



**Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y  
Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos.**

**Mario Andrés Ortiz Vallejo**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

**Universidad Internacional del Ecuador**

**Ciudad: Puembo-Quito**

**Dirección: Puembo, S10-191**

**Telf: 0995769854**

**e-mail: mario\_v12@yahoo.com**

**Tutor: Ing. Andrés Castillo Reyes, Director**

### **Certificado de autenticidad:**

Yo Mario Andrés Ortiz Vallejo, juro solemnemente que el trabajo que presento a continuación es de mi autoría y que no ha sido presentado antes para ninguna certificación profesional en el pasado, además juro que todos los elementos bibliográficos en esta tesis están citados respectivamente y no son copiados.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y pueda ser usado como material de estudio.

-----

Firma del autor

Mario Andrés Ortiz Vallejo

CI: 1712338308

### **Certificación del director:**

Yo Andrés Castillo Reyes, certifico que conozco al autor de la presente tesis y que le proporcioné la asesoría necesaria para que se cumpla con su desarrollo e investigación.

-----

Firma del Director

Ing. Andrés Castillo Reyes

Director

## **Agradecimientos:**

Mi más cordial agradecimiento al Ing. Andrés Castillo por el apoyo en el tema interesante de mi tesis en virtud de llegar a concluir, analizar y aprender sobre el diesel en el Ecuador y Europa.

## **Dedicatoria:**

Dedico esta tesis a mis dos amados padres quienes me han apoyado y me apoyarán toda la vida en lo que me proponga hacer, la vida me ha dado lo mejor y es hora de responder.

Le dedico este humilde esfuerzo a mi hermano quien ha sido mi motivación para ser mejor cada día.

## INDICE:

1.1 Definición del petróleo:.....	13
1.1.1 Geografía del crudo: .....	14
1.1.2 Componentes químicos del petróleo crudo:.....	16
1.1.3 Las características del petróleo crudo: .....	18
Contenido de azufre:.....	20
1.2 El proceso de refinación del petróleo crudo: .....	21
1.2.2 Las propiedades del diesel: .....	27
<b>2. Capítulo II: Las generalidades en el control de emisiones en motores diésel..</b>	<b>31</b>
2.1 Introducción al control de emisiones en los motores diésel:.....	31
2.1.1 Problemática de emisiones en motores diésel: .....	32
Impacto en los motores: .....	32
El impacto ambiental:.....	34
Los efectos y elementos nocivos emitidos por los motores diésel: .....	35
2.2 La normativa europea de control de emisiones para motores diésel:.....	37
2.2.1 Vehículos ligeros: .....	40
2.2.2 Vehículos pesados: .....	40
2.2.3 El test transitorio europeo: .....	41
2.3 Normativa de control de emisiones en el Ecuador .....	44
2.3.1 Análisis de emisiones a nivel Ecuador:.....	44
2.3.2 Normativa internacional aplicadas en el estado ecuatoriano por la INEN: ...	48
2.3.3 Tecnología de motores diésel: .....	49
<b>3. CAPITULO III: Normas INEN y sus aplicaciones en la refinación del diésel en el Ecuador. ....</b>	<b>54</b>

3.1 Normas INEN para refinación y producción del diésel: .....	54
3.1.1 Refinerías en el Ecuador: .....	57
3.1.2 Descripción de la unides del proceso de refinería Esmeraldas: .....	58
3.1.3 Detalles en la refinación del Diesel: .....	63
3.2 Hidrdesulfuradora de Diesel:.....	64
Descripción de la la Hidrodesulfuradora de Diesel: .....	64
3.2.2. La química para el hidrot ratamiento del diésel en refinerías de petróleo: ..	68
3.2.3 El catalizador en la HDS: .....	69
3.3 Mejoras en la lubricidad y cetanaje del diésel: .....	72
3.3.1 Mejoras en la Lubricidad .....	73
3.3.3 Introducción del Biodiesel al Ecuador .....	79
<b>4. CAPITULO IV: COMPARACION FINAL DEL USO DEL DIESEL ENTRE EN ECUADOR Y EUROPA.....</b>	<b>81</b>
4.1 Resultados de la comparación Ecuador y Europa: .....	81
4.1.1 Ventajas y desventajas del diésel utilizado en Europa: .....	81
4.1.2 Las ventajas y desventajas del diésel utilizado en Ecuador:.....	86
4.1.3 Las similitudes y comparación final: .....	90
4.2 Las mejoras en la calidad del diésel y procesos de refinación en el Ecuador y Europa:.....	91
4.2.1 Plantas de producción de hidrogeno en el Ecuador: .....	91
4.2.2 Tendencias de combustible en Europa:.....	92
4.3 Conclusiones y recomendaciones: .....	95
4.3.1 Conclusiones:.....	95
4.3.2 Recomendaciones:.....	100

Anexos: .....	105
---------------	-----

### Índice de figuras:

FIGURA 1. 1 CLASES DE HIDROCARBUROS .....	17
FIGURA 1. 2 PRODUCCIÓN NATURAL DE CRUDOS LIVIANOS Y PESADOS. .....	19
FIGURA 2. 1 EFECTO DEL AZUFRE EN LA VIDA ÚTIL DE UN MOTOR .....	34
FIGURA 2. 2 EMISIONES MOTORES DIESEL .....	37
FIGURA 2.3 LIMITACIONES DE LAS EMISIONES PARA VEHÍCULOS NUEVOS CON MOTOR DIESEL.....	39
FIGURA 2. 4 NORMAS EUROPEAS SOBRE EMISIONES PARA TURISMO .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 2. 5 SISTEMA DE VENTILACIÓN POSITIVA DEL CÁRTER .....	52
FIGURA 3. 1 PLANOS DE HIDRODESULFURADORA DE DIESEL. ....	65
FIGURA 3. 2 PROCESO DE FUNCIONAMIENTO DE LA HDS.....	66
FIGURA 3. 3 DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UN CICLO HDS DE TIOFENO. .....	69
FIGURA 3. 4 GRÁFICO QUÍMICO DE HIDROCARBUROS MEZCLÁNDOSE CON HIDROGENO EN LA HDS.....	70
FIGURA 3. 5 FORMAS DE LOS CATALIZADORES.....	71
FIGURA 3. 6 REQUERIMIENTOS DE LUBRICIDAD PARA EL DIESEL.....	75
FIGURA 4. 1 GRÁFICA DE RESULTADOS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL DIESEL EN EUROPA.....	85
FIGURA 4. 2 GRÁFICA DE RESULTADOS PARA EL DIESEL ECUATORIANO. .....	89

### Índice de tablas:

TABLA 1. 1 NORMAS EN 590 PARA LA REFINACIÓN DEL DIESEL EN EUROPA 2010. (ERLANDSSON, 2010) .....	22
TABLA 1. 2 LÍMITE DE EMISIONES EURO 5 .....	44

TABLA 1. 3 LÍMITES MÁXIMOS DE OPACIDAD DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DIESEL (PRUEBA DE ACCELERACIÓN LIBRE) (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION INEN, 2002) .....	47
TABLA 1. 4 LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES POR MOTORES DIESEL SEGÚN LA NORMA INEN 2207. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION INEN, 2002) .....	51
TABLA 1. 5 REQUISITOS DEL DIESEL PREMIUM.....	56
TABLA 1. 6 ANÁLISIS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL DIESEL EUROPEO: .....	84
TABLA 1. 7 ANÁLISIS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL DIESEL ECUATORIANO: .....	88
TABLA 1. 8 TABLA DE COMPARATIVA DE RESUMEN DEL DIESEL ENTRE ECUADOR Y EUROPA .....	100

## **Introducción**

En la época actual se utilizan los combustibles fósiles como principal elemento de combustión para el movimiento de nuestros vehículos y maquinaria por medio de la energía térmica. Buscando así la eficiencia y el desempeño de cada gota de combustible al máximo, esto ha llevado a desarrollar motores cada vez más costosos en términos de construcción y de bajo consumo de combustible.

Pero que sucede cuando tenemos un combustible de mala calidad o que sucede cuando el origen del combustible va más allá de una simple refinación y mejoramiento de sus propiedades.

Pues a continuación en esta tesis analizaremos el Diésel como combustible para motores automotrices donde veremos su origen, su refinación y su eficiencia, luego compararemos el diésel que se utilizan en los motores de Europa y el que se utiliza en el Ecuador determinando cuales son las ventajas y desventajas de usar este combustible, veremos las diferentes normas ecológicas que rigen en ambas regiones para saber si existen además ventajas y desventajas económicas hablando en términos monetarios para saber si conviene o no tener un vehículo diésel en casa.

### **Resumen:**

En Esta tesis se propone determinar la factibilidad del uso del diésel en el Ecuador visto desde varios aspectos políticos sociológicos y sobre todo económicos. Muchos de los resultados que se analizaron a continuación provienen del estudio de varios textos, entrevistas y libros teóricos

correctamente citados donde presentamos el diésel como un químico destilado del petróleo por supuesto y además tratado para mejorar sus propiedades.

Sin embargo para poder realizar esta tesis comparamos el diésel Ecuatoriano con el Europeo para tener una mejor referencia de lo que podríamos llegar a utilizar o evitar en un futuro y así ver que es lo más conveniente para nuestros usuarios de vehículos diésel en Ecuador.

Describiremos la refinación del petróleo tanto en Europa como en Ecuador para saber las ventajas y desventajas del mismo y como ambos diésel se comportan en los vehículos que los fabricantes describen como eficientes y que están regidos a las normas internacionales del cuidado del medioambiente y la salud, en este caso serán las INEN para el Ecuador y las Euro para Europa.

### **Summary:**

In this thesis I'm trying to find the feasible about the use of diesel in Ecuador and Europe, looking from every point of view as politics, social and economical facts, many of these results that were analyzed come from the study of text books, interviews and magazines well afforded, were I'm describing diesel as a petroleum refined extract which is treated for perform its characteristics, and how is use in cars from both regions.

However for do this work I'm comparing the Ecuadorian diesel with the European one to have a better reference of what to do with gasoil and what we could use or not use in the future for our cars and determine which is the best option for Ecuadorians and Europeans in an economic way talking about the maintenance of cars and of course the consumption of the mentioned fuel.

I'm describing the gasoil refination process in Europe and Ecuador to find the advantages and disadvantages to know which is the best fuel, I'll talk about all the rules that are apply in both regions as we know the Euro for Europe and the INEN for Ecuador, I'll describe the control of the gas emissions and the diesel quality, and how both regions are trying to perform the burning gases control to accomplish the world rules of environment care control.

# 1. Capítulo I: El petróleo

## 1.1 Definición del petróleo:

La palabra petróleo proviene del latín “petro” que significa piedra y “óleum” que significa aceite; aceite de piedra. Resulta ser un líquido aceitoso, de color oscuro, olor característico, más ligero que el agua, constituido por una mezcla de hidrocarburos líquido naturales, que se encuentra almacenado en el interior de las rocas de la corteza terrestre.

Su origen se atribuye a varias hipótesis pero la más cercana es la teoría de su origen vegetal siendo la más cercana de todas por la transformación de restos de sustancias orgánicas.

Un yacimiento de petróleo comprende de las siguientes fases:

- 1) Génesis de los hidrocarburos en el interior de las rocas madres.
- 2) Migración primaria del petróleo originado en la fase anterior a las denominadas rocas de almacén.
- 3) Dentro de la roca almacén, el petróleo puede sufrir una migración secundaria, hasta alcanzar las condiciones adecuadas para su acumulación en las denominadas trampas petrolíferas que impide su dispersión. En ocasiones, los yacimientos subterráneos presentan manifestaciones superficiales, como emanaciones gaseosas y acumulaciones de asfaltos.

### **1.1.1 Geografía del crudo:**

Para entender y analizar la calidad de diesel que se van a utilizar en las diferentes regiones como Europa o Ecuador primero se analizará el origen de su petróleo, es decir del petróleo del cual se deriva el diesel como tal de esto dependerá su calidad de composición.

El crudo está clasificado en crudo liviano, crudo mediano y crudo pesado donde estos se subdividen en tres clases de petróleo cada uno.

Las diferentes clases de crudo se darán en las diferentes regiones del mundo entero, según su geografía el petróleo variara entre pesado medio y liviano y su contenido de carbono proporcional al azufre contenido.

El crudo mientras más liviano sea más fácil será de refinar necesitara menos procesos de refinación por lo tanto menos capital de inversión para hacerlo de mejor calidad, todo lo contrario para con el crudo pesado que al ser más denso tiene cantidades de carbono y azufre en mayor grado, según las normas API (American Petroleum Institute) esto se ha marcado como una gran diferencia al momento de refinar.

Existen más controles de emisiones para las refinerías que manejan el crudo pesado, es por eso que se les aplica mayor cantidad de normas para un proceso correcto de refinación y calidad de productos.

Debido a que “el crudo pesado es más denso se pueden sacar más aceites que combustibles o gases GLP. En cambio en el crudo liviano se sacan más combustibles que aceites” (DICCIONARIO ENCICLOPEDICO ILUSTRADO. OCEANO

EDITORIAL PRINTER COLOMBIANA LTDA. EDICION 2008 PAG: S/N), esto será una desventaja o ventaja para las regiones que manejan el petróleo y su economía.

Las refinerías son grandes plantas de producción de derivados del petróleo donde existen procesos complejos para el manejo de petróleo crudo y en donde se va a convertir en varios sub- productos como:

- Gas licuado de petróleo (GLP).
- Gasolina.
- Combustible pesado.
- Queroseno (para iluminación y calefacción).
- Combustible diesel.
- Materias primas de petroquímicos.
- Aceites lubricantes y ceras.
- Gasóleo de calefacción.
- Aceite combustible (para generación de energía eléctrica, combustible marino, calefacción industrial y urbana).
- Asfalto (para pavimentación y techado).

Entre los más mencionados el combustible para transporte son los más cotizados, y los aceites y asfalto son los de menor valor.

Los combustibles que se producen tienen que cumplir con controles de calidad y de refinamiento, para que con los residuos de carbono y azufre que quedan sea mínimo y su cantidad de emisiones contaminantes al implementarse no perjudiquen el medio ambiente. Estas especificaciones como el octanaje y las cantidades de partículas por millón de azufre son las más controladas y estandarizadas por normativas a nivel mundial.

“En la actualidad existen más de 660 refinerías en 116 países que producen más de 85 millones de barriles de productos refinados por día, cada refinería tiene su estructura en particular según el crudo que se refine y las características operativas y económicas dependiendo de la región en la que se encuentre”. (DEL PETRÓLEO PRODUCCIÓN DE ULSG Y ULSD 24 de octubre de 2011 Página3), siendo 1 barril equivalente a 42 galones o 159 litros.

Los componentes químicos del petróleo crudo dependerán de su origen geográfico, por eso se considera que cada petróleo es único en su composición.

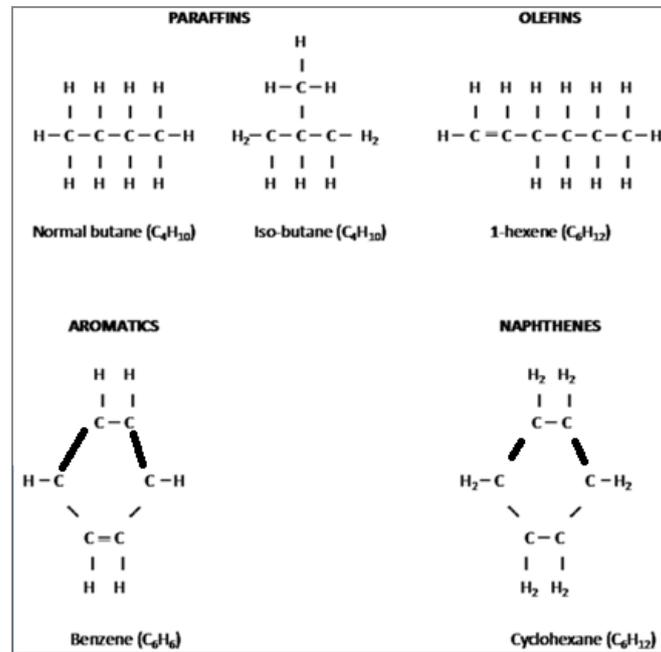
### **1.1.2 Componentes químicos del petróleo crudo:**

La composición principal del petróleo crudo es la molécula de hidrocarburo, y su fórmula es  $CH_4$  (metano), seguido por moléculas más grandes y complejas como el carbono hidrogeno y heteroelementos, como el azufre y nitrógeno, y de metales como el níquel y el vanadio.

El petróleo crudo está compuesto por la molécula de hidrocarburo más pequeña y simple  $CH_4$  (metano) hasta las moléculas más grandes y complejas que contienen 50 o más átomos de carbono.

Las propiedades físicas y químicas de cualquier tipo de hidrocarburo o molécula dependen no sólo de la cantidad de átomos de carbono en la molécula, sino también de la naturaleza de los enlaces químicos entre ellos. Los átomos de carbono se unen fácilmente entre sí con hidrógeno y heteroátomos en diferentes formas siendo enlaces simples, dobles y triples

para formar diferentes clases de hidrocarburos, como se ilustra en la Figura 1.1.



**Figura 1. 1 Clases de hidrocarburos**

**Fuente: Revista Consultoría de HartEnergy (2010) página 5**

La parafina, los aromáticos y los naftenos figura 1.1 son componentes naturales del petróleo crudo, y también se producen mediante varias operaciones de refinación. Normalmente las olefinas no están presentes en el petróleo crudo. Se producen en determinadas operaciones de refinación destinadas principalmente a la producción de gasolina. Como se muestra en la Figura 1.1 los componentes aromáticos tienen mayor proporción de carbono e hidrógeno CH que los naftenos, los cuales, a su vez, tienen mayor proporción de CH que las parafinas, cuánto más pesado o denso es el crudo, más alta es su proporción de carbono e hidrogeno. Debido a los procesos químicos de la refinación, cuánto mayor es la proporción de carbono e hidrogeno del crudo,

más intenso y costoso es el proceso de refinación que se requiere para producir determinados volúmenes de gasolina y combustibles destilados. Por ello, la composición química del petróleo crudo y su división en fracciones de distinto punto de ebullición incluyen en los requisitos de inversión de la refinería y la energía que esta utiliza, los dos aspectos más importantes del costo total de la refinación.

### **1.1.3 Las características del petróleo crudo:**

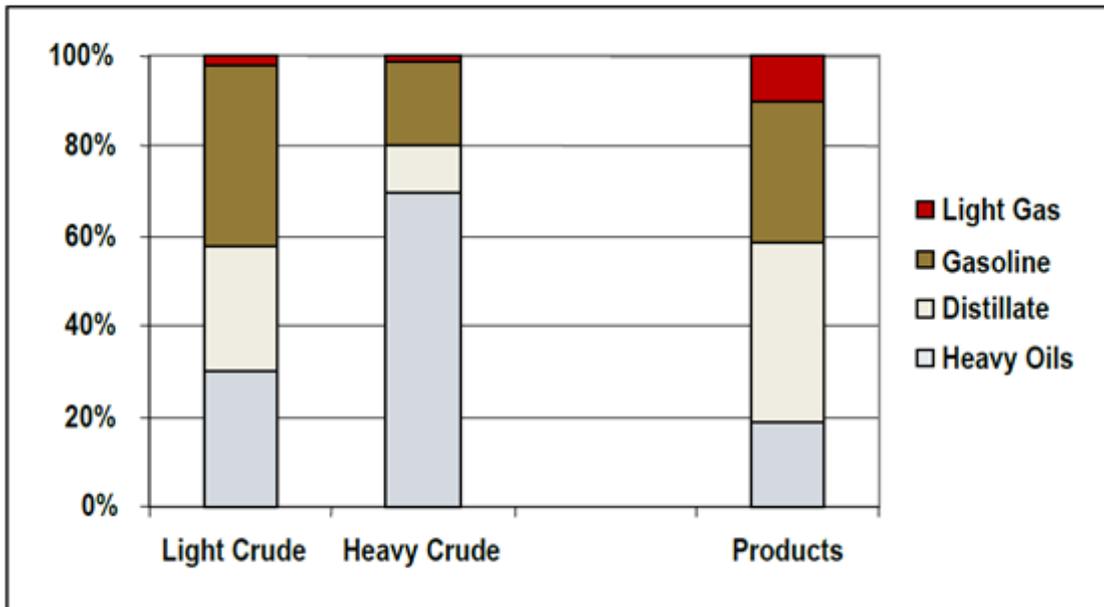
La valoración de los costos de refinación del petróleo crudo requiere una descripción completa del crudo y sus componentes, incluida la calificación de sus propiedades. Sin embargo, existen dos propiedades que son especialmente útiles para clasificar y comparar rápidamente los petróleos crudos: la gravedad API (medida de densidad) y el contenido de azufre.

#### **La gravedad API:**

La densidad de un crudo indica qué tan liviano o pesado es en su totalidad. Los crudos más livianos tienen una mayor proporción de pequeñas moléculas, que las refinerías pueden convertir en gasolina, combustible pesado y diésel. Los crudos más pesados tienen proporciones más altas de moléculas grandes, que las refinerías pueden utilizar en combustibles industriales pesados, asfalto y otros productos pesados o procesarlas en moléculas más pequeñas que se pueden utilizar en combustibles para transporte.

En la industria de refinación, la densidad de un crudo se expresa generalmente en términos de gravedad API, el parámetro de medición de unidades en grados

API se basa en cuanto un material sea más liviano más alto será el grado API, por ejemplo, el agua tiene una gravedad API de 100.



**Figura 1. 2 Producción natural de crudos livianos y pesados.**

**Fuente: (EPA, 2007) Heavy oils and production.**

La Figura 1.2 muestra la calidad de un típico crudo liviano 35° API y un típico crudo pesado 25° API, en función de su producción natural de gases livianos, componentes de la gasolina y destilados (principalmente combustible pesado y diésel, y aceites pesados. La figura también muestra el perfil promedio de demanda de estas categorías de productos en los países desarrollados.

Las producciones naturales de aceites pesados a partir de los crudos livianos y pesados superan la demanda de productos refinados pesados, y la producción natural de aceite pesado a partir del crudo pesado es más del doble en

comparación con el crudo liviano. Estas características generales de los crudos implican que:

- Las refinerías deben ser capaces de convertir al menos alguno, y quizás la mayoría, de los aceites pesados en productos livianos.
- Cuánto más pesado es el crudo, aumenta la complejidad de conversión que se necesita para producir cualquier gama de productos.

### **Contenido de azufre:**

Entre los heteroelementos presentes en el petróleo crudo, el azufre es el que más afecta el proceso de refinación. Los niveles suficientemente altos de azufre en el flujo de refinación pueden:

- Contaminar los catalizadores que aceleran las reacciones químicas deseadas en ciertos procesos de refinación.
- Provocar la corrosión en el equipo de refinería.
- Generar la emisión a la atmósfera de compuestos de azufre, que no son agradables y pueden estar sujetos a estrictos controles reglamentarios.

El azufre de los combustibles para vehículos automotores ocasiona la emisión de compuestos de azufre indeseables, e interfieren con los sistemas de control de emisiones de este tipo que están destinados a regular las emisiones perjudiciales, como los compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y partículas.

Consecuentemente, las refinerías deben tener la capacidad de extraer el azufre del crudo y los flujos de refinación, en la medida que sea necesario para atenuar estos efectos no deseados.

Cuánto más alto sea el contenido de azufre del crudo, más alto es el grado de control de azufre que se necesita y el costo que implica este procedimiento.

El contenido de azufre del crudo y los flujos de refinación se miden generalmente en porcentajes (%), en peso (kg) o en partes por millón (ppm).

El petróleo puede ser considerado de bajo nivel de azufre si está bajo el 0.5% de ppm de azufre, y ser sulfuroso cuando supera este límite.

## **1.2 El proceso de refinación del petróleo crudo:**

En las refinerías se convierte el petróleo crudo en productos terminados derivados del petróleo. Por lo tanto, a fin de comprender los aspectos fundamentales de la refinación del petróleo, se debe empezar con el petróleo crudo.

Por fines de estudio en esta tesis se desarrollará solamente el proceso de refinación del diésel.

Bajo la especificación de la norma EN 590 para la extracción del diesel de uso vehicular aprobado bajo la unión europea se regirá bajo los siguientes parámetros de la siguiente tabla 1.1:

## Extracts from 2010 European Diesel Fuel Specification

Fuel Property	Unit	EN 590 Specification		Analyzing method
		Min	Max	
Cetane number		51,0		ISO 5165
Cetane index		46,0		ISO 4264
Density @ 15°C	Kg/m <sup>3</sup>	820,0	845,0	ISO 4264, ISO 5165
PAH (di+ aromatics =>)	Vol%	-	8,0	EN 12 916
Sulphur	mg/kg	-	10,0	ISO 14596, ISO 4260
Viscosity @ 40°C	cSt	2,00	4,50	ISO 3104
Fatty Acid Methyl Ester (FAME)	Vol%	-	7,0	EN 14078
Lubricity (HFRR)	µm	-	460	ISO 12156-1
Distillation	°C			ISO 3405
65% point		250	-	
85% point		-	350	
95% point		-	360	

<sup>1</sup>The European Standard specifies PAH's as the content of di-aromatic and tri+-aromatic hydrocarbons.  
For complete specification see EN 590:2009+A1 2010 at SIS ([www.sis.se](http://www.sis.se))

**Tabla 1. 1 Normas EN 590 para la refinación del Diésel en Europa 2010. (Erlandsson, 2010)**

Empezando por la extracción del crudo desde adentro de la tierra llega al tanque de destilación atmosférica en el cual se calientan los diferentes componentes del crudo los cuales van separándose unos de otros dando los diferentes productos en este caso nos interesa el diésel quien junto con las kerosinas y naftas van apareciendo a los 343.3 grados C.

## **Principales procesos de refinación del crudo:**

### **➤ Destilación atmosférica:**

Consiste en la separación de la mezcla de hidrocarburos líquidos en componentes más específicos mediante la aplicación de calor, logra evaporizar cada componente aprovechando que cada uno de ellos posee diferente punto de ebullición.

### **➤ Destilación al vacío:**

Proceso intermedio para extraer, del residuo atmosférico, el gasóleo usado como carga a las plantas de desintegración catalítica FCC, así como las fracciones para elaboración de aceites lubricantes.

### **➤ Proceso de desintegración catalítica:**

Es el proceso que consiste en descomponer las moléculas de hidrocarburos más grandes, pesadas o complejas, en moléculas más ligeras y simples. Se lleva a cabo mediante la aplicación de calor y presión mediante el uso de catalizadores. La utilización de este proceso permite incrementar el rendimiento del gasóleo y de otros productos importantes que tienen aplicaciones diversas en industria del petróleo.

### **➤ Proceso de hidrotratamiento:**

Proceso cuyo objetivo es estabilizar catalíticamente los petrolíferos, además de eliminar los componentes contaminantes que contienen, haciéndolos reaccionar con hidrógeno a temperaturas comprendidas entre 315 y 430°C, a

presiones que varían de 7 a 210 kg/cm<sup>2</sup>, en presencia de catalizadores diversos.

➤ **Reducción de viscosidad**

Proceso empleado en la refinación del petróleo para obtener hidrocarburos de bajo peso molecular tales como gases, gasolina, gasóleos y residuo de baja viscosidad, a partir de residuos de vacío de alta viscosidad.

➤ **Proceso de coquización:**

Para este proceso existe un equipo instalado en una línea de conducción de gas para incrementar la presión y garantizar el flujo de fluido a través de la tubería.

➤ **Proceso de alquilarían:**

Los procesos de alquilarían comprenden la combinación de una olefina con un hidrocarburo parafínico o aromático, en presencia de un catalizador. El proceso involucra la unión de propileno o butilenos con isobutano, en presencia de ácido fluorhídrico o sulfúrico como catalizador, para formar una isoparafina denominada alquilado ligero.

➤ **Proceso de reformación:**

Es el proceso que mejora la calidad antidetonante de fracciones de la gasolina modificando la estructura molecular. Cuando se lleva a cabo este proceso por

calor, se lo conoce como reformación térmica, y cuando se lo asiste mediante catalizador se lo llama reformación catalítica.

➤ **Proceso de isomerización:**

Es el proceso mediante el cual se altera el arreglo fundamental de los átomos de una molécula sin adherir o sustraer nada de la molécula original.

### **1.2.1 El diésel y sus usos:**

El diésel, también denominado gasóleo o gasoil, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre 850 kg/m<sup>3</sup> (0,850 g/cm<sup>3</sup>), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diésel y en calefacción. Cuando es obtenido de la destilación del petróleo se denomina diésel y cuando es obtenido a partir de aceites vegetales se denomina biodiésel.

“Rudolf Diésel patentó en 1892 un motor alternativo de encendido por compresión (MEC). La sustitución del combustible de polvo de carbón por productos derivados del petróleo líquido, junto con algunos cambios mecánicos en el diseño original, supuso la puesta a punto de un motor prototipo en el año 1895. Hoy en día tanto el motor como el tipo de combustible llevan su nombre.”  
(Lopez, 2006; pag)

Para poder tener el problema claro en esta tesis acerca de las emisiones de gases contaminantes en los motores a diésel se detallará ciertos procesos de

combustión y de mecanismos químicos de las emisiones de escape en estos motores.

Uno de los aspectos que han favorecido la expansión de los motores Diésel es su eficiencia térmica. Mientras que los motores diésel presentaban valores de máximos de eficiencia del 48% en el año 2000, los motores de gasolina solo alcanzaban valores del 35%.

Además de su economía y durabilidad, otras ventajas de los motores son su fiabilidad, su seguridad y su posibilidad de ser usado en un amplio rango de aplicaciones. Las desventajas de este tipo de motor son que no se ha encontrado todavía una solución definitiva a los problemas de las emisiones (principalmente óxidos de nitrógeno y partículas), que producen más ruido debido a los mayores gradientes de presión dentro de la cámara de combustión y que son más pesados, ya que se refuerza su estructura para que pueda soportar los altos picos de presión de combustión alcanzados.

En conclusión los motores diesel juegan un papel importante, ya que por una parte son responsables del transporte de mercancías actual debido a sus diversas aplicaciones en locomotoras, barcos, autobuses camiones, vehículos agrícolas y vehículos pesados y por otra parte también están presentes en las áreas de generación de energía eléctrica, plantas industriales, minería y construcción.

Desde la crisis del petróleo de los años 70, el mercado de motores diesel aplicado a vehículos de pasajeros y camiones ligeros aumento de manera importante, especialmente en Europa, donde además de un menor consumo de

combustible implícito de estos motores, se ha seguido una política de reducción de impuestos en el gasóleo.

La gran expansión del transporte en las últimas décadas se ha implicado un conjunto de ventajas para la sociedad, pero ha supuesto no obstante una grave agresión al medio ambiente.

### **1.2.2 Las propiedades del diesel:**

#### **El cetanaje:**

El cetanaje o índice de cetano corresponde a la cantidad presente (porcentaje en volumen) de cetano (hexadecano), en una mezcla de referencia con igual punto de inflamación que el carburante (hidrocarburo) sometido a prueba. El número o índice de cetano guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión. Una combustión de calidad ocurre cuando se produce una ignición rápida seguida de un quemado total y uniforme del carburante. Cuanto más elevado es el número de cetano, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de combustión. Aquellos carburantes con un bajo número de cetano requieren mayor tiempo para que ocurra la ignición, produciendo altos índices de elevación en la presión.

Si el número de cetano es demasiado bajo, la combustión es inadecuada y da lugar a ruido excesivo, aumento de las emisiones, reducción en el rendimiento

del vehículo y aumento de la fatiga del motor. Un humo y ruido excesivos son problemas comunes en los vehículos diésel, especialmente bajo condiciones de arranque en frío.

En definitiva es un indicativo de la eficiencia de la reacción que se lleva a cabo en los motores de combustión interna. La propiedad deseable de la gasolina para prevenir el cascabeleo es la habilidad para resistir a la auto ignición, pero para el diésel la propiedad deseable es la auto ignición.

Para aumentar el número de cetano (NC) usamos los denominados mejoradores de la ignición, que son componentes adicionados en muy pequeñas cantidades, al igual que los aditivos para las gasolinas, mejoran el NC en la fracción gasóleo, reducen el tiempo de retardo entre la inyección y la ignición del combustible. Los más comunes son los nitratos orgánicos, peróxidos, poli sulfuros, aldehídos, cetonas y los éteres muy volátiles. Los nitratos presentan el problema de que son muy contaminantes. Los peróxidos son explosivos y además caros.

Los aditivos en sus variedades son un factor que incrementan positivamente el cetanaje en 10 unidades ya que están formulados en base de alquilnitratos, amil nitratos primarios, nitritos o peróxidos, y la mayoría de ellos contienen nitrógeno lo que aumenta las emisiones de NOx.

### **Volatilidad:**

El punto inicial de destilación de la fracción gasóleo está entre 160 a 190°C, mientras que el punto final máximo es de 370°C. El residuo de la destilación va

ligado a las colas de destilación, que están formadas por los componentes de la fracción con más átomos de carbono. Son los que tienen mayor punto de ebullición y de mayor masa molecular.

La pérdida de átomos de carbono es la fracción que se puede desperdiciar en la ebullición por los gases, "PÉRDIDA = 100-(RECOGIDA+RESIDUO)". (Lopez, 2006).

### **Azufre:**

El azufre se encuentra naturalmente en el petróleo. Si éste no es eliminado durante los procesos de refinación, contaminará al combustible. "La reducción del límite de azufre en el diésel a 0.05 % es una tendencia mundial" (Lopez, 2006). La relación del contenido de azufre en el diésel con las emisiones de partículas y el S02 está claramente establecida. Para poder cumplir con los requerimientos de niveles bajos de azufre, es necesario construir capacidades adicionales de desulfuración. Así como las unidades de desintegración catalítica (FCC), son primordiales para la producción de gasolina, la hidro-desintegración que es fundamental para la producción de diésel. En ambos procesos la cuestión se enfoca en la selección de la materia prima.

Mejorar la calidad del combustible no resolverá el problema de la contaminación a menos que se imponga un riguroso programa de inspección y mantenimiento para los vehículos con motores a diésel.

### **Densidad y Viscosidad:**

La inyección de diésel en el motor, está controlada por volumen o por tiempo de la válvula de solenoide. Las variaciones en la densidad y viscosidad del combustible resultan en variaciones en la potencia del motor, emisiones y consumo. La densidad influye en el tiempo de inyección de los equipos de controlados mecánicamente como bombas, inyectores, etc.

### **Aromáticos:**

Los aromáticos son moléculas del combustible que contienen al menos un anillo de benceno. El contenido de aromáticos afecta la combustión y la formación de PMOs (emisiones de partículas contaminantes) y de las emisiones de hidrocarburos poli aromáticos. El contenido de aromáticos influye en la temperatura de la flama y, por lo tanto, en las emisiones de Nox (óxido de nitrógeno) durante la combustión. La influencia del contenido de poli aromáticos en el combustible afecta la formación de PMOs y las emisiones de este tipo de hidrocarburos en el tubo de escape.

### **Lubricidad:**

Las bombas de diésel, a falta de un sistema de lubricación externa, dependen de las propiedades lubricantes del diésel para asegurar una operación apropiada. Se piensa que los componentes lubricantes del diésel son los hidrocarburos más pesados. Los procesos de refinación para remover el azufre del diésel tienden a reducir los componentes del combustible que proveen de lubricidad natural. A medida que se reducen los niveles de azufre, el riesgo de una lubricidad inadecuada aumenta.

### **Emisiones contaminantes:**

Los contaminantes que producen los motores reconocidos por la legislación son CO, HC, NOx, humos y partículas. Para poder analizar la producción de contaminantes es necesario conocer los mecanismos de formación. Debido a que su principio de funcionamiento es distinto en los MEP (motor de encendido provocado) y en los MEC (motor de encendido por compresión), los contaminantes producidos también son distintos.

## **2. Capítulo II: Las generalidades en el control de emisiones en motores diésel.**

### **2.1 Introducción al control de emisiones en los motores diésel:**

Toda la economía y expansión de la industria automotriz ha estado ligada a la fabricación de vehículos cada vez más sofisticados, debido al impacto ambiental que estos han causado, es decir, la producción de gases contaminantes como el CO<sub>2</sub>, partículas (PM), NO<sub>x</sub>, CO, HC, SO<sub>2</sub>, etc., que están ocasionando serios problemas a nivel mundial como el calentamiento global, el efecto invernadero, la lluvia ácida o el deterioro de la calidad del aire.

Frente a estos problemas ha ido surgiendo una conciencia global sobre la importancia de dichas molestias medioambientales, que ha llevado a la aparición de un conjunto de legislaciones encaminadas a controlar las emisiones contaminantes

“Los motores diésel presentan una mayor eficiencia frente a los de gasolina, lo que conlleva ventajas medioambientales debido a la disminución de CO<sub>2</sub>

emitido y además ventajas de cara al mercado por su menor consumo”. (Lopez, 2006).

### **2.1.1 Problemática de emisiones en motores diésel:**

#### **Impacto en los motores:**

El contenido de azufre en el diésel es una de las fuentes principales de las emisiones de partículas contaminantes porque al quemarse se transforma en partículas de sulfatos que se emiten por el tubo de escape, pero también afectan al motor.

- Los depósitos de azufre dañan los inyectores y corroen anillos, pistones y cilindros hasta dejarlos inservibles según la cantidad de azufre acumulada.
- Los depósitos de azufre en los inyectores provocan deficiencias de inyección del diésel en la cámara de combustión, provocando pérdidas de combustible de hasta “un 15% en recorridos urbanos y de un 5% en carretera”. (EPA, 2007).
- Los inyectores pierden cerca del “30% del flujo del diésel” en comparación con un inyector limpio. (CEPAL, 2005).
- Se disminuye “la potencia del motor en cerca del 22%”. (CEPAL, 2005).

- La acumulación de azufre en los inyectores también impone la necesidad de efectuar cambios frecuentes del aceite lubricante del motor para reducir el impacto del dióxido y el trióxido de azufre, SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>.
- En presencia de vapor de agua en los gases de escape, estos óxidos forman ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), el cual corroe las partes lubricadas por el aceite.
- Estos efectos del azufre en los motores se entienden “en mayores costos de mantenimiento y menor tiempo de vida útil de las unidades.” (CEPAL, 2005).
- La válvula de control del sistema *EGR* es corroída por el combustible de alto contenido de azufre.
- Los filtros de partículas, cuya función es reducir las emisiones de material particulado (PM), capturan los gases de combustión del motor en un dispositivo de cerámica, de modo que el azufre puede oxidarse y formar sulfatos que son medidos como PM.
- En condiciones ambientales muy oxigenadas y con mezcla pobre, se producen daños en el catalizador, debido a los sulfatos que se forman por la alta cantidad de azufre en el diésel bloqueando así la absorción de los NO<sub>x</sub> e HC, lo cual “reduce su capacidad de eliminación en un 20%”. (CEPAL, 2005).

Por lo tanto todo este problema disminuye la vida útil del motor como vemos en la figura 2.1.

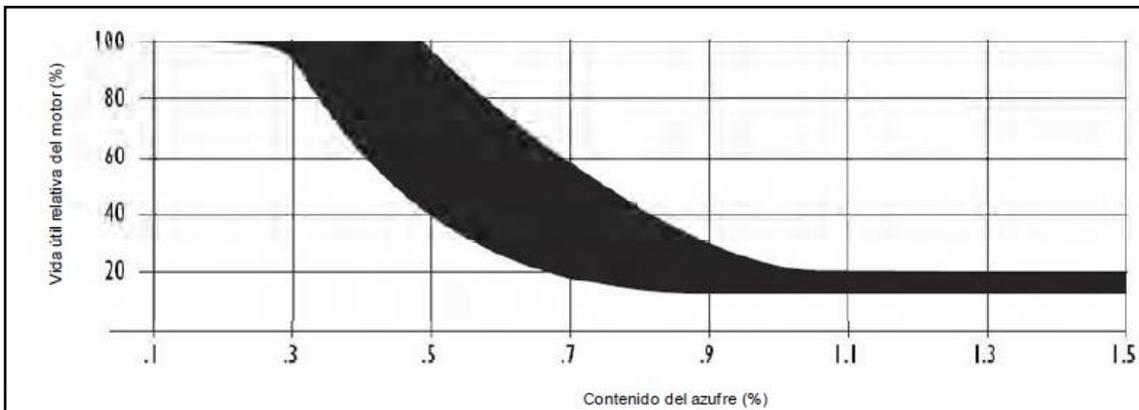


Figura 2. 1 Efecto del azufre en la vida útil de un motor

Fuente: PNUMA (CEPAL, 2005).

### **El impacto ambiental:**

Una definición comúnmente aceptada para el concepto de contaminante es la siguiente: “se denomina contaminante a toda aquella sustancia natural o artificial que introducida en concentración suficiente en el medio ambiente puede producir un efecto medible sobre los seres humanos, animales, vegetación o materiales de construcción”. (EPA, 2007)

Algunos contaminantes son principales como el CO, ya que son emitidos por fuentes identificables en el escape, otros como el ozono son secundarios, ya que son formados a partir de reacciones químicas en la atmósfera, mientras que otros como las partículas son de origen mixto.

La contaminación atmosférica ha puesto una justificada preocupación a nivel global, tanto por sus efectos más locales como la pérdida de la calidad del aire,

lluvia acida, efectos nocivos para la salud humana, y por sus consecuencias globales como efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono.

### **Los efectos y elementos nocivos emitidos por los motores diésel:**

#### ➤ **Cambio climático:**

“Se denomina cambio climático a las fluctuaciones dentro de una larga escala temporal de temperaturas, precipitaciones, viento y otros elementos del clima del planeta.” (Lopez, 2006) (united states of enviromental protection agency epa *inventory of us greenhouse gas emisions and sinks. 2006-2000 /430-r-pag19*).

#### ➤ **Smog foto químico:**

“Es un tipo de polución del aire a nivel troposférico en las áreas metropolitanas, en forma de neblina y con elementos oxidantes como el ozono. Es responsable cada año de pérdidas de cosechas por valor de varios billones de dólares USA y causa daños notables en las hojas de muchas cosechas y especies de árboles.” (Lopez, 2006)(United States o Environmental protection agency EPA. *National air quality and emissions trend report. 2007/430; pág. 35-37*).

#### ➤ **Lluvia acida:**

“Se denomina lluvia acida a todo tipo de precipitación (lluvia, nieve o niebla) cuyo pH este por debajo de 5, que es el nivel natural. Ciertos compuestos como SO<sub>2</sub> Y NO<sub>2</sub>, reaccionan con el vapor de agua de la atmosfera produciendo ácido sulfúrico y ácido nítrico, que son responsables de la acidificación de las precipitaciones.” (EPA, 2007).

#### ➤ **Disminución de la capa de ozono:**

“Si las emisiones de N<sub>2</sub>O no son disueltas por el agua, alcanzan a la atmosfera y contribuyen a la reducción de la capa de ozono”. (Lopez, 2006; pag 12)

➤ **Dióxido de carbono:**

“El co<sub>2</sub> es un producto directo de la combustión y está directamente relacionado con el consumo de combustible.

El co<sub>2</sub> no representa riesgo a la salud pero si contribuye al calentamiento global. “Esta fue la filosofía que llevo a la rectificación del tratado de Kyoto de una reducción del 5.2% de las emisiones de gases de efecto invernadero entre el año 1990 y el 2012”. (Lopez, 2006; pag13).

➤ **Óxidos de nitrógeno:**

“El nitrógeno es el constituyente principal del aire este al mezclarse con el oxígeno junto con altas temperaturas y presiones produce el NO<sub>x</sub>. Dentro de esta proporción se agrupan los compuesto NO (en una proporción de hasta un 70-90% en la combustión diésel y NO<sub>2</sub>”. (Lopez, 2006; pag 13).

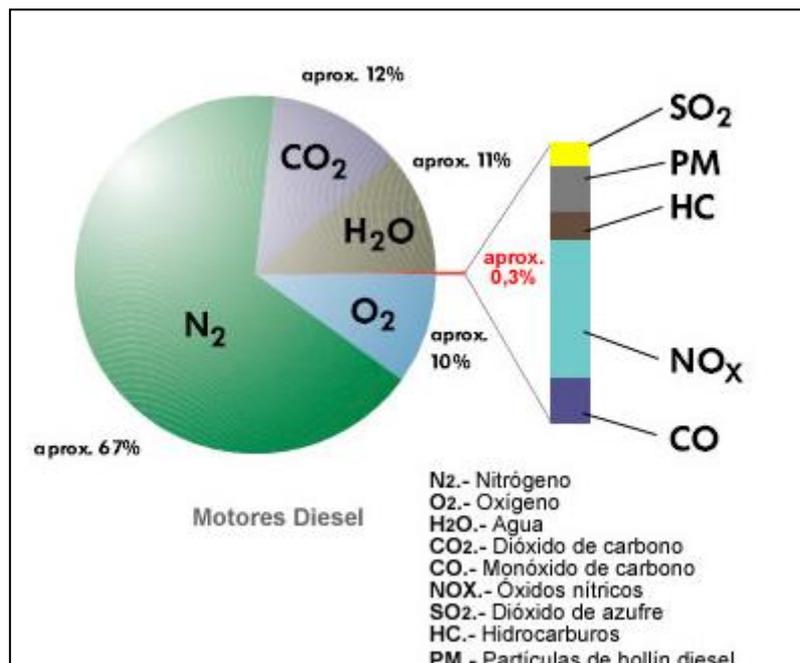
➤ **Partículas:**

“Las partículas se emiten junto con los gases de escape debido a la heterogeneidad de la combustión diésel. La formación de PM. La formulación de PM es un indicador de que el combustible nunca llegado a liberar toda su energía química, con lo que está también ligada a la disminución de la eficiencia de la combustión.” (Lopez, 2006; pag 13-14).

➤ **Monóxidos de carbono:**

“El CO es una sustancia incolora e inodora que se combina con la hemoglobina con una eficiencia mayor que el oxígeno. Un contacto continuado con CO hace que la capacidad de la sangre para transportar oxígeno disminuya.” (Lopez, 2006;pag 15).

En la figura 2.2 se tiene un panorama mas claro acerca de los gases.



**Figura 2. 2 Emisiones motores diésel**

Fuente: (ing.Juan Jose Mercano, 2013)

## 2.2 La normativa europea de control de emisiones para motores diésel:

La normativa Europea ha sido implementada para disminuir la contribución maligna de gases de los motores a diésel, causantes del impacto medioambiental y restringir la entrada en el mercado a vehículos que superen los límites máximos de emisiones de escape establecidos. Esta norma nace

“en el año 1959 se fijaron en California las primeras regulaciones de emisiones de escape en motor, que en un principio fueron para controlar CO y HC en MEP. Hoy en día, las regulaciones anticontaminantes se han extendido a nivel mundial, y aunque se diferencian en la forma de realizar las pruebas de homologación, tienen en común la continua reducción de los límites de emisión permitidos.” (Lopez, 2006; pag 16).

Los límites permitidos para los diferentes contaminantes esta diferenciado en dos grandes grupos:

- **Ligeros:** Son vehículos de pequeña cilindrada utilizados en automoción para turismos. Corresponden a la denominación en ingles de Light Duty o más comúnmente LD.
- **Pesados:** son vehículos de gran cilindrada utilizados para transporte de mercancías por carretera, denominamos Heavy Duty (HD).

Las primeras normativas anticontaminantes europeas se introdujeron en la década de los 90. Desde entonces, la unión Europea ha venido publicando en diferentes normativas denominadas Euro I, Euro II, etc. las regulaciones para las emisiones de NOx, PM, CO y HC de los motores diésel.

Actualmente las pruebas de homologación establecidas por las normativas pueden ser de dos tipos: en estacionario y transitorio. Un ciclo estacionario consiste en un conjunto de modos determinados por un régimen de giro y un grado de carga. En este tipo de ciclo, las emisiones finales son obtenidas al ponderar las emisiones medidas en cada modo con sus correspondientes factores de ponderación. Durante un ciclo en transitorio, el motor sigue un

patrón de conducción fijado por la normativa, que incluye cambios de carga velocidad, aceleraciones y desaceleraciones. Las emisiones finales pueden obtener en este caso de dos formas: sumando las emisiones medidas instantáneamente o analizando los gases de escape recogidos durante todo el ciclo transitorio en bolsas.

La figura 2.3 proporciona una visión global de la normativa europea vigente para motores diésel. Se puede ver como la normativa queda dividida claramente entre vehículos ligeros y pesados. Para los vehículos

En los ligeros se aplica un único test de homologación en transitorio y para los vehículos pesados están sometidos a pruebas de homologación en transitorio y estacionario.

<b>UNIÓN EUROPEA: ESTÁNDARES DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS DIESEL DE PASAJEROS</b>					
Legislación	Fecha de aplicación	Datos en g/km			
		NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	CO	PM
Euro I	07/1992		0,97	2,72	0,140
Euro II	01/1996		0,70	1,0	0,08
Euro III	01/2000	0,50	0,56	0,64	0,05
Euro IV	10/2005	0,25	0,30	0,5	0,025
Euro V	09/2009	0,18	0,23	0,5	0,005
Euro VI	09/2014	0,08	0,17	0,5	0,005

Fuente: Delphi, Worldwide Emission Standards: Heavy Duty & Off Road, 2009.

**Figura 2. 3 Estándares de emisiones para vehículos con motor diésel.**

Fuente: (Comision Economica para America Latina y el Caribe (CEPAL),  
2012)

### **2.2.1 Vehículos ligeros:**

Como se describe en la figura anterior los vehículos ligeros están sometidos a las siguientes pruebas de homologación en transitorio, que debe pasar el vehículo completo montado sobre un banco de rodillos. “El test se denomina ECE+EUDC o ciclo Europa, y tiene como objetivo reproducir las condiciones de conducción típicas de ciudad y de carretera. Para ello, la normativa define una evolución de velocidades que debe seguir el vehículo: se repite cuatro veces un patrón de velocidades más bajas, que dura unos 200 segundos y se denomina ECE, seguido de una evolución de velocidades más altas de unos 400 segundos denominada EUDC (Extra Urban Driving Cycle)” (EPA, 2007).

### **2.2.2 Vehículos pesados:**

Para los vehículos pesados en Europa desde el año 2000 hasta el año 2005 se empezó implementando la normativa obligatoria “Euro III” donde existían las pruebas de medición de gases llamadas EIR para el diagnóstico transitorio del vehículo y ESC para el diagnóstico de gases estacionarios. Además como complemento se implementó otra prueba más específica para motores de tecnología avanzada en la postración de gases de escape llamada EFC como introducción a la Euro IV” (EPA, 2007).

### **2.2.3 El test transitorio europeo:**

Las pruebas que se realizan en Europa se las hace nivel de carreteras, conocida como ETC esta prueba consiste en circular el vehículo por varias zonas como urbana, rural y autopista para determinar cuánto CO<sub>2</sub> y CO acumulan en unas bolsas de acuerdo al patrón de velocidad del vehículo medido.

Otra prueba importante es el ELR o test europeo de baja carga donde se mide la respuesta de humos mediante un opacímetro se realiza la prueba en 4 regímenes de giro del motor haciendo pruebas al 10% y 100%.

Existen varias normas a nivel de fabricantes para cumplir con las emisiones ideales para circulación de vehículos diésel en toda Europa y el mundo de fabricantes de automóviles, estos deben respetar los límites de emisiones contaminantes y para esto se han desarrollado ciertos instrumentos y partes automotrices que con ayuda de dispositivos electrónicos se tiene un mejor control y desempeño de las mismas, además se ha establecido un tiempo ideal de vida útil de 160.000km o en caso de comprobación de conformidad por el producto es decir los vehículos se dan garantía de un promedio de 5 años o 100.000 km variando de marca y gama de modelo de vehículo vendido siguiendo el plan de tiempo también de la implementación de Euro según vayan transcurriendo los años.

“La Comisión ha establecido, procedimientos, ensayos y requisitos específicos relativos a:

- Las emisiones del tubo de escape, incluidos los ciclos de ensayo, las emisiones en baja temperatura ambiente, las emisiones al ralentí, la opacidad de los humos y el funcionamiento y la regeneración correctos de los sistemas de retención de gases.
- Las emisiones de evaporación y emisiones del cárter del cigüeñal.
- Los sistemas de diagnóstico a bordo (DAB) y el comportamiento de los dispositivos de control de la contaminación en los vehículos en circulación.
- La durabilidad de los dispositivos de control de la contaminación, los dispositivos de control de las emisiones de recambio, la conformidad en circulación, la conformidad de la producción y la inspección técnica de vehículos.
- Las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de combustible.
- La extensión de las homologaciones de tipo y los requisitos aplicables a los pequeños fabricantes.
- Los requisitos de los equipos de ensayo.
- Los combustibles de referencia, como la gasolina, el diésel, los combustibles gaseosos y los biocombustibles.
- La medición de la potencia del motor.

Poder acceder de forma sencilla y transparente a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos es esencial para garantizar una competencia libre en el mercado interior en materia de servicios de información y reparación. Con este fin, los fabricantes deben garantizar a los operadores independientes un acceso fácil a través de internet, sin restricciones y

normalizado (en particular, de conformidad con la norma OASIS), a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos, sin discriminación con respecto a los concesionarios y talleres de reparación oficiales. Esta obligación comprende los sistemas DAB y sus componentes, las herramientas de diagnóstico, los equipos de ensayo, así como las unidades de trabajo estándar o los períodos de tiempo para tareas de reparación y mantenimiento. Se autorizará el cobro de tasas de acceso a esta información siempre y cuando sean razonables y proporcionadas. Sin embargo, los talleres de reparación independientes podrán acceder de manera gratuita a los registros de información en las mismas condiciones que los concesionarios o talleres de reparación autorizados.

Por otra parte, los fabricantes permitirán el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos, así como a los servicios transaccionales” (Parlamento Europeo y del Consejo, 2013).

A continuación una representación de la norma Euro 5 en la tabla 1.2, que se encuentra en vigencia desde el 1 de septiembre del año 2009 hasta el 01 de Septiembre del año 2014 donde se representa el control y niveles de gases contaminantes esto a nivel Europa no se lo mide en las ITV (inspección técnica vehicular) que es similar a la CORPAIRE ecuatoriana, aquí solo se mide nivel de opacidad en motores diésel de “vehículos anteriores al 2008 con un máximo de 3,0m-1 y para vehículos después del año 2008 un valor de opacidad de 1,5m-1” (Ministerio de energía e industria Español, 2012), siendo un m-1 una medición del nivel de lúmenes que pasan por el opacímetro.

**Tabla 1. 2 Limite de emisiones Euro 5**

Categoría	Clase	Masa de referencia (MR) (kg)	Valores límite													
			Masa de monóxido de carbono (CO)		Masa total de hidrocarburos (HCT)		Masa de hidrocarburos no metanos (HCNM)		Masa de óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )		Masa combinada total de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno totales (HCT + NO <sub>x</sub> )		Masa de partículas (MP)		Número de partículas (P)	
			L <sub>1</sub> (mg/km)	CI	L <sub>2</sub> (mg/km)	CI	L <sub>3</sub> (mg/km)	CI	L <sub>4</sub> (mg/km)	CI	L <sub>1</sub> + L <sub>4</sub> (mg/km)	CI	L <sub>1</sub> (mg/km)	CI	L <sub>2</sub> (#/km)	CI
M	—	Todos	1 000	500	100	—	68	—	60	180	—	230	5,0	5,0		
N <sub>1</sub>	I	MR ≤ 1 305	1 000	500	100	—	68	—	60	180	—	230	5,0	5,0		
	II	1 305 < MR ≤ 1 760	1 810	630	130	—	90	—	75	235	—	295	5,0	5,0		
	III	1 760 < MR	2 270	740	160	—	108	—	82	280	—	350	5,0	5,0		
N <sub>2</sub>			2 270	740	160	—	108	—	82	280	—	350	5,0	5,0		

Clave: PI = encendido por chispa, CI = encendido por compresión.  
 (P) Se establecerá una norma relativa al número lo antes posible y, a más tardar, tras la entrada en vigor de Euro 6.  
 (P) Las normas sobre masa de partículas de los vehículos de encendido por chispa se aplican únicamente a los vehículos con motores de inyección directa.

## 2.3 Normativa de control de emisiones en el Ecuador

### 2.3.1 Análisis de emisiones a nivel Ecuador:

En Latinoamérica hay espacio de deseos de aplicar las normativas europeas para afrontar las emisiones que los motores diésel producen, esto ha generado grandes cambios a nivel de control vehicular y ha obligado a traer vehículos con mejor tecnología es decir vehículo de bajo nivel de emisión.

Si hablamos en esta tesis del uso del diésel en Ecuador comparado con el uso de motores en Europa hablamos de una pequeña parte a nivel automotriz en las cuales se dividen emisiones por parte de vehículos ligeros a diésel y la mayoría de vehículos de transporte pesado.

Los controles que se realizan se los analiza según las normativas internacionales obviamente pero se debe adecuar al mercado y economía de nuestro país, lo más importante es saber que tan factible es tener un vehículo diésel y que costos implicaría mantenerlo a pesar de tener un diésel de baja calidad pero subsidiado a la vez, es de conocimiento general que los vehículos que se utilizan para transporte pesado son diésel por su bajo costo y consumo y ya que son vehículos que se utilizan para trabajo se pagan a sí mismos de una forma u otro.

En cambio los vehículos ligeros varían entre vehículos de trabajo como camionetas o furgonetas que son utilizados en la mayoría de casos para turismo, hoteles, recorridos escolares o empresariales siendo así también considerados vehículos que se devengan a sí mismos en los libros de costos de cualquier empresa.

Existen muchos vehículos de uso diario a diésel en comparación a Europa su volumen es menor ya que su mantenimiento es costoso pero no caro.

Muchos vehículos de turismo no son conocidos en nuestro país por cuestiones económicas y baja calidad del diésel ya que al tener un diésel con alto nivel de azufre puede dañarlos prematuramente y complicar su mantenimiento.

Las altas concentraciones de azufre en el combustible diésel aumentan las emisiones de las fuentes móviles de contaminantes dañinos, sobre todo de partícula de materia.

Combinando los combustibles con un alto nivel de azufre con la tecnología anterior, se alcanza niveles de emisión inseguros de humo, hollín, y partículas

muy finas de materia que son extremadamente perjudiciales para la salud humana.

La reducción del azufre en los combustibles y la tecnología de los vehículos pueden ayudar en importantes resultados en el mejoramiento de la calidad del aire, evitando los costos del cuidado de la salud humana, además de otros beneficios medioambientales.

En el Anexo I se brinda una visión general de la capacidad de refinamiento por proceso.

Los niveles de azufre de 500 ppm e inferiores permite el uso de ciertas tecnologías de control de emisión que se encuentran actualmente vigentes en Europa, Asia, y Norte América.

“Combustibles con 500 ppm o menor nivel de azufre permiten la introducción de vehículos a diésel de última tecnología que están provistos con catalizadores de oxidación de diésel. Esta calidad de combustible a diésel también permite que ciertos vehículos pesados a diésel más antiguos, puedan ser modificados con la tecnología de control de emisión; dichos proyectos están en ejecución en Ecuador y Chile, y han tenido éxito en la ciudad de México.

Con los niveles de 50 ppm de azufre o inferiores, son aún mayores las reducciones en la emisión ya que los filtros de partícula de diésel y otras tecnologías pueden utilizarse en los nuevos y en los vehículos ya existentes.”

(Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente, 2007- pag 2).

“La PCFV (Partnership for Clean Fuels and Vehicles) es una organización a nivel internacional que ayuda a promover el cuidado del medio ambiente junto con los gobiernos de latinoamerica para que controlen el estado y tipos de

vehículos que ingresan a un país” (United Nations of Environment Programme, 2013).

Como resultado de esta tenemos la “CORPAIRE, como una organización miembro de la PCFV, es la institución asignada por el gobierno local de Quito para vigilar la gestión de los programas sobre la calidad del aire en Quito. Su misión es producir datos confiables relacionados con la concentración de contaminantes atmosféricos en el Distrito Metropolitano de Quito, que sirven como base para la planificación, formulación, aplicación, y evaluación de políticas orientadas a mejorar la calidad del aire en la ciudad.” (Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente, 2007- pag 3 y 4).

Prácticamente lo que se mide para la revisión de gases en los vehículos es nivel de opacidad es decir el grado de luz que traspasa a través de un humo implotando una distancia de luz y un porcentaje medido con un opacímetro.

En la revisión corpaire poseen un opacímetro donde se determina de acuerdo a la norma INEN 2207 de código ecuatoriano para emisión en motores diesel es; del 50% como máximo en vehículos del año 2000 y posteriores, y del 60% para vehículos del año 1999 y anteriores. de acuerdo a esto sale la siguiente tabla 1.3:

**Tabla 1. 3 Límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor diésel (prueba de aceleración libre) (Instituto Ecuatoriano de normalización INEN, 2002)**

<b>Año modelo</b>	<b>% Opacidad</b>
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

### **2.3.2 Normativa internacional aplicadas en el estado ecuatoriano por la INEN:**

De acuerdo al análisis en la conferencia de la institución internacional PCFV de Europa y la corporación a nivel del distrito metropolitano de Quito se puede determinar que no hay una exactitud en la norma en la cual estamos ubicados por que existe una variable de vehículos bastante grande y aunque se presume que estamos en la normativa euro 2 también tenemos vehículos con normativas euro 3 lo cual seguirá avanzando con el tiempo y por lo tanto se estandarizará cuando llegemos a reducir en el proceso de refinación de nuestro diesel las ppm de azufre.

Actualmente la cantidad máxima permitida en el diesel premium es de 500 ppm de azufre en el combustible siendo esta aun una medida bastante alta en el nivel de emisiones por parte de los vehículos diesel, si observamos los países nórdicos tienen una emisión de 10 a 15 ppm de azufre y en otros países de Latinoamérica como Venezuela tienen 50ppm lo que nos guía a que nosotros como consumidores y reguladores de los vehículos que entran tiendan a manejar variables en las mediciones de la corporación según las diferentes tecnologías en los vehículos no obstante se deben actualizar todos los autos es decir implementar en el mercado vehículos a diesel con tecnologías más avanzadas y de bajo consumo de combustible para ayudarnos a incrementar nuestro nivel Euro en particular.

En Europa la tentativa para el año 2015 es ya tener la Euro 6 por el momento los fabricantes están diseñando nuevos sistemas para reducir el NOx y las PM

su plazo es hasta el 2014 para que el 2015 ya se implemente la normativa euro 6, en el Ecuador estamos un poco mas atrasados pero no por que o fabriquemos vehiculos si no por que tenemos una gama grande de vehiculos diesel de turismo y de transporte con gran diferencia de tecnologia en control de emisiones que aun no nos permite igualarnos, a pesar de eso tambien tenemos limites por parte de la baja calidad de combustible diesel que tenemos su cantidad de azufre desgasta los filtros y sistemas al doble de un vehiculo gasolina haciendo que su mantenimiento sea costoso.

### **2.3.3 Tecnología de motores diésel:**

“Desde 1992 se han impuesto normativas de regulación de la calidad de combustible diésel. La industria del petróleo ha desarrollado productos centrándose en las imposiciones legislativas y abarcando diferentes aspectos”.

(Lopez, 2006-pag 22)

1. **Reducción del contenido de azufre:** este envenena los sistemas de postramiento de emisión de gases y favorece a la formación de PM.
2. **Disminuir los niveles de aromáticos:** Disminuir esto provoca un aumento en el octanaje del diésel así también como la reducción de partículas contaminantes, debido a una mejora en la combustión del mismo.
3. **Aumento de la relación de hidrogeno- carbono:** Esto reduce el NOx emitido por que aumenta la temperatura de combustión.

4. **Gestión del aire:** Hablamos de gestión de aire con los sistemas de sobrealimentación también llamados turbo cargadores que nos ayudan a forzar aire en la cámara y mejorar la compresión y trabajo del motor aprovechando la energía térmica de los gases de escape y además representa ventajas en el consumo de combustible. También se suelen incorporar intercooler que sirven para enfriar el aire que ha sido calentado en el compresor antes de que sea admitido en los cilindros hay que recordar que el aire frío esta mas comprimido.
5. **Recirculación de gases de escape:** Estos sistemas reemplazan el aire admitido por el motor por gases de escape para reducir su temperatura alcanzada durante la combustión.
6. **Diseños en la cámara de combustión:** Los diferentes diseños en la cámara de combustión de los motores se utilizan específicamente para optimizar el uso y consumo de combustible, lógicamente como consecuencia esto nos dará una reducción significativa en los gases que sales del motor hacia la atmosfera.
7. **Inyección de combustible:** Observando la tabla 1.4, a mediados de la década de 1990 la tecnología en motores diésel era IDI inyección indirecta pero debido a su bajo rendimiento y alto consumo de combustible se creó el sistema ID inyección directa que ha favorecido mucho en el consumo y optimización de estos motores, las siguientes tecnologías han seguido desarrollándose en base a la evolución de la

inyección directa complementándose así mismo con sistemas de bomba de alta presión para dosificar combustible.

**Tabla 1. 4 Límites máximos de emisión de gases contaminantes por motores diésel según la norma INEN 2207. (Instituto Ecuatoriano de normalización INEN, 2002)**

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	Partículas g/km	CICLOS DE PRUEBA
M1 <sup>(1)</sup>	≤ 3 500	Todos	2,72	0,97 <sup>(4)</sup>		0,14	ECE -15 + EUDC
M1 <sup>(2)</sup> , N1		≤ 1 250	2,72	0,97 <sup>(4)</sup>		0,14	
		> 1 250 ≤ 1 700	5,17	1,4 <sup>(4)</sup>		0,19	
		> 1 700	6,9	1,7 <sup>(4)</sup>		0,25	
N2, N3, M2 M3 <sup>(3)</sup>	> 3 500	Todos	4,0	1,1	7,0	0,15	ECE - 49

\* Prueba realizada a nivel del mar

<sup>(1)</sup> Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas.

<sup>(2)</sup> Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas.

<sup>(3)</sup> Unidades g/kWh

<sup>(4)</sup> HC + NOx

8. **Sistema de ventilación positiva del cárter PCV:** Su función es la de extraer los gases o los vapores del cárter para introducirlos en la cámara de combustión es decir recircular para que así puedan ser quemados, como se ve en la figura 2.5.

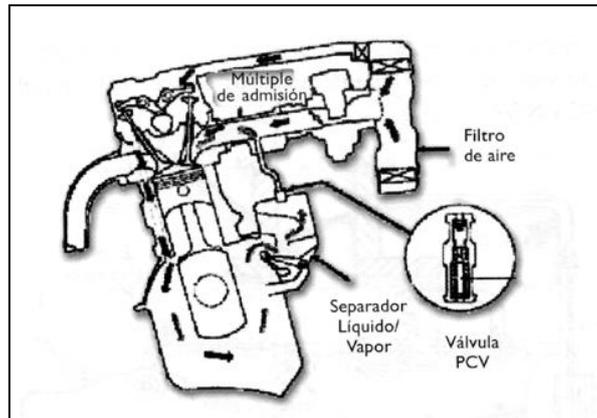


Figura 2. 4 Sistema de ventilación positiva del cárter

Fuente: (Ing. Juan Jose Mercano, 2013)

**9. Sistema de control de vapores:** Este sistema evita que los vapores generados en los depósitos de combustible salgan a la atmósfera, reteniéndolos o condensándolos en un canister o caja de carbón activado, para que posteriormente sean introducidos a la cámara de combustión y puedan ser utilizados (ing. Juan Jose Mercano, 2013).

**1. Gestión electrónica del motor:** Ya que se tienen varios sensores de medición de gases nos ayudan a regular las emisiones estos son controlados por una computadora ECU que nos ayuda también a regular el régimen de trabajo del motor optimizándolo así a través de cartografías y reglajes programables según donde el vehículo se encuentre es decir la altura la presión atmosférica, etc. De este modo se puede seleccionar para cada condición del motor una tasa de inyección determinada de combustible como por ejemplo la regularización de la

apertura de la válvula EGR, etc. Esto nos ha permitido optimizar el consumo de combustible y mejoras en la potencia de los motores.

### **3. CAPITULO III: Normas INEN y sus aplicaciones en la refinación del diésel en el Ecuador.**

#### **3.1 Normas INEN para refinación y producción del diésel:**

Las siglas INEN significan Instituto Ecuatoriano de Normalización, este ha creado la enmienda para normalizar y estandarizar los productos derivados del petróleo. Para el diésel esta enmienda se llama “NTE INEN 1489:2012 séptima revisión” (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, 2013-06-14-pag 2).

Esta norma tiene como objeto establecer los requisitos que debe cumplir el diesel que se comercializa en el país. Para efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2341.

Su alcance se aplica a todo el diesel que se comercializa en el país sea de producción nacional o importado.

El combustible que se comercializa en el país tiene la siguiente clasificación:

- “Diesel No. 1: Combustible utilizado en aparatos de combustión externa industriales o domésticos.
- Diesel No. 2: Combustible que se utiliza en los siguientes sectores: industrial, pesquero, eléctrico, naviero, etc. Exepto para uso automotriz.
- Diésel premium: Es el combustible utilizado en motores de autoignición para la propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional”

(INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, 2013-06-14- pag 1).

Las disposiciones generales del este producto a simple vista son que debe estar extento de agua, limpio y sin materiales en suspension.

En esta tesis se analizará el diesel premium ya que es de uso automotriz, su análisis y control de calidad es importante para el estudio.

Tabla 1. 5 Requisitos del diesel premium.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	método de ensayo
Punto de inflamación	C	51	-	NTE INEN 1493 PROCE A
Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de destilación	%	-	0,15	NTE INEN1491
W contenido de cenizas	%	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40 C	mm <sup>2</sup> /s	2,0	5,0	NTE INEN 810
W contenido de azufre	%	-	0,05	ASTM 4294 NTEINEN 1490
Corrosión sobre la lámina de cobre	Clasificación	-	No3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de Biodiesel	%	nota---	5	EN 14078
<b>nota de no contener Biodiesel no es necesario este ensayo</b>				

Fuente:(INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, 2013-06-14pag 4)

### **3.1.1 Refinerías en el Ecuador:**

La gerencia de refinación de la empresa pública Petroecuador esta encargada de transformar hidrocarburos, mediante procesos de refinación, para producir derivados que satisfagan la demanda interna, manteniendo así los siguientes objetivos.

- Industrializar los hidrocarburos, con la mayor eficiencia empresarial, previniendo la contaminación ambiental.
- Procesar los crudos que se obtienen principalmente en los campos de la Amazonia.
- Abastecer la demanda de combustibles en el país.

#### **Los centros de industrialización del país:**

El Ecuador cuenta con tres centros de producción de derivados: Refinería estatal Esmeraldas, Complejo Industrial Shushufindi y Refinería La Libertad, todas con características especiales. También opera una pequeña planta en Lago Agrio (1.000 barriles).

Para esta tesis solo se tomará en cuenta la refinería Esmeraldas ya que es la abastecedora de diesel en el Ecuador.

#### ➤ **Refinería Esmeraldas:**

Se tomará como ejemplo a esta refinería siendo la más grande y productiva del Ecuador, fue diseñada y construida entre 1975 y 1977 para procesar 55.000 barriles de petróleo por día (BDP). Su primera ampliación a 90.000 BDP se

produjo en 1987. En 1999 concluyó su ampliación a 110.000 BDP, adaptándose para procesar crudos mas pesados y de menor calidad, se incorporó nuevos equipos para mejorar la pureza de los combustibles y minimizar el impacto ambiental.

### **Productos de la refinería Esmeraldas:**

La refinería Esmeraldas produce gasolina, diesel, kerosene, gas licuado de petroleo (GLP), jet fuel (gasolina de avión), gasóleo No 4, gasóleo No 6, asfaltos 80/100 y RC-2 combustible para motores radio control), ademas de butano, propano y azufre solido.

### **3.1.2 Descripción de la unides del proceso de refinería Esmeraldas:**

#### **1. Unidad de destilación Atmopsférica:**

Consta de dos unidades de destilación de 55.000 BDP de capacidad cada una, es decir, en total produce 110.000 BDP. Procesa crudos de entre 23 y 27 grados API. En estas unidades, el petróleo es sometido previamente al procesos de desalado para la eliminación de cloruros (sales), con lo cual se evita la corrosión de los equipos.

El crudo se calienta a 350 grados C e ingresa a las torres de destilación atmosférica, en donde se produce la separación de los distintos productos sobre la base de los diferentes puntos de ebullición.

## **2. Unidad de Vacío:**

El crudo reducido, por fracciones de petróleo sobre los 350 grados C, se descomponen térmicamente para luego fraccionarlo a presión de vacío. En este proceso el crudo es reducido previamente calentado se separa en; gasóleo pesado y liviano. Los gasóleos sirven de alimentación para las unidades de craqueo catalítico fluidizado (FCC).

## **3. Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado FCC:**

En esta unidad tiene una capacidad de 18.000 BDP, la alimentación (gasóleo de vacío) formada por largas cadenas moleculares, es sometida a temperaturas de 520 grados C, en contacto con el catalizador zeolítico en estado fluidizado, se transforma por craqueo catalítico en fracciones más livianas como; gases, GLP, gasolina de alto octanaje y destilados conocidos como aceites cíclicos que se usan como diluyentes del gasóleo.

## **4. Unidad Viscosreductora:**

En esta unidad los fondos de vacío tienen alto peso molecular y constan de una alta viscosidad mediante craqueo térmico, producen el rompimiento molecular de la carga, obteniéndose un producto menos viscoso adecuado para usarse como fuel-oil, reduciéndose así el uso de diluyentes en la preparación de este

producto. Por consiguiente estamos aprovechando residuos para disminuir costos de producción.

### **5. Unidad Reformadora Semiregenerativa:**

Consta de una capacidad de 2780 BDP de nafta de destilación primaria. La nafta pesada obtenida de las unidades de crudo es de muy bajo octanaje (53 octanos), lo que la hace inadecuada para su uso como combustible de automotores, en consecuencia a esto la unidad utiliza; un tren de reactores, catalizadores de platino y renio, y altas temperaturas que modifican la estructura molecular de los componentes de la nafta para obtener compuestos de mayor octanaje.

### **6. Unidad reformadora catalítica continua CCR**

Aquí se realizan tres operaciones que obedecen a la regeneración continua del catalizador:

- Unidad P1: Hidrotratadora de Nafta pesada de 13.000BDP

Se obtiene nafta hidrotratada con un contenido bajo de contaminantes tales como; azufre, agua, halógenos, olefinas, arsénico y metales, con el fin de que no afecten el comportamiento de la sección de reformación catalítica, lo cual consta de un reactor de catalizador bimetálico en lecho fijo.

- Unidad P2: Reformadora Catalítica de 10.000 BDP:

El propósito de esta unidad es producir un reformado de alto octanaje rico en aromáticos para el tanque de mezcla de gasolina, consta de tres reactores con un lecho móvil de catalizador bimetálico en atmósfera de hidrógeno.

➤ **Unidad P3: Lazo de Regeneración:**

En esta unidad el propósito es la regeneración continua del catalizador durante la operación normal de la reformadora.

**7. Hidrodesulfuradora de Diesel:**

En esta unidad el diesel obtenido en las unidades de crudo es sometido al proceso de hidrotratamiento, produce diesel con bajo contenido de azufre (menor a 0.05% peso) y libre de compuestos nitrogenados.

Con este proceso el diésel producido en la refinería Esmeraldas satisface las exigentes restricciones medioambientales implicadas en la INEN.

**8. Procesos Merox:**

Estas unidades de tratamiento son diseñadas para mejorar la calidad de la gasolina y del GLP. Su función es transformar los productos nocivos de azufre y su disminución en los productos terminados.

**9. Tratamiento de Jet-fuel:**

Este producto mejora la calidad del jet-fuel, elimina totalmente el agua que puede contener este combustible además; elimina gomas y otros compuestos

ácidos con lo cual satisface las normas de calidad de los combustibles en aviación.

#### **10. Tratamiento de gases:**

Los gases contenidos en el petróleo y los que se generan en las unidades de proceso de Refinería Esmeraldas son utilizados como combustible en la refinería, estos gases requieren la eliminación de compuestos de azufre y nitrógeno, de lo contrario contaminarían el ambiente al ser quemados en los hornos y calderas.

#### **11. Tratamiento de aguas amargas:**

Las aguas industriales que se generan en las diferentes unidades del proceso, se envían a esta unidad para su eliminación de compuestos de azufre y nitrógeno, posteriormente se reutilizan o son vertidas libres de contaminantes.

#### **12. Unidad de recuperación de azufre:**

El gas sulfhídrico que se obtiene del tratamiento de los gases en la refinería por aguas amargas y del proceso Merox LPG, junto con la fase CLAUS, permite producir azufre de alta pureza, estos procesos de tratamiento reducen dramáticamente el impacto de la refinería Esmeraldas sobre el medioambiente.

#### **13. Planta oxidadora de asfaltos:**

Mediante el proceso de oxidación el residuo de vacío y el residuo de las viscorreductoras producen asfalto, el mismo que puede utilizarse como recubrimiento impermeabilizante en la fabricación de pilas y baterías eléctricas.

### **3.1.3 Detalles en la refinación del Diesel:**

Según la información obtenida en una entrevista con el Ingeniero Lucio Villareal quien trabaja en el área de producción y mantenimiento de la refinería Esmeraldas, manifiesta que: el diésel que sale del crudo en los hornos tiene una cantidad de 9000 ppm de azúfre, y al no ser un crudo tan pesado se lo pasa directamente a la estación de desulfuración de diesel HDS, posteriormente a esto se analiza como funciona y se elimina el azufre del diesel, lo cual se puntualiza en la tabla número 3 de la presente tesis, en la tabla se encontraran datos del diesel premium para uso del parque automotor ecuatoriano cuenta con un bajo porcentaje de azúfre 0.05%, es decir 500ppm que están aceptadas por las normas anticontaminantes de la INEN, lo que conlleva a cumplir su calidad como combustible y su correcto desempeño en los motores diesel.

Adicional a esto el Ing Villareal interpreta que la capacidad de la hidrosulfuradora de diesel es producir un diesel que cumpla con los estándares de calidad de la INEN con una alta calidad tolerando hasta 500ppm de azúfre. Sin embargo la HDS deja el diesel en 350 ppm a pesar de que esta máquina catalizadora podría dejarlo en 50 ppm, no obstante esto no es posible

por los costos que genera, debido a que esta planta HDS trabaja alimentada por hidrógeno producido en la estación CCR (reformadora catalítica continua), que viene como un residuo de la mejora del octanaje en la gasolina. Por lo tanto el diesel queda de baja calidad pero cumple con las normas establecidas del Ecuador.

Para mejorar esto se necesitaría una planta de abastecimiento de hidrógeno solo para la HDS, pero es una inversión costosa que no se encuentra estimada dentro del presupuesto de la petrolera.

### **3.2 Hidrodesulfuradora de Diesel:**

#### **Descripción de la Hidrodesulfuradora de Diesel:**

El proceso de hidrodesulfuración comprende el uso del hidrógeno en altas presiones de 3 a 10 MPa con el fin de reducir los componentes sulfurados que se presentan en el diésel convirtiéndolos en hidrógeno sulfhídrico, para realizar esta reducción de azufre es necesario un catalizador. El catalizador comúnmente usado en este proceso es NiO-MoO<sub>3</sub> construido con aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

#### **Proceso de tratamiento:**

El proceso realizado por la hidrodesulfuradora de diésel se compone de tres fases de reacción importantes las que se producen en la camilla del reactor, la reacción depende del régimen de flujo que tenga el reactor tomando en cuenta la velocidad de la masa de líquido que inicia con una condición de contacto que

conduce al azufre de un estado gaseoso a uno líquido y finalmente a un estado sólido.

El diagrama del proceso de la figura 3.1 muestra cómo trabaja el catalizador, el reactor, el removedor de azufre, el purificador de hidrogeno y los equipos de transferencia de calor.

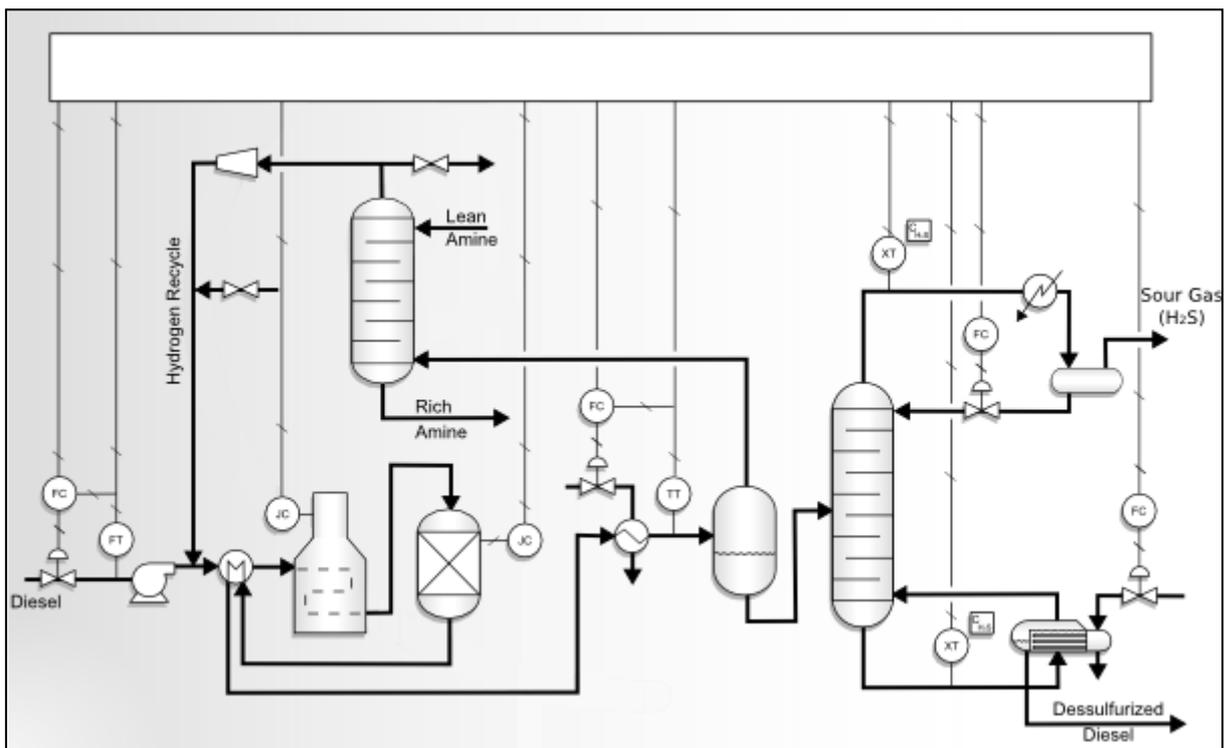


Figura 3. 1 Planos de hidrosulfuradora de diésel.

Fuente: ( Fundación Wikimedia, Inc., 2013).

### Descripción del proceso:

La hidrosulfuración es el proceso que ocurre en un reactor de lecho fijo a elevadas temperaturas que están comprendidas entre 300 y 400 ° C , a elevadas presiones que van desde 30 hasta 130 atmósferas de presión absoluta, consecutivo a esto pasa a un catalizador que consta de una base de

aluminio impregnada con cobalto y molibdeno (generalmente llamado un catalizador CoMo).

Finalmente conduce a un catalizador de níquel y molibdeno (NiMo) específico para tratar y limitar altos niveles químicos de nitrógeno.

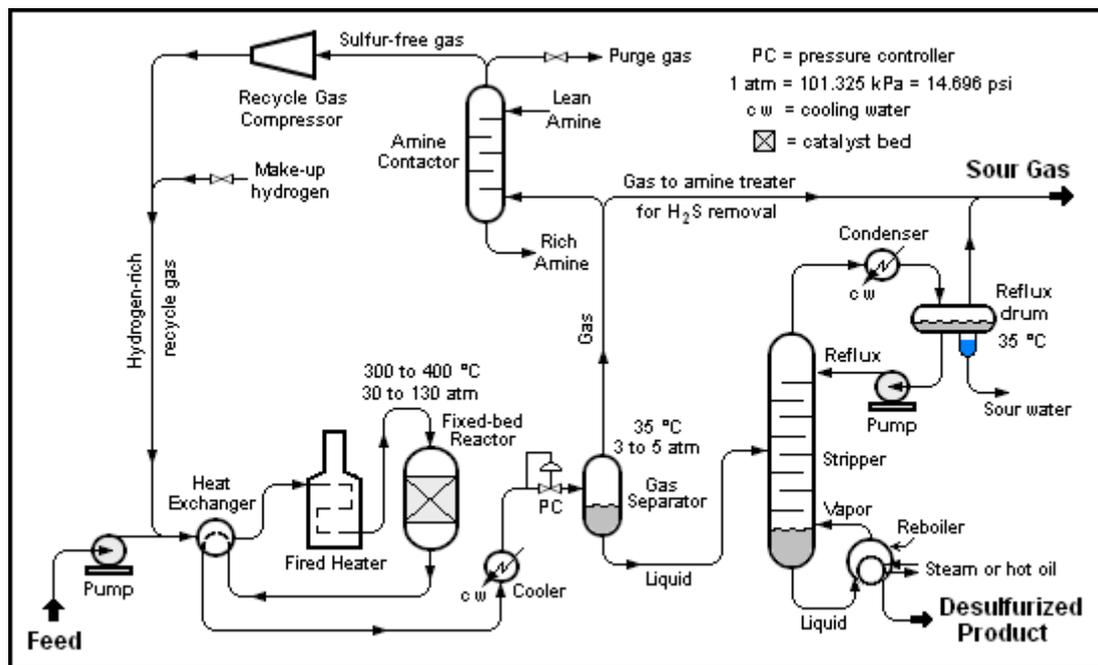


Figura 3. 2 Proceso de funcionamiento de la HDS.

Fuente: (Ardines, 2013)

Descripción del proceso en la figura 3.2, el líquido de alimentación es bombeado a una presión elevada y está unido por una corriente de gases ricos en hidrógeno reciclados, la mezcla de gas líquido resultante es precalentada debido a que fluye a través de un intercambiador de calor para ser totalmente vaporizado y sometido a elevadas temperaturas que son imprescindibles antes

de entrar al reactor y que fluye a través de un lecho fijo de catalizador donde ocurre la reacción de hidrosulfuración.

Los productos de reacción en caliente se enfrían parcialmente mientras circulan a través del intercambiador de calor, donde la alimentación del reactor se ha precalentado para fluir a través de un intercambiador de calor refrigerado por agua que conduce al regulador de presión (PC) y sufre una reducción de la presión que se encuentra de 3 a 5 atmósferas. La mezcla resultante del líquido y del gas entra al separador de embarcación a una temperatura de 35 ° C y oscila entre 3 y 5 atmósferas de presión absoluta.

El recipiente separador de gas tiene como función reciclar el gas de los gases ricos en hidrogeno que se van a través de un contacto de amina para el retiro del producto de la reacción que contiene H<sub>2</sub>S (gas rico en hidrogeno). El H<sub>2</sub>S es reciclado para su reutilización en la sección de reactor. Cualquier exceso de gas del recipiente separador de gas, une el gas amargo de la extracción del líquido que es producto de la reacción.

El líquido del recipiente separador de gas va a través de una torre de destilación, el producto de fondos de la bailarina es el producto líquido desulfurado final de unidad de la unidad de hidrosulfuración.

El gas amargo encima de la cabeza de la bailarina contiene; sulfuro de hidrógeno, hidrógeno, metano, etano, propano y componentes más pesados como el butano. El gas amargo es enviado a la planta para eliminar el sulfuro de hidrógeno para tratarlo con amina a través de una serie de torres de

destilación las cuales recuperan el propano, butano y pentano incluyendo los componentes más pesados de procesamiento central de gas en la refinería.

El hidrógeno residual, metano, etano y propano en algunos se utiliza como combustible para la refinería, mientras que el sulfuro de hidrógeno es quitado y recuperado por el gas de amina para ser convertido posteriormente en azufre elemental.

Tenga en cuenta que la descripción anterior se asume que la alimentación de la unidad HDS puede o no contener olefinas. Si la alimentación contiene olefinas entonces también puede contener; etano, propano y los componentes pesados.

### **3.2.2. La química para el hidrotreatmento del diésel en refinerías de petróleo:**

#### **➤ Hidrogenación:**

“La hidrogenación es una clase de reacción química en la que el resultado neto es la adición de hidrógeno (H). La hidrogenólisis es un tipo de hidrogenación y resultados en la hendidura del CX del enlace químico, donde C es un átomo de carbono y X es un azufre (S), nitrógeno (N) o un átomo de oxígeno (O). El resultado neto de una reacción hidrogenólisis es la formación de enlaces químicos C-H y H-X. Por lo tanto, hidrodeshulfuración es una reacción hidrogenólisis. Usando etanetanol ( $C_2H_5SH$ ), un sulfuro compuestos presentes en algunos productos, como por ejemplo, la reacción de

hidrodesulfuración pueden ser simplemente expresados como de petróleo” (Ardines, 2013).

➤ **Compuestos de azufre**

“Las corrientes del petróleo (naftas, keroseno, gasóleos ligeros y pesados) contienen una gran cantidad de compuestos orgánicos de azufre, tales como; el tiol, tiofeno, benzotiofeno, dibenzotiofeno y naftodibenzotiofeno. Estos compuestos varían en su reactividad con la HDS y en su proporción en las corrientes del petróleo” (EPA, 2007).

En la siguiente figura 3.3 se grafica el proceso químico que sufre el diésel durante su hidrodesulfuración.

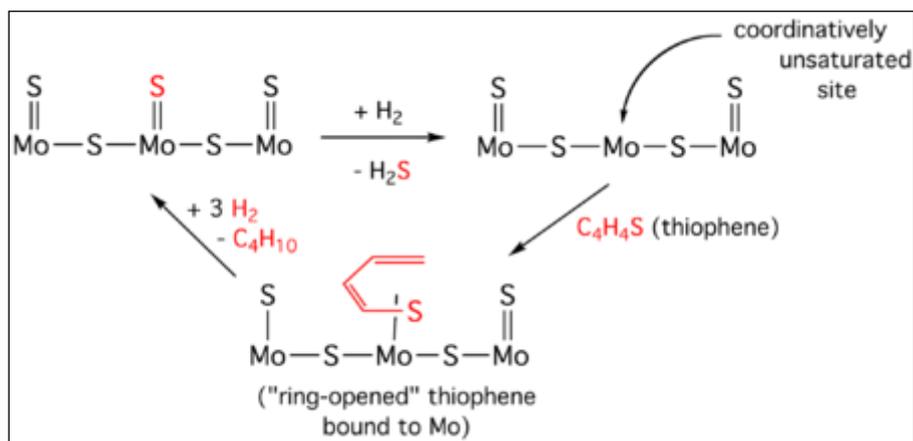


Figura 3. 3 Diagrama simplificado de un ciclo HDS de tiofeno.

Fuente: (Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente, 2007).

### 3.2.3 El catalizador en la HDS:

**Catalizador:**

Se define el proceso químico llamado catálisis a la reacción química causada por el aumento de velocidad del paso de los gases en este caso calentados por el hidrogeno de la HDS que serían llamados venenos catalíticos o en su disminución de la velocidad también llamados catalizadores negativos o inhibidores. La idea de utilizar estos catalizadores es para agregar dos moléculas de hidrogeno en cada cadena de carbono, como se ve en la figura 3.4.

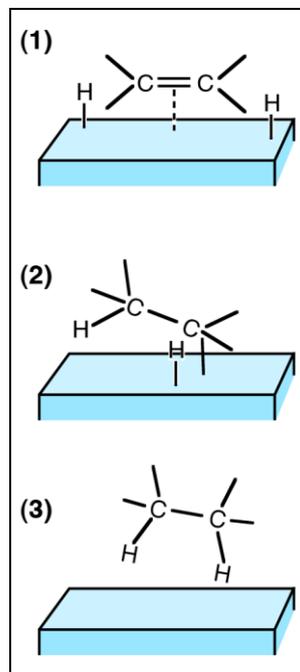


Figura 3. 4 Grafico químico de hidrocarburos mezclándose con hidrogeno en la HDS.

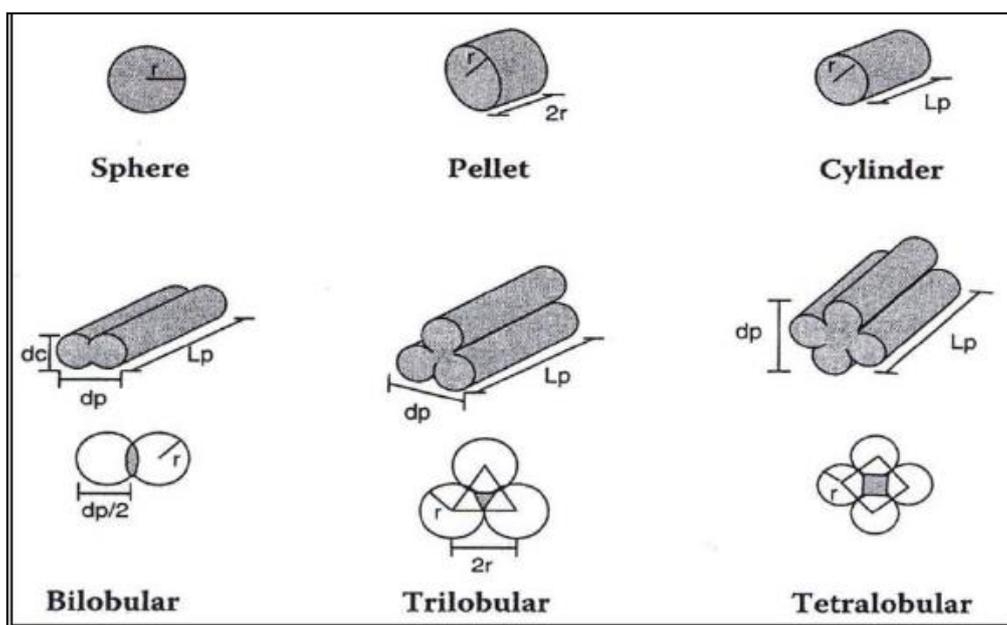
Fuente: (wikipedia, 2013)

Los catalizadores que se utilizan dentro de las hidrosulfuradoras de diésel de la industria petrolera contienen metales de transición tales como:

- Cobalto- Molibdeno: Alto desempeño al remover el azufre del crudo y bajo en remover el nitrógeno.
- Níquel- Molibdeno: Alta removimiento de nitrógeno, bajo en remover azufre.
- Níquel- Wolframio: alto desempeño al remover azufre y nitrógeno y favorece en el hidrocracking.

**Forma del catalizador:**

La forma del catalizador dependerá de la cantidad de diésel que se va desulfurar, generalmente se utiliza un catalizador que vaya de acuerdo a la estructura como se ve en la figura 3.5, cuyas características varían desde resistencia a la temperatura, baja formación de residuos carbonoso hasta su capacidad de dispersión de partículas de azufre por el diésel filtrado como gas.



**Figura 3. 5 Formas de los catalizadores.**

**Fuente: (wikipedia, 2013)**

## **El trabajo en el catalizador:**

Cuando el catalizador está activado se tiene que considerar lo siguiente:

- Convertir los metales en sulfuros de metales para obtener un mayor desempeño.
- Se realiza una desulfuración una vez que esté totalmente cargado para no disminuir su vida útil por la temperatura.
- La coquificación (formación de carbón) de la superficie por deshidrogenación de algunos hidrocarburos cíclicos. La mayor cantidad de coque se deposita durante la parte inicial de la reacción.
- El catalizador puede ser reactivado eliminando el carbón mediante una combustión que utiliza aire o aire con nitrógeno. La vida del catalizador depende del número de regeneraciones ya que la eficiencia catalítica disminuye de un 5 a 10% cada vez que se realiza este proceso. Se recomienda efectuar un máximo de 6 regeneraciones.

## **3.3 Mejoras en la lubricidad y cetanaje del diésel:**

### ➤ **La lubricidad:**

La lubricidad es la propiedad del diésel para deslizamiento de partes es decir el diésel funciona como lubricante para piezas móviles (bombas de inyección e inyectores) facilitando su funcionamiento y prolongando su vida útil.

### ➤ **El cetanaje:**

El cetano en el combustible diésel se define como la calidad del mismo, indicando el tiempo que tarda desde que es inyectado en la cámara de compresión hasta que entra en ignición. Esta medida es equivalente a la uniformidad de la combustión, es decir cuánto más uniforme es la expansión, la combustión resulta de mejor calidad y se define como combustión completa.

“Un índice aceptable de cetano comienza a partir de 49 grados C en adelante, con 55 grados C o más ya se define como un diésel de óptima calidad”.  
(Tecnología industrial II 2do bachillerato , 2008)

Por lo tanto bajo este concepto se concluye que el cuidado de motores y emisión de gases bajo la condición descrita el vehículo produce; menor ruido, aumento de rendimiento, menos emisiones de gases contaminantes y aumente la vida útil del motor. (Tecnología industrial II 2do bachillerato , 2008)

### **3.3.1 Mejoras en la Lubricidad**

Las partes móviles de las bombas e inyectores de combustible diésel son protegidas del desgaste por fricción y del propio combustible en un nivel mínimo de lubricidad. A medida que el nivel de azufre de 500 ppm del combustible diésel se reduce, las características de lubricidad propias del combustible también se reducen.

Existen dos razones por las cuales sucede esto:

- Al eliminar por hidrotratamiento los compuestos que contienen azufre y nitrógeno estamos eliminando compuestos que tienen una lubricidad natural.
- También se genera una reducción de los compuestos aromáticos y estos compuestos son reconocidos por tener una mejor lubricidad que los compuestos alifáticos.

Los combustibles diésel con baja lubricidad pueden ocasionar el desgaste de la bomba de combustible y demás componentes, eventualmente el fallo del vehículo, por lo que las propiedades de lubricación del combustible se han convertido en un parámetro clave de las especificaciones del combustible diésel.

“La tendencia general es tener combustibles con bajos niveles de lubricidad. La mayoría de los combustibles diésel con ultra bajo contenido de azufre necesitan un aditivo de lubricidad para cumplir con la especificación ASTM D con EN 590 (norma europea) los cuales son requerimientos mínimos de lubricidad en combustible diésel.” (Grupo Energéticos). , 2010), en la figura 3.6 se lo resume como la EN 590 para Europa que es lo que se utilizara y la ASTM D 975 para Estados Unidos que no tomaremos en cuenta para este trabajo.

<b>Especificación para diésel</b>	<b>Método de determinación de lubricidad</b>	<b>Límite máximo (µm)</b>
<b>EN 590</b>	EN ISO 12156-1	460
<b>ASTM D 975</b>	ASTM D 6079	520

**Figura 3. 6 Requerimientos de lubricidad para el diésel.**

**Fuente: (Grupo Energéticos). , 2010)**

#### **Aditivos para lubricidad:**

Los aditivos para lubricidad se usan para compensar la baja lubricidad de combustibles sometidos a una desulfuración severa. Estos contienen grupos polares que son los aditivos comúnmente usados hechos en base a ácidos carboxílicos, amidas y esterres, ya que son compuestos oxigenados reductores de la fricción, también existen mejoradores de lubricidad a base de esterres y son más eficientes.

#### **3.3.2 Uso del biodiesel como aditivo para lubricidad.**

En Estados Unidos y en Europa para obtener mejores resultados de calidad y funcionamiento de los motores se ha optado por utilizar Biodiesel el cual tiene químicos como el metilésteres. Esto se estandarizo en el año 2007 por la normativa federal de combustibles renovables en los lugares mencionados anteriormente. En el Ecuador no se exige todavía un nivel alto de lubricidad,

por lo tanto es un porcentaje bajo que oscila del 5% hasta el 10% de lubricidad en el diésel Premium para uso automotriz según la normativa INEN EN 1478.

En Europa cada vez se vuelve más popular la adición de un 5% de biodiesel al combustible diésel, no solamente por cuestiones ambientales, sino la Asociación de Fabricantes de Motores (EMA) recomienda el uso de mezclas de biodiesel que contengan hasta un 5% del biocombustible dado que, el biodiesel tiene excelentes propiedades lubricantes y esencialmente no contiene azufre ni aromáticos. Sin embargo, pruebas realizadas con mezclas de diésel con bajo índice de azufre, indican que la adición de menos del 1% de biodiesel puede ser suficiente para cumplir los requerimientos mínimos de lubricidad deseados para evitar daños a los sistemas de inyección de combustible.

### **El biodiesel como alternativa de combustible:**

El biodiesel es una fuente de energía renovable que evita en parte el uso y dependencia del petróleo pero también cuida el medio ambiente. Está hecho de una mezcla de varios productos alimenticios como; aceite de cocina reciclado, aceite de soya y grasas animales.

Este biodiesel se puede utilizar en casi cualquier motor diésel que cumpla con las normativas de la organización EPA (Agencia de protección del medioambiente), que a su vez reconoce al biodiesel como el combustible ecológico y amigable para nuestro medio ambiente, destacándolo como un combustible avanzado. En Europa el biodiesel es extraído del aceite de palma.

Entonces definimos técnicamente al biodiesel como ASTM 6751 o compuesto químico formado por mono-alquílicos esteres de una larga cadena de grasas saturadas, derivadas de aceite vegetal y grasas animales mejor conocido como B100.

- **El B100:** Es un combustible potencialmente más limpio que el diésel, elaborado de fuentes renovables tales como los aceites vegetales

El biodiesel se fabrica durante un proceso químico llamado transesterificación en el cual, la glicerina se separan de la grasa vegetal y el resultado son dos productos; metilésteres y glicerina, siendo los metilésteres el biodiesel. El metanol es uno de los reactivos utilizados para producir biodiesel. Para llevar la reacción a su fin, por lo general “se utiliza un 4:1 de exceso de metanol y el metanol debe eliminarse del producto. El metanol sobre el 0,2 % en su peso se vuelve incompatible con algunos elastómeros y metales en sistemas de combustible de automóviles.”(Biodiesel y mezclas de biodiesel por Robert L. McCormick y Steven R. Westbrook” (Laboratorio nacional de energía renovable, 2004).

#### **Especificación de la norma para Biodiesel B100:**

- “La única norma de ASTM International existente en la actualidad para Biodiesel es la **D 6751**, en la cual se especifican las mezclas de combustible biodiesel (B100) para combustibles de destilación media”. (Laboratorio nacional de energía renovable, 2004).

- La norma considera como una mezcla de combustible que puede utilizarse hasta en un volumen del 20 %.
- La D 6751 pone límites para impurezas que pueden quedar del proceso de producción del biodiesel como; glicerina, metanol, materia prima sin convertir, sodio y potasio.
- La D 6751 limita el metanol exigiendo que la B100 cumpla con uno de dos requerimientos; el punto de evaporación instantánea llamado flashpoint de estar a debe estar por encima de 130.0 °C en base a la medición de “Pensky-Martens,”. (Laboratorio nacional de energía renovable, 2004), y el punto de evaporación instantánea debe estar por encima de 93.0 °C y el contenido de metanol debe estar por debajo del 0,2 % según lo determina la Normativa Europea EN 14110.
- La ASTM D 6571 limita la glicerina libre a 0,020 cm<sup>3</sup> ya que causa desgaste en los inyectores y cilindros de los motores diésel.
- La ASTM D 6751 limita el sodio y al potasio en un valor de 5 ppm máximo, según se determina en la norma EN 14538 para evitar el desgaste excesivo de la inyección de combustible, la formación de depósitos, y la contaminación del lubricante del motor.
- La ASTM D 6751 es la estabilidad a la oxidación. La oxidación puede llevar a la formación de ácidos corrosivos, así como a la constitución de gomas y depósitos que causan problemas operativos y durabilidad de los sistemas de inyección.

### **3.3.3 Introducción del Biodiesel al Ecuador**

Se analizan temas sobre el uso del biodiesel en Ecuador desde el año 2012 ya que, las exigencias medioambientales han transformado el entorno automovilístico en sistemas y motores cada vez más ecológicos. Entonces se tomara en cuenta artículos de la prensa escrita ecuatoriana, donde consta que este factor biodiesel es una realidad en las refinerías y que cada va avanzando en el cuidado medioambiental y proporcional al de los motores.

El primer artículo se extrajo del diario El Telégrafo el cual se titula: “El diésel tendrá un 5% de biodiesel en Ecuador”. (Agencia Andes, 2012)

El Gobierno ha dispuesto que desde septiembre del 2012, el diésel Premium que se usa en el parque automotor, tenga una mezcla de biodiesel del 5% y se vaya incrementando hasta llegar al 10%.

La finalidad es que este biodiesel se produzca de la palma sembrada en el sector agrícola del Ecuador, motivando así a mover la industria y economía de los agricultores.

El Ministerio de Agricultura, junto con el de Ministerio del Medioambiente, van a presentar en los próximos meses un mapa de la zona agroecológica que se usará para la siembra de palma aceitera.

Según el artículo mencionado, Petroecuador deberá imponer un plan para producir este biodiesel próximamente, y ponerle un precio al galón para continuar con la aprobación de las normas INEN.

Citando nuevamente al Ing. Lucio Villareal quien forma parte del departamento de producción y control del diésel de la empresa Petrocomercial menciono acerca de los avances e inversiones estancadas y retrasadas del tema del biodiesel en las refinerías, que al parecer no se invertido lo suficiente para que el biodiesel sea un combustible independiente.

También agregó que la producción de uso del biodiesel en el Ecuador abastece el 50% del consumo interno, y el porcentaje faltante (50%), es importado de otros países para dotar las necesidades del mercado ecuatoriano, “Con la refinería del Pacífico esto cambiara totalmente, podremos autoabastecernos con suficiente diésel para el Ecuador y hasta exportaremos un diésel de mejor calidad, cabe señalar que las normas INEN se ajustan a los presupuestos de Petrocomercial”. (Villaroel, 2013).

## **4. CAPITULO IV: COMPARACION FINAL DEL USO DEL DIESEL ENTRE EN ECUADOR Y EUROPA.**

### **4.1 Resultados de la comparación Ecuador y Europa:**

#### **4.1.1 Ventajas y desventajas del diésel utilizado en Europa:**

En este capítulo se exponen los resultados finales obtenidos de la tesis para resolver la hipótesis acerca del diésel; sus usos, calidad y comparación final entre el diésel europeo y el ecuatoriano.

Los resultados obtenidos se exponen de una manera ecológica y económica ya que se definen; de acuerdo a las normas internacionales del cuidado medioambiental por la emisión de gases de los motores diésel, y por la economía que representa tanto el uso del diésel en los vehículos de turismo y pesados y el costo de su mantenimiento preventivo y de ruptura cuando estos lo requieren.

“El 90% de vehículos ligeros son motor diésel es decir, 9 de cada 10 son motor diésel, según la matriculación registrada en el año 2011 y 2012 en Europa” (Cabanas, 2012). Este dato se define por la intervención de la federación de asociaciones de concesionarios de la automoción (FACONAUTO), ya que presenta a los vehículos diésel como más eficientes y económicos del mercado europeo, pero bajo la condición que expresa su rentabilidad siempre y cuando se recorra un mínimo de 30.000km al año para así saldar los costos; de

consumo de combustible, e intereses del vehículo en sí, representando 1.600 euros de ahorro de combustible a comparación de una de gasolina.

Por otro lado, como los vehículos diésel tienen más partes; bombas de inyección, filtros de combustible, trampa de agua, válvula EGR (válvula de recirculación de gases de escape), sus costos de mantenimiento evidencian ser elevados complicando cada vez más la economía del consumidor, se puede considerar esto una desventaja frente al vehículo con motor gasolina pero aun así sigue siendo un motor eficiente de bajas emisiones en comparación con los gases que producen los motores gasolina.

A continuación se expone la calidad del diésel europeo, para luego ser comparado con la calidad del diésel ecuatoriano. Considerando el diésel europeo de alta calidad; por su bajo nivel de azufre (15ppm) y su alto porcentaje de biodiesel con aditivos para mejorar el cetano. Cabe recalcar que el aumentar el 5% de cetano con nitratos orgánicos, peróxidos, esteres y nitritos estamos mejorando la combustión del diésel en el motor, pero como estos elementos están formados por nitrógeno en su estructura molecular, aumenta la contaminación del aire por emisiones de Nox, lo cual genera costos en la fabricación de vehículos diésel por la instalación de catalizadores complejos e inhibidores de humo con el fin evitar el hollín (humo negro). A la final estos costos elevados se verán reflejados en los vehículos que diésel que se importen al Ecuador.

Finalmente en el Ecuador no se adquieren los vehículos con altas prestaciones en el sistema diésel, no solo por costos de los vehículos en general sino

también por temas de mantenimientos preventivos y de ruptura, tomando en cuenta que el diésel en Ecuador es de mala calidad es decir; con bajo nivel de azufre, con un porcentaje bajo de lubricidad, lo cual daña el conjunto de inyección y demás sistemas provocando el mantenimiento a la ruptura de los mismos y la periodicidad del mismo en los servicios post venta, generando así costos altos al usuario ecuatoriano.

Lo expuesto anteriormente se detalla en el cuadro de análisis comparativo de la tabla 4.3 para tener una visión más concisa de lo tratado en Europa. Posteriormente se analizarán los resultados para finalmente concluir la tesis.

Tabla 1. 6 Análisis de las ventajas y desventajas del diesel Europeo:

DIESEL EN EUROPA				
PUNTOS A DISCUTIR	VENTAJA	DESVENTAJA	AMBAS EN CONDICION	CRITERIO
COSTO DEL VEHICULO	X			SIEMPRE Y CUANDO EL VEHICULO RECORRA 30.000KM AL AÑO
MANTENIMIENTO DEL MOTOR		X		LOS COSTOS SON ALTOS POR LA ALTA MANO DE OBRA QUE REQUIEREN
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	X			EL DIESEL TIENE UN 18% MAS DE ENERGIA POR UNIDAD DE VOLUMEN QUE LA GASOLINA
CALIDAD DEL DIESEL	X			BAJO NIVEL DE AZUFRE
CONTAMINACION		X		DEBIDO A LOS ADITIVOS DE CETANAJE EXISTE UNA ALTA EMISION DE Nox
PRECIO DEL GASOIL		X		ESTA REGIDO A PRECIOS RAZONABLES PERO ES DE BUENA CALIDAD
EFICIENCIA DEL MOTOR	X			EFICIENCIA ES DEL 35% A COMPARACION DE UN MOTOR GASOLINA
<b>PROPIEDADES QUIMICAS</b>				
INDICE DE CETANO			X	FAVORECE A LA AUTOIGNICION QUE NECESITAMOS PERO GENERA PROBLEMAS DE CONTAMINACION POR Nox
LUBRICIDAD POR BODIESEL			X	FAVORECE LA LUBRICIDAD QUE NECESITAMOS EN EL MOTOR PERO GENERA HOLLIN
NORMA EURO	X			EN PROCESO DE INSERTAR NORMA EURO 6 HASTA EL 2015
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	

Fuente: Elaborado por Mario Ortiz

El índice de ventajas es alto en Europa para poseer un vehículo diésel en comparación con las desventajas presentadas, sin embargo estas ventajas y desventajas de tener un vehículo diésel en Europa se han vuelto un problema económico en la región por los costos elevados de mantenimiento complicando así la facilidad de tener un vehículo a diésel en óptimas condiciones y cumplir las normas Euro establecidas. Muchos usuarios de vehículos a diésel en Europa han optado por cambiar su motor a; GLP (gas licuado de petróleo), autos eléctricos avanzados, y por vehículos con motores de gasolina de bajo cilindraje.

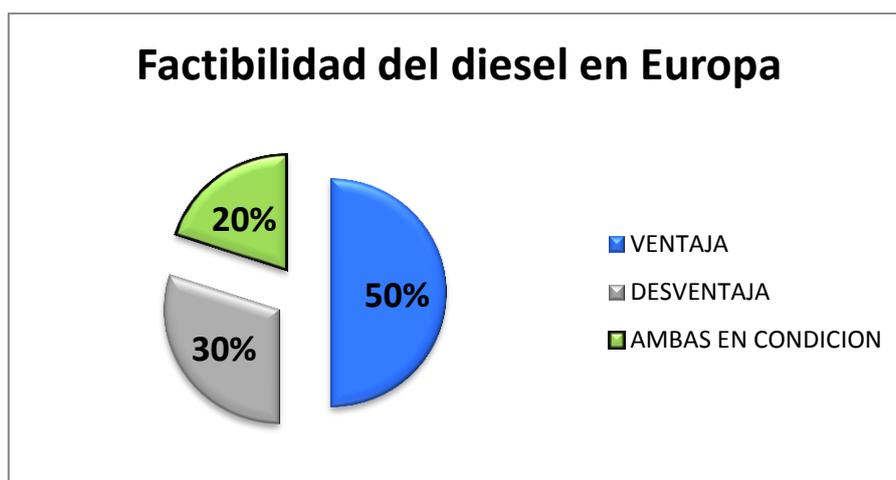


Figura4. 1 Grafica de resultados de las ventajas y desventajas del uso del diesel en Europa.

Fuente: Elaborado por Mario Ortiz

De los resultados obtenidos en la tabla 4.3, se define en el gráfico de pastel, figura 4.1 siendo; 50% de factibilidad de tener un vehiculo diesel, 30% en desventaja y 20% en un factor neutro, sin embargo todavia se deben analizar dos parametros del gráfico que indican; la ventaja del 30% que se refiere a los

costos de mantenimiento, y el factor neutro del 20% teniendo como resultado un gran factor de desventaja para optar por adquirir un vehículo diesel en Europa.

#### **4.1.2 Las ventajas y desventajas del diésel utilizado en Ecuador:**

En el Ecuador existen problemas con la calidad del diésel ya como se expuso anteriormente en la tesis, el crudo ecuatoriano es pesado; por su estructura molecular y niveles altos de azufre que perjudican su refinación, por lo tanto los vehículos que utilizan este diésel de baja calidad no prometen una extensa vida útil, ni tampoco un mantenimiento de bajo costo, al contrario su mantenimiento (cambio de filtros, trampa de agua, limpieza de válvula EGR, etc.), serán más concurridos generando así costos más altos de mantenimiento.

Aunque en el Ecuador el diésel sea de baja calidad existe un factor político-económico que altera su precio reduciéndolo así por un subsidio del estado, es decir el estado lo vende más barato al consumidor ecuatoriano (a un precio de 1,48\$), asumiendo así la diferencia el mismo estado ecuatoriano. Esta es una de las principales razones por las que el diésel no ha avanzado en su refinación, ya que solamente ha sido regularizado a estándares mundialmente aceptados basándose en la economía ecuatoriana, es decir las normas internacionales aceptan que nuestro diésel Premium de uso vehicular, tenga como mínimo 500 ppm de azufre.

Asumiendo todas estas circunstancias del diésel en Ecuador los estándares petroleros, en este caso Petrocomercial como referente de investigación de esta tesis, explica que “el diésel se refina con 180 ppm de azufre e intentan disminuirlo cada vez más por lo menos en el periodo mínimo de un año dependiendo del presupuesto y economía de la nación”. (Villareal, 2013)

La tabla 4.4 representa un análisis de las ventajas y desventajas del diésel ecuatoriano:

Tabla 1. 7 Análisis de las ventajas y desventajas del diesel ecuatoriano:

<b>DIESEL EN ECUADOR</b>				
<b>PUNTOS A DISCUTIR</b>	<b>VENTAJA</b>	<b>DESVENTAJA</b>	<b>AMBAS EN CONDICION</b>	<b>CRITERIO</b>
COSTO DEL VEHICULO		X		VEHICULO COSTOSO YA QUE EL PROMEDIO DE RECORRIDO VA DESDE LOS 15000 HASTA LOS 20.000 KM AL AÑO
MANTENIMIENTO DEL MOTOR		X		MANTENIMIENO MAS ELEVADO DEBIDO AL COSTO DE MOE Y REPUESTOS
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	X			CONSUMO MENOR DE COMBUSTIBLE
CALIDAD DEL DIESEL		X		DAÑOS EN FILTRO DE DIESEL POR ALTO CONTENIDO DE AZUFRE
CONTAMINACION			X	NO PONEMOS ADITIVOS PARA EL INDICE DE CETANO PERO TAMPOCO DEJAMOS DE EMITIR Nox
PRECIO DEL GASOIL	X			PRECIO SUBSIDIADO POR EL GOBIERNO
EFICIENCIA DEL MOTOR		X		EL RENDIMIENTO NO LLEGA AL 35% DEBIDO A LA FALTA DE CETANAJE EN NUESTRO DIESEL
<b>PROPIEDADES QUIMICAS</b>				
INDICE DE CETANO			X	VENTAJA POR NO TENER EMISIONES ALTAS DE Nox, DESVENTAJA POR NO FAVORECER EL DESARROLLO DEL MOTOR
LUBRICIDAD POR BIODIESEL			X	SE ADICIONARA ESTE AÑO UN 5% DE BIODIESEL PARA FAVOERECER LA LUBRICIDAD
<b>NORMA INEN</b>		X		SE ASEMEJA A UNA NORMATIVA DE EURO 3 A NIVEL DIESEL CMPARADO CON EUROPA
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	

Fuente: Elaborado por Mario Ortiz

Al Analizar el cuadro definimos que el diésel ecuatoriano es de baja calidad por; su baja lubricidad, alto nivel de azufre, en comparación con el diésel refinado en Europa se refleja; una ventaja en el costo para el usuario por su bajo precio (subsidiado), y cero nivel de aditivos para la lubricidad, lo que resulta también una menor pero no por eso insignificante ventaja medioambiental. Si comparamos el diésel ecuatoriano con el europeo, las desventajas serian que la baja calidad del diésel ecuatoriano perjudica a los usuarios en el mantenimiento preventivo y a la ruptura de los sistemas de inyección y demás partes, por el simple hecho de tener azufre y baja lubricidad en el diésel. Por lo tanto en el Ecuador se ha catalogado al vehículo diésel como una herramienta de trabajo que debe producir más de lo que vale para que sus costos de mantenimiento y reparación a la ruptura sean cubiertos de una manera balanceada entre el usuario y su economía, en la figura 4.2, se representa el resultado de lo analizado en Ecuador:

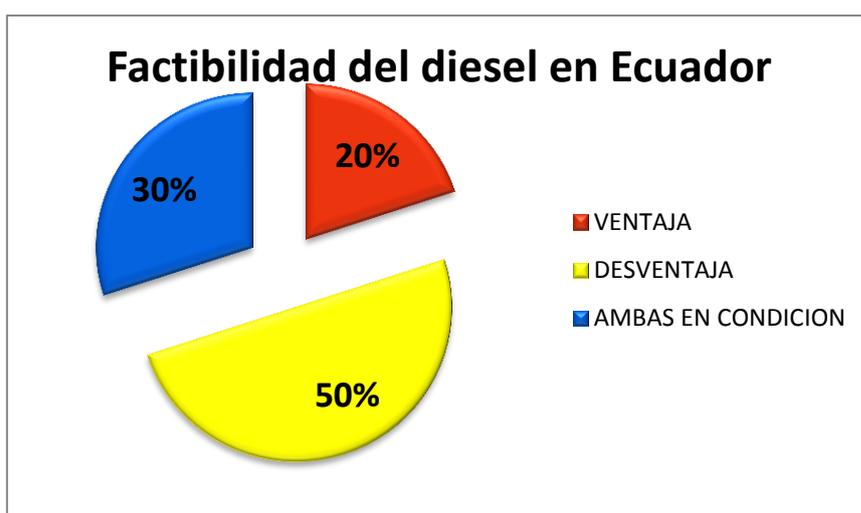


Figura4. 2 Grafica de resultados para el diésel Ecuatoriano.

Fuente: Elaborado por Mario Ortiz

En Ecuador el uso del diésel en los vehículos tiene un 50% en desventaja en comparación a Europa, las ventajas son del 20% y el 30% son parámetros neutrales. Si el Ecuador invirtiese en resolver los parámetros neutros probablemente se incrementaría positivamente las posibilidades de poseer un vehículo diésel y así ayudar al usuario ecuatoriano a balancear su economía. Pero esto provocaría el aumento de costo de mantenimiento y repuesto de los vehículos por su incremento en la periodicidad de mantenimientos.

#### **4.1.3 Las similitudes y comparación final:**

Al comparar finalmente al Ecuador con Europa, actualmente se refleja una norma euro tipo 3 en Ecuador y una Euro 6 en Europa, lo cual implica que Europa; se maneja con mejores refinerías, con mejor crudo importado (crudo liviano), sus normas han sido implementadas hace mucho tiempo atrás que el Ecuador, por lo tanto están más avanzados en el tema medioambiental que el Ecuador.

Los procesos de refinación en Europa se vuelven más costosos y avanzados, por lo cual luego se ven representados en el precio final del diésel, por otro lado, el Ecuador está en proceso de mejorar sus refinerías; su calidad de diésel, cetanaje, lubricidad y ppm de azufre, y reflejar a nivel mundial una mejora significativa para su futura aprobación, y por su puesto el cuidado de motores diésel y balance económico de sus usuarios.

## **4.2 Las mejoras en la calidad del diésel y procesos de refinación en el Ecuador y Europa:**

### **4.2.1 Plantas de producción de hidrogeno en el Ecuador:**

En el Ecuador existe la refinería más avanzada llamada refinería Esmeraldas mencionada anteriormente y que posee básicamente un solo proceso de refinación el cual consiste en quitarle el azufre de su estructura por medio de catalizadores, esta máquina se llama HDS o hidrosulfuradora de diésel, como esta máquina necesita ser calentada a altas temperaturas para lograr su objetivo se utiliza hidrogeno en grandes cantidades, hidrogeno producido por los residuos de la refinación de otros combustibles como el proceso de incremento del octanaje en la gasolina, como la capacidad de hidrogeno no es la suficiente la HDS no puede procesar el diésel a menos de 180ppm, lo cual está aprobado por la norma INEN .

Es por eso que se recomienda realizar una planta productora de hidrogeno específicamente para la HDS y permitir que los niveles de azufre lleguen al 15ppm. Tomando nuevamente a nuestro asesor el Ing. Lucio Villareal Jefe de mantenimiento y producción de la refinería Esmeraldas este proyecto costaría alrededor de 200.000 millones de dólares lo cual el estado ecuatoriano junto con Petroecuador y Petrocomercial no lo consideran en el presupuesto actualmente ya que tampoco tienen alguna presión por el tema ambiental por parte de la INEN.

Por otro lado la norma INEN para el 2014 plantó que el diésel Premium para vehículos de turismo tenga entre un 5% y 10% como mínimo de biodiesel para mejorar sus propiedades des de lubricidad y así poder ayudar las partes de inyección de los motores diésel.

Se propuso que el biodiesel se desarrolle por medio de la siembra de plantaciones de palma, a su vez esto generará empleo. Al biodiesel se lo mezclará con el diésel después de su proceso de hidrodesulfuración para darle así esta propiedad de mejora ya que el biodiesel se asemeja al aceite y por lo tanto evita la fricción de partes móviles y en fricción como lo son los elementos de inyección.

Según el análisis anterior en los cuadros de las conclusiones la lubricidad resulta neutral es decir favorece al cuidado y vida de los motores diésel pero produce altos residuos de hollín desfavorables para el medioambiente.

#### **4.2.2 Tendencias de combustible en Europa:**

En Europa se está haciendo común el uso del GLP (gas licuado de petróleo) como alternativa a la gasolina y el diésel, “en España ha crecido en un 30% durante el año 2013 frente al 22% del 2012, además este emite menos partículas contaminantes a la atmosfera, permitiendo así un ahorro entre el 40 y 45% en combustible por temas de costos”. (Soria, 2012). En Europa se ha ido incrementado el número de vehículos que funcionan con GLP como; taxis, camiones de bajo cilindraje, busetas de transporte público, etc. El GLP más conocido como Autogas en Europa se adoptó rápidamente por usuarios y

fabricantes. Por ser una mezcla de gas butano y propano que se obtiene del petróleo o de yacimientos de gas natural, es de fácil almacenamiento ya que sometido a presión esta pasa de un estado gaseoso a un estado líquido, y está exento de azufre y otros residuos minerales, es decir viene prácticamente refinado.

Todos estos vehículos trabajan con gasolina o diésel para su encendido y luego se los cambia con un conmutador electrónico a GLP, esto funciona así debido a que el GLP debe llegar a 40 grados centígrados para convertirse en gas y ser combustionado.

Las expectativas a futuro para que estos vehículos circulen más por Europa van creciendo junto con la demanda, compensada por los fabricantes de vehículos según la AOGLP Asociación Operadora de Gases Licuados de Petróleo previenen que para el año 2014 y 2015 el porcentaje de estos vehículos ascienda en un 5%.

Los fabricantes de vehículos que están para cubrir la contrademanda de vehículos de GLP son; “Alfa Romeo, Audi, Citroën, Chevrolet, Fiat, Dacia, Opel, Peugeot, Renault, Seat, Skoda y Volkswagen.” (AOGLP (Asociación de operadores de gas licuado de petróleo), 2012) Suelen ser versiones de bajo cilindraje potencias de entre 70 y 100 HP, estas versiones cuestan entre 1.500 y 2.000 euros más que las versiones a gasolina, lo cual significan que si es un vehículo que va a trabajar como un taxi por ejemplo, su costo estará prácticamente cubierto.

Otra alternativa es transformar un vehículo gasolina en uno con GLP, cada año va creciendo la demanda de este sistema que cuesta entre 1.500 y 2.500 euros la instalación del sistema GLP cumpliendo con las normas de seguridad propicias para su buen funcionamiento, las ventajas son grandes:

### **Ventajas medioambientales frente al gasóleo o biodiesel:**

- “Reducción del 99% de las emisiones de partículas”. (AOGLP (Asociación de operadores de gas licuado de petróleo), 2012)
- “Reducción del 96% de las emisiones de NOx.” (AOGLP (Asociación de operadores de gas licuado de petróleo), 2012)
- Reducción del nivel de ruido.
- **Bajo costo:**
- El Autogas es más económico que la gasolina o el diésel.
- **Mantenimiento:**
- El desgaste es menor en los cilindros y segmentos del motor.
- El gas es más limpio, deja menos depósitos carbonosos en la combustión y permite que el aceite del motor se mantenga limpio.
- En comparación a un vehículo diésel, estos presentan menos averías por la ausencia de ciertos elementos de inyección de alta presión.
- Mayor autonomía por el depósito de gasolina se mantiene inalterado y el conductor puede utilizar ambos combustibles indistintamente.

## **4.3 Conclusiones y recomendaciones:**

### **4.3.1 Conclusiones:**

Finalmente se encuentra que el diésel presenta ventajas tanto en Europa como en Ecuador, respectivamente.

En Europa resulta factible la compra de un vehículo diésel con la condición de que este recorra más de 30.000 km al año, para que así sea proporcional a sus gastos de operación.

También se encuentra que el consumo de combustible se presenta más atractivo pues la eficiencia de este es del 35% adicional a la gasolina, ya que el diésel tiene un 18% más de energía de volumen que la gasolina, el nivel de calidad del diésel es superior por la utilización de biodiesel que sirve para mejorar la lubricidad y ciertos aditivos para mejorar el cetanaje.

Por otra parte las ventajas del uso del diésel en Ecuador se encuentran representadas por; un menor consumo de combustible al usar diésel por su eficiencia calorífica y su bajo precio debido a que este es subsidiado por el Estado en un 49.33% haciéndolo más accesible y beneficioso para el usuario del vehículo a diésel.

Encontramos que la calidad del diésel en Europa es superior a la del Ecuador debido a las normativas introducidas desde la década de los 90s empezando con la Euro 1 hasta la Euro 5 que es la normativa vigente, en esta se detallan exigencias de las cuales la más representativa es el estándar de refinación del

diésel a 15ppm de azufre como máximo, entre otras como el nivel de CO<sub>2</sub>, respuesta de humos del 50% de opacidad.

A continuación por otra parte concluyendo con las desventajas de Europa y Ecuador:

En Europa se refina el diésel con biodiesel después de su proceso de desulfuración, este aditivo causa la producción de alcanos que a la final producen hollín al final de la combustión lo cual resulta desfavorable ante el medioambiente y por supuesto no aceptable por la norma Euro 5. Por lo tanto los fabricantes europeos han tratado de evitar este proceso por medio de filtros en los catalizadores de los tubos de escape de gases en los vehículos, pero esto ha generado un incremento en los costos de fabricación del vehículo y finalmente esto se ve representado en el precio final que paga el usuario europeo, lo cual implica un desequilibrio en la economía del usuario.

En el Ecuador el problema del hollín es algo común por el parque automotor de euro 3 que está en el mercado a pesar de que no se lo adhiere con biodiesel al refinarlo; se sufre de altos niveles de azufre que perjudican el desarrollo del motor como tal, esto produce altos niveles de NOX y PM que dañan el ambiente, también el hecho de no tener buena lubricidad en el diésel provoca daños a corto plazo en las partes de los sistemas de inyección lo cual genera gastos imprevistos en el mantenimiento y también aumenta la periodicidad en el mantenimiento preventivo; si los vehículos necesitan un mantenimiento más periódico los usuarios deben estar dispuestos a pagar los altos costos que estos requieren; sin embargo en el Ecuador la mayoría de vehículos que

utilizan diésel son vehículos que se utilizan para trabajar es decir, estos se vuelven rentables en el mercado siempre y cuando lo que produzca el vehículo ya sea como camiones de transporte o en maquinaria pesada, genere el equilibrio entre el usuario y la economía.

Por otra parte no se puede determinar en qué norma exactamente está ubicado el Ecuador en relación a Europa pero según los estándares de vehículos nuevos se encontraría entre la euro 2 y euro 3, regidos finalmente por una norma INEN que permite como máximo 500 ppm de azufre en el diésel Premium.

Así, como resultado final, en Europa se ha invertido mucha experiencia y conocimientos químicos para el desarrollo de la refinación del diésel, y a su vez en comprar crudo liviano de bajo contenido de azufre a países principalmente como Arabia el cual tiene el mejor crudo del planeta por su situación geográfica, sosteniendo así una refinación menos costosa y complicada y por lo tanto las hidrodesulfuradoras no utilizan una inmensa cantidad de hidrogeno para quitar dicho azufre, es por esta razón que el diésel en Europa ha tenido más acogida en el mercado en comparación con el mercado ecuatoriano, esto no implica el número de vehículos si no el porcentaje de preferencia de los usuarios europeos hacia el diésel. Sin embargo las normas estrictas ambientales han hecho que los fabricantes deban invertir en controlar y desarrollar sistemas de inyección cada vez más eficientes pero a su vez más costosos para los usuarios.

Por otro lado en el Ecuador a pesar de las pocas ventajas del 20% presentadas anteriormente como; el subsidio gubernamental del precio de venta al público y temas de consumo, se ha impuesto la norma INEN para cumplir con las exigencias de calidad en refinación del diésel internacional pero aun así la tendencia del número de vehículos diésel es mayor para el transporte en comparación de los vehículos de turismo.

El objetivo principal consta de la estructura del diésel con el propósito de definir su calidad, como lo habíamos expuesto en el primer capítulo el crudo que se refina en Europa es comprado en medio oriente siendo un crudo dulce fácil de refinar con menos cantidad de azufre, que al momento de entrar en la HDS se necesita menos cantidad de hidrogeno para quitarle el azufre de la estructura molecular, además de adicionarle con biodiesel para la lubricidad y parafinas para el incremento de cetanos, su diésel resulta de alta calidad para cumplir normas Euro 5 altamente estrictas en el campo medioambiental.

Por otra parte en el Ecuador se refina el crudo pesado de aproximadamente 9000 ppm de azufre que llegan al HDS para refinar el diésel y lo dejan con un máximo de 180ppm, la falta de una planta productora de hidrogeno para hacer trabajar la HDS al máximo y producir el diésel a 50ppm como mínimo, pero las razones por las que esto no sucede son; los costos de la planta de hidrogeno y la INEN que solamente exige 500ppm como máximo y el Ecuador no se ve obligado a invertir en tal calidad de refinación. Adicional a esto en el año 2014 se planifica implementar el proceso de incrementar la lubricidad por medio del biodiesel para mejorar sus propiedades de calidad, esto afirma el Ing. Lucio

Villareal en Petrocomercial citado ya anteriormente en Capítulo 3, el cual será implementado en primera instancia en el diésel Premium de un 5 a 10% para vehículos de turismo y transporte liviano.

Finalmente para concluir con los objetivos secundarios se toma en cuenta el factor gases de escape y sistemas de disipación de gases y sistemas de inyección más complejos los cuales por naturaleza de fabricación vuelven a los vehículos diésel más costosos, tanto para Europa como para Ecuador.

Concluyendo con una tabla de resumen comparativo para así comprender la comparación final llevada desde los estándares del crudo hasta la revisión de opacidad del mismo tratando siempre de comparar elementos de igual magnitud para tener una lógica matemática adecuada:

**Tabla 1. 8 tabla de comparativa de resumen del diésel entre Ecuador y Europa**

**Fuente: Elaborado por Mario Ortiz**

<b>RESUMEN COMPARATIVO DEL DIESEL Y NORMATIVA ECUADOR VS EUROPA</b>		
<b>CALIDAD DEL DIESEL</b>	<b>ECUADOR</b>	<b>EUROPA</b>
Origen geográfico	Oriente ecuatoriano	Medio Oriente (Arabia)
Crudo utilizado para refinar Diésel	pesado 25 grad API	liviano 35 grad API
Número de procesos de refinación del Diésel	1	3
Cantidad de Azufre en Diésel (ppm)	<b>500 (Premium)</b>	<b>15</b>
Índice de Cetano mínimo	45	46
Contenido de Biodiesel	del 0 al 5%	del 5 al 10%
Temperatura de destilación al 90%	360 grad cent	360 grad cent
Viscosidad @ 40 grad cent	2 a 5 mm <sup>2</sup> /seg	2 a 4,5 mm <sup>2</sup> /seg
<b>EMISIONES</b>		
Norma	NTE INEN 2207 (vigente)	EURO 5 (vigente)
HC + NOx (g/Km)	<b>0,97</b>	<b>0,23</b>
PM (g/Km)	<b>0,14</b>	<b>0,005</b>
CO (g/Km)	<b>2,72</b>	<b>0,5</b>
Prueba de revisión vehicular de diésel	Opacidad al 50%	Opacidad al 50%

#### **4.3.2 Recomendaciones:**

Como principal recomendación, por el propio sentido ético de esta tesis es desarrollar una conciencia del cuidado medioambiental a través de cuidar nuestra economía. Sabemos que el diésel de baja calidad es complicado y costoso para transformarlo en diésel de alta calidad y que en Europa se han regido a las normas impuestas, han logrado disminuir las emisiones contaminantes pero se han perjudicado así mismos con vehículos caros y complicados de mantener. El Ecuador no debe seguir el ejemplo de Europa,

debe optar por salir adelante con el GLP u otra alternativa como hidrógeno o menos peligrosa como la electricidad.

Un vehículo diesel tendrá un equilibrio económico con el usuario siempre y cuando este recorra más de 30.000km al año y su uso sea; producir, trabajar, transportar, para que se vea reflejado el ahorro que un vehículo diesel puede tener en el Ecuador y en Europa por el subsidio y su rendimiento respectivamente.

Para el Ecuador se recomienda que antes que implementar el biodiesel en el 2014 por parte de las refinerías y exigencias INEN, se busque refinar el diesel hasta dejarlo en 15ppm de azufre para que no suceda lo mismo que está pasando en Europa con las grandes emisiones de NOx y hollín, ya que el biodiesel ayuda con la lubricidad pero desarrolla estos residuos que van de la mano con el azufre, todo esto se debería considerar importante para la nueva Refinería del Pacífico que funcionará en un futuro cercano.

## Bibliografía:

- Fundación Wikimedia, Inc. (16 de 09 de 2013). *Fundación Wikimedia, Inc.* Obtenido de Fundación Wikimedia, Inc.: [http://es.wikipedia.org/wiki/Normativa\\_europea\\_sobre\\_emisiones](http://es.wikipedia.org/wiki/Normativa_europea_sobre_emisiones)
- AOGLP (Asociación de operadores de gas licuado de petróleo). (6 de junio de 2012). Recuperado el 17 de junio de 2014, de [http://www.aoglp.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74&Itemid=78](http://www.aoglp.com/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=78)
- Ardines, I. A. (11 de 11 de 2013). *Monografias.com*. Obtenido de Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos5/petroleo/petroleo2.shtml#ixzz2k0URPQqg>
- Cabanas, F. (06 de 09 de 2012). Obtenido de <http://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/53504/08/06/Es-mas-rentable-el-coche-diesel-o-el-de-gasolina-.html>
- CEPAL. (2005). *Opening the Door to Cleaner Vehicles in Developing and transition countries: the role of lower sulphur fuel*. Mexico D.F: Copyright © 2012, Naciones Unidas. Todos los derechos reservados.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (14 de 11 de 2012). Recuperado el 07 de 07 de 2014, de [http://www.eclac.cl/mexico/noticias/documentosdetrabajo/5/48395/2012-037\\_An%C3%A1lisis\\_reduc\\_azufre-L.1083-web.pdf](http://www.eclac.cl/mexico/noticias/documentosdetrabajo/5/48395/2012-037_An%C3%A1lisis_reduc_azufre-L.1083-web.pdf)
- EPA. (2007). *National air quality and emissions trends report*. Washington D.C: N/S.
- Erlandsson, D. D. (29 de 10 de 2010). *Comparing exhaust emissions from heavy duty diesel engine using EN 590 vs Mk1 diesel fuel*. Recuperado el 08 de 07 de 2014, de [http://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer\\_001001\\_001100/Publikation\\_001100/Comparing%20Exhaust%20Emissions%20From%20Heavy%20Duty%20Diesel%20Engines%20Using%20EN%20590%20vs%20Mk1%20Diesel%20Fuel.pdf](http://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer_001001_001100/Publikation_001100/Comparing%20Exhaust%20Emissions%20From%20Heavy%20Duty%20Diesel%20Engines%20Using%20EN%20590%20vs%20Mk1%20Diesel%20Fuel.pdf)
- Ing. Cesar H Cadena, Cadena Director General – Grupo Energéticos Ing. Javier Aranda Alarcón Gerente de Planta – Grupo Energéticos Ing.

Nadhiely Martínez Bello Jefe de Planta – Biocombustibles Internacionales, S. A. de C. V. (Grupo Energéticos). . (18 de 08 de 2010). *www.adatum.com*. Obtenido de *www.adatum.com*: [http://web.imiq.org/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=49:uso-del-biodiesel-como-aditivo-para-lubricidad](http://web.imiq.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=49:uso-del-biodiesel-como-aditivo-para-lubricidad)

- ing. Juan Jose Mercano. (16 de 09 de 2013). *medico de automoviles* . Obtenido de *medico de automoviles*: <http://medicoautomotriz.wikispaces.com>
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. (2013-06-14). *Enmienda NTE INEN 1489:2012 septima revision* . Quito- Ecuador: petroleum products diesel requirements primera edicion .
- Instituto Ecuatoriano de normalizacion INEN. (01 de 09 de 2002). Recuperado el 08 de 07 de 2014, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2207.2002.pdf>
- Laboratorio nacional de energía renovable. (02 de JUNIO de 2004).
- Lopez, L. H. (2006). *Prediccion y optimizacion de emisores y consumo mediante redes neuronales en motores diesel*. Barcelona: Reverte S.A.
- Ministerio de energia e industria Español. (2012). *Manual de procedimiento de inspeccion de las estaciones ITV*. Madrid: Revision 7ma.
- Ortiz, M. (2014). *Tabla de analisis comparativo del disel entre Europa y Ecuador*. Quito.
- Parlamento Europeo y del Consejo. (03 de marzo de 2013). *europa sintesis de la legislacion ue*. Obtenido de *europa sintesis de la legislacion ue*: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/air\\_pollution/l28186\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/l28186_es.htm)
- Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente. (2007). *Alianza para Vehículos y Combustibles más Limpios (PCFV)*. Quito: conferencia Con el apoyo de la Unión Europea y la Agencia de Estados Unidos para la Protección del Medioambiente.
- Soria, S. (31 de diciembre de 2012). *coches.net*. Recuperado el 17 de junio de 2014, de <http://www.coches.net>

- Tecnología industrial II 2do bachillerato . (21 de septiembre de 2008). Recuperado el 28 de junio de 2014, de <http://www.inventaria.wordpress.com>
- United Nations of Environment Proqramme. (16 de 09 de 2013). *Unep.org*. Obtenido de UNEP.org: <http://www.unep.org/transport/pcfiv/>
- Villareal, I. L. (15 de 10 de 2013). Petroecuador- depar. control de refineria Esmeraldas. (M. O. Vallejo, Entrevistador)
- wikipedia. (18 de 11 de 2013). *enciclopedia libre* . Obtenido de <http://www.ecologiahoy.com/hidrocarburos-aromaticos-policiclicos>

## Anexos:

### Informe de prueba de consumo de diesel en un auto KIA Sorento CRDI 2.5 Diesel

#### Objetivo principal:

- Homologar los datos proporcionados por el fabricante acerca del consumo de combustible del vehículo utilizando un auto diesel (KIA SORENTO 2.5 CRDI), en 2 rutas diferentes (ruta 1 y ruta 2).

#### Objetivos secundarios:

- Determinar el consumo de combustible en carretera en unidad de litros por cada 100 km.
- Determinar el consumo de combustible en ambiente urbano (tráfico, pendientes y bajadas), unidad de litros por cada 100 km.

#### Introducción:

Para la prueba de ruta en carretera se utilizara el tramo de Quito desde la Av. América y Mañosca en la gasolinera "Dispetrol" hasta el redondel de la mitad del mundo.

Para la segunda prueba en ciudad se parte desde la misma gasolinera "Dispetrol" hasta la subida de San Juan a la altura de la iglesia de la Basílica en la calle Venezuela y Carchi.

#### Datos:

#### Información del vehículo:

<b>MARCA</b>	Kia
<b>MODELO</b>	SORENTO
<b>MOTOR</b>	2.5 CRDI
<b>COMBUSTIBLE</b>	diesel
<b>KILOMETRAJE</b>	107.960 Km
<b>AÑO</b>	2007
<b>TRANSIMISION</b>	A/T

Fuente: (Copyright 2014 Arpem Networks, S.L.)



Autor: Mario Ortiz (Ortiz, 2014)

Información proporcionada por el fabricante:

Datos fabricante	consumo
Consumo urbano	10,0 l/100km
Consumo interurbano	6,7 l/100km

--- PRESTACIONES ---	
Velocidad máxima	<b>182 Km/h</b>
Aceleración 0-100 Km./h	<b>8,9 segundos</b>
Consumo urbano	<b>10,0 litros</b>
Consumo interurbano	<b>6,7 litros</b>
Consumo medio	<b>7,9 litros</b>
Emisiones de CO2	<b>209 g/km</b>
Combustible	<b>Diésel</b>
Normativa de emisiones	<b>EU 4</b>

Fuente: (Copyright 2014 Arpem Networks, S.L.)

Información de la ruta:

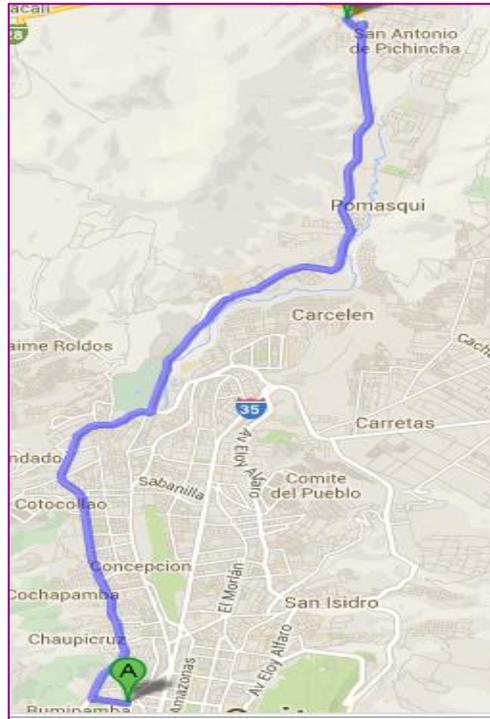
Ruta 1:

Desde: Av. América y Mañosca; Hasta: Redondel Mitad del Mundo

Distancia ida y vuelta: 49.4km

Velocidad promedio: 70km/h

Revoluciones por minuto promedio: 2500rpm



**Fuente: (google maps)**

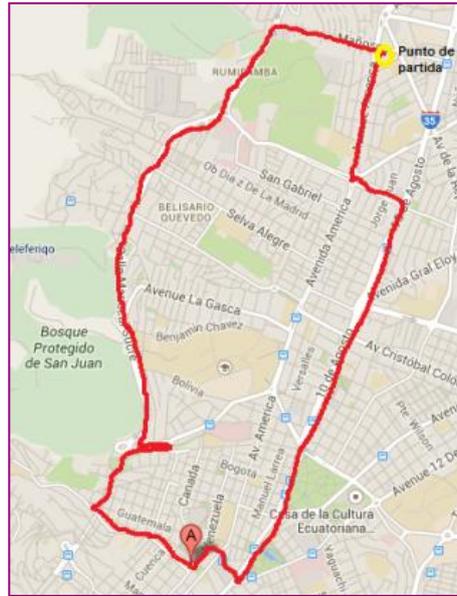
**Ruta 2:**

Desde: Av. América y Mañosca (Dispetrol); Hasta: Calle. Venezuela y Carchi.

Distancia ida y vuelta 12.2km

Velocidad promedio: 25km/h

Revoluciones por minuto promedio: 2000 rpm



Fuente: (google maps)

**Desarrollo:**

Para este experimento se tomará un vehículo Sorento CRDI 2.5, para realizar las dos rutas detalladas anteriormente y poder determinar el consumo de combustible en los dos escenarios.

Para realizar esta prueba se llena el tanque de diesel del vehículo en su totalidad con 80 litros o 21.13 galones según la información de fabricante y se procede con la prueba de ruta.

--- CICLO ---	
Suspensión delantera	<b>Doble triángulo</b>
Suspensión trasera	<b>Multibrazo (multi-link)</b>
Frenos delanteros	<b>De discos</b>
Frenos traseros	<b>De discos</b>
Neumáticos	<b>205/60 V16</b>
Largo	<b>4.590 mm</b>
Ancho	<b>1.863 mm</b>
Alto	<b>1.730 mm</b>
Distancia entre ejes	<b>2.710 mm</b>
Volumen maletero	<b>441 litros (898 l con asientos plegados)</b>
Depósito combustible	<b>80 litros</b>

(Copyright 2014 Arpem Networks, S.L.)

Durante la ruta 1 se recorrió un tramo de 49.4 km a una velocidad promedio de 70km/h a un promedio de 2500 rpm del motor. Esta ruta se considera relativamente plana tomando en cuenta que el tráfico vehicular es escaso. Al regresar al punto de partida obtuvimos un consumo de 1.45 galones.



Autor: Mario Ortiz (Ortiz, 2014)

En la ruta 2 se recorrió una distancia de 12.2 km a una velocidad promedio de 25km/h a un promedio de 2000 rpm. Esta ruta se considera con tráfico vehicular, pendientes ascendentes y descendentes. Al regresar al punto de partida obtuvimos un consumo de 0.42 galones de combustible.



Autor: Mario Ortiz (Ortiz, 2014)

**Cálculo:**

	km	galones	gal/km	L/100KM
ruta 1	49.4	1.45	0.02935	11.11
ruta 2	12.2	0.42	0.03442	13.03

### Conclusiones:

De acuerdo a las pruebas realizadas podemos determinar que el consumo de combustible en la ruta 2 (ciudad) es superior al consumo de la ruta 1 (carretera).

Finalmente se compara el resultado con los datos del fabricante para poder homologar el consumo de combustible diesel y cumplir con el objetivo planteado:

DATOS	FABRICANTE	PRUEBA
	L/100KM	L/100KM
Consumo de combustible en carretera	6.2	11.11
Consumo de combustible en ciudad	10	13.03

Los resultados claramente reflejan la diferencia del tipo de combustible utilizado en la prueba en comparación con el combustible que utiliza el fabricante para su homologación. Pues como se ve, en el manual del fabricante la homologación es con la Norma Euro 4. Esta Norma corresponde a un Diesel de 50 ppm (azufre) y, en cambio, el Diesel cargado en la prueba es el denominado Diesel Premium de 500 ppm.

Esta prueba se realizó en las condiciones descritas que no son tipo "laboratorio". El resultado comprueba de manera general dos hechos: i) el consumo en carretera es menor al consumo en ciudad y, ii) el consumo especificado por el fabricante es con un diésel de calidad superior al utilizado en la prueba, por lo tanto, los consumos del manual son inferiores tanto en carretera como en ciudad.

### Bibliografía:

Copyright 2014 Arpem Networks, S.L. (s.f.). *www.arpem.com*. Recuperado el 13 de 09 de 2014, de <http://www.arpem.com/coches/coches/kia/sorento/modelos-08/kia-sorento-25d-170-active.html#caracteristicas>

google. (s.f.). *google maps*. Recuperado el 13 de 09 de 2014, de <https://maps.google.com.ec/maps/ms?msa=0&msid=217154522471423816644.0004a54dad73c258469b>

Ortiz, M. (13 de 09 de 2014). fotos de la prueba. Quito, Pichincha, Ecuador.

**Firma de revisión de los de lectores:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Cristian Oña

Ing. Juan Carlos Rubio Terán

**Firma director de tesis:**

\_\_\_\_\_

Ing. Andrés Castillo Reyes