de \$97,000 al mes para Pemex Refinación.

En septiembre de 1997 la compañía Volkswagen de México, pidió a Pemex Refinación desarrollar una Gasolina de Llenado Inicial, para así evitar las irregularidades de intermediación, lineamientos administrativos y de logística que representa un costo adicional, ya que las instalaciones se localizan a una distancia mayor.

El interés de Pemex Refinación fue sustituir paulatinamente las importaciones de la Gasolina de Llenado Inicial, así como cubrir sus necesidades y satisfacer la demanda que utilizan las compañías armadoras.

Debido a lo anterior Pemex Refinación decide producir Gasolina de Llenado inicial en la Refinería de Tula, Hidalgo, para aprovechar la infraestructura existente como son un tanque de almacenamiento, línea para envío del producto hacia la llenadera exclusiva para la entrega del producto a los autotankers de los clientes.

La Gasolina de Llenado Inicial está disponible para su suministro y comercialización en la zona metropolitana de la Ciudad de México a partir del día 24 de noviembre de 1997.

A través de los años Pemex Refinación ha venido mejorando la Gasolina para el Llenado Inicial de los vehículos que contiene un aditivo especial que evita la formación de gomas en motores que permanecen sin uso por largas temporadas, como son los motores de los automóviles destinados al mercado de exportación, dicha gasolina cumple con las especificaciones de calidad y los requerimientos de todos los proveedores automotrices, ya que son muy similares.

## 1.5 Características Relevantes de las Gasolinas Mexicanas

Las características de las gasolinas pueden ser agrupadas en tres rubros:

- ♣ Manejo y almacenamiento
- ♣ Desempeño de los vehículos
- ♣ Protección al medio ambiente

### 1.5.1 Características de manejo y almacenamiento

Entre las principales podemos citar: la volatilidad (que incluye la curva de destilación y la presión de vapor Reid, PVR), las gomas preformadas, el período de inducción y la tendencia a la formación de herrumbre.

La **volatilidad** de la gasolina determina el tipo de dispositivos que deberán instalarse en los tanques de almacenamiento, con el fin de reducir las pérdidas por evaporización y a su vez, la de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (volatile organic compounds, VOC's), considerados precursores de la formación de ozono en las áreas urbanas.

**El período de inducción** determina el tiempo máximo de almacenamiento del combustible sin que éste se oxide, generando la formación de depósitos en el carburador o los sistemas de inyección, lo que origina el atascamiento de las válvulas por la acumulación de los depósitos producidos.

La capacidad del combustible para producir gomas y depósitos durante su almacenamiento se determina a través de la prueba conocida como Periodo de Inducción. Este parámetro se expresa en horas, equivale aproximadamente al tiempo en meses que el energético puede ser almacenado para fines comerciales. (ASTM-D525).

## 1.5.2 Características de desempeño en los vehículos

Dentro de este rubro se ubican varias características que tienen un impacto importante en el correcto funcionamiento de los motores y los dispositivos anticontaminantes. Entre otras se pueden citar: el octano, la corrosión a la lámina de cobre, las gomas preformadas, la volatilidad y los aditivos multifuncionales del tipo detergente dispersante.

El **número de octano** es la capacidad de una gasolina para no quemarse espontáneamente, es decir, para no sufrir autoignición en un motor de combustión interna y no producir cascabeleo (golpeteo en el motor).

Existen dos maneras de determinar el número de octano de una gasolina: La primera conocida por las siglas RON, es una prueba que determina el desempeño de la gasolina en el motor bajo condiciones de operación moderadas y sin carga pesada (tal es el caso del comportamiento en la ciudad). La segunda, cuyas siglas de identificación son MON, es una prueba que simula la operación de un motor en condiciones severas, altas velocidades y cargas elevadas (como es el caso del comportamiento en la carretera).

A fin de poder establecer el desempeño de la gasolina en los vehículos bajo cualquier condición de operación, en el ámbito internacional se emplea un parámetro que se denomina Índice de Octano (AKI), el cual se obtiene como la mitad de la suma de RON más el MON (su identificación internacional es  $(R+M)/2$ ).

La **corrosión a la lámina de cobre** determina la característica del combustible al ataque de los materiales que contienen cobre; tal es el caso de las tuberías usadas para el manejo de combustible en los vehículos y de algunas aleaciones empleadas en los componentes del sistema de combustión.

Las **gomas preformadas** son pequeñas cantidades de productos de la oxidación de olefinas principalmente, que no se evaporan determinan la capacidad de la gasolina para formar depósitos en el carburador o los sistemas de inyección, situación que se traduce en una operación deficiente y por tanto, en un incremento en el consumo de combustible y en una mayor generación de emisiones contaminantes.

Para determinar la capacidad del combustible para producir gomas o depósitos durante su almacenamiento se utiliza la prueba acelerada del período de inducción, el cual se expresa en horas y equivale aproximadamente al tiempo en meses que el energético puede ser almacenado para fines comerciales.

La **volatilidad** de una gasolina está determinada por tres parámetros: la curva de destilación, la presión de vapor Reid (PVR) y la relación vapor/líquido (V/L).

Los parámetros garantizan el comportamiento de la gasolina en los vehículos bajo cualquier condición climatológica, esto es, un arranque eficiente del motor tanto en climas fríos como en calientes. La volatilidad de una gasolina debe ser tal que permita que ésta se vaporice adecuadamente en la cámara de combustión, a fin de lograr un mezclado efectivo de la mezcla aire-combustible, de tal forma que se obtenga el máximo aprovechamiento del combustible en el motor.

Si la gasolina es demasiado volátil, se produce en climas calientes el fenómeno denominado sello de vapor (vapor lock), impidiendo el arranque del vehículo. Por otro lado, si el combustible es demasiado pesado y no tiene la volatilidad adecuada, el motor no encenderá en climas fríos, debido a que la gasolina se mantiene en forma líquida.

La volatilidad de la gasolina deberá estar bien balanceada para garantizar una operación eficiente de los motores bajo cualquier condición climatológica. Por tal motivo, este parámetro se ajusta de acuerdo a la estacionalidad de cada región de país en cuestión.

- Destilación

Durante la destilación, se registra la Temperatura Inicial de Ebullición (TIE) a la que cae la primera gota del producto, la alcanzada al coleccionar 10%, 50% y 90% de volumen destilado, así como cuando deja de obtenerse destilado (Temperatura Final de Ebullición, TFE) y otra variable adicional medida el volumen de producto que no se destiló y se conoce como residuo de la destilación.

## ANTECEDENTES

La curva de temperaturas de ebullición contra volúmenes destilados de una gasolina, está dividida en tres partes, volatilidad inicial, intermedia y final, cada una de las divisiones de la curva de destilación afectan el comportamiento del automóvil, bajo diferentes situaciones.

La volatilidad inicial (41°C) es balanceada para proporcionar fácil arranque en frío y en caliente y evitar el sello de vapor; la volatilidad intermedia (110°C) es ajustada para proporcionar una buena economía del combustible, un rápido calentamiento, suave arranque, buena potencia y aceleración así como protección contra la congelación dentro del carburador. La volatilidad final (175°C) es balanceada para proporcionar una buena economía del combustible después de que el motor se calentó, no provocar la formación de depósitos y provocar una mínima dilución del aceite lubricante.

- Relación vapor a líquido (V/L)

Esta prueba tiene el objeto de medir la tendencia de la gasolina a producir el sello de vapor.

Es la relación del volumen de muestra líquida; la temperatura a la cual una relación de  $V/L=20$  se presenta, entendiéndose que una gasolina que exceda esta temperatura producirá el sello de vapor. Los parámetros que afectan esta temperatura son la presión atmosférica, la formulación de la gasolina y el estado de uso del motor.

- Presión de vapor Reid (PVR).

En complemento a la destilación de la gasolina, mide la presión ejercida a una temperatura dada (37.7°C=100°F) por el vapor formado sobre un volumen de líquido en un recipiente cerrado. Refleja también la cantidad de hidrocarburos ligeros, de baja temperatura de ebullición en el carburante.

Un combustible con presión de vapor alta, denota en su composición la presencia de hidrocarburos ligeros, mientras que los valores bajos, la presencia de hidrocarburos pesados.

Una presión de vapor alta puede originar el fenómeno de 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 a la atmósfera de hidrocarburos no quemados, o parcialmente oxidados.

Los **aditivos multifuncionales** del tipo detergente-dispersante son trajes a la medida de las gasolinas. Cada paquete de estos productos se conforma sobre la base de las características particulares del energético, con el fin de prevenir, controlar y evitar la formación de depósitos en el motor.

Los aditivos tienen funciones muy específicas, como las que se involucran en el control de las emisiones contaminantes. Dentro de éstas se incluyen protección a la corrosión, por al ataque químico por componentes, como el agua u oxígeno disuelto. La antidetonancia puede prevenir varias reacciones indeseables que pueden formar peróxidos, ácidos y gomas, y además pueden ser utilizados en otras ocasiones de acuerdo a necesidades especiales, tales como desactivación del metal y lubricación de la gasolina.

### 1.5.3 Características de protección al medio ambiente

Entre éstas se pueden mencionar: el contenido de azufre, aromáticos, olefinas, benceno, plomo, la volatilidad y los aditivos multifuncionales.

El **contenido de azufre** en las gasolinas se controla por dos razones. La primera para reducir las emisiones de bióxido de azufre en el tubo de escape de los automóviles; situación que deteriora la calidad del aire y a su vez, es una de las fuentes principales del fenómeno de la lluvia ácida.

La segunda obedece al impacto que los compuestos de azufre presentes en la gasolina tienen sobre los convertidores catalíticos, dispositivos instalados en los escapes de los vehículos para reducir significativamente las emisiones contaminantes, resultado de la combustión de la gasolina en los motores.

En cuanto a los **aromáticos, olefinas y benceno**, éstos se controlan porque los dos primeros promueven la formación de depósitos en el motor, situación que se traduce en la generación de emisiones de hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

Los óxidos de nitrógeno se forman principalmente como productos de una reacción secundaria que combinan el oxígeno y nitrógeno presentes en el aire. La cantidad de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que se produce está en función del tiempo y de la temperatura a la que el aire es expuesto durante el proceso de combustión, la exposición del tiempo no puede ser controlada, pero la temperatura de la combustión puede ser influenciada por la formulación de la gasolina.

Respecto al **benceno**, éste se controla por ser un compuesto precursor del cáncer en los seres humanos. En cuanto a las olefinas, son hidrocarburos que presentan en la atmósfera una alta capacidad para la formación de ozono, razón por la cual su control es necesario en aquellas regiones donde existen problemas de deterioro de la calidad del aire por la presencia de este contaminante.

En lo que se refiere al **plomo**, cabe mencionar que este metal se usa ya en menor cantidad en las gasolinas para incrementar el octano y a su vez, para proteger los motores de tecnología antigua contra el fenómeno de recesión del asiento de las válvulas de escape.

Una de las razones de eliminar el plomo en las gasolinas obedece a que deteriora permanentemente los convertidores catalíticos, invalidando los beneficios ambientales de este tipo de dispositivos.

En lo relativo a los **aditivos multifuncionales**, estos productos se incorporan a las gasolinas para evitar el incremento de emisiones contaminantes resultado de una operación ineficiente.

## 1.6 Características de los componentes empleados en la formulación y producción de las gasolinas.

Las características de los componentes empleados en la formulación de la gasolina, es muy variada y depende de cada uno de los procesos empleados en su producción, así como de la calidad de la materia prima alimentada a cada uno de ellos.

Los componentes principales usados en la formulación de las gasolinas son:

El **reformado**, producto obtenido del proceso de reformación catalítica de las naftas primarias hidratadas, componente de alto contenido de aromáticos, sin azufre y con buen índice de octano, a veces con elevadas concentraciones de benceno.

La **gasolina catalítica**, conocida en la industria como gasolina FCC, resultado del proceso de desintegración catalítica de los destilados pesados obtenidos en las plantas de destilación primaria de alto vacío (gasóleos pesados primarios, ligero y pesado de vacío), es de alta concentración de aromáticos, olefinas y azufre.

Los **compuestos isomerizados** (generalmente isómeros de pentanos y hexanos), se obtienen de la conversión de la fracción ligera de la nafta primaria; este componente es parafínico y sin azufre.

Los **alquilados**, productos obtenidos de conversión de olefinas (butilenos) y de isoparafinas (isobutano), de donde se producen parafinas ramificadas; de alto octano y con muy bajo contenido de azufre.

Los **éteres** (compuestos oxigenados como el MTBE y TAME), se producen a partir de las olefinas producidas en las FCC's, productos de alto octano y con muy bajo contenido de azufres.

Los **butanos**, son gases subproductos de varios procesos en las refinerías, los cuales se someten a fraccionamiento para separarlos del propano y el propileno, siendo la fuente principal el proceso de desintegración catalítica; son de alta concentración de olefinas y mediano contenido de azufre.

Las **naftas primarias hidrodesulfuradas**, son el producto de someter al proceso de hidrotratamiento (eliminación de azufre y nitrógeno con hidrógeno), las naftas primarias que son usadas principalmente como alimentación del proceso de reformación de naftas. Productos con índice de octano bajo o nulo contenido de azufre.

## 1.7 Principales Propiedades de las Gasolinas en México

En México, en la actualidad se comercializan básicamente dos tipos de productos, uno es la Pemex Magna equivalente a la Regular Unleaded (87 octanos calculados como índice), y en segundo lugar la denominada Pemex Premium (93 octanos calculados como índice), de características similares al conocido como Premium en el mercado internacional.

Cabe mencionar que las gasolinas en México tienen características que contribuyen a disminuir el impacto de su uso en las regiones densamente pobladas del país, es decir, las denominadas Zonas Metropolitanas de Guadalajara (ZMG), Monterrey (ZMMTY) y el Valle de México (ZMVM), siendo esta última la de mayor exigencia por las condiciones ambientales prevalecientes en la región. En estas regiones del país, hay acciones para reducir la toxicidad y reactividad de las emisiones vehiculares, que se logran con las gasolinas reformuladas.

La gasolina reformulada es cualquier gasolina que ha sido desarrollada para alcanzar emisiones menores tanto por evaporación como por el escape, de compuestos reactivos y tóxicos en los vehículos en uso. Las gasolinas reformuladas presentan límites máximos en su contenido de aromáticos, olefinas y benceno. Estas deben incluir adición de compuestos oxigenados (MTBE, TAME), así como aditivos del tipo detergente-dispersante.

ANTECEDENTES

**Tabla 1.3** Propiedades de Gasolinas en México

PROPIEDADES	LLENADO INICIAL	PEMEX MAGNA				PEMEX PREMIUM			
		RP	ZMVM	ZMMTY	ZMG	RP	ZMVM	ZMMTY	ZMG
Índice Octano (R+M)/2	90.0 Mín.	87.0 Mín.	87.0 Mín.	87.0 Mín.	87.0 Mín.	92.0 Mín.	92.0 Mín.	92.0 Mín.	92.0 Mín.
Azufre Total (ppm) peso	20 Prom.	1,000 Máx.	30(*) Máx.	30(*) Máx.	30(*) Máx.	30(*) Máx.	30(*) Máx.	30(*) Máx.	30(*) Máx.
	80 Máx.		80 Máx.	80 Máx.	80 Máx.	80 Máx.	80 Máx.	80 Máx.	80 Máx.
Aromáticos (% vol.)	8.0 Máx.	Informar	25.0 Máx.	35.0 Máx.	35.0 Máx.	35.0 Máx.	25.0 Máx.	35.0 Máx.	35.0 Máx.
Olefinas (% vol.)	15.0 Máx.	Informar	10.0 Máx.	12.5 Máx.	12.5 Máx.	15.0 Máx.	10.0 Máx.	12.5 Máx.	12.5 Máx.
Benceno (% vol.)	0.5 Máx.	3.0 Máx.	1.0 Máx.	1.0 Máx.	1.0 Máx.	2.0 Máx.	1.0 Máx.	1.0 Máx.	1.0 Máx.
Oxígeno (% peso)	2.8 Máx.	No disponible	1.0 Mín. 2.7 Máx.	1.0 Mín. 2.7 Máx.	1.0 Mín. 2.7 Máx.	2.7 Máx.	1.0 Mín. 2.7 Máx.	1.0 Mín. 2.7 Máx.	1.0 Mín. 2.7 Máx.
Periodo de Inducción (min.)	1,000 Mín.	300 Mín.	300 Mín.	300 Mín.	300 Mín.	300 Mín.	300 Mín.	300 Mín.	300 Mín.

**(\*) 30 ppm peso**, únicamente como promedio ponderado mensual por volumen en cada centro productor del Sistema Nacional de Refinerías, conforme a la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.

**FUENTE:** <http://intranet.ref.pemex.com/Paginas/inicio.aspx>

Cabe mencionar que en general no hay punto de comparación entre las gasolinas antes descritas, porque su uso es totalmente distinto entre cada una de ellas. La gasolina Pemex Magna está recomendada para todo tipo de automóviles, la Pemex Premium es para automóviles de lujo o deportivos, por su alto rendimiento además de proporcionar mayor protección para la vida del motor, mientras que la gasolina de Llenado Inicial solo se usa para la prevención de depósitos del motor, así como su protección y garantizar su buen funcionamiento.

*La ciencia tiene una característica maravillosa, y es que aprende de sus errores, que utiliza sus equivocaciones para reexaminar los problemas y volver a intentar resolverlos, cada vez por nuevos caminos.*

*Ruy Pérez Tamayo*

## 2 EL PROCESO DE REFINACIÓN

Pemex-Refinación, es el organismo que produce, distribuye y comercializa petrolíferos en todo el territorio mexicano.

La refinación del petróleo es el proceso que se encarga de la transformación de los hidrocarburos en productos derivados que satisfagan la demanda en calidad y cantidad. Cabe destacar que tal demanda es variable con el tiempo, tanto en volumen total de derivados como en su estructura por productos.

La refinación comprende una serie de procesos de separación, transformación y purificación, mediante los cuales el petróleo crudo es convertido en productos útiles con innumerables usos. Las gasolinas son uno de los productos básicos del petróleo crudo.

Una refinería es un conjunto de instalaciones constituida principalmente por plantas industriales de procesos en donde se transforma el petróleo crudo que tiene poca utilidad como tal, en productos útiles y valiosos que son muy importantes en nuestra vida diaria y que se utilizan principalmente como combustibles automotrices.

Además de las plantas industriales de procesos, las refinerías cuentan con instalaciones adicionales que sirven de apoyo para su eficiente operación, como son: Desaladora de crudo, Vacío, Reformado, Isomerización de nafta ligera, Alquilación, Tratamiento de GLP, naftas y keroseno, MTBE, TAME, ETBE, Hidrodesulfuración de Naftas (HDS), Reformadora de Naftas, Gases, Hidrocraqueo de gasoil de vacío, Viscoreducción, Catalítica (FCC), Coquizadora retardada, Azufre, Mezcla y aditivación de componentes en línea, Desasfaltado/desparafinado de bases lubricantes, Tanques y esferas, Servicios auxiliares.

## 2.1 Localización de la Refinería de Tula, Hidalgo.

La producción de Gasolina de Llenado Inicial se realiza únicamente en la Refinería “Miguel Hidalgo” localizada en el Estado de Hidalgo, en el municipio de Tula de Allende, el cual se ubica en el suroeste del estado de Hidalgo, colindando al norte con los municipios de Tepetitlán y Tlahuelilpan, al sur con el Municipio de Tepeji de Ocampo, al este con Atotonilco, Atitalaquia y Taxcoapan, y al oeste con el Estado de México, a 82 km. al norte de la Ciudad de México, las coordenadas geográficas de la Refinería son 20°1’0” latitud norte y 99°15’0” longitud oeste. En la siguiente figura se muestra su ubicación:



**Figura 2.1** Ubicación de la Refinería Miguel Hidalgo

**FUENTE:** <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM13hidalgo/mediofisico.html>

Técnicamente está justificada por:

- ♣ Proximidad al Valle de México.
- ♣ Ajena a los servicios municipales del Distrito Federal y poblaciones aledañas.
- ♣ Situada entre centros productores de aceite crudo y el mayor consumidor de combustibles.



PROCESO DE REFINACIÓN

**Tabla 2.1** Principales características por proceso de Refinación del Petróleo.

PROCESO	CARACTERISTICAS
<b>DESTILACIÓN PRIMARIA</b>	Separación del petróleo crudo en sus componentes primarios a presión atmosférica: gas húmedo, nafta, turbosina, gasóleo y residuo primario.
<b>DESTILACIÓN AL VACÍO</b>	Separación de residuo primario en sus componentes mediante destilación al vacío: gasóleos de vacío y residuo de vacío; cortes básicos de aceites lubricantes.
<b>HIDROTRATAMIENTO</b>	Remoción catalítica de compuestos de azufre y otros contaminantes de corrientes de gasolina, turbosina y diesel, utilizando hidrógeno.
<b>REFORMACIÓN DE NAFTAS</b>	Recomposición molecular catalítica de naftas primarias para producir gasolinas de alto octano.
<b>DESINTEGRACIÓN CATALÍTICA</b>	Desintegración molecular catalítica de gasóleos de vacío para producir: gas seco, gas licuado, gas ácido, gasolina, aceite cíclico ligero, aceite decantado.
<b>MTBE</b>	Compuesto Oxigenado para la producción de gasolina de alto octano a partir del gas licuado.
<b>ALQUILACIÓN</b>	Producción de gasolina de alto octano a partir de gas licuado. Eleva el octanaje de las gasolinas, proporcionando además una presión de vapor baja (presión de vapor Reid < 7 psi )
<b>ISOMERIZACIÓN</b>	Recomposición molecular de naftas ligeras para incrementar su número de octano.
<b>REFINERÍA DE LUBRICANTES</b>	Remoción de compuestos aromáticos de aceites lubricantes básicos, usando un proceso de extracción con solventes.
<b>DESPARAFINACIÓN DE LUBRICANTES</b>	Separación de parafinas de alta temperatura de escurrimiento y aceites lubricantes, utilizando extracción con solventes (Metil-etil-cetona y tolueno).

**FUENTE:** Pemex Refinación. Manual de inducción Refinería "Ing. Antonio M. Amor"  
Salamanca, Gto.

PROCESO DE REFINACIÓN

**Tabla 2.2** Descripción de los procesos de Refinación

PROCESO	ALIMENTACIÓN	PRODUCTOS	FUNCIÓN
<b>DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA</b>	Crudo	§ Gas LP § Nafta (Gasolinas) § Destilados § Gasóleo § Residuos de Destilación atmosférica	Fraccionamiento primario
<b>DESTILACIÓN AL VACÍO</b>	Residuos de la destilación atmosférica	§ Gasóleo de vacío § Fondos de vacío	Preparar carga para FCC
<b>REFORMACIÓN CATALITICA</b>	Nafta	§ Reformado	Aumento de Octanaje
<b>DESINTEGRACIÓN CATALITICA (FCC)</b>	Gasóleo de vacío	§ Gas LP § Butano § Propileno § Butilenos § Gasolina	Conversión de gasóleo a gasolina y destilados.
<b>ALQUILACIÓN</b>	Isobutano Butilenos Propilenos	§ Alquidados	Aumento de octanaje y disminución de la presión de vapor.
<b>HYDROCRACKING (H-OIL)</b>	Destilados pesados Destilados ligeros Gasóleo	§ Productos varios	Producción de turbosina Producción de diesel Producción de gasolina
<b>REDUCCIÓN DE VISCOSIDAD</b>	Fondos provenientes de la destilación a vacío	§ Nafta (Gasolina) § Destilados § Residuos	Reducción de grado de viscosidad y conversión de residuos Reducir diluyente para producir combustóleo

PROCESO DE REFINACIÓN

PROCESO	ALIMENTACIÓN	PRODUCTOS	FUNCIÓN
<b>COQUIZACIÓN</b>	Fondos provenientes de la destilación al vacío	§ Nafta Gasolinas § Destilado § Gasóleo § Coque de petróleo	Conversión de fondos
<b>ISOMERIZACIÓN</b>	Butanos	§ Isomerados	Conversión de productos de bajo octanaje a componentes para mezclas de alto octanaje.
<b>HIDROTRATAMIETO</b>	Naftas Destilados Hidrocarburos pesados	§ Combustibles con menos contenido de azufre	Se añade hidrógeno para remover el azufre y otras impurezas, evitar el envejecimiento catalítico, y mejorar calidad del producto.
<b>MTBE</b>	Metanos y butilenos	§ Metil-Terbutil-Éter	Oxigenación de gasolinas y para reformulación de alto octanaje.

**FUENTE:** Pemex Refinación, 2008.

En una refinería, totalmente integrada, como se muestra en la figura 2.3, los componentes de la gasolina son obtenidos a partir de la destilación del petróleo crudo y/o uno o más de los procesos descritos. Algunas veces, para proveer de más flexibilidad en el mezclado, los componentes producto son destilados posteriormente en sus fracciones. Es común para una refinería contar con seis o más corrientes para la formulación de gasolinas, debido a que una gasolina dada puede comportarse completamente diferente entre una localidad y otra, ya que la altitud, el clima prevaleciente, y la estación del año modifican su comportamiento.

Una refinería necesita proveer la mejor mezcla de gasolina para cada situación donde va a ser empleada.

## 2.3 Procesos para elaborar Gasolina en Pemex Refinación

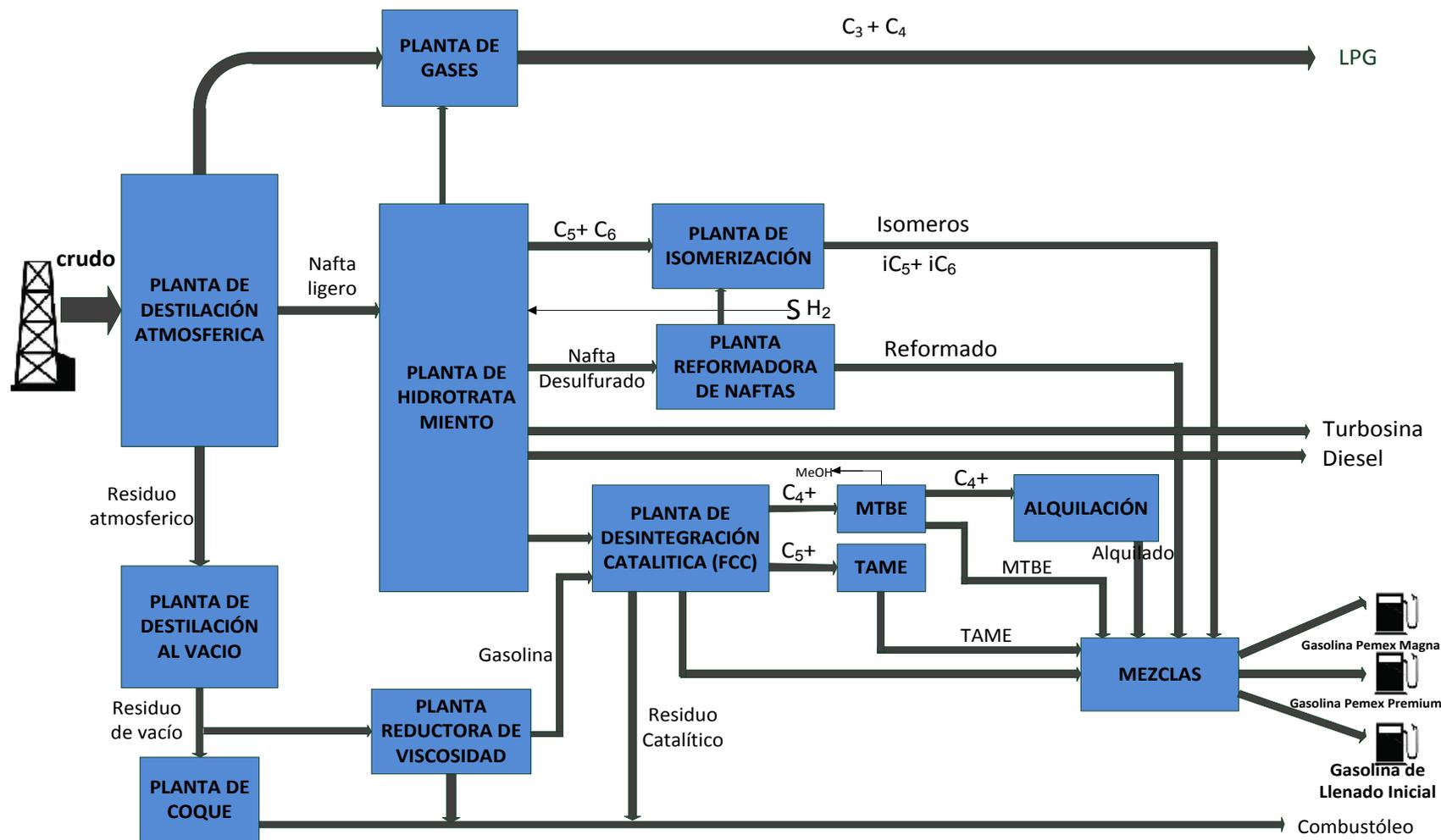


Figura 2.3 Esquema Simplificado de obtención de gasolina

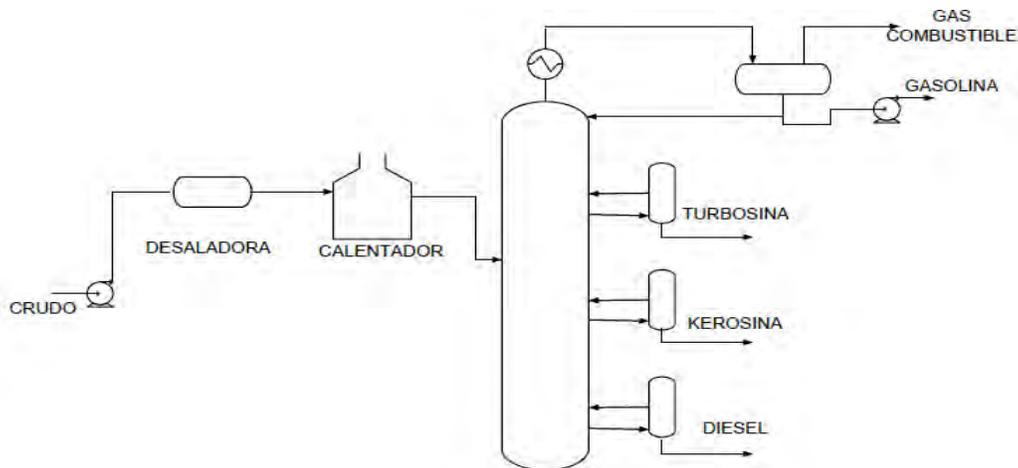
FUENTE: Tame Miguel, 2006.

El petróleo crudo tiene poca utilidad y valor económico antes de su procesamiento, es por esta razón que se somete a una serie de procesos en las refinerías para obtener productos de mayor valor agregado que reúnan las características requeridas para ser utilizado en nuestra vida diaria.

A continuación se describen los procesos utilizados para la obtención de gasolinas:

### 2.3.1 Planta de destilación atmosférica (plantas primarias)

El primer proceso de separación en una refinería es la “destilación atmosférica”, también conocida como “plantas primarias”, por ser el primer proceso donde es sometido el crudo. La destilación atmosférica es llamada así porque la separación del crudo es a través de la destilación y se lleva a cabo a una presión de 0.3 a 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> manométricos (ligeramente arriba de la presión atmosférica). Este proceso tiene como objetivo principal separar el crudo en varias corrientes, llamados productos primarios o fracciones, por lo que también este proceso es conocido como “fraccionamiento del crudo”. Estas fracciones contienen impurezas, principalmente compuestos de azufre y metales, no reúnen las especificaciones requeridas para ser utilizados como productos finales, por lo que tienen que someterse a otros procesos, donde se eliminan estas impurezas y se adecuan a las especificaciones de calidad requeridas.



**Figura 2.4** Planta de Destilación Atmosférica y sus Principales Productos

**FUENTE:** Carrasco Guillén, Carlos Alberto (2010).

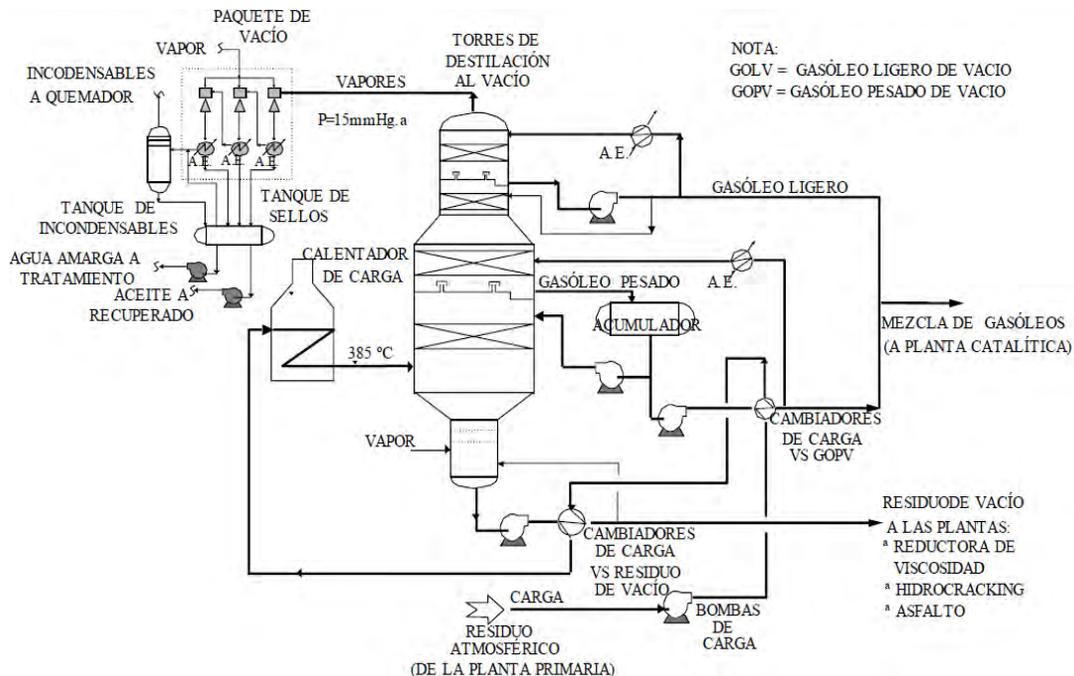
### 2.3.2 Planta de Destilación al Vacío

El proceso de la destilación al vacío se lleva a cabo a 50 mm de Hg de presión absoluta y una temperatura de 385°C aproximadamente, tiene como objetivo principal extraer los destilados ligeros que contiene el residuo atmosférico (llamado también crudo reducido), debido a que estos destilados ligeros ya separados, tienen mayor valor económico y aprovechamiento en la refinería.

La función general de la torre de vacío es recuperar la máxima cantidad de destilados, obteniendo las especificaciones de los gasóleos y del residuo de vacío, de acuerdo a la aplicación que se les vaya a proporcionar.

Las propiedades del residuo de vacío pueden ser ajustadas en diferentes formas:

Cuando la producción de gasóleos ésta debe ser la mayor posible y su el residuo puede enviarse a mezclado para elaborar combustibles residuales. O enviado a procesos de desintegración térmica o catalítica como son la reductora de viscosidad, coking o hidrocracking, donde se transforman en productos más ligeros y valiosos como la gasolina.



**Figura 2.5** Diagrama de Flujo de Planta de Destilación al vacío

**FUENTE:** Principios Básico de Refinación, IMP, 2004.

### Descripción del proceso de planta de destilación al vacío

El residuo atmosférico es enviado a un calentador, donde llega a una temperatura cercana a 385°C. La carga parcialmente vaporizada entra a la "zona flash" de la torre de destilación al vacío, en donde los vapores ascienden hacia el domo de la torre, y se ponen en contacto con una recirculación caliente de gasóleo pesado, con el propósito de eliminar los posibles arrastres de líquido y carbón y así evitar que el producto salga manchado.

En la siguiente sección, los vapores se ponen en contacto con una recirculación fría de gasóleo pesado, lo que ocasiona que se condensen parcialmente los vapores. Los vapores que no condensaron, ascienden a la siguiente sección y se ponen en contacto, con una corriente de lavado de gasóleo ligero caliente, que sirve para eliminar los arrastres de líquido provenientes de la sección inferior.

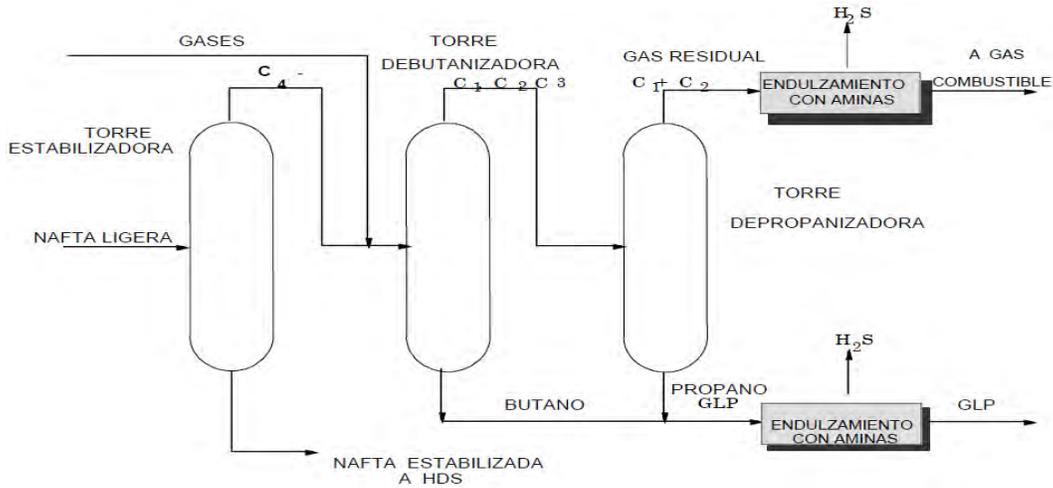
Los vapores lavados ascienden a la siguiente sección, donde se ponen en contacto con una corriente fría de gasóleo ligero, el líquido condensado se extrae de la torre en un plato de extracción total, que alimenta a las bombas de gasóleo ligero.

La parte inferior de la torre constituye la sección de agotamiento por donde baja la fase líquida llamada residuo de vacío, este al salir es tomado por las bombas de fondos y enviado hacia la sección de calentamiento de la carga.

Al salir de los cambiadores, una parte del residuo es recirculado hacia la bota del fondo de la torre, para mantener una temperatura relativamente baja del residuo de vacío (360°C) y así evitar la descomposición térmica del mismo.

El gasóleo ligero se extrae de la sección de condensación superior de la torre de vacío, esta corriente se divide en tres partes; la primera regresa como recirculación de gasóleo ligero caliente; la segunda, regresa al domo como reflujo de gasóleo ligero frío; la tercera, sale a control de nivel del plato de extracción del gasóleo ligero y se une con el gasóleo pesado para constituir la carga a la Planta de Desintegración Catalítica.

### 2.3.3 Planta Estabilizadora de Nafta y Fraccionadora de Gases.



**Figura 2.6** Planta Estabilizadora de Nafta y Fraccionadora de Gases

**FUENTE:** Principios Básico de Refinación, IMP, 2004.

#### Descripción del proceso de la planta estabilizadora y separación de gases

El objetivo de este proceso es recuperar el propano y el butano de la corriente de gases que salen del acumulador de nafta de la planta de destilación atmosférica que está compuesta de hidrocarburos ligeros (metano, etano, propano y butano) y además contiene ácido sulfhídrico. Para ser utilizados como gas licuado del petróleo (GLP) o como materia prima para elaborar otros productos petroquímicos.

Al salir del acumulador, la corriente de gases se dirige a la succión de un compresor centrífugo, para aumentar su presión y ser alimentada a la sección de fraccionamiento y tratamiento de gases.

Por otra parte, la corriente líquida de nafta ligera que proviene del fondo del mismo acumulador, contiene algo de hidrocarburos ligeros, los cuales deben separarse para obtener la nafta estabilizada. Esta corriente se alimenta a una torre "estabilizadora de nafta" donde se separan y salen por la parte superior los hidrocarburos ligeros y por el fondo se obtiene la gasolina estabilizada, libre de butano y más ligeros, ésta es enviada a la planta hidrodesulfuradora de nafta (HDS) para eliminarle los compuestos de azufre.

Las corrientes de hidrocarburos ligeros, son enviadas a una torre desbutanizadora de la sección de fraccionamiento, donde se separa por la parte superior una corriente que contiene metano, etano y propano, y por la parte inferior se obtiene la corriente en fase líquida de butano. La corriente con el propano y más ligeros, se alimenta a una torre despropanizadora donde se separa el propano líquido por el fondo y el gas residual conteniendo metano y etano salen por el domo. Normalmente, la corriente de propano se une con la corriente de butano para constituir el gas licuado del petróleo (GLP).

Las corrientes de gas residual (metano, etano) y de GLP (propano y butano), son sometidas a un proceso de endulzamiento para eliminarles el azufre, el cual está presente en forma de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).

#### **2.3.4 Planta Hidrodesulfuradora (HDS) de Naftas y Destilados Intermedios**

El proceso mediante el cual se eliminan compuestos de 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 hidrotrota los residuos de vacío para desulfurarlos o desintegrarlos.

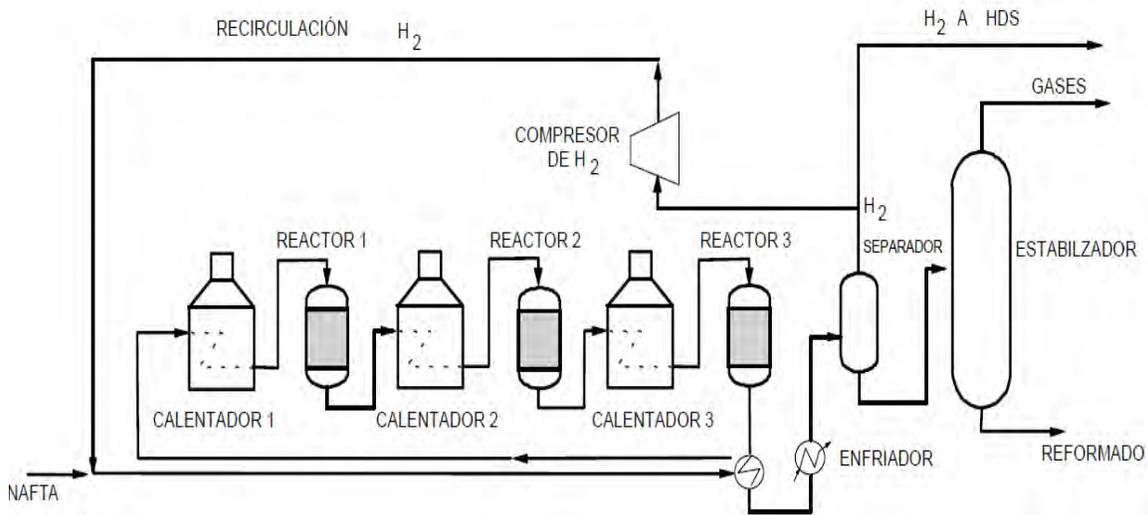
Existen varias razones para eliminar estos contaminantes por medio de hidrotrotaamientos, entre los más importantes pueden mencionarse los siguientes:

- ♣ 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.

### 2.3.5 Plantas de Reformación Catalítica

La reformación catalítica de la nafta es un proceso químico de re-arreglo molecular, donde se logra modificar la estructura de las moléculas conservando el mismo número de átomos de carbono. Los hidrocarburos parafínicos se convierten a isoparafínicos, nafténicos y aromáticos; lo cual genera mayor octanaje.

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.



**Figura 2.7** Planta Reformadora

**FUENTE:** Principios Básico de Refinación, IMP, 2004.

Descripción del proceso de Reformación Catalítica.

La nafta desulfurada que proviene de la planta hidrosulfuradora, constituye la carga a la planta reformadora. Al entrar se le adiciona una corriente de hidrógeno; en seguida, 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 cercana a 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 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 al que se llama "reformado", al salir del reactor, la mezcla se enfría, 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 hidrógeno como la planta HDS.

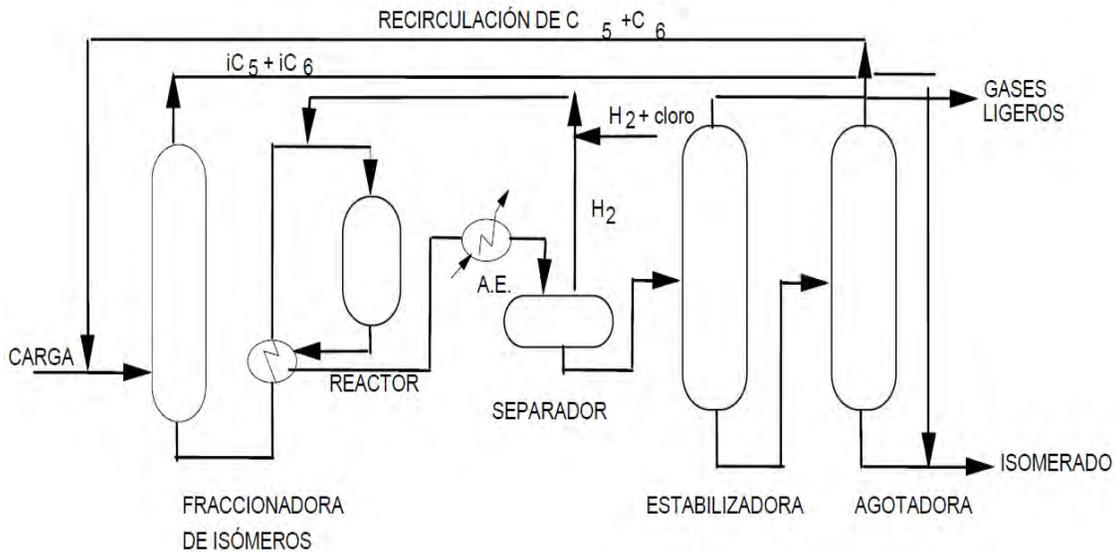
La fase líquida del separador es enviada a una torre estabilizadora donde se separan por la parte superior los hidrocarburos ligeros, los cuales se envían a la planta de gases para su separación y por la parte inferior se obtiene el "reformado", el cual se alimenta a una torre isohexanizadora, la cual 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.

### 2.3.6 Planta de Isomerización

La Isomerización es un proceso catalítico donde los hidrocarburos parafínicos de 5 y 6 átomos de carbón, pentano y hexano sufren un re-arreglo molecular sin cambiar el número de carbonos. Consiste en la reubicación de un radical lo cual le da características diferentes a la molécula original, como es el índice de octano.

Al cambiar la estructura molecular, se modifican sus propiedades físicas, incrementándose la presión de vapor y el número de octano.

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<sub>5</sub>+C<sub>6</sub>), y el producto resultante llamado isomerado, ayuda a aumentar el octanaje de la mezcla utilizada para formular la gasolina.



**Figura 2.8** Diagrama de Proceso de Isomerización

**FUENTE:** Principios Básico de Refinación, IMP, 2004.

### Descripción del proceso

La carga es alimentada a una torre fraccionadora que sirve para separar los isómeros (iC5+iC6). Por la parte superior, se separan estos compuestos, y por la 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<sub>2</sub>) y cloro de repuesto.

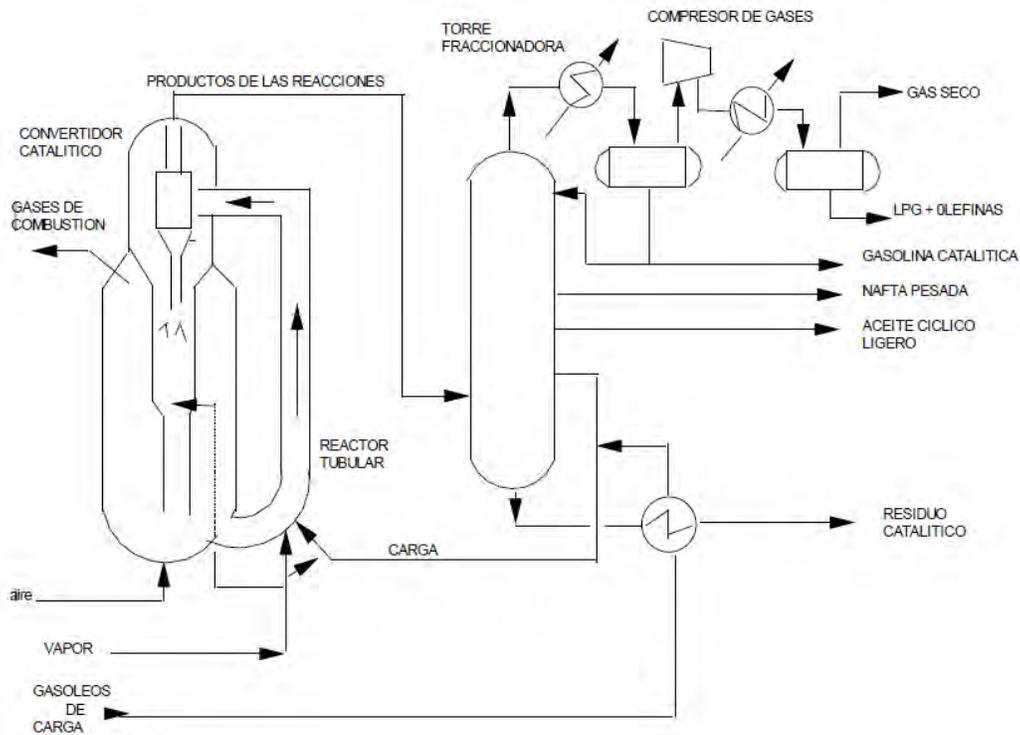
La fase líquida del separador es alimentada a una torre estabilizadora que separa por la parte superior una corriente conteniendo gases ligeros, por la parte inferior sale una corriente conteniendo los isómeros y compuestos que no reaccionaron, ésta es enviada a una torre agotadora que separa por la parte superior las mezclas de (C5+C6) 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 se envía como isómero a la mezcla de gasolinas.

#### **2.3.7 Planta de desintegración catalítica**

En la desintegración se modifican simultáneamente la estructura y el número de átomos de carbono de las moléculas. Para resolver la demanda de gasolina y su alto precio, se desarrollaron los procesos de desintegración, que en general se distinguen 2 (térmica y catalítica) siendo el más popular este último.

El proceso de desintegración catalítica, conocido como *Fluid Catalytic Cracking* (FCC), consiste en el rompimiento de las moléculas de los gasóleos, las cuales se exponen al calor en un reactor y son puestas en contacto de un catalizador. Este proceso permite a través de la desintegración de los gasóleos obtener nafta catalítica de 55 octanos.

## PROCESO DE REFINACIÓN



**Figura 2.9** Diagrama de Flujo del Proceso de la Planta FCC

**FUENTE:** Refinería Miguel Hidalgo, 2010.

### Descripción del proceso de la planta FCC

Los gasóleos provenientes de la planta de destilación al vacío, son alimentados y precalentados por medio de intercambio de calor con el residuo catalítico de la misma planta (FCC), enseguida entran a un reactor tubular mezclándose con el catalizador. Las reacciones de desintegración se llevan a cabo dentro del reactor manteniendo una temperatura cercana a 520°C, la mezcla sale del reactor y entra a un conjunto de ciclones donde se separa el catalizador gastado y se va al regenerador.

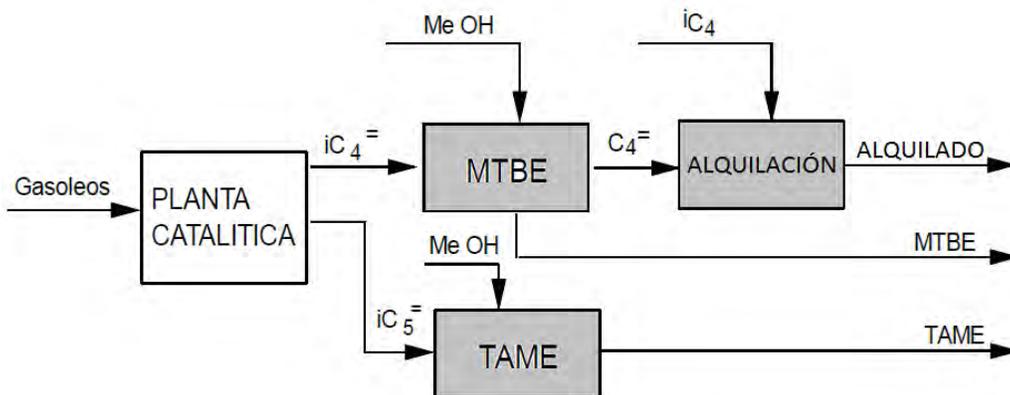
Los productos de las reacciones de desintegración, salen de los ciclones y a continuación entra a una torre fraccionadora donde se separan, las siguientes corrientes de productos: gases, nafta ligera, nafta pesada, gasóleo ligero, gasóleo pesado y residuo catalítico. La corriente de gases conteniendo las olefinas pasan posteriormente a la sección de fraccionamiento y tratamiento de gases donde se separan las siguientes corrientes: gas residual, nafta catalítica, propano/propileno y butano/butileno.

En el regenerador, el catalizador gastado conteniendo el carbón se somete a un proceso de combustión para quemar el carbón y dejar libre el catalizador y así mantener su actividad química el cual se envía nuevamente al reactor para mantener el ciclo de vida 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 el reactor a una temperatura de 520°C y el regenerador a una temperatura de 745°C. Los gases calientes de la combustión compuestos principalmente por CO<sub>2</sub> y CO salen del regenerador a través de un banco de ciclones para separar el catalizador y en seguida pasan a un expansor que mueve a un generador de corriente eléctrica y posteriormente pasa a un generador de vapor donde se quema el CO pasando a CO<sub>2</sub> con lo cual se genera vapor que se aprovecha en la refinería, finalmente los gases se envían a la atmósfera a través de una chimenea.

### 2.3.8 Plantas de MTBE y TAME

Las refinerías han encontrado nuevos procesos para disminuir en las gasolinas el contenido de olefinas, la presión de vapor y elaborar compuestos que contengan oxígeno, así como mejorar el índice de octano, todo esto se logra por medio de los procesos MTBE, TAME y ALQUILACIÓN.



**Figura 2.10** Diagrama de ubicación de los Procesos MTBE y TAME en la Refinería.

**FUENTE:** Principios Básico de Refinación, IMP, 2004.

El MTBE y TAME son compuestos oxigenados elaborados a partir de olefinas y metanol. El MTBE se obtiene de isobutileno y metanol; estos son productos de las plantas catalíticas, las cuales a partir de la corriente de butanos ( $C_4'S$ ) que está compuesta por butano normal ( $nC_4$ ); isobutano ( $iC_4$ ); y las olefinas: butilenos ( $C_4=$ ), e isobutileno ( $iC_4=$ ); por otro lado, a partir de olefinas derivadas del pentano ( $C_5=$ ) contenidas en la corriente de gasolina ligera se obtiene TAME; y a partir del isobutano y butilenos se obtiene el alquilado a través del proceso de alquilación.

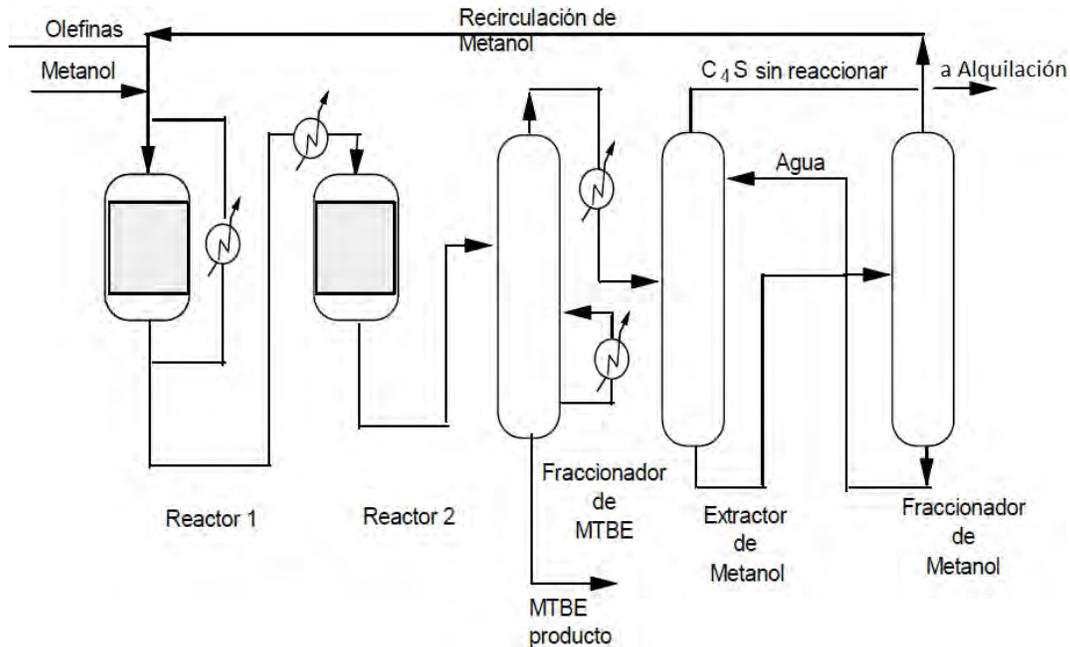
PROPIEDADES	MTBE	TAME
Peso Molecular (g/mol)	88.15	102.177
Punto de Ebullición (K)	328.15	359.45
% de Oxígeno	18.2	15.7
Núm. De Octano	113	106
Presión de Vapor	8	1
Gravedad Específica	0.74	0.75

**Tabla 2.3** Propiedades de los compuestos Oxigenados

**FUENTE:** García Espitia Martha (1998).

Como se observa en la tabla anterior, 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 número de octano, oxígeno y disminuye la presión de vapor.

## PROCESO DE REFINACIÓN



**Figura 2.11** Diagrama de Flujo de Planta MTBE

**FUENTE:** Principios Básico de Refinación, IMP, 2004.

### Descripción del proceso de la planta MTBE y TAME

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 el MTBE, la reacción genera calor calentando la masa reaccionante, seguidamente el efluente del reactor es dividido en dos corrientes, una es enfriada y recirculada a la alimentación (de esta forma el aumento 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 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 enseguida a una torre de lavado de metanol, donde este compuesto es extraído con agua a contracorriente, en una 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 agua, donde en la parte superior se obtiene el metanol que no reaccionó 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.

#### Planta TAME

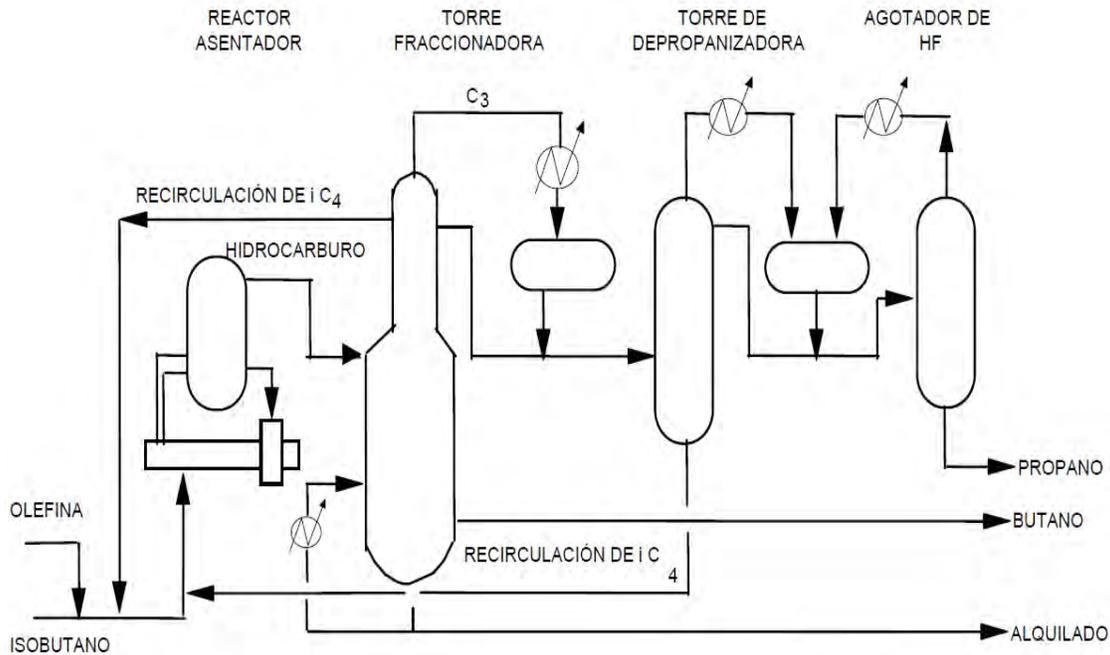
El proceso de TAME es muy parecido al de MTBE donde la corriente de nafta ligera que se obtiene en las plantas catalíticas pasa inicialmente por una torre despentanizadora de donde se obtiene por la parte superior una corriente rica en amilenos (olefinas terciarias de cinco átomos de carbón) la cual se envía como carga a la planta de TAME por el fondo de la torre se extrae una corriente de nafta despentanizada que se envía a mezclas de gasolina.

#### **2.3.9 Planta de Alquilación**

En refinación 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.

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

## PROCESO DE REFINACIÓN



**Figura 2.12** Diagrama de Flujo de Planta de Alquilación

**FUENTE:** Principios Básico de Refinación, IMP, 2004.

### 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; además, 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 reaccionaron. 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 de isobutano sin reaccionar, que se recircula a la carga.

La corriente de propano sale hacia una torre despropanizadora donde se le separa el isobutano, el cual sale por la parte inferior y se recircula a la carga. El propano libre de isobutano se envía en seguida a una 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 despropanizadora y de aquí se envía al asentador de ácido.

## 2.4 Descripción de los Procesos de Desulfuración de Gasolinas

La política ambiental de nuestro país y el compromiso gubernamental de impulsar el desarrollo sustentable así como mejorar día a día la calidad de vida de nuestra población, se pretende producir gasolinas de Ultra Bajo Azufre (UBA), mejorando la calidad de las actuales, mediante la instalación y construcción de plantas desulfuradoras de gasolina a partir de catalíticas, para dar cumplimiento a la NOM-086-SEMARNAT-2006.

### 2.4.1 Procesos No Selectivos

**PROCESO OCTGAIN** Su primera implementación fue en 1991. Es diseñado para desulfurar compuestos pesados de azufre, tales como compuestos tiofénicos, manteniendo o aumentando el número de octano en la gasolina.

**PROCESO ISAL** El objetivo inicial del proyecto fue para investigar posibles mejoras en la tecnología de isomerización y alquilación de cama fija. Tiene la capacidad de incrementar la razón de isoparafinas/parafinas y producir bajos pesos moleculares de compuestos parafínicos, el cual tiene un impacto en el número de octano de la gasolina alimentada. (Brunet Sylvette y Syed Ahmed).

El proceso ISAL es similar a una unidad de hidrotratamiento convencional.

### 2.4.2 Procesos Selectivos

**PROCESO PRIME G+** Diseñado para tratar nafta de FCC a rango completo en dos etapas. La primera, la nafta es tratada en un reactor de cama fija para remover las diolefinas y convertir los mercaptanos ligeros y compuestos de azufre en compuestos de alto peso molecular. El efluente del reactor es fraccionado para producir olefina rica de nafta catalítica ligera (LCN) y otra corriente rica de azufre de nafta pesada (HCN). El objetivo de la primera etapa es para remover las diolefinas, las cuales son indeseables causando una pérdida de presión y reducen la circulación del catalizador en la sección HDS. En la segunda etapa la HCN es hidrotratada selectivamente usando dos propietarios de catalizadores. El primero actúa para remover más azufre mientras se minimizan las reacciones de saturación de olefinas. El segundo catalizador actúa como un pulidor del azufre remanente en la corriente de nafta pesada sin afectar el contenido de olefinas.

**PROCESO OATS. Olefin Alkylation of Thiophenic Sulfur.** Desarrollado conjuntamente por BP-AXENS, se completa con el PRIME G+, cuenta con dos opciones. La primera, la nafta intermedia y la pesada es procesada en el reactor OATS para producir bajo nivel de azufre mezclado con otras corrientes de gasolina. La segunda opción, el rango completo de FCC es tratado en el reactor OATS y fraccionado en corrientes de LCN y HCN. El proceso OATS convierte sulfuros y mercaptanos en compuestos pesados de azufre.

**PROCESO SCANFinig** fue puesto en operación en 1990. El Scanfinig impide la saturación de hidrógeno, la pérdida en rendimiento es pequeña, mientras que la pérdida de octanaje a altos niveles puede ser significativa, cuando se alcanzan niveles de ultra bajo azufre. El proceso tiene similitudes con el PRIME G+. Aquí la nafta es pre-tratada con hidrógeno en un saturador diseñado para la conversión de las diolefinas, las cuales pueden causar obstrucción en los cambiadores de calor, así como también en el reactor de HDS.

### 2.4.3 Proceso por Destilación Catalítica

**PROCESO CDTECH.** Está compuesto por tres secciones: sección CDHydro, sección CDHDS y sección del Reactor Pulido. Estas secciones facilitan la destilación y reacción simultáneas.

**PROCESO ROK-FINER.** En este proceso se recibe la nafta en una columna de fraccionamiento separando la LCN en los domos de la columna y la porción pesada es previamente tratada en un precalentador carga/efluente y enviada al calentador a fuego directo, elevando su temperatura para tratarla en un reactor de hidrodesulfuración de cama fija empacada, posteriormente en el separador de alta, hay una separación del gas y es enviado a la sección de amina, la HCN se envía a la sección de estabilización y el fondo es tratado en la sección de endulzamiento y finalmente al pool de gasolina.

### 2.5 Proceso de Gasolina de Llenado Inicial

La gasolina de Llenado Inicial tiene el mismo proceso que las gasolinas comercializadas, solo que con diferentes porcentajes de los componentes provenientes de los procesos antes descritos. Es por tanto una mezcla con especificaciones exclusivas, para proporcionar una elevada calidad antidenotante, un fácil arranque, un rápido calentamiento, una baja tendencia a la formación de sellos de vapor, y un bajo contenido de depósitos en el motor.

Más adelante se describe el proceso general para la obtención de gasolina:

El crudo del cual se obtiene la gasolina, contiene compuestos que no son hidrocarburos tales como sal, metales y azufre. La gasolina que se obtiene en la destilación primaria, contiene alrededor de 800 partes por millón en peso de azufre y sólo alcanza un número de octano de más o menos 57, siendo la especificación del producto final superior a los 80.

Para alcanzar la especificación de octano, la gasolina primaria se envía al proceso de reformación catalítica, pero antes debe ser desulfurada en un proceso de hidrotratamiento en presencia de un catalizador cuyos metales activos pueden ser cobalto y molibdeno.

El proceso de hidrotratamiento consiste en calentar la gasolina a aproximadamente 280°C junto con una corriente de hidrógeno, el cual permite la remoción del azufre hasta dejar en la gasolina únicamente alrededor de 0.1 partes por millón. En estas condiciones, la gasolina está adecuada para pasar al proceso de reformación.

Para llevar a cabo la reformación de la gasolina, es necesario elevar su temperatura hasta 480°C. En este proceso se pueden alcanzar valores de octano hasta de 100, la severidad se ajusta de tal forma que el octano de la refinería como un todo se encuentre balanceado de acuerdo a las cantidades de gasolinas que se tengan programadas producir.

Para mejorar la calidad de la gasolina existen otras fuentes y otros procesos para este fin, tal es el caso de la gasolina proveniente del proceso de desintegración catalítica fluida FCC (fluid catalytic cracking), en el cual se alcanza una temperatura de alrededor de 515°C. Esta gasolina catalítica tiene un octano de aproximadamente 90 puntos RON, por lo cual es un excelente componente de la mezcla final, salvo por su contenido de azufre que también es alto y limita su proporción en la gasolina final en función del valor límite especificado para este contaminante.

La producción de los compuestos oxigenados llamados éteres, es relativamente sencilla en virtud de que la materia prima para producirlos se obtienen del proceso FCC. El éter metil terbutílico mejor conocido como MTBE, tiene 118 octanos RON y 102 octanos MON. Por otra parte el éter metil teramílico conocido más comúnmente como TAME, tiene el mismo número de MON que el anterior y un RON de 115.

Con la finalidad de producir una gasolina que contamine menos el ambiente y de aprovechar de manera óptima los hidrocarburos, se han instalado plantas de alquilación y unidades isomerizadoras de parafinas las cuales producen otra buena corriente para ser utilizadas en la preparación de las gasolinas finales.

Lo anterior sustenta que con las corrientes mencionadas, se formulan las gasolinas que Petróleos Mexicanos pone a la venta y la proporción en que participan depende de las características de las mismas, así como de las especificaciones que deben cumplir las gasolinas finales entre las cuales son dignas de mención, el número de octano, la presión de vapor, el contenido de azufre, de aromáticos, de olefinas y temperatura final de ebullición.

## **2.6 Especificaciones de Formulación y Mezclado**

La formulación y mezclado es el proceso de combinación de fracciones de hidrocarburos, aditivos y otros componentes para obtener productos finales con propiedades específicas.

La formulación es la mezcla física de un número de diferentes líquidos de hidrocarburos para obtener un producto final con ciertas características deseadas. Los productos pueden ser formulados en línea a través de un sistema de válvulas o formulación por baches en tanques y recipientes.

Una vez que se dispone de todos los componentes necesarios para la formulación de la gasolina, todos ellos se envían a un mezclador en las proporciones establecidas requeridas por el tipo de gasolina. Además, se adicionan otros tipos de compuestos como colorantes o inhibidores de corrosión, para completar las características de la gasolina final.

### **2.6.1 Formulación de Gasolinas.**

Las gasolinas que se elaboran en las refinerías, resultan 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 más económica de sus componentes, tomando en cuenta las características de cada uno de ellos. A esta actividad se le conoce como BLENDING o MEZCLADO.

A continuación se presentan las propiedades más importantes que se desean obtener en las gasolinas para que funcionen adecuadamente en los motores de los automóviles.

**Tabla 2.4** Propiedades de las Gasolinas

PROPIEDADES	ESPECIFICACIONES A CONTROLAR
Capacidad para arrancar el motor en frío	Presión de Vapor Reid
Calentamiento rápido	% de Destilado a 70°C
Evitar cascabeleo y obtener buena aceleración	Núm. de Octano
Formación de gomas que provocan ensuciamiento	Contenido de Olefinas

**FUENTE:** Principios Básico de Refinación, IMP, 2004.

Las corrientes básicas que componen el "POOL" de gasolinas en las refinerías son las siguientes:

- ♣ Gasolina Catalítica.
- ♣ Gasolina Reformada.
- ♣ Alquilado Ligero.
- ♣ Isómero.
- ♣ Compuestos oxigenados (MTBE y TAME).

En los centros productores de gasolina permanentemente se efectúan cambios en la formulación de gasolinas para mantener actualizada su calidad, asegurando su eficiencia y desempeño en los motores de combustión interna, manteniendo al mismo tiempo las emisiones evaporativas y tóxicas al mínimo nivel.

La formulación típica de las gasolinas producidas en Tula, Hgo. en 2012 son las siguientes:

PROCESO DE REFINACIÓN

**Tabla 2.7** Formulación de Gasolinas en % Volumen.

COMPONENTE	LLENADO INICIAL	PEMEX MAGNA		PEMEX PREMIUM	
		RP	ZMVM	RP	ZMVM
REFINADO MTBE		1.01			
GASOLINA DESINTEGRACION CATALITICA		4.4			
GASOLINA REFORMADA	6.62	32.01	68.72	31.84	52.15
GASOLINA DEPENTANIZADA (FCC)		28.79			
GASOLINA DE BAJO OCTANO (MENOR 85 RON)		10.68	13.34		
ALQUILADO LIGERO	45.46		2.2	17.02	16.06
REFINADO TAME	19.97	2.97			
ISOMERO DE PLANTA ISOMERIZADORA	12.68	8.05	4.05	0.39	14.84
METIL TERBUTIL ETER PLANTA	0.37	3.88		0.03	16.95
GASOLINA TAME	4.03	3.76		3.11	
METIL-TERBUTIL ETER DE IMP	10.87	4.45	7.77		
GNA. PREMIUM CONVENCIONAL COMPONENTE			3.92	47.61	

**FUENTE:** Reporte del Sistema Integral de Producción de Mezclas (Tula, Hgo.)

*La ciencia es una forma de vivir la vida, la actividad humana creativa cuyo objetivo es la comprensión de la naturaleza y cuyo producto es el conocimiento.*

*Ruy Pérez Tamayo*

### 3 PRODUCTO Y SERVICIO

Las actividades de refinación y comercialización de los productos derivados del petróleo constituyen la cadena de valor de la industria petrolera, ya que toman en consideración el óptimo desempeño económico de esta industria. Esto se logra por medio de una operación a bajos costos, atendiendo la disponibilidad de la materia prima, su acceso y su precio. Asimismo, mediante la integración de la cadena de suministro y distribución, así como la obtención de combustibles de alta calidad y valor, sin dejar de buscar el equilibrio entre oferta y la demanda. Por lo tanto, resulta evidente que ampliar el margen de refinación se traducirá en una mayor rentabilidad de las inversiones. (SENER, 2012).

Generalmente el consumidor puede distinguir en el punto de venta la marca, nombre comercial del combustible y algún atributo que se quiere resaltar como el octanaje, el contenido de azufre, entre otros. La costumbre, comodidad y la confianza del consumidor en el combustible, el precio y en algunas ocasiones las recomendaciones de los fabricantes de los vehículos respecto al tipo de combustible, son las variables que influyen en la decisión de compra. MEZCLADO.

A partir de la segunda mitad de la década de los noventa y hasta nuestros días las gasolinas son iguales en la mayor parte de sus componentes, excepto por el número de octanos. Sin embargo, el cambio consiste en buscar el posicionamiento por segmentos de mercado, es decir, introducir elementos intangibles que permitan mostrar una diferencia, o características que se identifiquen visualmente o se insinúen, como fue el caso de la gasolina Pemex Premium que se reforzó con el color rojo, mientras que Pemex Magna tiene color verde.

### 3.1 Comercialización

Las gasolinas que se comercializan en México permiten:

- ♣ Mejorar la calidad de los servicios que se ofrecen al consumidor.
- ♣ Incorporar tecnologías y equipos que permitan una operación orientada a la protección del medio ambiente.
- ♣ Garantizar el cumplimiento de las especificaciones y normas técnicas que otorguen confianza y den seguridad a la población.
- ♣ Propiciar el establecimiento de nuevas Estaciones de Servicio que satisfagan el crecimiento de la demanda nacional.

La comercialización de Gasolina de Llenado Inicial se realiza a través de ALVEG Distribución Química, que al ser el único cliente de Pemex Refinación recibe la gasolina y envía parte de ella a los principales clientes de la Industria Automotriz porque a éstas se les complica cumplir con todos los requerimientos de PEMEX. ALVEG cuenta con una infraestructura eficiente a través de una red de sucursales estratégicamente localizadas en la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, León, Culiacán, Querétaro, Saltillo, Tijuana y Coahuila de Zaragoza.

La gasolina de primer llenado se comercializa en dos canales de distribución, a continuación se habla de cada uno de ellos:

#### **Canal 1**

Este canal es directo, en este caso Pemex Refinación vende directamente en planta el combustible a ALVEG Distribución Química.

#### **Canal 2**

Este canal es indirecto, en este caso ALVEG Distribución Química con sus propios equipos vende el combustible a Volkswagen, Chrysler y Honda.

### 3.2 Publicidad

Pemex Refinación realiza publicidad en apoyo al valor de mercado y marcas específicas, para fortalecer el liderazgo de la marca Pemex en el mercado de combustibles automotrices de México.

Las líneas de productos y servicios, así como las marcas registradas propiedad de Petróleos Mexicanos, incluyen las siguientes líneas de productos que se comercializan dentro de la estación de servicio:

**Tabla 3. 1** Productos y marcas comerciales

<b>Concepto Institucional</b>	Pemex produce, desarrolla, distribuye, transporta y comercializa productos con su propia marca de calidad a nivel mundial.
<b>Pemex Magna</b>	La gasolina que contribuye a preservar el medio ambiente.
<b>Pemex Premium</b>	La gasolina que ofrece el máximo rendimiento al motor de su automóvil.

**FUENTE:** Franquicia Pemex. Pemex Refinación

Para el caso concreto de Gasolinas la publicidad que se lleva a cabo es primordialmente en Estaciones de Servicio y en revistas especializadas, estos medios han hecho que la gasolina sea bastante conocida en el mercado.

A continuación se señalan algunos ejemplos de publicidad en revistas, estos son:

“Con los 93 octanos de Pemex Premium, descubrirás que tú automóvil es aún más potente de lo que piensas. Así que procura no pisarle mucho al principio, pues no cualquiera puede controlar tanta potencia”. Abril 2004.

“Maneja con Naturaleza, con la nueva fórmula de la gasolina PEMEX Premium Bajo Azufre, tendrás a tú alcance un combustible de alta tecnología y mejor desempeño con sus 92 octanos, creado bajo los más estrictos estándares internacionales y que provee de grandes beneficios al medio ambiente, al reducir notablemente el contenido de azufre”. Agosto 2004.

“PEMEX Premium UBA 88% menos azufre, por el medio ambiente”. Febrero 2009.

### **3.3 Mercado Nacional de Gasolinas**

Las gasolinas, han producido un impacto significativo sobre el sector de mayor consumo a nivel mundial, este es el del parque automotor, por su alta dependencia; resultando en un incremento sostenido de su demanda. Esta dependencia se atribuye a una limitada oferta de otros tipos de combustibles y a otros factores de orden tecnológico que aún no han logrado ser superados. El resultado, actualmente no hay un combustible alternativo que represente una fuerte competencia en este segmento del mercado, es decir, para los motores de combustión interna. Con el fin de sustentar la necesidad de continuar con la producción de gasolinas, se estudiará el comportamiento del mercado durante los últimos 10 años y sus perspectivas futuras.

#### **3.3.1 Evolución del mercado de 2002 a 2012.**

El mercado de las gasolinas en México se encuentra enmarcado dentro de una política proteccionista, dado que PEMEX Refinación posee el control exclusivo sobre su elaboración. Con el fin de visualizar más claramente el panorama actual de este producto, se analizarán los principales aspectos relacionados con la evolución histórica de la oferta y la demanda de las gasolinas en México de 2002 a 2012. Para ello, se incluirá un análisis de la producción observada del tipo de combustible y los elementos que intervienen o modifican sus patrones de consumo. Este estudio tendrá como base el informe “Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026” emitido por la Secretaría de Energía y el “Anuario Estadístico 2012” de PEMEX.

##### **3.3.1.1 Producción**

En la tabla siguiente se han incluido los registros históricos de la producción de gasolinas desde 2002 hasta 2012, por tipo de gasolina. Como puede observarse en 2009 se da el surgimiento de la gasolina Magna UBA, debido a las nuevas disposiciones legales en materia de calidad de los combustibles para la conservación del medio ambiente.

**Tabla 3. 2** Producción Total por Tipo de Gasolina de 2002-2012

Miles de Barriles Diarios

AÑO	MAGNA	MAGNA UBA	PREMIUM	LLENADO INICIAL	OTRAS	TOTAL
2002	359.4		21.8	0.22	0.48	381.9
2003	396.5		37.6	0.16	0.44	434.7
2004	418.5		43.8	0.12	0.28	462.7
2005	412.0		38.2	0.16	0.01	450.4
2006	413.7		35.0	0.13	0.01	448.8
2007	425.7		26.1	0.09	0.01	451.9
2008	418.7		25.4	0.08	0.02	444.2
2009	364.0	81.8	22.7	0.07	0.03	468.6
2010	341.2	67.3	12.5	0.10	0.00	421.1
2011	324.2	61.7	13.7	0.09	0.00	399.7
2012	336.8	61.5	19.7	0.17	0.00	418.2

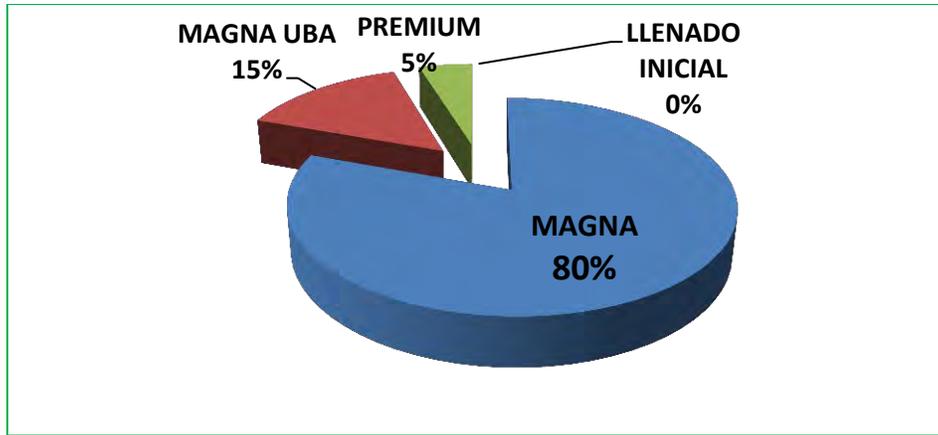
**FUENTE:** PEMEX, Anuario Estadístico 2013

La producción de gasolinas fue 4.4% más con relación a la registrada en 2011 debido al aumento en el rendimiento de estos productos.

La gasolina Pemex Magna registró una elaboración de 398.3 miles de barriles diarios, mayor 3.2% al volumen de 2011, debido al mayor rendimiento alcanzado en el proceso de refinerías. La producción incluye 61.5 miles de barriles diarios de Pemex Magna UBA volumen similar al de 2011. De la gasolina Pemex Premium se elaboraron 19.7 miles de barriles diarios, 43.8% superior a la producción del año anterior, en virtud del crecimiento en la demanda de este producto.

De acuerdo con los datos reportados en la Tabla 3.2, la oferta interna de gasolinas en el 2012, se conformó principalmente por Pemex Magna en un 80.0%, así como la Magna UBA con un 15% y la Premium participó con un 5.0%. El porcentaje restante lo integró la gasolina de primer llenado como se ilustra en la Gráfica 3.1. Esto se debe a que la mayor parte del parque vehicular corresponde a motores convencionales, donde la gasolina Magna mantiene buena aceptación; mientras que la Premium es requerida sólo para vehículos con altas relaciones de compresión, es decir, para automóviles con motores de alto rendimiento.

PRODUCTO Y SERVICIO



**Gráfica 3. 1** Producción de gasolinas por tipo durante el 2012.

**3.3.1.2 Demanda**

Una forma de determinar la demanda de gasolinas durante el periodo de estudio, es mediante el consumo de este combustible por el parque automotor a gasolinas, según la siguiente tabla:

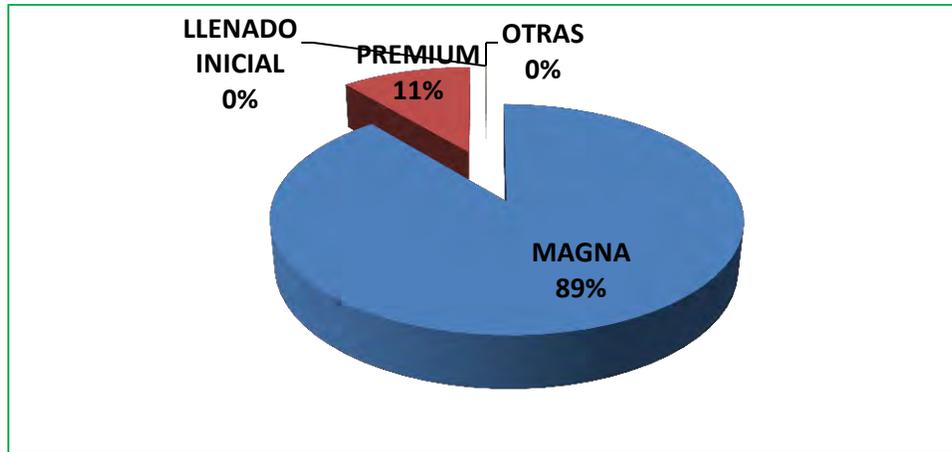
**Tabla 3. 2** Demanda Nacional de gasolinas por tipo de combustible de 2002 a 2012

Miles de Barriles Diarios

AÑO	MAGNA	PREMIUM	LLENADO INICIAL	OTRAS	TOTAL
2002	476.53	88.52	0.70	0.10	565.9
2003	500.23	100.07	0.54	0.07	600.9
2004	525.53	110.44	0.36	0.04	636.4
2005	559.61	111.70	0.42	0.06	671.8
2006	601.83	116.35	0.45	0.09	718.7
2007	658.94	101.34	0.32	0.06	760.7
2008	706.24	85.72	0.21	0.05	792.2
2009	727.70	64.18	0.19	0.04	792.1
2010	743.73	57.85	0.33	0.06	802.0
2011	738.62	60.51	0.37	0.06	799.6
2012	715.31	87.75	0.50	0.07	803.6

**FUENTE:** Petróleos Mexicanos. Base de Datos Institucional (BDI).

En general, las gasolinas automotrices aumentaron su demanda desde el año 2009. La demanda de gasolina Magna durante el 2012 alcanzó los 715.31 MBPD, lo cual representa el 89% del total de la demanda de gasolinas para ese año, mientras las ventas de gasolinas en el año 2012 totalizaron 803.6 miles de barriles diarios. La demanda para el mismo año de Pemex Premium ascendió a 87.75 MBPD, en el caso de la gasolina de primer llenado fue 0.50 MBPD, 74% mayor al registrado el año anterior.



**Gráfica 3. 2** Demanda de Gasolinas durante 2012.

En conclusión, durante el periodo comprendido entre 2002 y 2012, en la producción de gasolinas continúa predominando la elaboración de gasolina Magna, debido a su costo y compatibilidad con las características de la flota vehicular actual. Este hecho explica porque este tipo de gasolina se ha producido en mayor cantidad durante el periodo analizado.

El consumo de gasolina Premium ha presentado un importante aumento, derivado de la exigente normatividad ambiental. Se espera que con el paso del tiempo siga incrementando la producción de gasolina de primer llenado como consecuencia de los requerimientos de los nuevos modelos de vehículos con motor a gasolinas.

**3.3.1.3 Precios**

Para la mayoría de los petrolíferos (PEMEX Premium, PEMEX Magna, Gasolina de Llenado Inicial), los precios del productor buscan reflejar el costo de oportunidad, el cual se entiende como el valor que recibiría el proveedor en el mercado si vendiera el producto a su siguiente mejor alternativa de venta. Tanto el consumidor como el proveedor tienen que considerar todas las opciones de valor y costo económico.

Así el valor de los petrolíferos será acorde a sus usos alternativos, considerando su precio en el mercado internacional. No obstante, dicho precio es ajustado, en caso de ser necesario, por diferencias en calidad y por la logística de transporte. El empleo de precios del mercado internacional busca, entre otras cosas, que PEMEX no actúe como monopolio. Asimismo, ayuda a realizar una medición de desempeño económico y maximizar las utilidades de la paraestatal en un entorno competitivo. Para fijar los precios del productor se consideran las referencias de la Costa Norteamericana del Golfo de México (USGC), como se muestra en la siguiente tabla. (SENER, 2012)

**Tabla 3. 3** Referencias para fijar precios al productor

PRODUCTO	REFERENCIA UTILIZADA
Gasolina Pemex Magna	Unleaded Regular-87
Gasolina Pemex Premium	Unleaded Regular-87/Unleaded Premium 93

**FUENTE:** SENER, 2012.

En el caso de los precios al público a los que venden los distribuidores y franquiciatarios de PEMEX, éstos se determinan de manera distinta. Para los dos tipos de gasolinas comercializadas, el precio público es un precio administrado, es decir, es un precio determinado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público que no se rige por las condiciones del mercado. (SENER, 2012).

En la Tabla 3.5 se reportan los precios promedio ofrecidos al público, para las gasolinas Magna, Premium y Llenado Inicial en el país. Como puede observarse, en el último año, el precio de la PEMEX Magna registró un mayor incremento (0.99 centavos por litro) que la de primer llenado (0.70 centavos por litro), continuando la Premium (0.75 centavos por litro).

**Tabla 3. 4** Precio promedio al público de las gasolinas

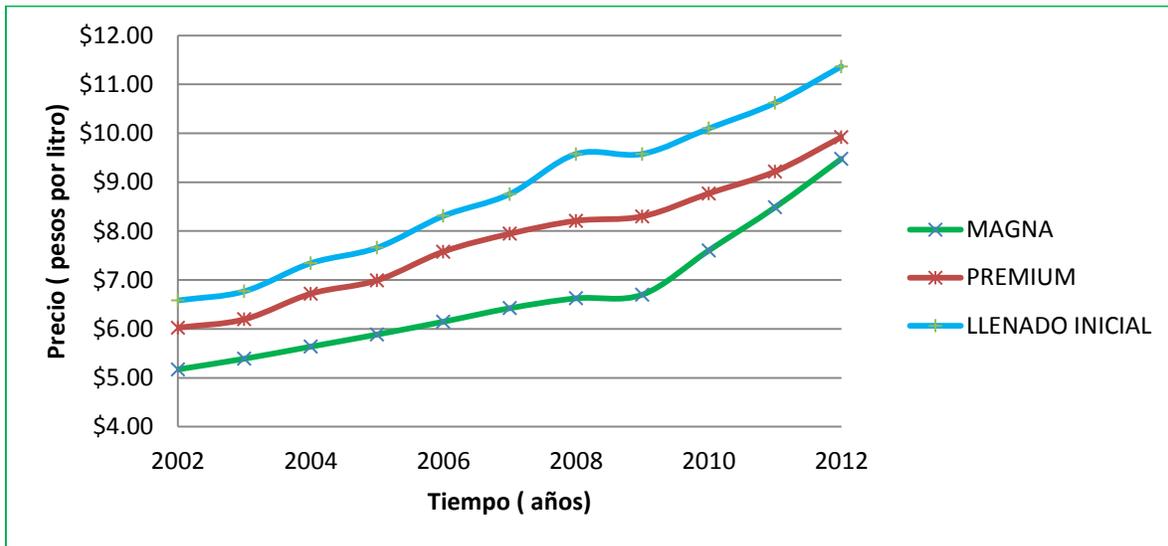
Pesos por Litro

AÑO	MAGNA	PREMIUM	LLENADO INICIAL
2002	5.17	6.03	6.58
2003	5.39	6.20	6.77
2004	5.64	6.72	7.34
2005	5.89	6.99	7.66
2006	6.15	7.58	8.31
2007	6.42	7.95	8.76
2008	6.63	8.21	9.58
2009	6.70	8.30	9.58
2010	7.60	8.77	10.10
2011	8.49	9.22	10.62
2012	9.48	9.92	11.37

**FUENTE:** Petróleos Mexicanos. Base de Datos Institucional (BDI). Promedio de precios en pesos/ Lt. Incluye IVA. Precios al 31 de diciembre de cada año.

La gráfica 3.3 describe el comportamiento de la evolución del precio de las gasolinas desde 2002 hasta el 2012, en donde puede apreciarse su incremento sostenido durante el periodo de estudio. En efecto, el precio en los últimos 10 años la gasolina Magna ha subido más del 30%, la gasolina Premium ha incrementado en más de 25% mientras que la de Llenado Inicial aumentó el 26% sin que se haya realizado ningún ajuste por la baja del precio del crudo durante este periodo.

Esto se debe al hecho de que PEMEX sea el único proveedor de gasolinas en México. Por lo tanto, las tarifas de venta buscan cubrir el costo de oportunidad que tendría PEMEX por vender crudo en el mercado internacional, en lugar de producir combustibles, sin la presión de realizar ajustes para ser competitivo en el mercado interno.



**Gráfica 3. 3** Precio promedio al público de Gasolinas (pesos por litro).

La producción de PEMEX Magna fue considerablemente mayor que la de PEMEX Premium, debido en parte al diferencial de precios entre éstas, a la baja percepción del beneficio en su uso y a la estructura del parque vehicular nacional, donde un bajo porcentaje de vehículos requieren de este tipo de combustible. Asimismo, las ventajas de utilizar gasolina con alto octanaje cuando el vehículo está diseñado para utilizar gasolina de bajo octanaje son casi imperceptibles por el usuario. En consecuencia, la preferencia del consumidor hacia la gasolina PEMEX Magna es evidentemente mayor.

En vista de que PEMEX posee el suministro del mercado, se puede apreciar que ampliar la producción de gasolinas en México representa no solo una necesidad para cubrir la demanda nacional, sino también una oportunidad de incrementar los márgenes de utilidad de esta industria.

### 3.3.2 Pronostico de oferta y demanda de gasolinas

Cubrir la demanda nacional de gasolinas de manera oportuna, competitiva y con la calidad requerida, representa un gran reto para el sector energético mexicano. En esta sección se muestra la evolución esperada de la oferta y la demanda nacional de gasolinas para el periodo 2013-2026, en base al informe Prospectiva de Petrolíferos emitido por la Secretaría de Energía (SENER).

#### 3.3.2.1 Prospectiva de la producción de gasolina 2013-2026

La evolución estimada de la producción de petrolíferos de PEMEX Refinación para el periodo 2013-2026, considera las inversiones que tendrán como objetivo aumentar la capacidad de producción de gasolinas y destilados intermedios de Ultra Bajo Azufre (UBA). En términos de volumen, la producción de gasolinas incrementará 141.3 Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente de 2013 a 2026, como lo muestra la siguiente tabla:

**Tabla 3. 5** Evolución de Producción aparente de Gasolinas, 2013-2026 (Mbdpce)

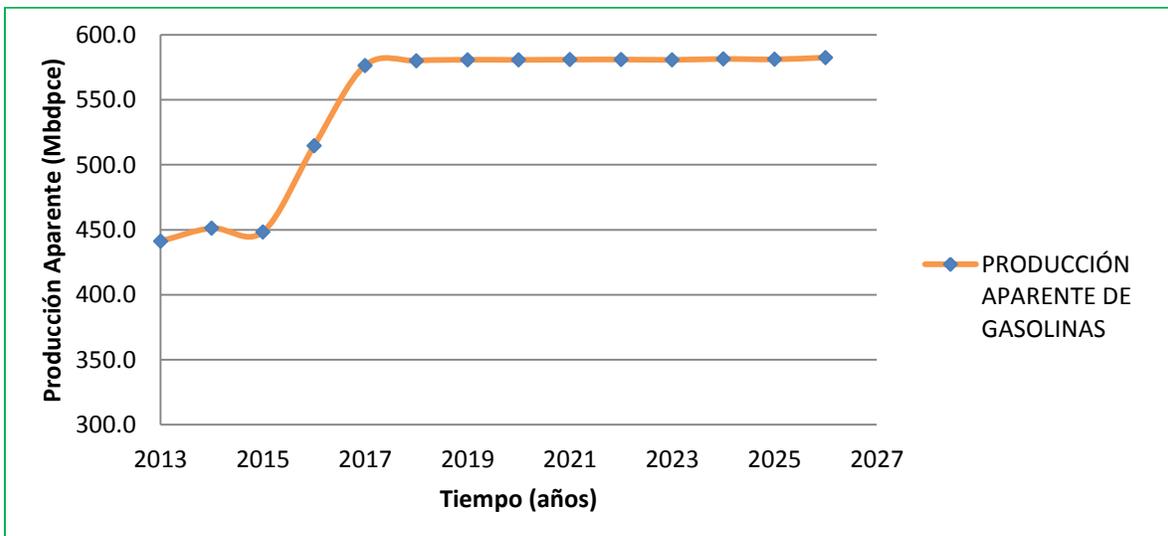
AÑO	PRODUCCIÓN APARENTE DE GASOLINAS
2013	441.2
2014	451.2
2015	448.4
2016	514.6
2017	576.4
2018	580.1
2019	580.8
2020	580.7
2021	580.9
2022	581.0
2023	580.7
2024	581.4
2025	581.1
2026	582.5

**FUENTE:** SENER, con información de PEMEX Refinación

El incremento esperado en la producción de gasolinas para el periodo 2013-2026, estará orientado a cubrir el crecimiento de la demanda interna. Por esta razón, cada refinería tendrá una configuración específica acorde al tipo y volumen de crudo a procesar y a la demanda de gasolinas de su zona de influencia.

Al final de 2026, se contará con una capacidad de 213.7 Mbd de alquilación e isomerización. Este último proceso permite modificar la estructura y composición de las gasolinas, mejorando su calidad. La incorporación de capacidad en el proceso de alquilación permitirá una mayor producción de fracciones de alto octano, cuyas características las convierten en componentes importantes para la elaboración de la gasolina reformulada. (SENER, 2012)

En la gráfica siguiente se puede apreciar la tendencia de crecimiento que se preveé que tendrá la producción de gasolinas para el periodo de estudio.



**Gráfica 3. 4** Evolución de la Producción Aparente de Gasolinas 2013-2026 en Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente

En el periodo prospectivo, se estima que la demanda de gasolinas continuará siendo superior a la producción, pese a las reconfiguraciones programadas y planeadas. Es por ello que se estima que las importaciones de gasolina continúen aumentando, por lo que en 2026, la producción de gasolinas sólo cubrirá 51.3% de la demanda nacional y 48.7% serán importaciones. (SENER, 2012)

**3.3.2.2 Evolución de la Demanda de Gasolinas 2013-2026**

Según la SENER, durante el periodo 2013-2026, la demanda de gasolinas crecerá 3.7% promedio anual. Al final de este periodo, la demanda de gasolinas se ubicará en 1,369.8 Mbd. El sector autotransporte consumirá 99.9% y el restante corresponderá al sector petrolero, de dicho volumen en 2026.

En el sector autotransporte, se estima que la demanda de PEMEX Magna representará 91.4%, derivado del aumento esperado en el parque vehicular, así como se puede observar en la siguiente Tabla.

**Tabla 3. 6** Demanda interna de gasolinas en el autotransporte, 2013-2026.

Miles de Barriles Diarios

AÑO	MAGNA	PREMIUM	LLENADO INICIAL			TOTAL
			COMPRA A PEMEX <sup>a</sup>	IMPORTADA <sup>b</sup>	TOTAL	
2013	806.3	70.9	0.22	0.44	0.67	877.9
2014	839.4	75.8	0.23	0.47	0.70	915.9
2015	875.1	81.2	0.23	0.45	0.68	957.0
2016	913.4	87.0	0.25	0.48	0.73	1,001.1
2017	953.6	90.7	0.25	0.51	0.76	1,045.1
2018	991.0	94.2	0.27	0.54	0.81	1,086.0
2019	1,027.8	97.5	0.29	0.57	0.86	1,126.2
2020	1,062.9	100.7	0.28	0.55	0.83	1,164.4
2021	1,096.4	103.8	0.30	0.59	0.89	1,201.1
2022	1,124.1	106.3	0.31	0.60	0.91	1,231.3
2023	1,162.6	109.9	0.28	0.56	0.84	1,273.3
2024	1,190.4	112.5	0.32	0.63	0.95	1,303.9
2025	1,221.2	115.3	0.31	0.62	0.93	1,337.4
2026	1,250.7	118.0	0.32	0.65	0.97	1,369.7

**FUENTE:** Elaborado por IMP, con base en AMDA, AMIA, ANPACT, BAXICO, CONUEE, CRE, EPA, INEGI, PEMEX, SENER y empresas privadas.

- a. Es la gasolina que Pemex produce en la refinería de Tula, Hgo.
- b. Es la gasolina que se importa para cubrir la demanda de las armadoras automotrices

Los requerimientos de la demanda del sector transporte superarán los niveles de producción de gasolinas durante el periodo referido, las importaciones crecerán 3.4% promedio anual, resultado de la producción de autos en México. Para 2026, será necesario importar 666.8 Mbd de gasolinas, para cubrir la demanda nacional de combustibles.

### **3.4 Sistema de calidad**

La calidad de los productos derivados del petróleo, en particular de la gasolina, han evolucionado en sus requerimientos, en función del desarrollo tecnológico de los vehículos y de la normatividad en materia de emisiones resultante de la combustión de los energéticos en los motores.

La presencia de Pemex en el mercado se denota al abastecer los combustibles automotrices que demanda la sociedad mexicana, aumentando la calidad de sus gasolinas, equiparables a las producidas internacionalmente, al poner especial cuidado en la conservación y regeneración del medio ambiente, además se impulsa el cambio de la mezcla comercializada en favor de productos de más alta calidad ecológica.

En nuestro país, las estaciones de servicio comercializan gasolinas Pemex Magna y Pemex Premium, las cuales difieren en el número de octanos y contenido de azufre, aunque regionalmente varían en cuanto a los aditivos utilizados cuando se distribuyen en las áreas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey y frontera norte del país.

Para el consumidor las especificaciones de las gasolinas entre regiones no es un factor de preocupación, ya que el motor del vehículo funciona adecuadamente con el combustible que carga en cualquier lugar; en ese sentido también se han dado los adelantos en las especificaciones de las gasolinas en el país.

El binomio energía-medio ambiente, es el problema actual en el mundo y su solución demanda de una acción coordinada entre la calidad de los combustibles y las tecnologías de los equipos en donde se emplean, a fin de obtener como resultado final menores emisiones por unidad de energético consumida.

*El esqueleto de la ciencia son los hechos, pero los músculos y los nervios son el significado que se les confiere, y el alma de la ciencia son las ideas.*

*Ruy Pérez Tamayo*

## 4 LEGISLACIÓN NACIONAL

En el Diario Oficial de la Federación (DOF), se publicaron las Disposiciones para llevar a cabo la distribución y comercialización de petrolíferos por parte de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y sus Organismos Subsidiarios, las cuales establecen los aspectos operativos para mejorar la distribución de petrolíferos, así como brindar mayor certeza y seguridad jurídica a los compradores de dichos bienes.

En este apartado se hace referencia al marco regulatorio y normativo aplicable al mercado de petrolíferos en el país.

### 4.1 Marco Legal

Los principios fundamentales que rigen a la industria petrolera en México se encuentran en los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El Artículo 27 Constitucional dispone que corresponde a la nación el dominio directo de los todos los hidrocarburos. Asimismo, la Nación llevará a cabo la explotación del petróleo e hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, y no se otorgarán concesiones ni contratos para ello. El marco jurídico del sector petrolero en México tiene como característica principal el dominio directo de la Nación sobre el petróleo y sus derivados.

El marco jurídico básico de la refinación del petróleo se conforma de los siguientes ordenamientos:

- ♣ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- ♣ Tratados Internacionales.
- ♣ Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.
- ♣ Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- ♣ Ley de Petróleos Mexicanos.

- ♣ Ley Federal de las Entidades Paraestatales.
- ♣ Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios.
- ♣ Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.
- ♣ Reglamento de la Ley de Petróleos Mexicanos.
- ♣ Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.
- ♣ Normas Oficiales Mexicanas.
- ♣ Disposiciones para llevar a cabo la distribución y comercialización de petrolíferos.

## 4.2 Sistema Normativo

El sistema normativo, es un método jurídico estricto, mediante el cual se categorizan las diferentes clases de normas ubicándolas en una forma fácil de distinguir cual predomina sobre las demás, en la siguiente figura se muestra la pirámide del marco legal.



**Figura 4. 1** Pirámide del marco Legal de Normatividad en México.

La pirámide representa gráficamente la idea del sistema jurídico escalonado. Las normas que componen un sistema jurídico se relacionan unas con otras de acuerdo con el principio de jerarquía, en la cúspide de la pirámide se sitúa la Constitución, en el escalón inmediatamente inferior las leyes, en el siguiente escalón inferior los reglamentos y así sucesivamente hasta llegar a la base de la pirámide, compuesta por las normas jurídicas individuales.

Cuanto más nos acercamos a la base de la pirámide, el escalón es más ancho, es decir, hay un mayor número de normas jurídicas. Así, el escalón superior es muy pequeño, pues Constitución sólo hay una, el escalón por debajo es más ancho (porque hay más leyes que "constituciones"), el siguiente más ancho que el anterior (porque hay más reglamentos que leyes) y así sucesivamente.

#### 4.2.1 Normatividad Ambiental

Hoy en día es imposible hablar o discutir sobre las gasolineras, sin tener que considerar la tecnología de los vehículos y la calidad del aire, ya que se considera a los vehículos como los responsables de más de la mitad del problema de las emisiones. Se sabe que hay una dependencia directa entre el estado del motor e incluso la diferencia de marca del vehículo y las emisiones que este producirá.

La normatividad de protección al ambiente es un aspecto fundamental al que la industria de la refinación debe apegarse para la preservación y mejoramiento del mismo. Mejorar los niveles de cumplimiento de la normatividad ambiental y desarrollar, mantener y fortalecer la política de combustibles más limpios, es uno de los objetivos rectores del sector energético. (SENER, 2012)

La normatividad ambiental en México está constituida por los siguientes instrumentos reglamentarios, presentados de acuerdo a su jerarquía:

- ♣ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- ♣ Tratados Internacionales
- ♣ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- ♣ Leyes Federales Sectoriales aplicables en materia ambiental

- ♣ Reglamentos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y de las Leyes Sectoriales
- ♣ Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental
- ♣ Acuerdos Administrativos
- ♣ Acuerdos o Convenios de Coordinación o Concertación

A noviembre de 2012 se contaba con 107 Normas Oficiales Mexicanas vigentes orientadas a disminuir los impactos negativos al ambiente, que incluyen las normas de reciente creación y aquellas de elaboración conjunta con otras Secretarías. De este conjunto, sólo se describen aquellas relacionadas con la industria de la refinación y sus productos, dividiéndolas en el impacto de emisiones a la atmósfera y normas emergentes. (SEMARNAT, 2012)

#### 4.2.2 Emisiones a la Atmósfera

Para ayudar al control de estas emisiones y reducir su impacto, se han establecido acciones tales como mejorar la calidad de los combustibles y medir las concentraciones de contaminantes. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), las emisiones a la atmósfera pueden provenir de fuentes fijas o fuentes móviles.

##### 4.2.2.1 De fuentes fijas

Existen tres tipos de fuentes fijas generadoras de emisiones:

**Fuentes puntuales.** Derivadas de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales. Las emisiones derivadas de la combustión utilizada para la generación de energía o vapor, dependen de la calidad de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento del equipo y de la presencia de equipo de control al final del proceso. Los principales contaminantes asociados a la combustión son partículas de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos.

**Fuentes de área.** Incluyen la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos, tales como la distribución y almacenamiento de gas LP, entre otras. Estas fuentes también incluyen las emisiones de actividades como: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, etc.

**Fuentes naturales.** Se refiere a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que se les denomina emisiones biogénicas. Estas fuentes juegan un papel importante en la química de la tropósfera, al participar directamente en la formación de ozono (O<sub>3</sub>). Las emisiones biogénicas incluyen óxido de nitrógeno (NO), hidrocarburos no metanogénicos, metano (CH<sub>4</sub>), dióxido y monóxido de carbono (CO<sub>2</sub>, CO) y compuestos nitrogenados y azufrados.

**Tabla 4. 1** Normas Oficiales Mexicanas en materia de Contaminación Atmosférica (Emisiones de Fuentes Fijas).

NORMA	CONTENIDO
NOM-043-ECOL-1993	Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
NOM-075-ECOL-1995	Se refiere a los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de separadores agua-aceite de las refinerías de petróleo.
NOM-085-ECOL-1994	Se aplica para las fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, y establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.
NOM-137-SEMARNAT-2003	Relacionada con la medición de emisiones de compuestos de azufre, en plantas desulfuradoras de gas y condensados amargos.

**FUENTE:** <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>.

**4.2.2.2 De fuentes móviles**

Las fuentes móviles consideran aquellas que por su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. Ejemplo de éstas son los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares. Si bien la definición de fuente móvil incluye prácticamente a todos los vehículos automotores, la NOM para fuentes móviles se refiere básicamente a las emisiones de automóviles y camiones. Los motores de los vehículos son los responsables de las emisiones de CO, de compuestos orgánicos volátiles (COV), SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> producidos durante la combustión.

**Tabla 4. 2** Normas Oficiales Mexicanas en materia de Contaminación Atmosférica (Emisiones de Fuentes Móviles).

NORMA	CONTENIDO
<b>NOM-041-SEMARNAT-2006</b>	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
<b>NOM-042-SEMARNAT-2003</b>	Establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda de 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos volátiles provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.
<b>NOM-044-SEMARNAT-2006</b>	Establece los niveles máximos permisibles de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.
<b>NOM-047-ECOL-1999</b>	Dicta las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

NORMA	CONTENIDO
<b>NOM-048-ECOL-1993</b>	Implanta los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina - aceite como combustible.
<b>NOM-049-ECOL-1993</b>	Se refiere las características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes, provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina – aceite como combustible.
<b>NOM-076-ECOL-1995</b>	Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos volátiles provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores, con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.

**FUENTE:** <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>.

#### 4.2.2.3 *Calidad de los combustibles*

Las especificaciones de los combustibles fósiles, tienen por objeto disminuir significativamente las emisiones a la atmosfera, y debe ser acorde con las características de los equipos y sistemas de combustión que los utilizan. Los combustibles fósiles considerados dentro de la normatividad mexicana son el gas natural, gasolinas, turbosina, diesel, combustóleo, gasóleo y LPG.

La norma NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 es la que actualmente define la calidad de los combustibles y fue derivada de la NOM-086-ECOL-1994, NOM-086-SEMARNAT-1994 y del Acuerdo del 23 de abril de 2003. Este acuerdo reformó la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas expedidas por la SEMARNAT que estaban identificadas con las Siglas “ECOL” y “RECNAT”, y que en lo sucesivo aparecen con las siglas “SEMARNAT”.

En la norma mencionada se establece que a partir del 1 de octubre de 2006 en todo el país, la gasolina Premium debe tener un contenido de azufre entre 30 y 80 partes por millón (ppm). Esta especificación aplicará para la gasolina Magna a partir de octubre de 2008 en las zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara y Monterrey, mientras que para el resto del país aplicará a partir de enero de 2009.

**Tabla 4. 3** Norma Oficial Mexicana en materia de Calidad de Combustibles

NORMA	CONTENIDO
NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005	Establece las especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.

**FUENTE:** <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>.

#### 4.2.3 Normas de emergencia

Las normas de emergencia son temporales y están dirigidas a resolver problemas puntuales de impacto ambiental, cuyos resultados deben ser mejorados en el corto plazo.

La NOM-EM-148-SEMARNAT-2006 fue expedida en abril de 2006, con una vigencia originalmente de seis meses, prorrogándose por seis meses más en septiembre de 2006. Su objetivo fue reducir las emisiones de SO<sub>2</sub>, mitigando su impacto sobre la calidad del aire, la salud de las personas y los ecosistemas alrededor de las refinerías de Tula y Salamanca.

El 28 de noviembre de 2007 esta norma de emergencia se sustituyó por la NOM-148-SEMARNAT-2006, Contaminación atmosférica.- Recuperación de azufre proveniente de los procesos de refinación del petróleo, con carácter permanente para así extender su aplicación a todas las refinerías nacionales. La norma establece un método a seguir para verificar su cumplimiento con base en un balance de azufre en la refinería.

Al mes de mayo de 2012, no existen normas de emergencia vigentes en materia ambiental.

*La ciencia es una actividad creativa cuyo objetivo es la comprensión de la naturaleza y cuyo producto es el conocimiento.*

*Ruy Pérez Tamayo*

## 5 EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL

La industria automotriz está inmersa en una carrera tecnológica para encontrar y fabricar un medio de transporte más rápido y con mejor diseño, que consuma menos combustible, contamine menos, así como la disposición de diversas fuentes de energía y materiales más ligeros, características necesarias para responder a las necesidades y tendencias actuales del mercado.

La atracción por los automóviles no tiene límite, y que en esos entornos también sigue aumentando la cantidad de automóviles a la vez que disminuye el número de usuarios del transporte público. Con el incremento en el parque vehicular, el consumo de gasolinas sigue aumentando año con año.

### 5.1 Evolución de los motores de los vehículos

La necesidad que tenemos de acortar distancias entre puntos geográficos ha provocado la búsqueda de vehículos que faciliten nuestro desplazamiento. El primer gran invento se dio con la rueda, precursora de carruajes y carretas impulsadas por la fuerza humana o animal.

Diversos avances tecnológicos continuaron a través de los años y en la medida en que se dispuso de gasolina obtenida de la destilación del petróleo se comenzaron a gestar cambios radicales en la industria del automóvil, entre ellos los motores de combustión interna, logrando que la gasolina actuara como el nuevo combustible, mismo que ha evolucionado en calidad y convirtiéndose en el más utilizado hasta nuestros días.

Las mejoras en la calidad de las gasolinas, son el factor que origina un círculo virtuoso en la industria automotriz con motores más eficientes, vehículos con mejor diseño, materiales más ligeros y carrocerías más pequeñas y aerodinámicas, que reducen emisiones contaminantes a la atmósfera y mejoran el rendimiento de combustible por kilómetro recorrido, lo que significa que los automóviles recorren una mayor distancia, gastando menos combustible y contaminando menos.

## 5.2 El Motor

Normalmente recibe el nombre de motor de combustión interna por el hecho de que la gasolina es quemada en su interior (en los cilindros o cámaras de combustión), al contrario de lo que ocurre en los motores de combustión externa (por ejemplo, en los motores de vapor), en los cuales la combustión tiene lugar al exterior del motor.

El motor de combustión interna ha conservado hasta la fecha sus características fundamentales, si bien ha sufrido en los últimos años modificaciones y refinamientos que lo han convertido en una máquina altamente sofisticada que incorpora los más avanzados sistemas de control electrónico, la mayoría de los cuales tiene por objeto el máximo aprovechamiento del combustible y la reducción consecuente de las emisiones contaminantes.

La función principal del motor es transformar la energía química que proporciona la combustión producida por una mezcla de aire y combustible en energía mecánica o movimiento. Cuando ocurre esa transformación de energía química en mecánica se puede realizar un trabajo útil como, por ejemplo, la energía mecánica pasa a través de la transmisión, hacia las ruedas y el giro de las mismas hace que el coche se mueva.

El sistema de alimentación desempeña un papel vital en el proceso productor de la energía mecánica, ya que es el que aporta la gasolina a los cilindros del motor. La mayoría de motores de automóvil tienen 6 u 8 cilindros sin olvidar los de cuatro cilindros dados que en cada uno de ellos se producen idénticos fenómenos.

### 5.2.1 Estructura del Motor

El motor está constituido por dos partes fundamentales atornilladas entre sí: la superior es la culata y la inferior el bloque, en el que se alojan las diferentes piezas que forman el conjunto del cigüeñal. Tanto la culata como el bloque suelen ser de hierro fundido, también se utiliza el aluminio para conseguir una mayor ligereza y una mejor disipación del calor.

Para poder comprender como funciona un motor de combustión interna, es necesario familiarizarse con ciertos términos que describen sus características mecánicas y operacionales.

**Bloque.** Es la parte fundamental y la más voluminosa del motor. Posee unos alojamientos cilíndricos para los pistones, conductos para la circulación del agua de refrigeración y otros para el aceite de lubricación. La disposición de los cilindros puede ser longitudinal (motores de 4 a 6 cilindros); en dos líneas, disposición en V (motor de 6 u 8 cilindros), o en dos líneas laterales, cada una a un lado del cigüeñal (motor de cilindros opuestos).

**Culata.** Es la pieza ubicada en la parte superior del bloque de cilindros. En ella se ubican las bujías, las válvulas de admisión y de escape, los conductos de entrada y salida de gases.

Gases de entrada: La mezcla de aire y gasolina.

Gases de salida: El residuo de la combustión (CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, HC).

Tanto en la culata como en el bloque existe una serie de conductos denominados cámaras de agua, por los que circula el agua de refrigeración del motor.

El **cárter o depósito del aceite lubricante** es una bandeja ubicada en la parte inferior del bloque, cuya función principal es la de recolectar y almacenar el aceite de motor.

**Carcasa.** Llamada tapa de balancines, protege el mecanismo de accionamiento de las válvulas e impide la pérdida de aceite y la penetración de polvo.

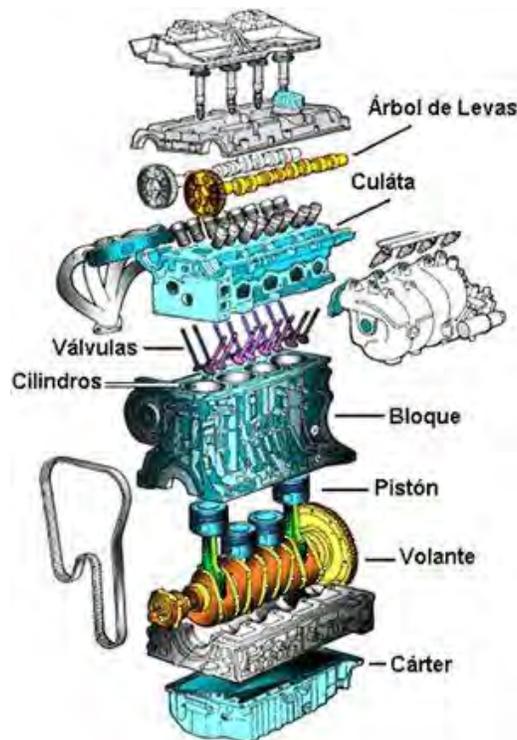
**Pistones.** Estos reciben la presión generada por la combustión del combustible y se desplaza en movimientos ascendentes y descendentes dentro de cada uno de los cilindros. Comunica la fuerza que produce la combustión a la biela, quien a su vez se la trasmite al cigüeñal.

**Biela.** Es un brazo que transmite la presión de la combustión en movimiento ascendente y descendente recibida por los pistones al cigüeñal. Los engranajes de distribución y la correa de distribución mueven al eje de levas.

**Cigüeñal.** Es un eje con codos en forma de manivela, que reciben el movimiento ascendente y descendente del conjunto biela-pistón, para convertir este movimiento en uno giratorio que será transmitido finalmente a las ruedas.

Las **válvulas de admisión y escape.** Las válvulas de admisión suelen ser más grandes que las de escape debido a que el flujo de gases en la admisión es más lento que en el escape, pues en este último tiempo actúan bajo presión.

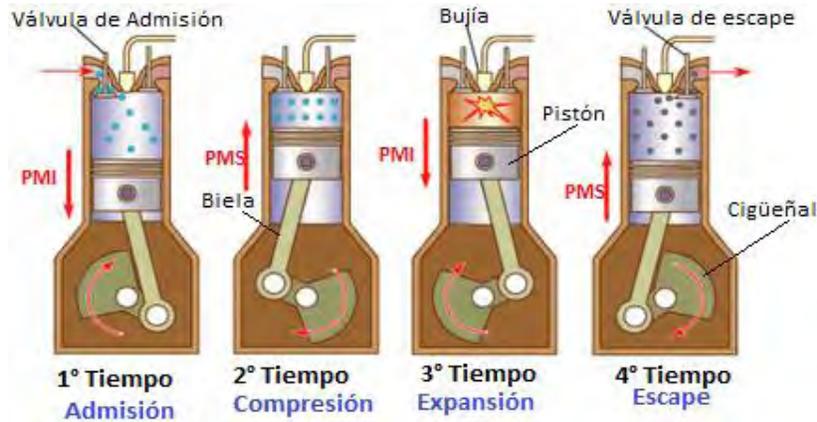
**Árbol de levas con empujadores.** Se efectúa para la apertura y cierre de las válvulas, el cual está situado en el bloque. El árbol de levas es accionado por una cadena (o juego de piñones) desde el cigüeñal y gira a la mitad de revoluciones de éste.



**Figura 5. 1** Partes del motor de explosión de 4 cilindros.

### 5.2.2 Funcionamiento del Motor

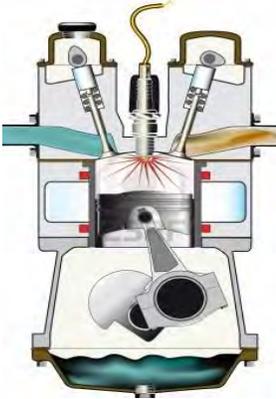
Para que un motor funcione, es decir se realice la transformación de energía química a energía mecánica es necesario que se cumplan los cuatro tiempos del ciclo Otto. Los cuatro tiempos son admisión, compresión, explosión y escape, como en la siguiente figura.



**Figura 5. 2** El ciclo de cuatro tiempos del Ciclo Otto.

A continuación se describe cada tiempo del motor:

<b>ADMISIÓN</b>	<p>La válvula de admisión está abierta mientras la válvula de escape está cerrada. Como el pistón se mueve hacia abajo, empujado por la rotación del cigüeñal, la traslación del pistón crea un vacío parcial en los cilindros. Para penetrar el aire hacia el cilindro debe antes pasar por el carburador. Allí es cargado con vapor de gasolina pues es una mezcla de aire- vapor de gasolina lo que penetra en el cilindro, esta mezcla es forzada dentro del cilindro por presión atmosférica.</p>	
-----------------	--	--

<p><b>COMPRESIÓN</b></p>	<p>Ambas válvulas, de admisión y escape, están cerradas. Como el pistón se eleva desde PMI (punto muerto inferior) a PMS (punto muerto superior), la mezcla aire-vapor de gasolina es comprimida hasta una séptima u octava parte de su volumen primitivo. Como resultado, ambas, la presión y la temperatura se incrementan para facilitar la combustión. El cigüeñal ha hecho una revolución completa cuando se alcanza el PMS.</p>	
<p><b>EXPLOSIÓN O COMBUSTIÓN</b></p>	<p>Las válvulas de admisión y escape se cierran. En el instante que el pistón alcanza su PMS (punto muerto superior), se produce una chispa eléctrica en la bujía del cilindro. Esta chispa es producida por el sistema de encendido. Se inflama la mezcla aire-vapor de gasolina y tiene lugar una rápida combustión de la que resultan altas temperaturas y presiones. En este instante, la presión ejercida sobre la cabeza del pistón hacia abajo es del orden de unas dos toneladas, en un pistón de 3 pulgadas (7.6 cm) de diámetro este potente empuje desplaza al pistón hacia abajo y esta fuerza es transmitida al cigüeñal mediante la biela.</p>	
<p><b>ESCAPE</b></p>	<p>El pistón es forzado hacia abajo por la presión de la gasolina vaporizada que arde durante el tiempo de explosión. Cuando el pistón alcanza su PMI (punto muerto inferior), la válvula de escape se abre. Después, al subir el pistón por el giro del cigüeñal presiona sobre los gases quemados en el cilindro. Al tiempo que el pistón ha vuelto a alcanzar su PMS (punto muerto superior), el cilindro queda libre de gases quemados. La válvula de escape se cierra y la de admisión se abre, entonces el pistón comienza su carrera hacia abajo en el siguiente tiempo de admisión.</p>	

**FUENTE:** Lugo Cornejo, Osorio Mendoza y Robles Jaramillo (1998).

Los cuatro ciclos o tiempos del pistón van repitiéndose sin cesar mientras el motor marcha.

## 5.3 La Gasolina como Combustible en la Industria Automotriz

Difícilmente podemos pensar en la movilidad y viabilidad general de la vida en las ciudades si no se contara con un suministro seguro y oportuno de combustibles. Con el crecimiento poblacional urbano y el desarrollo económico viene un incremento aún más pronunciado en el parque vehicular.

La exigencia de octano de un motor viene determinada principalmente por su diseño (introduciendo modificaciones en el pistón y en la forma de la cámara de combustión). Esta exigencia cambia con las condiciones climáticas (temperatura y humedad), alteraciones en el carburante, con las de conducción o en el encendido, así como las condiciones mecánicas del motor (sedimentación de residuos del motor, sistema de refrigeración).

### 5.3.1 Química de la combustión

Los motores de los automóviles emplean normalmente gasolina como carburante. Cuando la gasolina arde, sus átomos de hidrogeno y de carbono se unen con los del oxígeno durante la combustión y forman agua ( $H_2O$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) si existe el oxígeno suficiente. Puede darse el caso de que la cantidad de oxígeno presente, por el motivo que fuere, sea insuficiente, en tal circunstancia algunos átomos de carbono consiguen solo unirse con un átomo de oxígeno (en lugar de dos), produciéndose monóxido de carbono (CO), el cual es altamente venenoso.

Además del uso de gasolina sin plomo con el octanaje adecuado, se recomienda utilizar gasolina que contenga detergentes y aditivos que evitan la corrosión y dan estabilidad. El uso de gasolina que contenga estos aditivos contribuirá a ahorrar combustible, reducir las emisiones y mantener el rendimiento del motor.

La gasolina de baja calidad puede causar ciertos problemas como dificultades en el arranque, apagado del motor y jaloneo.

### 5.3.2 Combustión Anormal

La detonación del motor es un ruido metálico que hace el motor, generalmente durante la aceleración, como resultado de la combustión anormal o sin control en el cilindro.

El golpeteo es la forma de combustión anormal más común. Se presenta cuando las reacciones de pre flama en el gas no quemado delante de la flama se desarrollan rápidamente. Ocurre tan rápido que esta repentina liberación de energía en el combustible causa el golpeteo y el calor. Al golpeteo se le suele llamar silbido de bala, golpe de chispa, o detonación. Esto aumenta la temperatura, que a su vez aumenta la presión en la cámara de combustión, por lo que el calor reduce la dureza y la presión vuela el metal blando, produciendo un agujero en el pistón.

Los aditivos son usados en la gasolina para reducir la tendencia al golpeteo, por lo que se tuvo que establecer normas para el grado antidetonante de la gasolina. Con el combustible reglamentado los fabricantes de automóviles pudieron mejorar los sistemas y un mejor aprovechamiento de la energía del combustible.

### 5.3.3 Etapas del Proceso de Producción de un Vehículo

#### **Estampado**

- Desenrollado de bobinas
- Troquelado de las placas
- Estampado de las Placas

#### **Soldadura u Hojalatería**

- Ensamblado del armazón
- Ensamblado de los lados de la caja
- Conformación geométrica
- Ensamblado de la caja

## **Pintura**

- Pre-tratamiento de carrocerías
- Aplicación de primer catódico
- Sellado
- Filler
- Esmalte

## **Montaje**

- Desmontaje de las puertas
- Colocación de tableros de mando
- Colocación de parabrisas
- Ensamblado Final
- Revestimiento de la caja
- Colocación de las puertas

Al final de la línea productiva se rellena el vehículo con todos los líquidos vitales (aceite de motor, refrigerante, líquido de frenos, anticongelante y Gasolina de Llenado Inicial).

El volumen de Gasolina de primer Llenado que le sirven al vehículo es de 10 litros sólo para ser movido hacia los patios de almacenaje (para subirlos al transporte que lo llevara a las distribuidoras nacionales o para ser enviado a los transportes que lo llevarán al país de destino cuando se trata de un vehículo para exportación). Y la cantidad de Gasolina que se llevan para exportación puede variar según el auto y también de acuerdo al protocolo internacional de transporte que aunque van dentro del auto deben cumplir con reglas internacionales.

- Control de calidad

Es entonces cuando se arranca el motor por primera vez para probar el vehículo al 100% en aspectos como ruido, hermeticidad, pruebas de velocidades, frenos, amortiguación, dirección y se corre el automóvil en 3.5 Km. en una pista de prueba para verificar funciones generales del auto.



**Figura 5. 3** Etapa de montaje de un vehículo

#### 5.3.4 Motores con combustibles alternos a la gasolina

Existe una gran variedad de combustibles alternativos que tienen posibilidades, si no de sustituir si de complementar, a los derivados del petróleo, gasolina y gasoil. Se tiene en la actualidad, una serie de datos y particularidades sobre éstos y se ha hecho hincapié en aquellos antecedentes que pueden ser interesantes para su aplicación.

#### **Biocombustibles**

El biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa (organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos).

Los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales (petróleo, carbón), con la ventaja de que son renovables y tienen bajo impacto en el deterioro ambiental.

Los biocombustibles más usados y desarrollados son el biodiésel y el bioetanol.

- Biodiesel

El biodiesel puede definirse como un carburante elaborado a partir de aceites vegetales o grasas animales. La American Society for Testing and Materials (ASTM) define al biodiesel como “el éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables”.

- Bioetanol

El bioetanol es también llamado etanol de biomasa, se obtiene a partir de maíz, caña de azúcar o remolacha. También puede ser mezclado en diferentes proporciones con la gasolina, si bien a partir de porcentajes del 15% pueden requerirse pequeñas modificaciones del motor.

- Biodimetiléter

Es un combustible prometedor para motores diesel debido a sus propiedades de combustión y emisión. Es similar al GLP en términos de propiedades físicas. Se puede emplear como sustituto del GLP, como aditivo de la gasolina o como componente para mezclas con combustibles diesel.

- Biogás

El biogás es un término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaerobio (sin oxígeno) de los residuos orgánicos, como el estiércol animal, basuras, aguas residuales o los productos de desechos de los vegetales, entre otros.

### **Metanol**

El alcohol metílico o metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), se suele obtener a partir del carbón (con excesivo nivel de emisión de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en este proceso), o bien de residuos orgánicos (en este caso el combustible sería renovable), de residuos de la refinación del petróleo y del gas natural.

Es un combustible líquido con excelentes características de octanaje. Se utiliza como combustible en motores de encendido provocado mezclado con gasolina o también como mejorador del índice de octano de gasolinas sin plomo.

### **Etanol**

El alcohol etílico o etanol ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ ), se obtiene habitualmente de productos agrícolas como el maíz o la caña azúcar. Se utiliza como aditivo oxigenado para las gasolinas. Las gasolinas sin plomo se suministran con un 10% de MTBE (derivado etérico del metanol) o de ETBE (derivado etérico del etanol).

### **Gas natural comprimido, GNC.**

El gas natural es básicamente metano (sobre el 87%, el resto está formado principalmente por etano, propano y butano). Es el combustible natural más limpio, en términos de contaminación, de los combustibles fósiles. Produce la menor cantidad de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por unidad energética de todos los combustibles fósiles.

### **Gases licuados del petróleo, GLP.**

Están constituidos principalmente por la mezcla de butano (40%) y propano (60%). Son gaseosos en condiciones normales de presión, temperatura y fácilmente licuables, lo que permite su almacenamiento en fase líquida a relativamente bajas presiones.

Los GLP son combustibles aptos para su empleo en motores de encendido provocado, su número de octano es igual o superior al de la gasolina.

## **Hidrógeno.**

Es el combustible más limpio que existe. Se puede producir a partir del gas natural o del carbón (además de electrólisis del agua). La contribución al balance de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en la combustión es nula.

Las ventajas que posee es que con su utilización se pueden eliminar las emisiones de monóxido de carbono (CO), anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), óxido de azufre (SO<sub>2</sub>), hidrocarburos y partículas además de que se cuenta con una ilimitada cantidad de materia prima para su producción.

Su utilización presenta algunos inconvenientes ya que se tiene una excesiva producción de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que precisaría un catalizador especial, problemas de almacenaje y su producción es cara por la cantidad de energía que se necesita.

El incentivo principal del empleo de combustibles alternativos está en la reducción de emisiones contaminantes y es evidente que el empleo de éstos exige adaptaciones de consideración en los vehículos convencionales, además se necesita construir toda una infraestructura, tanto para suministro como en instalaciones de taller.

El paso hacia los combustibles alternativos se trata solamente de un primer paso. Se está evidenciando que los sistemas híbridos, pueden ser las soluciones posibles para el futuro, las consideraciones prácticas sugieren que pasará algún tiempo hasta que sean viables comercialmente. El escalón para llegar a ese futuro apunta cada vez más a los combustibles alternativos en general y a los gases naturales comprimidos (GNC) y gas licuado del petróleo (GLP) en particular.

## 5.4 La Industria Automotriz en México

El INEGI define la industria automotriz como aquella que se compone por la fabricación y ensamble de vehículos automotores, así como la fabricación de motores y sus partes, de todas las piezas o componentes y equipos de accesorios que se incorpora en los vehículos. Se integra por un sector terminal y un sector de autopartes.

El sector terminal son las empresas establecidas en México que fabrican y/o ensamblan automóviles, camiones, tractocamiones y autobuses integrales. El sector de autopartes son las firmas que fabrican partes y componentes para los mercados de equipo original y refacciones.

El nacimiento como industria propiamente dicha es hasta principios del siglo XX, cuando se pudo fabricar en escala industrial una máquina. El surgimiento de la industria automotriz mexicana data de 1925, con el establecimiento de la empresa Ford Motor Company en la Ciudad de México.

La industria automotriz es una rama altamente dinámica de la industria manufacturera, es una importante fuente de generación de divisas ya que tiene un peso importante dentro de las exportaciones del país y apoya de manera significativa a la creación de fuentes de trabajo de manera directa e indirecta por eso se considera un detonador económico.

En México, la industria automotriz es el principal motor de las exportaciones, así como uno de los principales sectores económicos, representando una tercera parte de las exportaciones manufactureras y más de una quinta parte de las exportaciones totales del País.

Además, emplea a casi 16 % del personal ocupado y genera 3 % del PIB nacional. Estas cifras han colocado a México como el octavo país productor global de vehículos, el cuarto mayor exportador de vehículos ligeros y el sexto mayor productor mundial de autopartes en el 2012. (Industria Automotriz en México, 2012).

## 5.4.1 Producción

**Tabla 5. 1** Volumen de la producción automotriz por mercado y tipo de vehículo.

Serie anual 2002-2012 en Unidades

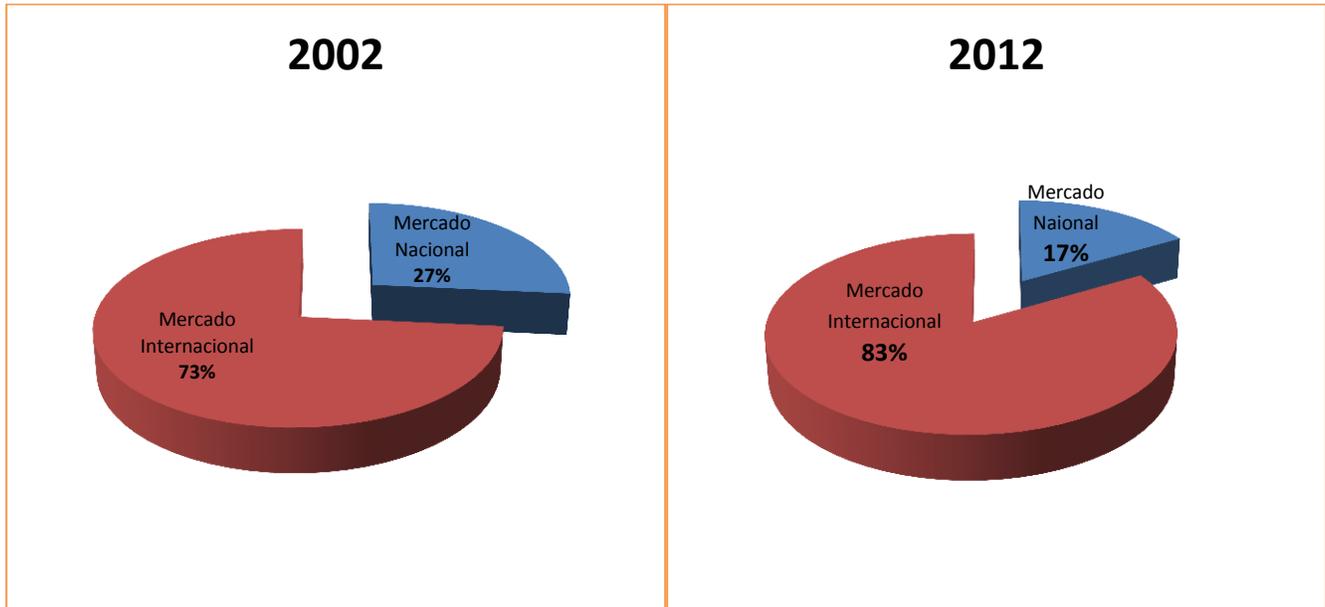
AÑO	MERCADO NACIONAL				MERCADO INTERNACIONAL			TOTAL
	Automóviles	Camiones Ligeros	Camiones Pesados	Total	Automóviles	Camiones Ligeros	Total	
2002	374,719	77,883	23,274	475,876	765,073	554,303	1,319,376	1,795,252
2003	297,174	70,159	22,995	390,328	616,135	554,068	1,170,203	1,560,531
2004	323,693	79,907	26,152	429,752	520,298	521,938	1,042,236	1,471,988
2005	320,209	90,700	43,750	454,659	732,614	460,236	1,192,850	1,647,509
2006	310,874	109,173	46,014	466,061	1,060,019	496,579	1,556,598	2,022,659
2007	288,833	106,651	42,298	437,782	1,127,832	496,131	1,623,963	2,061,745
2008	284,877	151,351	34,262	470,490	1,103,036	562,097	1,665,133	2,135,623
2009	199,307	81,707	22,017	303,031	810,607	415,906	1,226,513	1,529,544
2010	282,697	102,295	29,543	414,535	1,186,272	689,512	1,875,784	2,290,319
2011	321,662	105,745	0	427,407	1,367,504	762,639	2,130,143	2,557,550
2012	344,086	135,595	0	479,681	1,467,338	937,850	2,405,188	2,884,869

**FUENTE:** AMIA, AC. *Boletín Mensual* (varios años).

México es el octavo productor de vehículos a nivel mundial, con una producción de 2.56 millones de unidades en 2011, 13% más que en 2010; del total que se produce en 2011, se exporta el 84.4%.

El volumen de la producción total en 2012 llegó a 2'884,869 vehículos que representa un incremento de 12.8%, el cual establece un nuevo récord en la producción total de esta industria.

## EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ



**Gráfica 5. 1** Estructura del destino del volumen de la producción automotriz por tipo de mercado, 2002 y 2012

El mercado interno se encuentra rezagado 10 años, pues mantiene cifras similares a las del 2002. Por lo que hay que impulsar el ingreso per cápita, el financiamiento irá al alza, lo que va ligado a la compra de autos. Lo que respecta a la producción de vehículos destinada al mercado internacional continúa con tendencia positiva a partir del año 2010, llegando a su punto máximo en el 2012 con un total de 2, 405,188 unidades.

EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

**Tabla 5. 2** Volumen de la producción nacional de automóviles por categoría.

Serie anual de 2002 a 2012 en Unidades

AÑO	CATEGORÍA			TOTAL
	Subcompactos	Compactos	Lujo	
2002	264,886	98,109	11,724	374,719
2003	200,247	89,360	7,567	297,174
2004	222,598	93,840	7,255	323,693
2005	213,994	96,834	9,381	320,209
2006	177,685	122,798	10,391	310,874
2007	145,523	138,081	5,229	288,833
2008	164,868	119,306	703	284,877
2009	111,264	87,737	306	199,307
2010	142,041	140,353	303	282,697
2011	109,070	211,962	630	321,662
2012	117,043	226,369	674	344,086

**FUENTE:** INEGI, La Industria Automotriz en México (varios números).

La producción de automóviles subcompactos y compactos tienen una gran demanda en el mercado nacional, ya que en 2011 estos concentraron el 60% de las ventas totales, con 29 y 31%, respectivamente, de acuerdo con la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).

**Tabla 5. 3** Volumen de la producción de automóviles por empresa del año 2012

Unidades

EMPRESA	INTERNA	EXPORTACIÓN	TOTAL
CHRYSLER	30,310	343,246	373,556
FIAT	4,244	77,534	81,778
FORD MOTOR	16,568	435,080	451,648
GENERAL MOTORS	103,857	467,085	570,942
HONDA	24,629	38,627	63,256
NISSAN	216,003	467,517	683,520
TOYOTA	0	55,661	55,661
VOLKSWAGEN	84,070	520,438	604,508
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>479,681</b>	<b>2,405,188</b>	<b>2,884,869</b>

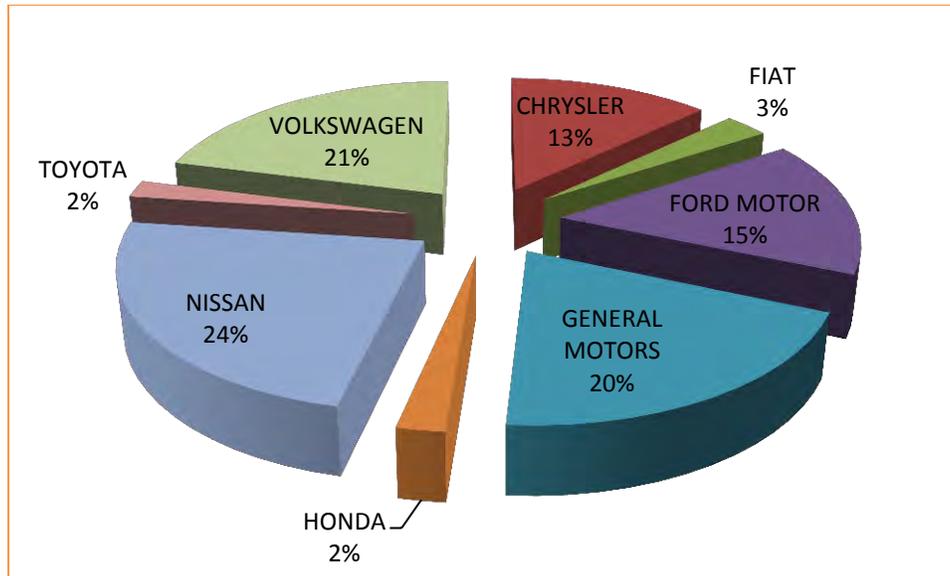
**FUENTE:** AMIA, AC. *Boletín Mensual* (Diciembre 2012).

La vocación exportadora hacia mercados competitivos como el de EU (principal destino) ha convertido al país en un trampolín comercial estratégico para muchas armadoras.

Nuestro país cerró el 2012 con la producción aproximada de 2 millones 900,000 automóviles, de los cuales 83% de ese ensamble está destinado a los mercados del exterior. Por lo que hace pensar que de cada 100 vehículos producidos en el mundo, 3 fueron ensamblados en México.

Es lamentable que el modelo de negocios de la industria automotriz mexicana se enfoque más hacia la exportación que al mercado nacional. Entre el 75% y 85% de los autos que se arman en México son pensados para venderlos al extranjero.

## EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ



**Gráfica 5. 2** Volumen de la Producción de Automóviles por Empresa en 2012

Las empresas Nissan, Volkswagen, General Motors y Ford destinan a la exportación más de 60% de su producción anual en México. De entre las empresas automotrices establecidas en el país, Nissan en 2012 se convirtió en el mayor fabricante, representando el 24% de la producción total. Volkswagen se posiciona en segundo lugar con el 21% de la producción total y es la empresa con mayor volumen de ventas para el mercado de exportación, actualmente su planta de Puebla, exporta 88 % de su producción a más de 80 países.

### 5.4.2 Exportación

El volumen acumulado en 2012 es 9.9% mayor al obtenido en 2011 con 2'355,564 vehículos exportados con lo cual, no obstante la caída en el mes, el acumulado exportado es el más alto alcanzado por nuestro país en un año.

**Tabla 5. 4** Exportación acumulada

2011 y 2012 en Unidades

AÑO	2011	2012	DIF %	% PARTICIPACIÓN	
				2011	2012
EE UU	1,362,425	1,504,364	10.4	63.5	63.9
CANADÁ	159,440	160,086	0.4	7.4	6.8
LATINOAMÉRICA	319,561	366,133	14.6	14.9	15.5
ÁFRICA	8,012	34,734	333.5	0.4	1.5
ASIA	25,538	46,640	82.6	1.2	2.0
EUROPA	220,788	212,792	-3.6	10.3	9.0
OTROS	48,115	30,815	-36.0	2.2	1.3
<b>TOTAL</b>	<b>2,143,879</b>	<b>2,355,564</b>	<b>9.9</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

**FUENTE:** AMIA, AC. *Boletín de Diciembre de 2012.*

En 2010, 76% de las exportaciones automotrices del país terminaron en EU y Canadá, 10% fue para Sudamérica y 9-5%, a Europa, según la AMIA. Para 2011, Norteamérica todavía representaba 71% de las ventas al exterior, 14% fue al Mercosur y 10.2%, a Europa.

Al comparar los volúmenes regionales de exportación acumulados de 2012 con los obtenidos en el mismo periodo de 2011, para los 6 principales destinos de la exportación de vehículos ligeros fabricados en México, 5 cerraron con incrementos en el orden siguiente: La exportación a África creció 333.5%; al Asia 82.6%; a Latinoamérica 14.6%, a EE.UU. 10.4% y a Canadá 0.4%. El destino que registró decremento es Europa con una baja del 3.6%.

En 2012 Estados Unidos es el destino más importante para las exportaciones nacionales, con 63.9% del total. Le sigue Latinoamérica y en tercer lugar su ubica Europa.

Los indicadores automotrices de México, son positivos, las exportaciones y la producción reportan incrementos de 9.9% y 12.8% respectivamente. La venta en el mercado interno, no obstante su crecimiento del 9.0%, todavía no ha logrado recuperarse a los volúmenes registrados antes de la crisis, por lo que el mercado interno de México se encuentra muy por debajo de los niveles en los que debería estar.

## 5.5 Futuro de la industria automotriz

Las necesidades y tendencias del mercado actual se centran en un punto: mejorar los medios de transporte haciéndolos más limpios y prácticos, así como una constante innovación en materia de tecnología energética, con la finalidad de combatir las amenazas del cambio climático y las emisiones contaminantes generadas por los automóviles actuales.

La constante competencia para fabricar vehículos propulsados por motores con tecnología y combustibles alternativos continúa alrededor del mundo, prácticamente todas las armadoras cuentan con prototipos que prometen convertirse en el automóvil del futuro, que logrará una industria libre de emisiones contaminantes en la que los vehículos del futuro serán “verdes” por necesidad y no por elección, sin embargo, el camino para verlos en las calles requiere tiempo, debido a que estas tecnologías aún son muy costosas.

La industria automotriz seguirá realizando esfuerzos acompañados de una estrategia política de los gobiernos, enfocándose a posibles cambios de la legislación y apoyos a través de incentivos, impuestos, subsidios y precios de combustibles que motiven el uso de estas tecnologías alternativas, haciéndolas competitivas en comparación con las convencionales.

Otro aspecto dentro de este contexto está avanzar en políticas aplicables al mejoramiento de todos los vehículos en circulación, incluso a través de impuestos e incentivos que promuevan la renovación vehicular, y el control a la importación de autos usados.

*Algo he aprendido en mi larga vida; que toda nuestra ciencia, contrastada con la realidad, es primitiva y pueril; y, sin embargo, es lo más valioso que tenemos.*  
*Albert Einstein*

## 6 ESPECIFICACION DE LA GASOLINA DE LLENADO INICIAL

Las especificaciones son las series de propiedades o características que deben reunir los productos de un proceso de producción, ya que éstos determinan su calidad.

Las especificaciones se establecen en función de normas ambientales, seguridad y la funcionalidad, de tal forma que a los usuarios les permita evitar la contaminación ambiental, así como ofrecer a los consumidores finales productos de calidad.

Las gasolinas finales que Petróleos Mexicanos pone a la venta y la proporción en que participan depende de las características de las mismas, así como de las especificaciones que deben cumplir las gasolinas finales entre las cuales son dignas de mención, el número de octano, la presión de vapor, el contenido de azufre, de aromáticos, de olefinas y temperatura final de ebullición.

Las especificaciones que PEMEX Refinación tiene para la Gasolina de Llenado Inicial, se muestran en las páginas siguientes:

## 6.1 Hoja Técnica de Especificaciones de Gasolina de Llenado Inicial

NOMBRE DEL PRODUCTO: GASOLINA DE LLENADO INICIAL <sup>(1)</sup>.

Especificación No. 100/2012

CLAVE CATALOGO INSTITUCIONAL 32002

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM <sup>(2)(3)(4)</sup>		ESPECIFICACIONES		
		OFICIAL	ALTERNO	MÍNIMO	MÁXIMO	
Gravedad Especifica 20/4 °C		D 1298 D 4052		0.6850	0.7200	
Destilación <sup>(5)</sup>		D 86 D 7345	D 7344	Informar		
Temp. Inicial de Ebullición	°C			50.0	55.0	
El 10% destila a:	°C			75.0	85.0	
El 50% destila a:	°C			115.0	130.0	
El 90% destila a:	°C				190.0	
Temp. Final de Ebullición	°C					
Presión de Vapor	lb/pulg <sup>2</sup> kPa	D 4953	D 5190	Marzo a Octubre		
				7.5	10.5	
	lb/pulg <sup>2</sup> kPa				Noviembre a Febrero	
					7.5	11.5
				51.7	73.3	
Azufre Total	mg/Kg (ppm peso)	D 5453 D 2622	D 7039		80	
Corrosión al Cu, 3h. a 50°C		D 130			STD 1	
Corrosión Ferrosa		D 665			B <sup>+</sup>	
Goma Lavada	Kg/m <sup>3</sup> mg/100mL	D 381			0.04 4.0	
Periodo de Inducción	minutos	D 525	D 7525	1 000		
No. De Octano RON		D 2699		95.0		
No. De Octano MON		D 2700		Informar		
Índice de Octano, (R+M)/2		D 2699 y D 2700		90.0		
Aromáticos	% vol.	D 1319	D 5580		8.0	
Olefinas	% vol.	D 1319			15.0	

ESPECIFICACIÓN DE LA GASOLINA DE LLENADO INICIAL

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM <sup>(2)(3)(4)</sup>		ESPECIFICACIONES	
		OFICIAL	ALTERNO	MÍNIMO	MÁXIMO
<b>Benceno</b>	% vol.	D 3606 D 5580	D 6277		0.5
<b>Oxígeno</b>	% peso	D 4815	D 5599		2.8
<b>Oxigenados<sup>(6)</sup></b>	% vol.	D 4815	D 5599	Informar	
<b>Aditivo para Control de Depósitos</b>	mg/ Kg (ppm peso)	<b>(7)</b>		165	

OBSERVACIONES:

- (1) Su aplicación será exclusivamente para el llenado inicial en vehículos automotores y solicitado mediante oficio por cada una de las armadoras nacionales.
- (2) Los métodos ASTM corresponden a la última edición publicada en la Página del Intranet de Pemex Refinación.
- (3) Las tolerancias de precisión por repetibilidad, reproducibilidad y tendencia contempladas en los métodos ASTM, se aplicarán en los análisis comparativos de calidad del producto. **ESTA CONSIDERACIÓN NO ES APLICABLE EN LOS CENTROS PRODUCTORES, LOS QUE INVARIABLEMENTE DEBERAN CUMPLIR CON EL LÍMITE ESPECIFICADO.**
- (4) El método oficial deberá utilizarse invariablemente en los centros de producción. El método alterno podrá usarse únicamente en caso de darle mantenimiento o reparación del equipo utilizado en el método oficial, de lo cual deberá informar en el reporte del análisis correspondiente. Los demás centros de trabajo pueden utilizar, el método oficial o el alterno.
- (5) Las temperaturas de destilación son corregidas a 101.3 kPa (760 mm de Hg).
- (6) El producto no deberá contener compuestos de la familia de los alcoholes.
- (7) La concentración del aditivo detergente dispersante (IMP-DG-15) se hace por cálculo en base a su adición.

## 6.2 Especificaciones de los Componentes más importantes para la GLLI

Las propiedades de la gasolina varían dependiendo de su formulación y ésta debe cumplir con una serie de especificaciones requeridas para el óptimo funcionamiento del motor y el mínimo impacto sobre el medio ambiente. Como se ha mencionado en capítulos anteriores, en México la calidad de los combustibles se regula por medio de la norma NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005. En esta norma se detallan las propiedades físicas más relevantes de las gasolinas de acuerdo a su región de consumo. De esta forma, se asegurará que la calidad de los productos no esté por debajo de la mínima requerida, manteniendo un margen de rentabilidad aceptable.

Se reportan las propiedades pertinentes de los componentes más importantes para la gasolina reformulada.

### 6.2.1 Hoja Técnica de Especificaciones de MTBE

NOMBRE DEL PRODUCTO: MTBE (ETER METIL-TERBUTILICO).

Componente para Gasolina

Especificación No. 717/2012

CLAVE CATALOGO INSTITUCIONAL 51060

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM <sup>(1)(2)(3)</sup>		ESPECIFICACIONES	
		OFICIAL	ALTERNO	MÍNIMO	MÁXIMO
Gravedad Especifica 20/4 °C <sup>(4)</sup>		D 1298 D 4052		Informar	
Destilación <sup>(5)</sup>		D 86	D 7344		
Temp. Inicial de Ebullición	°C	D 7345			53.0
El 10% destila a:	°C				56.0
El 50% destila a:	°C				57.0
El 90% destila a:	°C				59.0
Temp. Final de Ebullición	°C				80.0
Contenido de Agua	mg/Kg	D 1364	E 1064		1500
Presión de Vapor	lb/pulg <sup>2</sup>	D 4953	D 5190		9.0
	kPa				62.0

ESPECIFICACIÓN DE LA GASOLINA DE LLENADO INICIAL

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM <sup>(1)(2)(3)</sup>		ESPECIFICACIONES	
		OFICIAL	ALTERNO	MÍNIMO	MÁXIMO
Pureza	% peso	D 5441		95.0	
Metanol	% peso	D 5441			0.5
Azufre Total	mg/Kg (ppm peso)	D 5453 D 2622			20
No. De Octano RON <sup>(6)</sup>		D 2699		128.0	
Color Pt-Co		D 1209			10
Apariencia		D 4176		Visual <sup>(7)</sup>	

\*Los requerimientos de calidad de importación para este tipo de producto estarán sujetos al contenido estricto de este documento, referente a parámetros, unidades, límites de control y métodos de pruebas, con excepción del Número de Octano RON que se fijará en 114.0 y el Color Pt-Co no se considera en el control de la calidad.

OBSERVACIONES:

- (1) Los métodos ASTM corresponden a la última edición publicada en la Página del Intranet de Pemex Refinación.
- (2) Las tolerancias de precisión por repetibilidad, reproducibilidad y tendencia contempladas en los métodos ASTM, se aplicarán en los análisis comparativos de calidad del producto. **ESTA CONSIDERACIÓN NO ES APLICABLE EN LOS CENTROS PRODUCTORES, LOS QUE INVARIABLEMENTE DEBERAN CUMPLIR CON EL LÍMITE ESPECIFICADO.**
- (3) El método oficial deberá utilizarse invariablemente en los centros de producción. El método alterno podrá usarse únicamente en caso de darle mantenimiento o reparación del equipo utilizado en el método oficial, de lo cual deberá informar en el reporte del análisis correspondiente. Los demás centros de trabajo pueden utilizar, el método oficial o el alterno.
- (4) El valor aproximado es de 0.750.
- (5) Las temperaturas de destilación son corregidas a 101.3 kPa (760 mm de Hg).
- (6) En mezcla de 50% vol. de MTBE + 50% vol. de n-heptano, el octano resultante se multiplica por 2.
- (7) Claro, brillante y libre de materia en suspensión.

## 6.2.2 Hoja Técnica de Especificaciones de TAME

NOMBRE DEL PRODUCTO: TAME (ETER METIL-TERAMILICO).

Componente para Gasolina

Especificación No. 718/2012

CLAVE CATALOGO INSTITUCIONAL 51061

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM <sup>(1)(2)(3)</sup>		ESPECIFICACIONES	
		OFICIAL	ALTERNO	MÍNIMO	MÁXIMO
Gravedad Especifica 20/4 °C <sup>(4)</sup>		D 1298 D 4052		Informar	
Destilación <sup>(5)</sup>		D 86	D 7344 D 7345		
Temp. Inicial de Ebullición	°C				55.0
El 10% destila a:	°C				70.0
El 50% destila a:	°C				81.0
El 90% destila a:	°C				90.0
Temp. Final de Ebullición	°C				115.0
Contenido de Agua	mg/Kg	D 1364	E 1064		50
Presión de Vapor	lb/pulg <sup>2</sup>	D 4953	D 5190	3.0	6.5
	kPa			21.0	45.5
Pureza	% peso	D 5441		86.0	
No. De Octano RON		D 2699		Informar	
No. De Octano MON		D 2700		98.0	
Índice de Octano, (R+M)/2		D 2699		104.0	
		D 2700			
Azufre Total	ppm peso	D 5453			20
		D 2622			

OBSERVACIONES:

- (1) Los métodos ASTM corresponden a la última edición publicada en la Página del Intranet de Pemex Refinación.

ESPECIFICACIÓN DE LA GASOLINA DE LLENADO INICIAL

- (2) Las tolerancias de precisión por repetibilidad, reproducibilidad y tendencia contempladas en los métodos ASTM, se aplicarán en los análisis comparativos de calidad del producto. **ESTA CONSIDERACIÓN NO ES APLICABLE EN LOS CENTROS PRODUCTORES, LOS QUE INVARIABLEMENTE DEBERAN CUMPLIR CON EL LÍMITE ESPECIFICADO.**
- (3) El método oficial deberá utilizarse invariablemente en los centros de producción. El método alternativo podrá usarse únicamente en caso de darle mantenimiento o reparación del equipo utilizado en el método oficial, de lo cual deberá informar en el reporte del análisis correspondiente. Los demás centros de trabajo pueden utilizar, el método oficial o el alternativo.
- (4) El valor aproximado es de 0.749.
- (5) Las temperaturas de destilación son corregidas a 101.3 kPa (760 mm de Hg).

6.2.3 Hoja Técnica de Especificaciones de Alquilado Ligero

NOMBRE DEL PRODUCTO: ALQUILADO LIGERO.

Componente para Gasolina

Especificación No. 719/2012

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM <sup>(1)(2)(3)</sup>		ESPECIFICACIONES	
		OFICIAL	ALTERNO	MÍNIMO	MÁXIMO
Gravedad Especifica 20/4 °C		D 1298 D 4052		Informar	
Destilación <sup>(4)</sup>		D 86	D 7344		
Temp. Inicial de Ebullición	°C	D 7345			75.0
El 10% destila a:	°C				112.0
El 50% destila a:	°C				154.0
El 90% destila a:	°C				218.0
Temp. Final de Ebullición	°C				1.5
Reacción del Residuo		D 1093		Negativo	
Presión de Vapor	lb/pulg <sup>2</sup>	D 4953	D 5190		5.0
	kPa				35.0

ESPECIFICACIÓN DE LA GASOLINA DE LLENADO INICIAL

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM <sup>(1)(2)(3)</sup>		ESPECIFICACIONES	
		OFICIAL	ALTERNO	MÍNIMO	MÁXIMO
Azufre Total	mg/Kg (ppm peso)	D 5453 D 2622	D 7039		5.0
Prueba Doctor		D 4952		Negativa	
Corrosión al Cu, 2h. a 100°C		D 130			STD 1
Goma Lavada	Kg/m3 mg/100mL	D 381			0.02 2.0
Periodo de Inducción	minutos	D 525		300	
No. De Octano RON		D 2699		Informar	
No. De Octano MON		D 2700		90.0	
Índice de Octano, (R+M)/2		D 2699 y D 2700		92.0	
Aromáticos	% vol.	D 1319	D 4420		2.0
Olefinas	% vol.	D 1319			1.0
Benceno	% vol.	D 3606	D 4420		0.1
Color Saybolt		D 156		30	

\*Los requerimientos de calidad de importación para este tipo de producto estarán sujetos al contenido estricto de este documento, referente a parámetros, unidades, límites de control y métodos de prueba, con excepción de la Presión de Vapor que se fijará en 7.0 lb/pulg<sup>2</sup> Máx., el contenido de Azufre se controlará en 30 ppm Máx. y el color se indicará como "Claro y libre de materia de suspensión".

OBSERVACIONES:

- (1) Los métodos ASTM corresponden a la última edición publicada en la Página del Intranet de Pemex Refinación.
- (2) Las tolerancias de precisión por repetibilidad, reproducibilidad y tendencia contempladas en los métodos ASTM, se aplicarán en los análisis comparativos de calidad del producto. **ESTA CONSIDERACIÓN NO ES APLICABLE EN LOS CENTROS PRODUCTORES, LOS QUE INVARIABLEMENTE DEBERAN CUMPLIR CON EL LÍMITE ESPECIFICADO.**

- (3) El método oficial deberá utilizarse invariablemente en los centros de producción. El método alternativo podrá usarse únicamente en caso de darle mantenimiento o reparación del equipo utilizado en el método oficial, de lo cual deberá informar en el reporte del análisis correspondiente. Los demás centros de trabajo pueden utilizar, el método oficial o el alternativo.
- (4) Las temperaturas de destilación corresponden a la presión atmosférica de 101.3 kPa (760 mm de Hg).

#### 6.2.4 Hoja Técnica de Especificaciones de Detergente

##### NOMBRE DEL PRODUCTO: DETERGENTE.

La aditivación de los combustibles mexicanos comenzó hace ya algunos años como un compromiso social, es decir sin que hubiera una ley o norma que obligara a usarlos, PEMEX decidió su uso para un mejor ambiente. Hoy, esto se ha convertido en algo obligatorio y que se encuentra especificado en los certificados de fabricación del combustible.

El aditivo detergente-dispersante mejorará el proceso de combustión, previene y controla la formación de depósitos; acciones que sumadas se traducen en menores emisiones producidas por kilómetro recorrido de los autos.

En la preparación de todas las gasolinas desde mediados del 2002 se adiciona un aditivo detergente conocido como IMP-DG-15, cuya función es evitar la formación de depósitos en el motor (válvulas de admisión principalmente).

El aditivo IMP-DG-15, se dosifica partir de una concentración de 165 ppm (en peso) mínimo dependiendo del tipo de gasolina con o sin compuestos oxigenados. Dentro del aditivo existen los componentes llamados “clean up” (para deshacer depósitos) y los conocidos como “keep clean” (para evitar los depósitos). Las características más relevantes de este aditivo se presentan en la Tabla 6.1.

**Tabla 6. 1** Características del aditivo detergente.

ANÁLISIS	PROMEDIO
Nombre común	IMP-DG-15
Estado Físico	Líquido
Concentración (% Vol.)	100
Viscosidad Cinemática a 40°C (cts)	45.0 – 75.0
Temp. Inflamación (°C)	32 mín.
Temp. Autoignición (°C)	No disponible
Solub. en agua (%)	100
Gravedad Especifica	0.88 – 0.93

**FUENTE:** Principios Básicos de Refinación. IMP

## CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo se presentan las siguientes conclusiones:

La gasolina de primer llenado se usa para realizar el llenado en fábrica de los automóviles nuevos de exportación.

La gasolina de Llenado Inicial debe cumplir con las siguientes especificaciones: Índice de Octano de 90 mín.; 80 ppm peso en contenido de azufre; una presión de vapor máxima: 72.4 kPa (marzo a octubre) y 73.3 kPa (noviembre a febrero); 2.8% peso máximo en oxígeno; 8% vol. max. en aromáticos; 15% vol. máx. en olefinas y una gravedad específica de 0.72 máximo.

El mercado de la gasolina de primer llenado está ampliamente ligado al desempeño del mercado automotor.

Es importante que Pemex siga produciendo la GLLI para cumplir con la demanda por las plantas armadoras y evitar importaciones.

Los incrementos en la demanda de GLLI es el resultado del incremento de producción de autos en México.

La comercialización de GLLI se realiza a través de ALVEG Distribución Química, porque a las plantas armadoras se les complica cumplir con todos los requerimientos de PEMEX y se facilita a través de un distribuidor.

Se han logrado avances importantes en la lucha contra la contaminación atmosférica al producirse gasolinas de calidad internacional.

Producir GLLI al menor costo posible que permita alcanzar el objetivo de calidad o modificar precio de venta.

## RECOMENDACIONES

Introducir precios relativamente altos en las gasolinas, esquemas de cobro por estacionamiento o por el uso de las vialidades, impuestos diferenciales a los automóviles dependiendo del rendimiento y desplazamiento del motor, e incluso estrictos estándares vehiculares de eficiencia energética. En ninguno de los casos descritos ha disminuido la demanda por automóviles ni ha dejado de crecer el consumo de gasolinas, pero si ha bajado la tasa con la que se da este crecimiento. Es en este contexto hay que escoger el camino futuro que permita una mejor conciliación del crecimiento económico con el desarrollo sustentable.

Teniendo en cuenta el alto nivel de calidad del combustible exigido por los vehículos modernos, la solución más prometedor a corto plazo es la reformulación de las gasolinas comerciales. De esta forma, se garantizará un suministro de energía menos contaminante al parque automotor, mientras se realiza una transición gradual a otras tecnologías como es el uso de los biocombustibles.

La combinación de energías alternativas y limpias genera la producción de vehículos con tecnología híbrida, que es innegable el menor impacto ambiental, esta alternativa tecnológica implica un alto costo en el precio del vehículo, que llega a ser hasta cuatro veces más alto que el de un subcompacto con motor a gasolina.

Finalmente, enfocarse a la disminución del impacto ambiental implicará siempre una ganancia, debido a la reducción de los consumos de servicios auxiliares y a la disminución del pago de multas debidas a penalizaciones por daños causados al medio ambiente.

Un tema de investigación que puede proponerse a partir de esta tesis, son los contratipos a nivel mundial de la gasolina de primer llenado. Así como encontrar una alternativa de mezclado, ya que siempre existirán cambios en las condiciones y características de las materias primas. De manera que se ahorren costos en tiempo y consumo ineficiente de componentes procediendo por prueba y error, para alcanzar la composición adecuada de la mezcla.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Aditivos:** Los aditivos se seguirán promoviendo en su utilización principalmente por su detergencia, para el limpiado de los depósitos y su control.

Los aditivos tienen además otras funciones que pueden ser muy específicas, como las que se involucran en el control de las emisiones contaminantes. Dentro de éstas se incluyen protección a la corrosión, por al ataque químico por componentes, como el agua u oxígeno disuelto. Además pueden ser utilizados como desactivación del metal y lubricación de la gasolina.

**Almacenador final:** Aquel lugar físico donde se resguarda o almacena la materia prima o el producto terminado para hacerlo llegar al consumidor final para su utilización.

**Almacenador intermedio:** Aquel lugar físico donde se resguarda o almacena temporalmente la materia prima o el producto terminado, para posteriormente hacerlo llegar a su destino final.

**Almacenador Procesador:** Aquel lugar físico en el cual se le da tratamiento a los materiales, obteniendo como resultado un producto nuevo, para hacerlo llegar al consumidor final para su utilización.

**Alquilado:** Es un producto de síntesis química entre olefinas ligeras como propileno y butenos con isobutano. Este componente es un producto sintético que consiste casi por completo de parafinas altamente ramificadas cuyo componente principal es el 2,2,4-timetilpentano.

Inicialmente el alquilado tuvo como objetivo aumentar el rendimiento de la gasolina. Actualmente su objetivo es producir una fracción cuyas características de calidad (alto octano) como ambientales (baja presión de vapor y reactividad fotoquímica) la convierten en uno de los componentes más importantes de la gasolina reformulada.

**Área de proceso:** Conjunto de instalaciones y equipos en donde mediante una secuencia integrada de operaciones físicas y/o químicas, se lleva a cabo el procesamiento y la transformación de productos petroquímicos y derivados del petróleo. Sin que sea limitante, esta secuencia puede involucrar la preparación, purificación, transformación o el cambio de estado, el contenido de energía o la composición de un material o sustancia.

**Aromáticos:** Hidrocarburos con estructura cíclica insaturada, que generalmente presentan olor y buenas propiedades solventes, por ejemplo, el benceno.

**Aromáticos Pesados:** Líquido claro e incoloro de olor característico. Usos: Formulación de agroquímicos (pesticidas, herbicidas e insecticidas), pinturas, diluyentes, tintas y desemulsionantes para petróleo.

**Automóvil:** Vehículo destinado al transporte de hasta diez personas.

**Automóvil Compacto:** Vehículo con motor de 4 o 6 cilindros, de 2.5 a 3.1 litros de desplazamiento, con una potencia de 110 a 135 caballos de fuerza (HP), peso bruto vehicular de 820 a 1 130 kilogramos y distancia entre ejes de 2 476 hasta 2 700 mm.

**Automóvil de Lujo:** Vehículo con motor de 4, 6, 8 o 12 cilindros, de 3.2 a 6.0 litros de desplazamiento, con una potencia de 136 a 394 caballos de fuerza (HP), peso bruto vehicular de 1 300 a 2 220 kilogramos y distancia entre ejes de 2 601 hasta 3 000 mm.

**Automóvil Deportivo:** Vehículo con motor de 4, 6 y 8 cilindros, de 2.0 a 4.6 litros de desplazamiento, con una potencia de 160 a 295 caballos de fuerza (HP), peso bruto vehicular de 1 095 a 1 742 kilogramos y distancia entre ejes de 2 601 hasta 3 000 mm.

También poseen dispositivos especiales en su motor como: turbo cargadores o mayor número de válvulas en cada cilindro.

**Automóvil Subcompacto:** Vehículo con motor de 4 cilindros, de 1.6 a 1.8 litros de desplazamiento, con una potencia de hasta 110 caballos de fuerza (HP), peso bruto vehicular de 820 a 1 130 kilogramos y distancia entre ejes de hasta 2 475 mm.

**Autotanque:** Vehículo automotor equipado para transportar desde las Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR) para suministrar combustibles líquidos automotrices a las Estaciones de Servicio. Vehículo para transporte de productos en tanque. El tanque está diseñado para trabajar a presión o en condiciones atmosféricas, montado sobre una estructura o chasis común al motor de locomoción o bien sobre una estructura independiente a éste. De acuerdo a la Norma NO.07.3.18, Petróleos Mexicanos, 1989.

**Benceno:** Es un hidrocarburo aromático de fórmula molecular  $C_6H_6$ , (originariamente a él y sus derivados se le denominaban compuestos aromáticos debido al olor característico que

poseen). El benceno es un líquido incoloro y muy inflamable de aroma dulce (que debe manejarse con sumo cuidado debido a su carácter cancerígeno), con un punto de fusión relativamente alto. El benceno es también un componente natural del petróleo crudo, gasolina, el humo de cigarrillo y otros materiales orgánicos que se han quemado.

**Bioenergéticos:** Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos, por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente.

**Blending:** Es mezclar varias corrientes para obtener en la forma más económica las especificaciones de un producto.

**Butanos-Butilenos:** Esta mezcla consiste en moléculas de naftas ligeras obtenidas en las plantas catalíticas y en la planta de Coquización Retardada. Estos compuestos, aunque poseen bajo octanaje, se incorporarán a los cabezales de mezclado de gasolinas con el fin de ajustar la Presión de Vapor Reid (PVR) de las mezclas.

**Carrotanque:** Recipiente diseñado para trabajar a presión o en condiciones atmosféricas, montado sobre una plataforma o directamente sobre ruedas para transportarlo sobre rieles. (Su plural es similar al de buquetanque). De acuerdo a la Norma NO. 10.0.04, Petróleos Mexicanos.

**Catalizador:** Sustancia que facilita o retarda las reacciones químicas, manteniendo sus propiedades.

**Centro productor:** aquel lugar físico, donde se genera o produce materia prima o producto terminado.

**Clase:** Clasificación de los vehículos de acuerdo con el Peso Bruto Vehicular (PBV).

**Combustible:** Material que, al combinarse con el oxígeno, se inflama con desprendimiento del calor. Sustancia capaz de producir energía por procesos distintos al de oxidación (tales como una reacción química), incluyéndose también los materiales fisiónables y fusionables.

**Compuestos Oxigenados:** Se está promoviendo la utilización de compuestos oxigenados, conocidos por su habilidad para reducir las emisiones de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos totales (HC). En número considerable de zonas urbanas se han implementado programas para mejorar la calidad del aire, aprovechando las ventajas de estos compuestos en la formulación de gasolina.

Los compuestos oxigenados, éteres y alcoholes en su mayoría contienen oxígeno, de tal manera que uno de sus efectos se debe a que propician una mejor distribución de este elemento oxidante en la gasolina, facilitando la combustión más uniforme. También por su sola presencia actúa como diluyente de los aromáticos y olefinas de la base de hidrocarbúrica de la gasolina, además de su importante contribución de octano a la mezcla.

**Contenido de Azufre (%S):** Se refiere al contenido de azufre en el crudo o en sus derivados, se mide en por ciento en peso (%S), o en partes por millón (ppm). Es una expresión de concentración, la cual se puede definir como "la cantidad de materia contenida en una parte (azufre) sobre un total de un millón de partes.

**Corrosión al Cu:** Determina la característica del combustible al ataque de los materiales que contienen cobre. Da reacción negativa a la prueba de 3h a 50 °C.

**Corrosión ferrosa:** Es la tendencia a la formación de herrumbre, así como el parámetro que establece el efecto corrosivo de la gasolina.

**Costo:** **gasto económico** que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Al determinar el costo de producción, se puede establecer el **precio de venta al público** del bien en cuestión (el precio al público es la suma del costo más el beneficio).

**Demanda:** la demanda en economía se define como la cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos a los diferentes precios del mercado por un consumidor (demanda individual) o por el conjunto de consumidores (demanda total o de mercado), en un momento determinado.

**Depósitos de gasolina:** Tienden a ser porosos como una esponja, absorben combustible sobre todo si el motor está frío. A estos depósitos se les llama "coliflor" pues tienen la apariencia de tal vegetal.

**Emisiones Biogénicas:** Es el cálculo y compilación de las emisiones de la vegetación y el suelo de una región determinada conforman un inventario de emisiones biogénicas. Si a éstas se le suman las otras emisiones de origen natural y antropogénicas, se obtiene un inventario de emisiones a la atmósfera.

**Energía:** Capacidad de producir trabajo.

**Especificación:** Son series de propiedades o características que deben reunir los productos de un proceso de producción, ya que éstos determinan su calidad.

**Exportaciones:** Conjunto de mercancías y servicios que un país vende a otro u otros.

**Eyectores de Vacío:** Son equipos auxiliares que se utilizan en las plantas para hacer vacío en equipos mayores como torres de destilación y acumuladores, para su funcionamiento normalmente utilizan vapor al que se le llama "vapor motriz". Los gases que no condensan dentro de la torre de vacío, aparecen en el domo de la torre y son los que tienden a elevar la presión. Para provocar el vacío se utilizan los eyectores, los cuales succionan los gases y los envían a un enfriador para que puedan ser condensados y así recuperarlos. Los que no condensan se envían a un quemador.

**Gas LP:** En la industria petrolera se denomina así a la mezcla de propano y butano comprimido y licuado. Proviene ya sea de líquidos del gas natural y gasolina natural o de los procesos de refinación de crudo.

**Gasóleo de vacío:** Es obtenido del fondo de la columna de destilación al vacío que opera a presiones menores de la atmósfera.

**Goma Lavada:** Es el residuo de la evaporación de la gasolina. Determina la capacidad de la gasolina para formar depósitos en el carburador.

**Gomas:** Se forman por el contenido de olefinas en la gasolina. Su alto contenido afecta al funcionamiento, rendimiento y potencia del motor, bloquea los filtros e inyectores; además incrementa la contaminación al hacer menos eficiente la combustión.

**Gravedad Específica (G.E.):** Es la relación del peso de un volumen determinado, de un producto líquido, al peso de un volumen igual de agua.

**Hidrocarburos (HC):** Son compuestos orgánicos formados principalmente por átomos de carbono e hidrógeno. El hidrocarburo más sencillo es el metano, CH<sub>4</sub>, componente principal del gas natural. Pueden contener otros elementos en menor proporción, como son oxígeno, nitrógeno, azufre, halógenos (cloro, bromo, yodo y flúor), fósforo, entre otros. Su estado físico, en condiciones ambientales, puede ser en forma de gas, líquido o sólido, de acuerdo al número de átomos de carbono y otros elementos que posean.

Los hidrocarburos son unos gases venenosos sin quemar; son combustible en su estado puro y se miden en partículas por millón (ppm).

**Importaciones:** Conjunto de mercancías y servicios que un país compra a otro u otros.

**Isómeros:** Son naftas ramificadas de 5,6 y 7 átomos de carbono que se incorporan en la formulación de gasolinas por presentar mayor octanaje con respecto a sus correspondientes isómeros parafínicos. Los principales constituyentes de la mezcla de isómeros son el 2,3-dimetilbutano y los isopentanos.

**Mercaptanos:** Un tiol es un compuesto que contiene el grupo funcional formado por un átomo de azufre y un átomo de hidrógeno (-SH). Siendo el azufre análogo de un grupo alcohol (-OH), este grupo funcional es llamado grupo tiol o grupo sulfhidrilo. Tradicionalmente los tioles son denominados mercaptanos y son compuestos fuertemente olorosos.

**MTBE (Metil Terbutil Éter):** Es un compuesto oxigenado que mejora la combustión de la gasolina dentro del motor, bajando la emisión de hidrocarburos no quemados a la atmósfera. Además de lo anterior, el MTBE aumenta el octano en la gasolina.

**Nafta:** Llamada así porque aún no reúne las especificaciones como gasolina para su venta comercial.

**Nafta Catalítica de FCC 1 y 2:** Es una mezcla de hidrocarburos de mediana y corta cadena de carbonos considerada el corazón de la gasolina, pues gracias a su producción, se reduce el contenido de productos residuales del petróleo crudo. Este componente posee cantidades considerable de aromáticos y olefinas, los cuales tienen mayor número de octano, que las cadenas lineales de sus respectivos isómeros. Esta nafta suele mezclarse con el reformado

para obtener en el producto final un mayor número de octanos, mayor volatilidad y una disminución en su contribución de aromáticos.

**Nafta Estabilizada:** Es aquella a la que se le han eliminado los hidrocarburos ligeros; por lo cual, ha reducido su presión de vapor y puede ser almacenada en tanques atmosféricos, sin evaporación de hidrocarburos a la atmósfera.

**Nafta Reformada:** es una mezcla de compuestos aromáticos y de isoparafinas obtenidas al modificar la estructura química de los compuestos que integran las naftas. El producto reformado posee un octanaje aproximado de 90, por lo cual representa una excelente fuente de octanos para la gasolina.

**Número de Octano:** (Octane Number). O más conocido como octanaje es una medida del poder antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna; es una característica de su calidad, de tal forma que se produzca la máxima energía útil. El octanaje de las gasolinas es indicativo de cuanto la mezcla en estado gaseoso puede ser comprimida antes de que explote o se encienda espontáneamente, por el incremento de temperatura resultante de la compresión. Es decir que si una mezcla explota repentinamente antes de que el pistón complete su ciclo es indicativo de una gasolina con un octanaje bajo, por el contrario cuando el pistón completa su carrera denota una gasolina de alto octano.

Como una medida de asegurar que el octanaje de una gasolina satisfaga los requerimientos de los vehículos automotores, tanto en ciudad y en carretera, se reporta el Índice de octano, valor obtenido en ciudad (RON) y carretera (MON), de la siguiente manera:

$$\underline{\text{Índice de Octano}} = ((\text{Ciudad} + \text{Carretera})/2) = ((\text{RON} + \text{MON})/2) = ((\text{R} + \text{M})/2)$$

**Octano RON:** Número de Octano Research ( Número de Octano de Investigación ), es un método estandarizado del ASTM ( D-2699 ), el cual se representa como RON o R, la máquina de laboratorio se encuentra operando con una velocidad de giro de 600 RPM y simula las condiciones antidetonantes a baja velocidad del motor, simulando las condiciones de manejo en ciudad, las condiciones de temperatura de entrada de aire a la máquina debe

estar a 125°F (51.7 °C ), valor que puede variar por la altitud, sin embargo si es enfriado el aire de admisión con un equipo periférico es factible compensar por altura para apearse al método de prueba.

**Octano MON:** Número de Octano Motor (Número de Octano Motor), el cual es representado como MON o simplemente M, es un método estandarizado del ASTM (D-2700), la máquina de laboratorio se encuentra operando con una velocidad de giro de 900 RPM y simula las condiciones antidetonantes a alta velocidad, simulando las condiciones de manejo en carretera, la temperatura de entrada de aire es de 300 °F (149 °C).

**Oferta:** se define como la cantidad de bienes o servicios que los productores están dispuestos a ofrecer a diferentes precios y condiciones dadas para comparar lo que sea, en un determinado momento.

**Olefinas:** Es un compuesto que presenta al menos un doble enlace Carbono-Carbono. Es un término anticuado que está cayendo en desuso. La IUPAC ha internacionalizado el término alqueno.

**Partes por millón (ppm):** Unidad de medida especialmente usada para establecer la concentración de un elemento y utilizada para determinar los límites máximos permisibles de exposición en concentración en una relación volumen a volumen.

Dónde:

$$ppm = \frac{(24.45) * \left(\frac{mg}{m^3}\right)}{P.M.}$$

P.M. = peso molecular

24.45= volumen molar (a 25 °C y 760 mmHg)

**PEMEX Exploración y Producción:** Sus actividades principales son la exploración y explotación del petróleo y el gas natural; su transporte, almacenamiento en terminales y su comercialización de primera mano.

**PEMEX Gas y Petroquímica Básica:** Tiene la responsabilidad del procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos.

**PEMEX Petroquímica:** Elabora, comercializa y distribuye productos para satisfacer la demanda del mercado a través de sus empresas filiales y centros de trabajo. Su actividad fundamental son los procesos petroquímicos no básicos derivados de la primera transformación del gas natural, metano, etano y propano.

**PEMEX Refinación:** las funciones básicas son los procesos industriales de refinación, elaboración de productos petrolíferos y derivados del petróleo, su distribución, almacenamiento y venta de primera mano.

Asimismo, realiza la planeación, administración y control de la red comercial, así como la suscripción de contratos con inversionistas privados mexicanos para el establecimiento y operación de las Estaciones de Servicio integrantes de la Franquicia PEMEX para atender el mercado al menudeo de combustibles automotrices.

**Pentanos-Hexanos:** Esta mezcla se produce en las hidrodesulfuradoras de nafta, se mezclan con un corte de naftas ligeras, para ser enviada a la planta Isomerizadora de hidrocarburos, con el fin de obtener Isómero que tiene mejores propiedades de octanaje que los Pentanos-Hexanos.

**Periodo de Inducción:** Determina el tiempo máximo de almacenamiento del combustible sin que este se oxide, generando la formación de depósitos.

**Petrolífero:** Productos que se obtienen mediante la refinación del petróleo. Pueden ser productos terminados (gasolina, diesel, gas licuado, etc.), semiterminados o subproductos (naftas).

**PMI Comercio Internacional, S.A. de C.V.:** Es el brazo comercial de PEMEX en el mercado internacional. Con operaciones en todo el mundo, PMI maneja las importaciones y exportaciones de crudo y derivados de PEMEX, abasteciendo diversos mercados alrededor del mundo.

**Precio:** Es la expresión de valor que tiene un producto o servicio, manifestado por lo general en términos monetarios, que el comprador debe pagar al vendedor para lograr el conjunto de beneficios que resultan de tener o usar el producto o servicio.

**Precio Administrado:** Es un precio determinado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público que no se rige por las condiciones del mercado.

**Presión de Vacío:** Se le llama presión negativa o de vacío a aquella que tiene un valor menor a la presión atmosférica y presión positiva a la que es mayor. El vacío se mide en mm o en pulg de Hg o de agua. En la práctica la presión de vacío significa los mmHg en que se ha disminuido la presión atmosférica.

**Presión de Vapor Reid:** Es una medida de la tendencia de los componentes más volátiles a evaporarse. Es la presión del gas sobre un líquido a 37.8 °C. El valor máximo consta de 80 Kilo Pascales (Kpa) y evita la formación de bolsas de vapor en el sistema que transporta el combustible impidiendo su flujo normal.

**Punto De Inflamación (Flash-Point):** Es la temperatura más baja a la cual un combustible se incendia instantáneamente al aplicarle una flama.

**Refinería:** Conjunto de instalaciones industriales en donde se refina el petróleo crudo con la finalidad de purificarlo y para obtener productos derivados, como gasolina, gasoil, fueloil, gases licuados, lubricantes, derivados asfálticos, etc.

**Segmento:** Clasificación en la que se agrupan los vehículos de acuerdo con las categorías establecidas en el mercado, las cuales son: camiones pesados, tractocamiones quinta rueda, vehículos del segmento de construcción, chasis para pasaje y autobuses foráneos (integral, chasis y plataforma).

**TAME (Teramil Metil Éter):** es un compuesto oxigenante, que se obtiene de la reacción de las fracciones olefinicas, de 4 y 5 átomos de carbono, de la destilación del crudo con metanol. Este componente se incorpora en la formulación de gasolinas, para incrementar su índice RON a un rango comprendido entre 112 y 120.

La forma de adicionar oxígeno a la gasolina ayuda a la combustión, particularmente en los autos viejos, ya que se produce menor cantidad de monóxido de carbono y se disminuyen los niveles de ozono.

**TMCA:** Es la tasa o índice que expresa el crecimiento o decrecimiento de un determinado producto durante un período determinado, normalmente, un año; expresado generalmente como porcentaje del producto al inicio de cada período o año.

**Turbosina:** Combustible para avión. Destilado del petróleo similar a la querosina. Líquido claro, olor a aceite combustible, insoluble en agua.

**Vehículo Automotor:** Vehículo de transporte terrestre de carga o de pasajeros que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

**Ventas al Mayoreo:** Ventas realizadas por la empresa fabricante, ensambladora o comercializadora de vehículos a su red de distribuidores y/o concesionarios o terceros, incluyendo las unidades importadas.

**Venta de Exportación:** Venta en el extranjero de unidades fabricadas en México por las empresas establecidas en el país.

**Viscosidad:** Se define como la resistencia a fluir de un líquido. Los valores de viscosidad se expresan en segundos.

La viscosidad proporciona información acerca de la facilidad de los productos para transportarse por tuberías, los problemas que presentan para lograr una buena combustión y su calidad como lubricantes.

## ABREVIATURAS USADAS

°C	Grados Celsius
AKI	Índice de Octano
AMDA	Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores
AMIA	Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, AC
ANPACT	Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society Of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
BANXICO	Banco de México
bd	Barriles diarios
CH <sub>4</sub>	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DGN	Dirección General de Normas
DOF	Diario Oficial de la Federación
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación
EPA	Environmental Protection Agency
FCC	Desintegración Catalítica Fluida (Fluid Catalytic Craking)
gal.	Galón
GNC	Gas Natural Comprimido
H <sub>2</sub> O	Agua
HC	Hidrocarburos
HCN	Nafta Catalítica Pesada
HDS	Hidrodeshulfuración de Naftas
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IVA	Impuesto al Valor Agregado
Kg	Kilogramo
LCN	Nafta Catalítica Ligera
LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización
m	Metros
Mbdpce	Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente
MBPD	Miles de barriles por día
ml	Mililitros
MTBE	Metil Terbutil Éter
NI	Normas Internacionales
NMX	Normas Mexicanas
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
NRF	Normas de Referencia

O <sub>2</sub>	Oxígeno
O <sub>3</sub>	Ozono
Pb	Plomo
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PMI (BDC)	Punto Muerto Inferior
PMS (TDC)	Punto Muerto Superior
ppm	Partes por millón
PR	PEMEX Refinación
PVR	Presión de Vapor Reid
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SNR	Sistema Nacional de Refinación
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
SO <sub>x</sub>	Óxidos de azufre
TAME	Teramil Metil Éter
TAR	Terminales de Almacenamiento y Reparto
TEP/gal	Contenido de Tetraetilo de Plomo por galón
TMCA	Tasa Media de Crecimiento Anual
ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara
ZMM	Zona Metropolitana de Monterrey
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

## REFERENCIAS

AMIA. *Boletín Mensual (varios años)*. <http://www.amia.com.mx/> 28/02/2013.

BARRAGAN ACEVEDO, Ricardo (2008). “**Modelo de optimización del mezclado de componentes en la reformulación de gasolinas en México: estudio de un caso**”. México, Facultad de Química Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, UNAM, (Tesis de Maestría).

BLUMBERG Katherine O., WALSH Michael P., PERA Charlotte (2003). “**Gasolina y Diesel de Bajo Azufre: La Clave para Disminuir las Emisiones Vehiculares**”. Traducción de Luis R. Sánchez Cataño con la Fundación Hewlett.

BRUNET Sylvette, MEY Damien, PEROT Guy, BOUCHY Cristophe, DIEHL (2004). “**On the Hydrodesulfurization of FCC Gasoline: A review**”. Science Direct. ELSEVIER.

CARRASCO GUILLÉN, Carlos Alberto (2010). “**Fortalecimiento de la Refinación del Petróleo en México, como una alternativa para incrementar el valor agregado al petróleo crudo**”. México, ESIA, Instituto Politécnico Nacional, (Tesis de maestría).

*DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN*. “**Disposiciones para la distribución y comercialización de petrolíferos por parte de PEMEX y sus Organismos Subsidiarios**”. <http://www.dof.gob.mx/> 18/01/2013.

GARCÍA CALVO Filadelfo, LÓPEZ MEJÍA Georgina y RAMÍREZ VILLANUEVA Leopoldo (2004). **Manual “Principios Básicos de Refinación**”. México, Instituto Mexicano del Petróleo.

GARCIA ESPITIA, Martha (1998). **Modelamiento de las plantas de MTBE y TAME de la refinería de Salina Cruz, Oaxaca**. México, Facultad de Química División de Estudios de Posgrado, UNAM, (Tesis de Maestría).

HAGIWARA Takashi (2001). **“Gasoline Production Technology and Methods, and an Evaluation of Their Economic Viability, Technoloy Departament”**. Petroleum Energy Center (PEC).

HUAMAN RIVAS, Francisco Javier (2010). **“Estudio de pre factibilidad para industrializar y comercializar automóviles mediante una planta de ensamblaje automotriz en el Perú”**. Lima, Facultad de Ciencias e Ingeniería, PUCP, (Tesis de Licenciatura).

IGNATIUS, J.; JARVELIN, H. (1995). **“Hydrocarbon Processing: Use tame and heavier ethers to improve gasoline properties”**. Houston, Texas.

INEGI. **“Industria Automotriz en México, 2012”**.

[http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/Automotriz/2012/IAM-2012.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/Automotriz/2012/IAM-2012.pdf) 13/02/2013

*LA GASOLINA EL DIAMANTE DEL PETRÓLEO* (Aprox. 2000). **“Continuación del periodo de Lázaro Cárdenas y la expropiación petrolera”**. Núm. 4, México, pp.55.

*LA GASOLINA EL DIAMANTE DEL PETRÓLEO* (Aprox. 2000). **“Historia de la gasolina y las estaciones de servicio en México”**. Núm. 1, México, pp. 3,11.

*LA GASOLINA EL DIAMANTE DEL PETRÓLEO* (Aprox.2000). **“Periodo de los presidentes Manuel Ávila Camacho, Miguel Alemán Valdez, Adolfo Ruiz Cortines, Adolfo López Mateos y Gustavo Díaz Ordaz”**. Núm. 5, México, pp.67.

LEYES Y NORMAS. **“Especificaciones de los combustibles fósiles”**

<http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Documents/comarnat/FOLLETO%20DE%20NOMs%20VIGENTES%202012.pdf> 24/01/13.

LUGO CORNEJO José Luis, OSORIO MENDOZA Héctor y ROBLES JARAMILLO Francisco Javier (1998). **“Inyección electrónica de combustible para motores a gasolina en la Industria Automotriz”**. México, FES Cuautitlán, Instituto Politécnico Nacional, (Tesis de maestría).

NORMAS OFICIALES MEXICANAS. **“Especificación de los productos principales de la refinación del petróleo”**.

<http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>. 21/01/2012

P.M.I. Comercio Internacional S.A de C.V. <http://www.pmi.com.mx/> 25/01/2013

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN. [www.pep.pemex.com](http://www.pep.pemex.com) 24/01/2013

PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA. <http://www.gas.pemex.com/> 25/01/2013

PEMEX PETROQUÍMICA. [www.ptq.pemex.com](http://www.ptq.pemex.com) 25/01/2013

PEMEX REFINACIÓN (2007). **Manual de inducción Refinería “Ing. Antonio M. Amor” Salamanca, Gto.** México, Instituto Mexicano del Petróleo.

PEMEX REFINACIÓN. **“Hoja Técnica de Especificaciones 2012”**

<http://intranet.ref.pemex.com/Paginas/inicio.aspx>, 08/11/2012.

PEMEX REFINACIÓN. **“productos de Pemex”**

<https://www.comercialrefinacion.pemex.com/portal/> 26/09/2012.

PEMEX REFINACIÓN. Franquicia Pemex. **“Productos y marcas comerciales”**

<http://www.ref.pemex.com/index.cfm?action=content&sectionID=11> 27/11/2012

PEMEX. **Anuario Estadístico de Pemex 2013. PDF.**

[http://www.pemex.com/acerca/informes\\_publicaciones/Documents/anuario-estadistico\\_2013.pdf](http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/anuario-estadistico_2013.pdf) 21/08/2013

PEMEX. **Memoria de labores 2010. PDF.**

[http://www.pemex.com/files/content/Version\\_completa\\_memoria\\_de\\_labores\\_2010.pdf](http://www.pemex.com/files/content/Version_completa_memoria_de_labores_2010.pdf)  
28/06/12

PETRÓLEOS MEXICANOS. **“Base de Datos Institucional (BDI)”**. 03/01/2013

QUEZADA SÁNCHEZ, Francisco Javier (2011). **“Gasolina”** en Revista de la Franquicia Pemex, Octanaje. No. 2, México, Nueva Edición, pp. 22.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2012). **“gasolina”** <http://www.rae.es/rae.html>  
21/09/2012

Refinería Miguel Hidalgo **“Reporte del Sistema Integral de Producción de Mezclas”**  
25/07/2013

RIVAS MEZA, Víctor Alfonso y SANTIN ICHIKAWA Blanca Edith (2006). **“Evaluación técnica sobre la incorporación de nuevos compuestos oxigenados en la preparación de gasolina comercial”**. México, ESIQIE, Instituto Politécnico Nacional, (Tesis de licenciatura).

SENER. **“Glosario de Términos usados en el Sector Energético”**.  
[http://sie.se.energia.gob.mx/GlosarioDeTerminos/DICCIO\\_SSIE.pdf](http://sie.se.energia.gob.mx/GlosarioDeTerminos/DICCIO_SSIE.pdf) 05/10/2012.

SENER. **Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026, México D.F., 2012. PDF.**  
<http://www.energia.gob.mx/> 05/12/2012.

TAME DOMÍNGUEZ, Miguel (1995). **“Procesos de fondo de barril”**. Pemex-  
**Refinación**. Primer Foro de Avances en la Industria de la Refinación.

TAME DOMINGUEZ, Miguel (2006). **Presentación: “La industria de refinación en México, retos y oportunidades”**.

Ubicación de Refinería Miguel Hidalgo <https://www.comercialrefinacion.pemex.com>  
18/10/2012

VOLKSWAGEN. **“Proceso de Producción de un Automóvil”**  
<http://www.vw-navarra.es/fabrica/proceso.aspx> 26/03/2013

YAMAGUCHI Nancy (2003). **“Hydrodesulfurization Technologies and Costs, Trans-Energy Research Associates”**. Inc. For The William and Flora Hewlett Foundation Sulfur workshop, Mexico City.

ZEPEDA RODRÍGUEZ, Jorge (Julio- Septiembre, 2011). **“Evolución de la Industria del Automóvil”** de Octanaje. No. 2, Nueva Edición.

## ANEXO A

### PRODUCTO: REPORTE DE ANÁLISIS DE GASOLINA DE LLENADO INICIAL.

REPORTE No.: 2645  
 FECHA DE ELABORACIÓN: 2013-10-04  
 TANQUE TV-46  
 NIVEL (m.) 5.79  
 FECHA DE MUESTREO Y ANALISIS: 2013-10-03  
 HORA DE MUESTREO 17:00

PRUEBAS	MÉTODO ASTM	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACION No. 100/2012
Gravedad Especifica a 20/4 °C	D-1298-12b	-	0.6964	0.6850 - 0.72 (e)
Corrosión al Cu, 3h. a 50°C	D-130-10	-	1-A	STD 1 Máx. (e)
<b>Destilación</b>	D-86-11b			
Temp. Inicial de Ebullición	D-86-11b	°C	35.0	Informar (e)
El 10% destila a:	D-86-11b	°C	52.8	50 - 55 (e)
El 50% destila a:	D-86-11b	°C	78.0	75 - 85 (e)
El 90% destila a:	D-86-11b	°C	123.5	115 - 130 (e)
Temp. Final de Ebullición	D-86-11b	°C	179.0	190 Máx. (e)
Presión de Vapor	D-4953-06 (2012)	lb/pulg2 lb/pulg2	10.5	mzo - oct: 7.5 -10.5 (e) nov- feb: 7.5 - 11.5 (e)
Azufre Total	D-2622-10	mg/Kg (ppm peso)	60	80 Máx. (e)
Corrosión Ferrosa	D-665-06	-	B+	B+ Máx. (e)
Goma Lavada	D-381-09	mg/100mL	1.0	4.0 Máx. (e)
Periodo de Inducción	D-525-12 a	minutos	>1 000	1 000 Mín. (e)
No. De Octano RON	D-2699-12	-	97.2	95 Mín. (e)
No. De Octano MON	D-2700-12	-	87.0	Informar (e)
Índice de Octano, (R+M)/2	D-2699-12 y D-2700-12	-	92.10	90 Mín. (e)
Aromáticos	D-1319-10	% vol.	8.0	8 Máx. (e)
Olefinas	D-1319-10	% vol.	10.1	15 Máx. (e)
Benceno	D-3606-10	% vol.	0.15	0.5 Máx. (e)
Oxígeno	D-4815-09	% peso	1.64	2.8 Máx. (e)
Oxigenados	D-4815-09	% vol.	12.12	Informar (e)
Aditivo para Control de Depósitos	Calc. De acuerdo a su adición.	mg/Kg (ppm peso)	165	165 Mín. (e)

#### OBSERVACIONES:

- 1.- Este producto es muestreado por el método ASTM-D-4057-06 (2011) y solo afectará al producto sometido a prueba.
- 2.- Los métodos ASTM corresponden a la última edición publicada en la Página del Intranet de Pemex Refinación; y se acreditarán conforme a los requisitos que cada centro productor del (SNR) lo solicite ante la "ema".
- 3.- Su aplicación será exclusivamente para el llenado inicial en vehículos automotores y solicitado mediante oficio.
- 4.- La temperatura de Destilación corresponde a la presión atmosférica de 101.3 kPa (760 mm Hg).

#### NOTA:

(e) Estas Pruebas están acreditadas ante la "ema" (entidad mexicana de acreditación), Registro No. Q-173-213/09.

## ANEXO B

### MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA GASOLINAS

- § Portar siempre la hoja de seguridad del producto en la unidad de arrastre.
- § Deben tomarse precauciones para evitar que sus vapores formen mezclas explosivas.
- § No se deje al alcance de los niños.
- § Evitar el contacto con materiales oxidantes fuertes y con fuentes de ignición.
- § Ventilación adecuada.
- § Todo el equipo que se utilice para el manejo de esta sustancia debe de estar conectado eléctricamente a tierra
- § Deben evitarse temperaturas extremas en el almacenamiento de esta sustancia.
- § Los recipientes que hayan almacenado este producto, no deben presurizarse, calentarse, cortarse, soldarse a otras fuentes de ignición.
- § Debe evitarse la introducción de este producto a vías pluviales, alcantarillas, sótanos o espacios confinados.
- § No almacenar en contenedores sin etiquetas; los recipientes que contengan esta sustancia deben almacenarse separados de los vacíos y de los parcialmente vacíos.
- § Donde es probable el contacto repetido o prolongado, utilice gafas de seguridad con protección lateral, mangas largas y guantes resistentes a productos químicos.
- § En **caso de incendios o derrames**, emplear agua en forma de rocío o espuma regular; no utilizar chorro de agua.
- § En **caso de contacto con los ojos**, lavar inmediatamente la zona afectada con agua limpia corriente por lo menos 15 minutos, o hasta que la irritación disminuya.
- § En **caso de ingestión** no provocar vómito y mantener a la víctima abrigada y en reposo.
- § En **caso de contacto con la piel**, retirar inmediatamente y confinar la ropa y calzado contaminados. Lavar la parte afectada con abundante agua, empleando jabón si se encuentra disponible.
- § En **caso de Inhalación**, retirar a la víctima a un lugar bien ventilado y donde se respire aire fresco.