



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE FRUTA DE
DESECHO, ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES Y
PRUEBAS EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”**

CAIZA PAREDES LUIS ALFREDO

SUÁREZ QUILUMBANGO DANIEL EDUARDO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2012- 06-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

LUIS ALFREDO CAIZA PAREDES
DANIEL EDUARDO SUÁREZ QUILUMBANGO

Titulada:

“PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE FRUTA DE DESECHO,
ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES Y PRUEBAS EN UN MOTOR DE
COMBUSTIÓN INTERNA”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marcelo Castillo
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Cumánda Carrera
ASESORA DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRES DE LOS ESTUDIANTES: LUIS ALFREDO CAIZA PAREDES

TÍTULO DE LA TESIS: “PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE DESECHO DE FRUTA, ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES Y PRUEBAS EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”

Fecha de Examinación: 2014-06-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Cumánda Carrera ASESORA			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Jorge Paucar
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRES DE LOS ESTUDIANTES: DANIEL EDUARDO SUÁREZ
QUILUMBANGO

TÍTULO DE LA TESIS: “PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE
DESECHO DE FRUTA, ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES Y PRUEBAS EN
UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”

Fecha de Examinación: 2014-06-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Cumánda Carrera ASESORA			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Jorge Paucar
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Luis Alfredo Caiza Paredes

Daniel Eduardo Suárez Quilumbango

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por darme la fortaleza en los momentos más difíciles, a mi madre María y mi padre por su ejemplo y por el apoyo que me ha brindado, y a todas las personas que de una y otra forma me ayudaron a terminar con éxito esta etapa más de mi vida.

Luis Alfredo Caiza Paredes

Dedico este proyecto a Dios, a mi padres Elvia y Fabián por ser quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presenta. Es por ello que soy lo que soy ahora. A todos mis hermanos y hermanas en especial a Fabiana, y todas aquellas personas especiales que estuvieron apoyándome y dándome fortaleza para continuar.

Daniel Eduardo Suárez Quilumbango

AGRADECIMIENTO

Deseamos agradecer a Dios, por concedernos el don de la vida; a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ya que es una de las de mayor prestigio en el país, y a todo el personal Docente por habernos brindado toda la ayuda incondicional para el desarrollo de nuestra tesis para así obtener una profesión y ser útil a la sociedad.

Y en especial a todas nuestras familias que nos han apoyado de una y otra manera para culminar con éxito una etapa más en nuestras vidas.

Luis Alfredo Caiza Paredes

Daniel Eduardo Suárez Quilumbango

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivos.....	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Marco Referencial	6
2.2 Producción de principales frutas de la Provincia de Chimborazo	7
2.3 Residuos y los problemas que genera.....	8
2.3.1 <i>Residuos</i>	8
2.3.2 <i>Tipos de residuos</i>	9
2.3.2.1 <i>Clasificación por estado</i>	9
2.3.2.2 <i>Clasificación por origen</i>	9
2.3.2.3 <i>Residuos municipales</i>	10
2.3.2.4 <i>Residuos industriales</i>	10
2.3.2.5 <i>Residuos mineros</i>	10
2.3.2.6 <i>Residuos hospitalarios</i>	10
2.3.3 <i>Clasificación por tipo de manejo</i>	11
2.3.3.1 <i>Residuos sólidos urbanos</i>	11
2.3.3.2 <i>Residuos industriales</i>	12
2.3.3.3 <i>Residuos industriales inertes y asimilables a los RSU</i>	12
2.3.3.4 <i>Residuos peligrosos</i>	12
2.3.3.5 <i>El problema de los residuos</i>	13
2.4 Sistemas de aprovechamiento de los residuos orgánicos procedentes de restos alimenticios y similares	13
2.5 Residuos de frutas como fuente de etanol	16
2.5.1 <i>Definiciones</i>	16
2.5.1.1 <i>Biomasa</i>	16
2.5.1.2 <i>Biocombustible</i>	16
2.5.1.3 <i>Bioetanol</i>	16
2.6 El motor de combustión interna aspectos generales	16
2.6.1 <i>Motor</i>	16
2.6.2 <i>Sistema de alimentación</i>	18
2.6.3 <i>Sistema de encendido</i>	19
2.6.4 <i>Sistema de arranque</i>	19
2.6.5 <i>Lubricación</i>	19
2.6.6 <i>Refrigeración</i>	19

3.	IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL DE DESECHO QUE GENERE LA MÁS RAPIDA FERMENTACIÓN Y DESTILACIÓN DEL MISMO	20
3.1	Residuos orgánicos como fuente de energía alternativa.....	20
3.2	Proceso químico de obtención.....	21
3.2.1	<i>Materiales.</i>	21
3.2.2	<i>Variables de estudio dentro del proceso químico</i>	21
3.2.3	<i>Análisis químicos a determinar en el material biológico</i>	21
3.3	Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los residuos de frutas	22
3.4	Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la melaza utilizada en el proceso.	23
3.5	Materiales para el proceso de fermentación	23
3.5.1	<i>Levaduras</i>	23
3.5.2	<i>Saccharomyces cerevisiae.</i>	26
3.5.3	<i>Equipo de fermentación</i>	27
3.6	Técnicas y métodos empleados para una buena fermentación.	27
3.7	Obtención del etanol a partir de los diferentes fermentos	29
3.7.1	<i>Separación del etanol del sustrato de fermentación</i>	30
3.7.1.1	<i>Preparación del material</i>	30
3.7.1.2	<i>Fermentación</i>	30
3.7.1.3	<i>Destilación</i>	30
3.7.1.4	<i>Obtención de bioetanol</i>	31
3.8	Proceso de obtención de bioetanol	32
3.8.1	<i>Dilución.</i>	33
3.8.2	<i>Conversión.</i>	33
3.9	Fermentación alcohólica.....	33
3.9.1	<i>Agua.</i>	33
3.9.2	<i>Oxígeno.</i>	33
3.9.3	<i>Temperatura.</i>	33
3.9.4	<i>Luz.</i>	33
3.9.5	<i>Destilación.</i>	34
3.9.6	<i>Deshidratación.</i>	34
4.	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE ETANOL OBTENIDO Y PRUEBAS EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	35
4.1	Determinación de la cantidad de producto generado.....	35
4.1.1	<i>Cálculo de la masa (residuos frutales).</i>	35
4.2	Determinación del tratamiento con mayor rendimiento para la obtención de etanol	37
4.2.1	<i>Resultados del bioetanol obtenido.</i>	37
4.3	Propiedades del etanol obtenido	37
4.4	Comparación de parámetros entre gasolina y diferentes mezclas de etanol.....	38
4.4.1	<i>Propiedades de la gasolina y del bioetanol.</i>	38

4.4.2	<i>Ensayos de laboratorio realizados.</i>	39
4.5	El bioetanol como combustible	39
4.5.1	<i>Volatilidad.</i>	41
4.6	Comparación de parámetros entre gasolina y diferentes mezclas de etanol.	42
4.7	Gasolina	43
4.7.1	<i>Composición química.</i>	43
4.7.2	<i>Componente.</i>	43
4.7.2.1	La n-parafina.	44
4.7.2.2	Los hidrocarburos nafténicos.	44
4.7.2.3	Los hidrocarburos aromáticos.	44
4.7.2.4	Los hidrocarburos olefínicos.	44
4.8	Propiedades físicas y químicas gasolinas 93, 95 y 97	45
4.8.1	<i>Gasolina.</i>	45
4.8.2	<i>Peligro para la salud.</i>	45
4.8.3	<i>Grado de inflamabilidad.</i>	45
4.8.4	<i>Propiedades químicas.</i>	46
4.8.5	<i>Peligros para el medio ambiente.</i>	46
4.8.6	<i>Comportamiento de solubilidad del etanol en la gasolina.</i>	47
4.8.7	<i>Comportamiento de los elementos de alimentación con etanol.</i>	49
4.9	Propiedades del aire	50
4.9.1	<i>Propiedades físicas del aire</i>	50
4.9.2	<i>Análisis ideal del aire</i>	51
4.9.3	<i>Análisis real del aire.</i>	51
4.9.4	<i>Ensayo de corrosión en lámina de cobre.</i>	51
4.9.5	<i>Relación ideal para la mezcla aire-combustible.</i>	54
4.10	Análisis de la relación aire-combustible obtenidas para las mezcla gasolina/etanol	63
4.10.1	<i>Poder calorífico de las mezclas gasolina/etanol.</i>	66
4.10.2	<i>Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E0.</i>	67
4.10.3	<i>Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E100.</i>	68
4.10.4	<i>Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E5.</i>	69
4.10.5	<i>Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E10.</i>	70
4.10.6	<i>Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E15.</i>	71
4.10.7	<i>Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E20.</i>	72
4.10.8	<i>Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E25.</i>	73
4.10.9	<i>Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E30.</i>	74

4.11	Ensayo de poder calorífico en el laboratorio	75
4.12	Análisis, comparación del rendimiento del motor con las diferentes mezclas..	76
4.13	Especificaciones técnicas del motor	78
4.14	Prueba de emisiones de gases del vehículo	86
4.14.1	<i>Prueba dinámica de emisiones contaminantes ASM.</i>	91
4.15	Viabilidad técnica	96
4.16	Viabilidad económica	97
4.16.1	<i>Análisis económico de la producción y utilización de etanol.</i>	97
4.16.2	<i>Costos totales.</i>	98
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
5.1	Conclusiones	99
5.2	Recomendaciones	100

TABLA

	Pág.
1	Estimación de las reservas de energéticos en el mundo 1
2	Principales frutas que produce la Provincia de Chimborazo 7
3	Análisis químicos a determinar en el material biológico 21
4	Resultados de los análisis en la biomasa 22
5	Análisis de azúcares..... 22
6	Análisis de almidón 22
7	Análisis microbiológicos 23
8	Análisis de la melaza 23
9	Recolección de desechos de frutas 35
10	Resultados obtenidos del bioetanol para pruebas en un motor de combustión 36
11	Resultados ensayo 1..... 36
12	Resultados ensayo 2..... 37
13	Valoración de las propiedades del etanol obtenido 37
14	Comparación de propiedades..... 38
15	Ensayo I..... 38
16	Ensayo II..... 39
17	Propiedades de la gasolina y del bioetanol 42
18	Comportamiento de solubilidad..... 48
19	Resultado de corrosión de cobre..... 53
20	Variación del oxígeno en relación aire combustible..... 65
21	Ensayo de poder calorífico 75
22	Condiciones iniciales 80
23	Potencia y par 80
24	Pruebas de potencia y par motor..... 84
25	Prueba estática 87
26	Pruebas de emisiones de gases 89
27	Resultado de emisiones de gases 94

FIGURAS

	Pág.
1	Proyección de precio de barril de petróleo 3
2	Utilización de desechos de frutas 15
3	Admisión 17
4	Compresión..... 17
5	Trabajo..... 18
6	Escape 18
7	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 26
8	Tanques de sustrato de melaza 27
9	Destilador de alcoholes..... 32
10	Mezcla E25 47
11	Mezcla E50 47
12	Mezcla E75 48
13	Mezcla E30 49
14	Comportamiento del etanol en el sistema de alimentación 49
15	Medición del aire 51
16	Pulido de la lámina de cobre..... 52
17	Lámina de cobre y tubo de ensayo 52
18	Comparación de lámina de cobre con el patrón de referencia..... 53
19	Interpretación de los colores 54
20	Comportamiento de mezclas gasolina-etanol 65
21	Bomba calorimétrica..... 75
22	Comparación del resultado analítico y ensayo en el laboratorio 76
23	Sistema de ventilación 78
24	Pinzas trigger 78
25	Postura del vehículo en el rodillo 79
26	Introducción de datos del vehículo 79
27	Diagrama de Potencias y Par motor 81
28	Mezcla E5 81
29	Mezcla E10 82
30	Mezcla E15 82
31	Mezcla E20 82
32	Mezcla E25 83
33	Mezcla E30 83
34	Potencia 84
35	Potencia del motor 85
36	Par motor 85
37	Emisiones de CO (ralentí) 88
38	Emisiones de CO ₂ 90
39	Emisiones de HC 90

40	Emisiones de O ₂	90
41	Emisiones de CO	93
42	Emisiones de CO ₂	93
43	Emisiones HC	95
44	Emisiones NOX.....	95
45	Proceso industrial de etanol.....	96

LISTA DE ABREVIACIONES

API American Petroleum Institute

SAE Society of Automotive Engineers

INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización

RPM Revoluciones por minuto

NTE Norma Técnica Ecuatoriana

ISO International Organization for Standardization

LISTA DE ANEXOS

- A Norma técnica para combustible
- B Norma técnica del aire

RESUMEN

Se ha realizado la producción de etanol a partir de los desechos de frutas que se encuentran en los mercados de la ciudad de Riobamba, con la finalidad de obtener un etanol absoluto el cual nos permite oxigenar la gasolina, las mezclas nos permite una reducción de CO, HC, NOx, estos gases son los más contaminantes en una combustión.

Se realizó dos ensayos para la obtención del etanol a). Se realizó la mezcla del sustrato de las frutas más melaza (jugo de caña) b). Se realizó simplemente de la fermentación del sustrato.

Para la ver si el etanol obtenido estaba en condiciones de carburante se realizaron pruebas de acuerdo a la norma NTE INEN 2478:2009, con estos resultados positivos procedimos al siguiente ensayo de homogeneidad etanol-gasolina empezando con E5, sucesivamente, E(es el porcentaje de etanol con respecto a la gasolina).

Las mediciones se realizó con el Banco de Potencia LPS 3000 MAHA MaschinenbauHaldenwang este nos permite medir potencia, torque y emisiones en motores de ciclo Otto, se realizaron en dos parámetros en ralentí (estática) rigiéndonos en la norma INEN 2204:2202 “Gestión ambiental, aire, vehículos automotores, límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina” y Dinámicas –ciclo ASM consiste en un porcentaje de carga por millas sobre hora ASM 5015 y ASM 2525, uno de los equipos utilizados para medir los gases es se utilizó el analizador de gases marca MAHA MGT5.

Con estos ensayos se logró la reducción de aproximadamente un 14% mediante la mezcla E30 con respecto a la gasolina.

Se recomienda el uso de E30 máximo ya que pasado aquel porcentaje se necesita un cambio de elementos para evitar la corrosión.

Palabras clave:Automotriz, etanol, gases, bioetanol.

ABSTRACT

It has been the production of ethanol from the waste of fruit that are in the markets of the city of Riobamba, in order to obtain an absolute ethanol which allows us to oxygenate gasoline mixtures allows us a reduction of CO, HC, NO_x, these gases are pollutants in combustion.

We held two trials for the obtaining of ethanol: a). was the substrate of the fruit mixture more molasses (sugar cane juice) b). It was simply from the fermentation of the substrate.

To see if the retrieved ethanol was in terms of fuel were tested according to the norm NTE INEN 2478: 2009, with these positive results proceeded to the next test of homogeneity ethanol- gasoline in beginning whit the E5 on, E (is the percentage of ethanol to gasoline).

The measurements was carried out with the Bank's power LPS 3000 MAHA MaschinenbauHaldenwang this allows us to measure power, torque and emissions in engine cycle Otto, were made in two parameters in idle (static) guided me in standard INEN 2204:2202 " environmental management, air, motor vehicles, limits of emissions produced by terrestrial mobile sources of gasoline" and dynamics – cycle ASM consists of a percentage of charge for miles on hour 5015 ASM and 2525 ASM some of the equipment used to measure gas is the gas Analyzer brand MAHA MGT5.

With these trials, we achieve the reduction of approximately 14% mixing E30 with respect to gasoline.

The use of E30 is recommended Max, if the percentage is needed a change of elements to prevent corrosion.

Keywords:Automotive, ethanol, gas, bioethanol.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Debido a la gran demanda de energía que existe hoy en día, el hombre se ha visto en la obligación de desarrollar nuevas tecnologías que permitan transformar fuentes energéticas alternativas, así como mejorar las ya existentes. Cada año, las reservas mundiales de petróleo van disminuyendo y la población demanda más de lo que se puede producir. En la tabla se muestran las estimaciones de las reservas mundiales de petróleo y gas a nivel mundial.

Tabla 1. Estimación de las reservas de energéticos en el mundo

Petróleo (Millones de barriles) BP, Estatistical Review, 2007	Petróleo (Millones de barriles) Oil & Gas Journal, 2007	Petróleo (Millones de barriles) World Oil, 2007	Gas Natural (Billones de pies cúbicos) BP, Estatistical Review, 2007	Gas Natural (Billones de pies cúbicos) CEDIGAZ, 2008	Gas Natural (Billones de pies cúbicos) Oil & Gas Journal, 2009	Gas Natural (Billones de pies cúbicos) World Oil, 2007
1,238.892	1,342.207	1,184.208	6,290.636	6,342.411	6,254.364	6,436.029

Fuente:<http://lopezva.files.wordpress.com/2011/09/tesis-mezclas-de-etanol-y-gasolina.pdf>

En la tabla se puede ver el reporte de distintos organismos son similares en todos los casos donde la cantidad de petróleo está muy por debajo de las reservas de gas natural. ha inicios del siglo XX, comenzó la era del petróleo, con la exploración y producción de los yacimientos de Pennsylvania, Estados Unidos; iniciativas que luego fueron imitadas en otros países, los cuales utilizaron el petróleo para la iluminación y calefacción; y si bien durante la época del petróleo barato, ésta materia prima fue insustituible, a partir de las crisis energéticas de la década de los 70's se trató de economizar combustible mediante la implantación de regulaciones que implicaron a su vez, una mayor eficiencia

energética de los motores de combustión interna y un control de las emisiones de gases contaminantes.

Entonces aparecieron normas y técnicas para evitar la dependencia de los combustibles provenientes del petróleo, como el gas y la gasolina, específicamente, algunos desarrollos tecnológicos actuales indican una clara tendencia a reducir el consumo de éstos y evitar la contaminación ambiental, así, el predominio del petróleo está acercándose progresivamente a su fin.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente existen tres factores esenciales para poder poner en práctica todo lo que es de biocombustibles.

- Cambio climático.
- Agotamiento de combustibles fósiles.
- Altos precios de petróleos.

La expresión cambio climático, se refiere a la modificación del clima con respecto a los datos históricos a una escala regional o global. Dichos cambios son el aumento o disminución de temperatura, presión atmosférica, precipitaciones y nubosidad. El cambio climático es provocado principalmente por dos factores: causas naturales y antropogénicas.(MONTE, 2003).

El agotamiento de los combustibles fósiles se trata del sistema energético actual está fuertemente basado en los combustibles fósiles y el ritmo de consumo es tal que en un año la humanidad consume lo que la naturaleza tarda un millón de años en producir, por lo que el agotamiento de las reservas existentes es una realidad que no admite discusión.

Cuantificar esta posibilidad es difícil, pero aun las previsiones más optimistas dan plazos inferiores a 100 años para el agotamiento de las reservas de petróleo.

Debido a esto, los precios se van a la alza, trayendo como consecuencia que las economías mundiales se vean seriamente afectadas y tengan que recurrir a la investigación de nuevas formas de aprovechamiento de energía.

Figura 1. Proyección de precio de barril de petróleo
Average of Weekly U.S. Regular Conventional Retail Gasoline Prices
(Dollars per Liter)



Fuente <http://vacilounge.blogspot.com/2011/04/que-cara-esta-la-gasolina-mced.html>

Como podemos observar en la gráfica mientras sigan utilizando el petróleo los países desarrollados y en proceso de desarrollo la tendencia seguirá subiendo.

En el 2008 se tiene una tendencia de alza de precio, por la cantidad de hidrocarburos la demanda fue muy grande y el precio se incrementó considerablemente.

El etanol es el combustible que se produce en varios países desde hace muchos años, más del 75% de la producción de etanol a nivel mundial se encuentra en Brasil y Estados Unidos.

Brasil es el segundo mayor productor de etanol del mundo, el mayor exportador mundial, y es considerado el líder internacional en materia de biocombustibles y la primera economía en alcanzar un uso sostenible de los biocombustibles. Juntos, Brasil y los Estados Unidos encabezan la producción de etanol, siendo responsables en 2006 por el 70% de la producción mundial y casi el 90% del etanol utilizado como combustible.

En 2006 la producción brasileña fue de 16,3 mil millones de litros, la cual representa el 33,3% de la producción mundial de etanol y el 42% del etanol utilizado como combustible a nivel mundial. La proyección de la producción total para 2008 se estima en 26,4 mil millones de litros.

Estados Unidos pelea con Brasil el liderazgo internacional en la producción de etanol. Junto con Centroamérica, EU produce el 45,8% del etanol que se consume en todo el mundo. El principal argumento de este país por aumentar la producción de etanol, es la necesidad de independizarse del petróleo, ya que representa un desafío para su estabilidad económica (USAID, 2003).

Futuro. Mientras países desarrollados y en desarrollo hagan uso del petróleo siempre seguirá la misma tendencia creciente que hemos visto. En la próxima gráfica presento una proyección del precio del petróleo basado en el crecimiento anual promedio de los últimos 20 años de 6,86%.

1.2 Justificación

En la actualidad las investigaciones se dirigen más a la determinar nuevos procesos y nuevas fuentes para obtener el etanol, estas investigaciones han tenido un auge muy grande en los Estados Unidos de América, pues para este país la obtención del etanol tiene mucha importancia como combustible. En Sudamérica el país que más ha empeñado en las investigaciones respecto a la obtención del etanol es Brasil, país que en la actualidad se encuentra, produciendo millones de litros de etanol al año, pero dicha producción utiliza como materias primas dos productos agrícolas el maíz y la caña de azúcar, que son de enorme importancia en la alimentación humana por lo que estos países son sujetos de fuertes críticas por parte de la comunidad internacional.

En nuestro país las investigaciones sobre la producción de etanol, se refiere principalmente a la obtención de etanol como bebida alcohólica y no como fuente de energía, el cual puede ser obtenido de una fuente constante de residuos orgánicos, los mismos que se encuentran en cantidades considerables en los mercados.

Por otra parte, un problema muy común en los diferentes municipios de nuestro país son los desechos producidos en los mercados, los mismos que son confinados en botaderos sin clasificación y ningún tipo de tratamiento previo, constituyéndose en fuentes de contaminación del ambiente. ¿Entonces qué hacer con estos residuos? La primera respuesta a esta incógnita surge desde la Biotecnología, mediante la utilización adecuada de técnicas los residuos pueden ser utilizados para la obtención de etanol.

La presente investigación, se relaciona con la aplicación de técnicas biotecnológicas, como la fermentación que contribuyen a disminuir el grave impacto que estos residuos ocasionan al entorno, utilizándolos para la obtención de una fuente renovable de energía que tiene su origen en materia prima que al constituir sustancias de desecho no son destinados a otros usos de mayor importancia como la alimentación humana.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Producir Etanol a partir de las frutas de desechos, analizar sus propiedades y realizar pruebas en un motor de combustión interna.

1.3.2 Objetivos específicos:

Recolectar de los desechos de frutas, a utilizar en el presente estudio.

Determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del material orgánico a utilizar, melaza y residual orgánico.

Determinar el tipo de tratamiento que genere mayor cantidad de etanol.

Analizar las propiedades del etanol obtenido de desechos de frutas con fines energéticos.

Realizar pruebas y comparar los resultados de emisiones contaminantes en un laboratorio especializado.

Probar el etanol obtenido, como combustible en un motor de combustión interna.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco referencial

La constante búsqueda de alcanzar mejoras en las condiciones de vida del hombre ha dado lugar a un mayor nivel de desarrollo caracterizado por un notable y constante avance tecnológico, lo que ha traído consigo un gran impacto en el entorno desde el momento mismo que el hombre apareció en escena; pero dicho impacto debe ser asimilable por el medio en tal medida que permita que el equilibrio se restablezca.

Debe ser por lo tanto la misma tecnología la ruta que se deberá seguir para conseguir un modelo de desarrollo compatible con el entorno, sin que ello implique una paralización en la actividad productiva humana, complementando el alcance de mayores niveles de bienestar con impactos cada vez menores en el ambiente.

La producción de residuos sólidos orgánicos en América Latina y el Caribe varía entre 30% y 60%, pudiendo ser utilizado mediante un proceso técnico de transformación para la obtención de diferentes productos, como: Humus, balanceado para la alimentación de animales, y en el caso de esta investigación para la obtención de etanol.

Las grandes ciudades de la región y del país generan cantidades cada vez mayores de residuos frecuentemente, su disposición final se realiza en botaderos a cielo abierto o cuerpos de agua construyendo un grave problema para la salud pública y ambiental. Los elevados volúmenes de residuos generados suponen importantes costos de recolección y disposición final.

Existe mucha desinformación y falta de participación entre los pobladores y autoridades municipales para la implementación de sistemas de reciclaje y/o aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos como los residuos de frutas. Por eso es

imprescindible fomentar la educación ambiental y la participación ciudadana, para desarrollar tecnologías apropiadas e incentivar el tratamiento y aprovechamiento de los residuos.

Las fuentes mundiales de energías tradicionales se están agotando a un ritmo acelerado, probablemente el petróleo y el carbón, deberían considerarse como materias primas para procesos industriales, ya que su utilización como combustible no es apropiado no resulta de beneficios para el medio ambiente. En América Latina y en el Ecuador al igual que en el resto del mundo, las principales fuentes de energía son los combustibles fósiles, que al no ser aprovechado de forma racional tienden cada vez a agotarse, por lo que resulta imperiosa la necesidad de buscar fuentes de energía alternativa.

2.2 Producción de principales frutas de la Provincia de Chimborazo

La mayor ventaja que tiene las frutas son sus características y principalmente es el contenido de glúcidos por lo que se pueden utilizar como fuente de etanol.

En los procesos de cosecha y comercialización existen grandes cantidades de desechos generados anualmente los mismos que van a parar en un botadero público, al filo de los ríos, lagos, abonos, alimento para animales, etc., he aquí la importancia de reciclar y utilizar adecuadamente.(CASER, 2009).

Tabla 2. Principales frutas que produce la Provincia de Chimborazo

Especie	Producción (Tm)	Ventas (Tm)
Banano	96	77
Claudia	17	14
Durazno	36	32
Mandarina	299	255
Manzana	137	109
Naranja	379	242
Papaya	12	***
Pera	19	18
Plátano	85	53
Tomate de árbol	19	15

Fuente: INEC

En la tabla se puede ver con precisión de una fuente confiable como es la INEC la gran producción que existe solo en esta zona, también se puede ver que las ventas no se hacen en su totalidad esto quiere decir que generan gran cantidad de desechos los mismos que se pueden utilizar como fuente para la obtención del etanol.

2.3 Residuos y los problemas que genera

2.3.1 Residuos. Llamado residuos a cualquier tipo de material que esté generado por la actividad humana y que está destinado hacer desecho.

Son restos de papel, cartón, botellas, embalajes de diversos tipos. Se debe tener en cuenta al mismo tiempo los cambios de modas impulsadas por la publicidad y recibidas por la sociedad de consumo que originan que las personas descarten una gran cantidad de objetos en buen estado para reemplazarlos por otros nuevos. Hoy en día la sociedad tiende a gran medida hacia los productos descartables, generándose de esta manera una necesidad de producir más y más elementos de consumo.(COSTA, y otros, 1995).

La palabra basura es para la mayoría de las personas es algo despectivo, que carece de valor y de algo que hay que deshacerse, de esta forma lo útil, que no siempre es necesario se convierte en un estorbo y es causa de problema de cómo nos desentendemos de lo que producimos y consumimos.

En los principios de los tiempos la basura no existía, La vida se llevaba a cabo según las leyes de la naturaleza. Sus ciclos no se veían obligados a modificarse. Al crear la basura, el ser humano fue el primer animal en transgredir las leyes naturales.

Al principio los desperdicios eran insignificantes. Los problemas comenzaron con la revolución industrial. La gente produce basura a un ritmo mayor del que estos necesitan para descomponerse. Esto se debe a la sobrevaloración que las personas les damos a los productos ya estamos continuamente produciendo basura debido a la ignorancia, los malos hábitos y la irresponsabilidad, dando lugar a un campo del que nadie quiere hacerse responsable por lo que produce ni por lo que compra. Como una bola de nieve que aumenta su volumen hasta generar un alud, los desperdicios se reproducen

infinitamente en todos los rincones del planeta, ante la mirada indiferente de las poblaciones y las autoridades.

En las ciudades la basura lleva siendo un problema casi desde el origen de estas, debido a la densidad de la población y al hecho de arrojar la basura a las calles. Esto ha originado la proliferación de insectos, roedores y microorganismos patógenos, trayendo como consecuencias enfermedades para el ser humano, una de las más conocidas es la peste bubónica producida por las ratas.(GARRIGUES, 2003).

El problema sobre qué hacer con la basura es serio y difícil de resolver, debido a que todos somos en mayor o menor medida responsables de la generación, somos nosotros quienes debemos ayudar a disminuir esa bola de nieve para que no se transforme en un alud.

2.3.2 Tipos de residuos. Para poder disponer de los residuos eficazmente es importante distinguir los diversos tipos que existen es muy distinto el residuo industrial que el agrícola o que el doméstico y también son totalmente diferentes los residuos gaseosos o líquidos que los sólidos, o radioactivos y los que no lo son.

2.3.2.1 Clasificación por estado. Un residuo es definido por el estado según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado: por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.

2.3.2.2 Clasificación por origen. Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial.

Esta definición no tiene en la práctica límites en cuanto al nivel de detalle en que se puede llegar en ella.

2.3.2.3 Residuos municipales. La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo de tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. El creciente desarrollo de la economía ecuatoriana ha traído consigo un considerable aumento en la generación de estos residuos. En la década de los 60, la generación de residuos domiciliarios alcanzaba los 0,2 a 0,5 kg/habitante/día; hoy en cambio, esta cifra se sitúa entre los 0,8 y 1,4 kg/habitante/día.

Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes de residuos, estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

2.3.2.4 Residuos industriales. La cantidad de residuos que genera una industria es en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de materiales primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los embaces y embalajes del proceso.

2.3.2.5 Residuos mineros. Los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos de los procesos mineros. En Ecuador y en el mundo las estadísticas de producción son bastante limitadas actualmente la industria del cobre se encuentra empeñada en la implementación de un manejo apropiado de estos residuos, por cual se espera en un futuro próximo contar con esta dísticas apropiadas.

2.3.2.6 Residuos hospitalarios. Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiad, al no existir un reglamento claro al respecto. El manejo de estos residuos es realizado a nivel de generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel hospital los residuos son generalmente esterilizados.

La composición de los residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo médico conteniendo sustancias peligrosas. Según el Integrated Waste Management Boart de California USA se entiende por residuo médico como aquel que está compuesto de residuos que es generado como resultado de:

- Investigación conducente a la producción o prueba de preparaciones medicas hechas de organismos vivos y sus productos.

2.3.3 Clasificación por tipo de manejo. Se puede clasificar un residuo por presentar alguna característica asociada al manejo que debe ser realizado:

Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

Residuos peligrosos: Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de mejorar y/o disponer y puedan causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

Residuo inerte: Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

Residuo no peligroso: Ninguno de los anteriores.

2.3.3.1 Residuos sólidos urbanos. Los residuos producidos producido por los habitantes urbanos comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es de las basuras domésticas.(TCHOBANOGLIOUS, y otros, 1994).

La basura suele estar compuesta por:

- Materia orgánica: son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto a los de la comida que sobra.
- Papel y cartón: periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes, etc.
- Plásticos: botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos, y cubiertos desechables, etc.
- Vidrio: botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.
- Metales: latas, botes, etc.
- Otros.

En las zonas más desarrolladas la cantidad de papel y cartón es más alta, plásticos, vidrios y metales.

2.3.3.2 Residuos industriales. La industria genera una gran cantidad de residuos muchos de los cuales son recuperables. El problema está en que las técnicas para aprovechar los residuos y hacerlos útiles son caras y en muchas ocasiones no compensa económicamente hacerlo. De todas formas, está aumentada la proporción de residuos que se valorizan para usos posteriores.

2.3.3.3 Residuos industriales inertes y asimilables a los RSU. Los residuos son escombros, gravas, arenas y demás materiales que no presentan riesgo para el ambiente. Hay dos posibles tratamientos para estos materiales re utilizarlos como relleno en obras públicas construcciones o depositarios en vertedero adecuados.

El principal impacto negativo que pueden producir es el visual, por lo que se debe usar lugares adecuados, como canteras abandonadas o minas al aire libre recubrir con tierra y plantas para reconstruir el paisaje a los sólidos urbanos que se producen en las industrias suelen ser recogidos y tratados de forma similar al resto de los RSU.

2.3.3.4 Residuos peligrosos. Son las sustancias que son inflamables, corrosivas, tóxicas o pueden producir reacciones químicas, cuando están en concentraciones que pueden ser peligrosas para la salud o para el ambiente. (CASTELLS, 2009).

El impacto negativo de estas sustancias se ve agravado cuando son difíciles de degradar en la naturaleza. Los ecosistemas naturales están muy bien preparados, por millones de años de evolución para asimilar y degradar las sustancias naturales. Siempre hay algún tipo de microorganismo o de proceso bioquímico que introduce en los ciclos de los elementos las moléculas.

En la actualidad se sintetizan miles de productos que nunca habían existido antes y algunos de ellos, como es el caso de los CFC, DDT, muchos plásticos, etc. Permanecen muchos años antes de ser eliminados. Además al salir tantas moléculas nuevas cada año, aunque se hacen ensayos pueden suceder con ellos a medio o largo plazo.

2.3.3.5 El problema de los residuos. Una visión integral de los problemas ambientales y de salud pública incluye entre otros, el tema del correcto de los residuos, con un concepto de ecología, no ligada exclusivamente a la imagen de una pequeña minoría de amantes de la naturaleza o de especialistas, sino más bien a la de una ecología de todos, que involucre aspectos ambientales, sociales y económicos. Un desarrollo sustentable que además de preocuparse por la preservación de los recursos y del medio ambiente para las futuras generaciones, también por una sociedad reorientada a la equidad en la que los servicios ambientales cumplen un importante papel.

Los riegos que fueron la materia de los procesos productivos y los resultados del consumo y del crecimiento, y que observemos por todos lados; no hablan de una cultura del desperdicio de los recursos, de su bajo aprovechamiento y de servicios deficientes, en general de un desentendimiento del que hacer y de adónde van a parar los residuos de nuestra casas, de la industria y de nuestra ciudad.

A pesar del esfuerzo de trabajadores y autoridades, del avance de los conocimientos y experiencias, los resultados están a la vista, nuestras ciudades con valiosa excepciones, como Loja y Cuenca, están sucias y la basura forma parte de nuestro paisaje.

El manejo de los residuos al igual que otra actividades relacionadas con el medio ambiente y más que eso, con nuestra propia salud, no es una tarea que se pueden encargar solo a un sector de la sociedad no es sólo el barrendero, no es sólo el reciclador, el Gobierno o el Legislador, no solo los profesionales del manejo y control de los residuos los únicos encargados de esta terea, es la tarea de todos.

2.4 Sistemas de aprovechamiento de los residuos orgánicos procedentes de restos alimenticios y similares

En las ciudades se generan residuos de materia orgánica fermentable que proceden básicamente de restos de alimentos (domiciliarios, hotelerías, mercados, industrias alimenticias, mataderos, carnicerías, barridos, poda parques, jardines, y todos los depuradores de aguas residuales.)

En aquellos municipios en los que existen plantas de compostaje, de éstas se hacen cargos generalmente sólo de la materia orgánica constituida por restos de alimentos, transformándola en compost que normalmente no ofrecen la calidad necesaria para ser un producto apreciado y valorado monetariamente dado su nivel de impureza e incluso de contaminantes peligrosos.

Aunque actualmente los procesos mecánicos de separación de la materia orgánica y de compostaje posteriores han mejorado notablemente sólo se consiguen calidades y rentabilidades monetarias aceptables en contados casos en los que se procede a la recogida selectiva en origen de los residuos orgánicos, separados previamente por los vecinos.

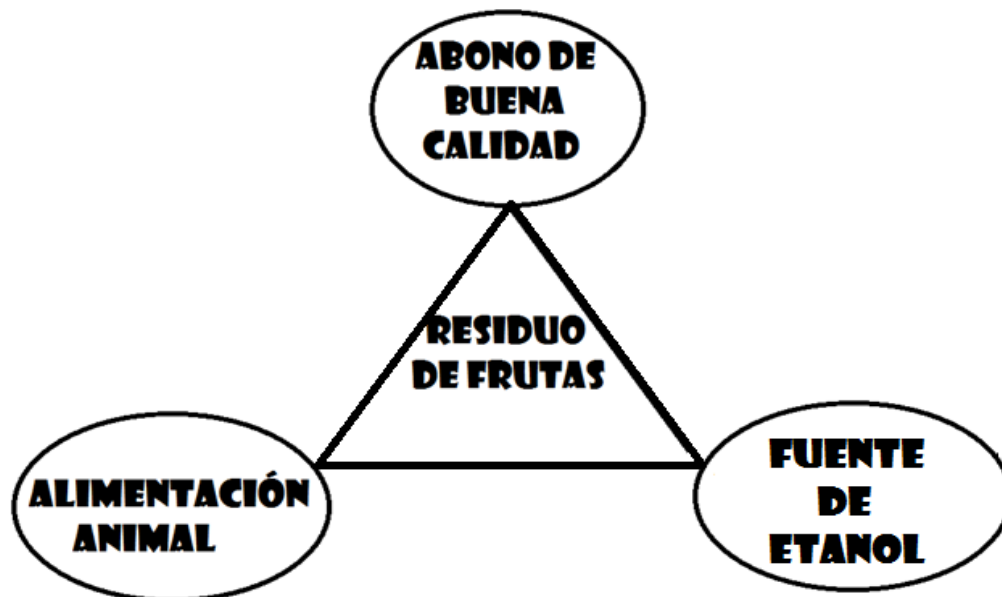
Desafortunadamente, la gestión de los restos de depuradoras de aguas residuales, de restos de parques y jardines y de la fracción orgánica constituida por restos de alimentos y similares, no goza de una gestión conjunta a pesar de su excelente complementariedad para elaborar un compost de calidad diferentes de parámetros y empresas (públicas y privadas) que gestionan estos residuos, falta de experiencias y conocimientos de los procesos de compostaje por parte de los técnicos, ausencia de legislación al respecto que obligue un cumplimiento de ciertos objetivos sin algunas de las causas de esta situación y cuya explicación más completa sólo hay que buscarla en el abandono general de los asuntos ambientales conocimientos a la erosión del suelo, a la agricultura y aprovechamiento de los residuos.

Por otra parte podemos obtener productos de un mayor valor monetario si los residuos son tratados mediante técnicas biotecnológicas como ejemplo podemos citar la obtención de quitina o quitosana a partir de residuos de crustáceos. Siguiendo este mismo ejemplo puede obtenerse productos a partir de residuos de frutas los cuales por su contenido de azúcares pueden tener algunos usos como: fuente de obtención de etanol alimentación animal, abono de buena calidad, etc.

Hoy por hoy, los que se ocupan de estudiar el problema de la basura se interesan de mayor medida en la segunda vida de la basura, el reciclaje.

Para definir la palabra con precisión, reciclar consiste en usar la materia prima de los productos para la elaborar otros nuevos, de esta manera muchos elementos que contiene basura que diariamente sacamos a la calle puede volver a utilizarse, en forma de botella de vidrio, papel, planchas de aluminio, alimento para animales o en fertilizante de bajo costo.

Figura 2. Utilización de desechos de frutas



Fuente: <http://www.zoomnews.es/100064/actualidad/sociedad/reciclaje-desechos-fruta-no-son-basura>

El papel y el cartón son reciclables, ya que hay algunos tipos de papel que se fabrican a partir de papel o cartón usado; el plástico también es recuperable. La industria del vidrio también busca reutilizar la mayor cantidad posible de este material. Si se recupera el 60% de los desechos reutilizables, en un año se ahorraría el equivalente energético a 350 millones de barriles de petróleo. Además, seleccionar y reciclar un millón de toneladas de residuos crearía 1600 empleados, mientras que solo para recogerlos y verterlos de necesitarían 600 y para incinerarlos 80 trabajadores.

El objetivo más importante será a largo plazo. Tendrá que aspirarse a que las nuevas generaciones incorporen de los inicios de su educación cultural y formación, las costumbres y hábitos que permitan la implementación exitosa de los diferentes sistemas de recuperación de los recursos no renovables.

2.5 Residuos de frutas como fuente de etanol

2.5.1 Definiciones

2.5.1.1 Biomasa. Se denomina biomasa a toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra. Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos. De origen vegetal o animal, que incluye los materiales que proceden de la transformación natural o artificial. Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del CO₂ del aire y de otras sustancias simples, aprovechando la energía del sol.

2.5.1.2 Biocombustible. Este líquido es producido a partir de la fermentación de productos renovables como maíz, caña de azúcar, remolacha, frutas, etc.

2.5.1.3 Bioetanol. El etanol es un compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible, solo, o bien mezclado en cantidades variadas con gasolina, y su uso se ha extendido principalmente para reemplazar el consumo de derivados del petróleo. Como fuente para la producción de etanol en el mundo se utiliza fundamentalmente biomasa. Este etanol es denominado, por su origen, bioetanol. (BRICEÑO BELTRÁN, 2006).

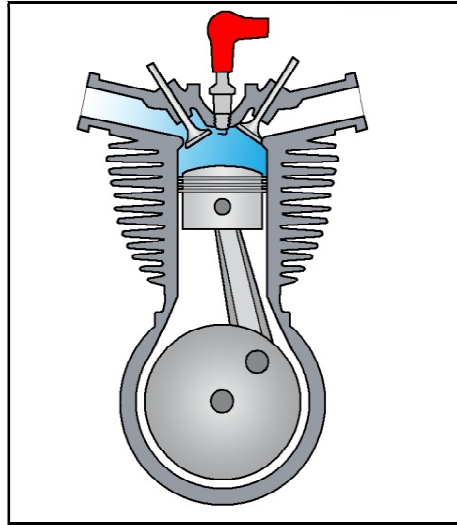
El bioetanol tiene las mismas características y composición química que el etanol ya que se trata del mismo compuesto. La diferencia radica en su proceso de producción.

2.6 El motor de combustión interna aspectos generales

2.6.1 Motor. Es un motor de 4 tiempos con un solo cilindro que funciona como sigue:

a. Carrera de admisión.- Sirve para introducir una mezcla de aire combustible hacia el interior del cilindro del motor. Se abre la válvula de admisión y penetra la mezcla; la válvula de escape permanece cerrada durante la mayor parte de la carrera.

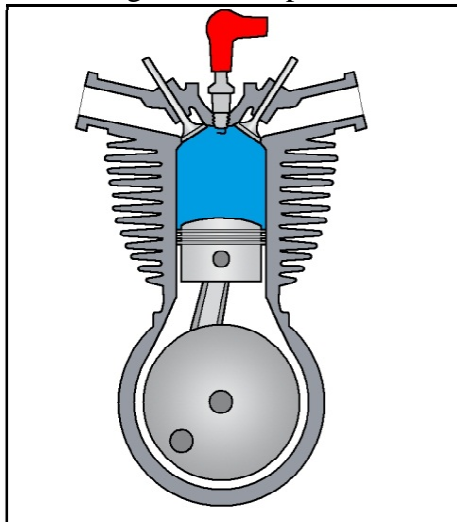
Figura 3. Admisión



Fuente: <http://www.moto125cc/f125cc/reportajes/tenica/item/304-articulo-motor-4t>

- b. Carrera de compresión.- Sirve para elevar la temperatura de la mezcla. Ambas válvulas están cerradas, la mezcla se comprime al subir el émbolo y la chispa enciende la mezcla cerca del final de la carrera (PMS).

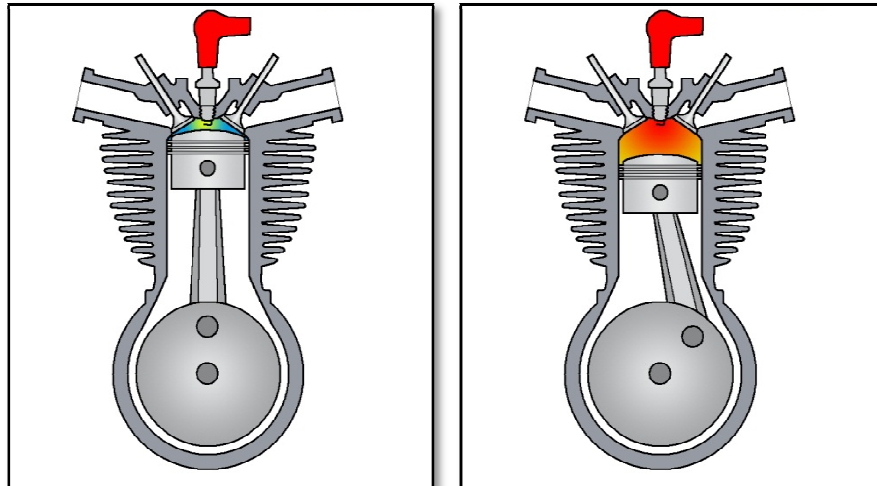
Figura 4. Compresión



Fuente: <http://www.moto125.cc/f125cc/reportajes/tenica/item/304-articulo-motor-4t>

- c. Carrera de trabajo.- Cerca del final de la carrera de compresión, salta la chispa y se enciende la mezcla, liberando energía que aumenta la temperatura y la presión de los gases, esta gran expansión de los gases de combustión empujan al émbolo hacia abajo, ambas válvulas están cerradas. Cuando el émbolo está por finalizar su carrera, cerca del (PMI) se abre la válvula de escape.

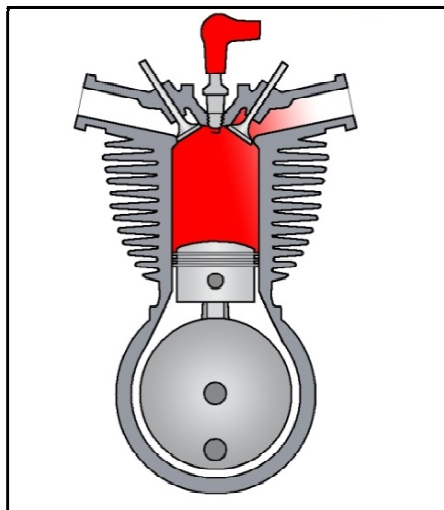
Figura 5. Trabajo



Fuente: <http://www.moto125.cc/f125cc/reportajes/tenica/item/304-articulo-motor-4t>

- d. Carrera de escape.- Estando abierta la válvula de escape, el pistón por inercia moviéndose hacia arriba, permite el barrido de los gases.

Figura 6. Escape



Fuente: <http://www.moto125.cc/f125cc/reportajes/tenica/item/304-articulo-motor-4t>

2.6.2 Sistema de alimentación. El combustible que ha de servir para mover el vehículo se encuentra almacenado en un tanque o depósito, en algún lugar oculto del automóvil y ha de ir cerrado con un tapón provisto de un orificio para permitir el paso del aire y de los gases que allí se puedan formar, bien sea por el continuo movimiento del vehículo o por un calor excesivo.

El sistema de alimentación tiene por objeto extraer el combustible del depósito y conducirlo a los cilindros en las mejores condiciones, para que la combustión se realice correctamente.

Este sistema depende del tipo de motor, pero tanto los motores de gasolina como los de gasoil deben ir provistos de una bomba que extrae el combustible del depósito y lo empuja hacia el resto del sistema de alimentación.

2.6.3 Sistema de encendido. El encendido es a través de una bujía que es alimentada eléctricamente desde el generador, a través de un cable de alta tensión, al final de la carrera de compresión se carga eléctricamente la bujía y salta la chispa entre los electrodos, causando la combustión de la mezcla aire-gasolina, y ejerciendo trabajo sobre el pistón.

2.6.4 Sistema de arranque. El encendido de la planta eléctrica es manual, posee una soga envuelta en el cigüeñal del motor, esta posee una manija para facilitar la manipulación. Una vez la planta se esté alimentando de combustible, se debe jalar la tiradera con fuerza moderada para que el motor alcance las rpm necesarios.

2.6.5 Lubricación. La lubricación se realiza por el movimiento del cigüeñal dentro del cárter que está lleno de aceite para motor 20w50, el aceite es agitado bruscamente y se esparce por toda el área necesaria para lubricar.

2.6.6 Refrigeración. La refrigeración es únicamente por aire, la camisa del pistón tiene intercambiadores de calor tipo paletas, por este motivo se debe la planta debe estar en lugares ventilados.

CAPÍTULO III

3 IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL DE DESECHO QUE GENERE LA MÁS RÁPIDA FERMENTACIÓN Y DESTILACIÓN DEL MISMO

3.1 Residuos orgánicos como fuente de energía alternativa

Las principales fuentes de obtención de etanol son:

Sustancias con alto contenido en sacarosa:

- Caña de azúcar
- Remolacha
- Melazas
- Sorgo dulce
- Frutas

Sustancias con alto contenido en almidón:

- Cebada
- Maíz
- Patata
- Yuca

Sustancias con alto contenido de celulosa:

- Madera
- Residuos agrícolas

Las sustancias obtenidas con alto contenido de sacarosas, almidón y celulosas son las más utilizadas para la obtención de etanol, en nuestro proyecto la recolección fue realizada en los mercados de la ciudad de Riobamba.

3.2 Proceso químico de obtención

3.2.1 *Materiales.* El material biológico utilizado para la obtención de bioetanol fue recolectado en los mercados de la ciudad de Riobamba los días miércoles y sábados.

3.2.2 *Variables de estudio dentro del proceso químico.* Las variables de estudio que se tomaron en cuenta en para el proceso químico de obtención son: masa de residuos frutales procesados y volumen de etanol obtenido a partir de los mismos.

3.2.3 *Análisis químicos a determinar en el material biológico*

Tabla 3. Análisis químicos a determinar en el material biológico

Indicador	
Características físicas y químicas de los residuos frutales utilizados en la obtención de bioetanol.	
Ázucres totales	%
Ázucres reductores	%
Ázucres no reductores	%
Almidón	%
Humedad	%
Cenizas	%
Aerobios mesófilos	UFC
Mohos	UFC
Levaduras	UFC

Fuente:

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/arauca/87061/docs_curso/C8_L2.htm

Las características que se encuentran descritas en la tabla N°3, son muy importantes dentro del proceso químico de obtención de bioetanol ya que a mayor porcentaje de azúcares y almidón se obtendrá mayor cantidad de alcohol, así también a mayor porcentaje de humedad existirá un elevado crecimiento microbiano.

Los análisis microbiológicos realizados a la materia prima son fundamentales ya que al existir mayor crecimiento microbiano nos indica que la biomasa a utilizar es un buen

caldo de cultivo para mohos y levaduras lo cual no es tan beneficioso para la levadura a utilizarse en el proceso.

3.3 Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los residuos de frutas

Tabla 4. Resultados de los análisis en la biomasa

Parámetro	%
Humedad	81,78
Cenizas	13, 67

Fuente: Autores

El elevado índice de humedad causa una degradación rápida de los residuos por lo que es recomendable trabajar con los mismos en el menor tiempo posible luego de su obtención.

Tabla 5. Análisis de azúcares

Parámetro	%
Azúcares totales	17,32
Azúcares reductores	11,00
Azúcares no reductores	6,30

Fuente: Autores

Los resultados experimentales obtenidos en el parámetro de azúcares totales confirman el dato teórico del 18% en glúcidos permitiendo así que los desechos frutales se conviertan en una muy buena fuente de alcohol.

Tabla 6. Análisis de almidón

Parámetro	%
Fibra	1,64
Almidón	0,57

Fuente: Autores

El almidón es una excelente fuente para la obtención de bioetanol; pero se sabe que las frutas tienen una elevada cantidad de fibra obteniéndose en este parámetro la variable de 1,64% con un porcentaje de almidón de 0,57%.

Tabla 7. Análisis microbiológicos

Parámetro	UFC
Aerobios mesófilos	138340000
Mohos	3464
Levaduras	138260

Fuente: Autores

3.4 Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la melaza utilizada en el proceso.

Tabla 8. Análisis de la melaza

Parámetro	% Mínimo	% Máximo	% Obtenidos
Humedad	-	26,5	24,4
Cenizas	-	12	10,8
Azúcar Reductor	46	59	49,3
° Brix	85	-	86,2

Fuente: Autores

Como se observa en el cuadro anterior la melaza que se utilizó en la biomasa para obtención de etanol se encuentra dentro de los límites establecidos por la Norma INEN N° 261. Requisitos Melazas.

3.5 Materiales para el proceso de fermentación

3.5.1 Levaduras. La *Saccharomyces cerevisiae* es un hongo unicelular responsable de gran parte de las fermentaciones alcohólicas. Las levaduras son cuerpos unicelulares (generalmente de forma esférica) de un tamaño que ronda los 2 a 4 μ m que están presentes de forma natural en algunos productos como las frutas, cereales y verduras. Son los que denominan; organismos anaeróbicos facultativos, es decir que pueden desarrollar sus funciones biológicas sin oxígeno.

Se puede decir que el 96% de etanol la lleva a cabo hongos microscópicos, diferentes especies de levaduras, entre las que se encuentran principalmente. *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces fragilis*, *Torulospora*, y la *Zymomonas mobilis*.

Los microorganismos responsables de la fermentación son de tres tipos: bacterias, mohos y levaduras. Cada uno de estos microorganismos posee una característica propia sobre la fermentación que en algunos casos son capaces de proporcionar un sabor característico al producto final (como en el caso de los vinos o cervezas). A veces estos microorganismos no actúan solos, sino que cooperan entre sí para la obtención del proceso global de fermentación.

Las propias levaduras se han empleado a veces en la alimentación humana como un subproducto industrial. Se ha descubierto que en algunos casos es mejor inmovilizar (reducir el movimiento) de algunas levaduras para que pueda atacar enzimáticamente mejor y con mayor eficiencia sobre el sustrato de hidratos de carbono evitando que los microorganismos se difundan facilitando su recuperación (los biocatalizadores suelen ser caros), para ello se emplean fijadores como: agar, alginato de calcio, astillas de madera de bálsamo, etc.

Algunas cepas de levaduras tienen eficiencias de fermentación altas sin necesidades de fijación incluso a relativas velocidades de movilidad, tal como puede ser el caso de *Zymomonas mobilis* (de esta levadura ha sido extraída en el año 2005 completamente la secuencia genómica). Esta levadura ha sido siempre rechazada de la fermentación de cerveza y de la sidra por proporcionar sabores y olores desagradables. No obstante posee una alta resistencia a sobrevivir a concentraciones elevadas de etanol que la convierte en una levadura ideal en la generación de etanol para usos no comestibles (como en este caso el biocombustible).

El biólogo Lindner en el año 1928 fue el primero en describir la levadura *Zymomonas mobilis* (conocida en honor de su descubridor como *Z. Lindneri*, *Thermobacterium mobilis*, *Pseudomonas Lindneri*). Cuando el medio es rico en azúcar (como puede ser el caso de la melaza o siropes), la transformación del mismo en alcohol hace que la presencia de una cierta concentración (generalmente expresado en grado brix) afecta a la supervivencia de levaduras no pudiendo realizar la

fermentación en tal medio (las altas concentraciones de azúcar frenan los procesos de osmóticos de las membranas de las células).

Aunque hay distintos tipos de levaduras con diferentes tolerancias a las concentraciones de azúcares y de etanol. Los azúcares empleados en la fermentación suelen ser dextrosa, maltosa, sacarosa y lactosa. Los microorganismos atacan específicamente a cada una de los hidratos de carbono, siendo la maltosa la más afectada por las levaduras. Otros factores como el número de levaduras.

Algunas enzimas participan en la fermentación, como puede ser la diastasa o la invertasa, aunque la única responsable de convertir los hidratos de carbono en el etanol y dióxido de carbono en la zima.

La zima es la responsable final de dirigir la reacción química que convierte la glucosa en etanol. La idea de que una sustancia albuminoide específica desarrollada en la célula de la levadura llega a producir la fermentación fue ya expuesta en el año 1858 por Moritz Traube como la teoría enzimática o fermentativa y más tarde ha sido defendida por Félix Hoppe.

Genero *Saccharomyces* hasta llegar al descubrimiento de Eduard Buchner que llegó a hacer la fermentación sin la intervención de células y hongos de levadura.

Este género abarca numerosas especies, tanto de levaduras cultivables como salvajes. Según N. M. STELLING-DEKKER, el caso es que hasta 1951 se han descrito 107 especies. Pero las especies de levaduras cultivadas abarca muchas razas diversas, es decir que hay diferencias respecto a aquellas propiedades que no pertenecen a las de esta especie en que tienen su diferencia unos con mayor velocidad o menor velocidad y de fermentación alta o baja etc.

Aunque estas propiedades también podrían servir en casos extremos como fundamento para la diferenciación de especies, hay tantas variaciones que la diferenciación de especies no podría realizarse sobre esta base. Por esta razón, con respecto a tales propiedades, se han fijado diferentes tipos y en la caracterización de una levadura se indica a cuál de estos tipos.

3.5.2 *Saccharomyces cerevisiae*. Las células de cultivos jóvenes son redondas, ovales u oviformes, (3-7) x (4-14) μ m.

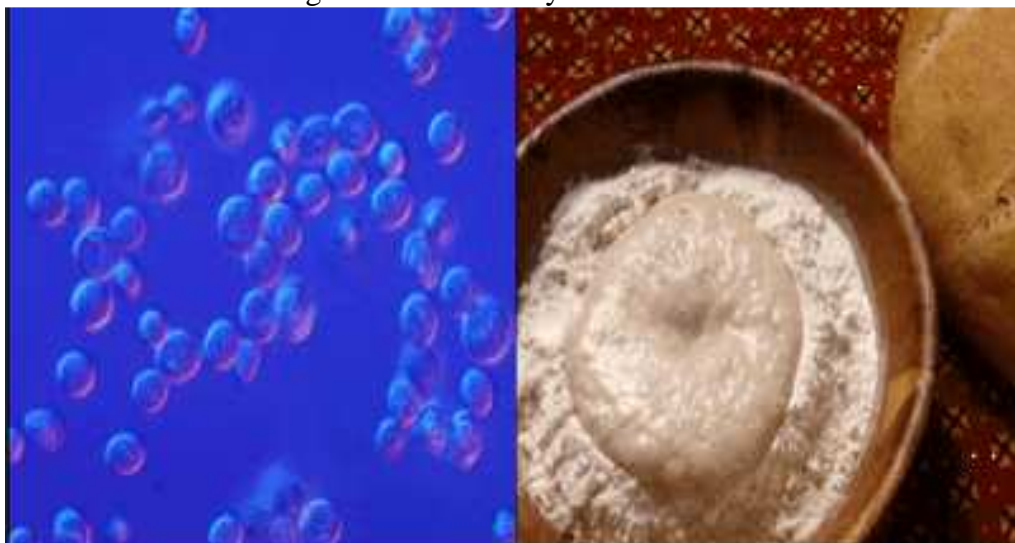
La relación entre longitud y anchura es por lo general menor de 2. Con frecuencia se encuentran cadenas celulares rígidas ramificadas de cultivos en cámara húmeda.

La formación de película varía según la temperatura a la cual se realiza después de 7 a 11 días y a una temperatura de 20-34°C aparece una película delgada, formada por células en forma de salchicha, barrocas, y tras 15-30 días a 13-15°C se forma una película más gruesa.

Los límites de temperatura para la formación de películas se encuentran esporas que se forman en cantidad de 1-4 en un asca son redondeados lisos y miden 3,5 μ m aproximadamente de diámetro.

Con frecuencia se forma una cuña protoplasmática entre las esporas de manera que éstas reciben un aspecto característico de pared doble. El óptimo de temperatura para el esporo génesis se encuentra hacia los 30°C y a esta temperatura las esporas se pueden desarrollar en el transcurso de 40 horas. A 12-15°C se desarrollan en el curso de 4-6 días. Los límites de temperatura para el esporo génesis se encuentran entre los 9 y 37°C.

Figura 7. *Saccharomyces cerevisiae*



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_cerevisiae

3.5.3 Equipo de fermentación

- 3 Tanques de 25 litros pueden ser de vidrio o de polietileno (plástico alimentario), pero jamás de otro tipo de plástico porque dejan residuos tóxicos en el líquido.
- Una botellita o un vaso pequeño de plástico.
- Un tubo de goma de unos 1 metros.
- Guantes, bata, mascarilla y una red para el pelo. Esto es por precaución ya que si se contamina nuestra biomasa las levaduras tengan que competir con otros microorganismos.
- Un termómetro ya que esto nos servirá para verificar la temperatura y matarlos a los microorganismos de la levadura.
- Medidor de PH este equipo se es muy necesario ya que debemos poner nuestra biomasa en un PH 6 dando un ambiente adecuado para la supervivencia las levaduras.

Figura 8. Tanques de sustrato de melaza



Fuente: Autores

3.6 Técnicas y métodos empleados para una buena fermentación.

Tratamiento 1: La fermentación se realiza utilizando el sustrato e inoculóde *Saccharomyces cerevisiae*.

Tratamiento 2: Esta fermentación se realiza mediante una mezcla de sustrato con melaza e inoculóde *Saccharomyces cerevisiae*.

Para lograr un producto con una calidad adecuada resulta imprescindible emplear biomasa en condiciones estables.

Los depósitos empleados para el ensilado de la biomasa deben estar bien limpios y desinfectados, pudiendo utilizarse indistintamente varios tipos y materiales de calidad alimentaria, desde depósitos de cemento recubierto, acero inoxidable o plástico, hasta bolsas de nylon, dependiendo del volumen y los medios disponibles.

Por lo tanto para poder obtener etanol por destilación de la biomasa es necesario fermentar previamente los azúcares, transformándolos en alcohol etílico y otros compuestos aromáticos minoritarios que le darán la tipicidad al producto final. La fermentación alcohólica de los azúcares de la biomasa se produce espontáneamente por la acción de diferentes especies de microorganismos presentes, entre las que cabe destacar las levaduras *Saccharomyces*.

Desde el punto de vista tecnológico, las levaduras *Saccharomyces* destacan por su buena capacidad de fermentación, formación de etanol y por no producir aromas indeseados. Para favorecer la actividad de éstas frente a otras especies, la *biomasa* debe estar bien mezclada, evitando la existencia de bolsas de aire que podrían favorecer el desarrollo de organismos aerófilos, como las bacterias acéticas, y la acetificación de la masa, con la consiguiente aparición de fuertes olores a pegamento y/o vinagre, además de disminuir la producción de alcohol etílico. Además, la incorporación de levaduras secas activas en el agua añadida favorecerá una rápida implantación del micro flora deseada, contribuyendo, con ello, al correcto desarrollo del proceso fermentativo.

Las levaduras secas disponibles comercialmente son microorganismos seleccionados por sus buenas aptitudes para la fermentación alcohólica y por producir un buen perfil aromático.

Son de origen vínico, pertenecen al género *Saccharomyces* y tras un corto periodo de rehidratación y aclimatación en agua (normalmente entre 20-30 min, a 30-35°C y empleando dosis de 10% del volumen) están listas para ser inoculadas y dirigir la fermentación alcohólica.

El tiempo de fermentación para lograr una conversión total de los azúcares en etanol y otros aromas se puede establecer en torno a 3-4 días. En ese momento, los cambios producidos en la biomasa pueden ser percibidos sensorialmente, con un aroma intenso, en el que se aprecia la aparición de alcohol etílico y un olor a fruta madura.

Una vez fermentada debe destilarse en un periodo no superior a un mes para evitar el desarrollo de microorganismos indeseados que la deterioren.

Tanto la fermentación como la conservación tienen que realizarse en ambientes frescos (12-18°C), para evitar la proliferación de hongos y bacterias principalmente.

3.7 Obtención del etanol a partir de los diferentes fermentos

Se puede producir alcohol etílico por fermentación de tres tipos distintos de materiales orgánicos:

Sacarosas (con azúcar). Contienen glúcidos simples (las sustancias que se convierten en alcohol), con entre seis y doce átomos de carbono (glucosa, fructosa, maltosa), que se pueden fermentar directamente. A este grupo pertenecen la caña de azúcar, la remolacha azucarera, la fruta (fresca o seca), la pulpa de los cítricos, el sorgo dulce, el suero de leche y la leche desnatada.

Amiláceos. Contienen glúcidos complejos como almidón e inulina que se pueden descomponer en glúcidos simples por hidrólisis ácida, o por acción enzimática en un proceso llamado malteado.

Entre ellos están el maíz, el sorgo granífero, la cebada, el trigo, la patata, el boniato, la patata, el cactus, la yuca, y la maranta.

Celulósicos. Como la madera, los residuos de madera, el papel, la paja, los tallos de maíz, las mazorcas de maíz, el algodón, etc., que se pueden descomponer con hidrólisis ácida o con enzimas para conseguir glucosa.

3.7.1 *Separación del etanol del sustrato de fermentación*

3.7.1.1 *Preparación del material*

- A. Los residuos frutales fueron reducidos mediante compresión y trituración a un tamaño de partícula aproximado de 5mm.
- B. Se filtró lo obtenido en el primer paso y se procedió al acondicionamiento del pH con una solución de Hidróxido de sodio 0.1 N durante 180 minutos.
- C. Los residuos frutales, se agregada al sustrato obtenido, la proporción de 70/30% (sustrato/melaza).
- D. La biomasa obtenida se esteriliza en la autoclave del laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias.

3.7.1.2 *Fermentación*

- A. En los residuos frutalesobtenidos se procede a la siembra de la levadura en este caso la *S. cerevisiae* mediante una solución que corresponde al 10% del volumen total de la biomasa.
- B. Se tapó el tanque herméticamente; para poder controlar el proceso de fermentación se utilizó un sistema de control casero.
- C. Con ayuda del sistema de control se determinó que la fermentación se completó en un tiempo de 5 días.

3.7.1.3 *Destilación*

- A. Se utilizó un equipo de Destilación con capacidad para 50 litros, el destilador posee 7 platos de filtrado y se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias.

- B. Se procede al llenado del equipo una vez finalizada la alimentación al sistema con el fermentado se procede a su encendido.
- C. La temperatura debe llegar a los 76 a 78 ° C para una extracción adecuada; si la temperatura no alcanza estos límites se procede al encendido del caldero el cual tiene un funcionamiento semiautomático ya que al alcanzar los 40 psi se apaga automáticamente.
- D. La primera temperatura que se obtuvo del proceso fue de 56° C a los 75 minutos.
- E. El destilador posee dos termómetros los cuales nos ayudan a controlar la temperatura tanto del tanque donde se encuentra la biomasa como del vapor que produce la misma a dos horas de ser encendido el sistema de destilación.
- F. Mediante la válvula superior se controla la salida de vapor, el manejo de esta válvula es de vital importancia en la extracción de bioetanol.
- G. En el primer proceso de destilación obtuvimos 7 litros de etanol con una concentración de 70 grados en 48 horas.
- H. Se procedió a destilar por segunda vez obteniéndose 5,5 de etanol con una concentración de 87 grados en 72 horas.
- I. Se destilo por tercera vez obteniéndose 4,92 litros de etanol durante 48 horas alcanzando una concentración final de 95° de alcohol.

3.7.1.4 Obtención de bioetanol. El etanol se obtiene de plantas ricas en azúcar (principalmente la caña de azúcar de la que se obtiene la melaza que es la principal materia prima azucarada para la producción de etanol) y granos ricos en almidón.

Entre los cereales, el maíz, arroz, trigo y cebada son las materias primas más comunes para la producción de etanol.

Figura 9. Destilador de alcoholes



Fuente: Autores

El bioetanol se obtiene por fermentación de medios azucarados hasta lograr un grado alcohólico, después de fermentación, en torno al 10-15%, concentrándose por destilación para la obtención del "alcohol hidratado" o llegar hasta el alcohol absoluto tras un proceso específico de deshidratación. Esta última calidad es la necesaria si se quiere utilizar el alcohol en mezclas con gasolina en vehículos convencionales.

El etanol se puede utilizar como único combustible, realizando modificaciones a los motores, o en mezclas con la gasolina desde un 10% hasta mezclas mucho más altas como el E-85 que es un combustible que contiene hasta el 85% de etanol y sólo un 15% de gasolina.

3.8 Proceso de obtención de bioetanol

El proceso químico de producción de bioetanol se basa simplemente en una fermentación, que es un cambio químico en las sustancias de naturaleza orgánica llevado a cabo por la acción de enzimas. Lo que ocurre en una fermentación es que las sustancias orgánicas complejas se transforman en otras simples.

3.8.1 *Dilución.* Adición de agua para ajustar el % de azúcar en la mezcla inicial y, por tanto, el % de alcohol a fermentar. Las levaduras de fermentación pueden morir si el % alcohólico es muy alto.

3.8.2 *Conversión.* Transformación de los azúcares complejos presentes en la biomasa en azúcares simples que puedan ser fermentables. Se realiza mediante hidrólisis ácida o enzimática.

3.9 Fermentación alcohólica

Se la conoce también como fermentación del etanol o etílica es un proceso biológico de fermentación en plena ausencia de aire, que se origina por la actividad de algunos microorganismos específicamente levaduras que procesan los glúcidos (hidratos de carbono) generalmente estos son azúcares como: la glucosa, la fructuosa, la sacarosa, el almidón; para obtener alcoholes en forma de etanol, dióxido de carbono y moléculas de ATP que son consumidas por los microorganismos.

3.9.1 *Agua.* Es muy importante para la vida de las levaduras ya se precisa una determinada cantidad de agua, aunque durante algún tiempo puede tolerar cierta desecación.

3.9.2 *Oxígeno.* Las levaduras son microorganismos anaerobios facultativos. En presencia de oxígeno el crecimiento de la levadura es más vigoroso.

3.9.3 *Temperatura.* La temperatura óptima en la mayoría de los tipos de levaduras utilizadas en la fermentación alcohólica se halla entre 34 -47°C y la temperatura mínima a unos 0.5°C.

3.9.4 *Luz.* Es óptimo para el crecimiento de las levaduras en especial de la *Saccharomyces cerevisiae* la más utilizada en la obtención de alcoholes realizarla en la oscuridad ya que en la luz diurna o artificial solo crece al 50%.

3.9.5 Destilación. La destilación es la operación de separar, mediante calor, los diferentes componentes líquidos de una mezcla (etanol/agua). Una forma de destilación, conocida desde la antigüedad, es la obtención de alcohol aplicando calor a una mezcla fermentada.

3.9.6 Deshidratación. Eliminación del agua etanol hasta alcanzar una concentración > 99%.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE ETANOL OBTENIDO Y PRUEBAS EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

4.1 Determinación de la cantidad de producto generado

4.1.1 Cálculo de la masa (residuos frutales). Este cálculo se lo realiza con la finalidad de conocer un promedio en kilogramos de los desechos frutales necesarios para obtener un volumen adecuado de bioetanol suficiente para ser utilizado en un sistema de combustión.

Los residuos han sido obtenidos de varios de los mercados ubicados en la ciudad de Riobamba específicamente los días miércoles y sábados en que se espera exista mayor cantidad de residuos frutales por ser días de feria.

El proceso de recolección se lo ha realizado durante dos meses obteniendo los siguientes datos:

Tabla 9. Recolección de desechos de frutas

Días de muestreo	Masa generada por comerciante (kg)	Masa total generada(kg)
Miércoles 7 de agosto del 2013	12,58	754,8
Sábado 10 de agosto del 2013	24,04	288,8
Miércoles 14 de agosto del 2013	11,32	679,2
Sábado 17 de agosto del 2013	20,37	2444,4
Miércoles 21 de agosto del 2013	11,65	699,4
Sábado 24 de agosto del 2013	22,87	2744,4
Miércoles 28 de agosto del 2013	12,76	756,6
Sábado 31 de agosto del 2013	25,63	3075,6
Miércoles 4 de septiembre del 2013	12,25	735,0
Sábado 7 de septiembre del 2013	22,38	2686,1
Miércoles 11 de septiembre del 2013	12,76	765,6
Sábado 14 de septiembre del 2013	23,63	2835,0
Miércoles 18 de septiembre del 2013	13,77	826,4
Sábado 21 de septiembre del 2013	21,11	2534,0

Miércoles 25 de septiembre del 2013	11,13	667,5
Sábado 28 de septiembre del 2013	24,20	2904,1
Miércoles 2 de octubre del 2013	13,06	783,6
Sábado 5 de octubre del 2013	22,54	2704,8
Miércoles 9 de octubre del 2013	12,52	751,2
Sábado 12 de octubre del 2013	20,86	2503,2
Miércoles 16 de octubre del 2013	11,23	673,8
Sábado 19 de octubre del 2013	23,87	2864,4
Miércoles 23 de octubre del 2013	12,63	757,8
Sábado 26 de octubre del 2013	24,17	2900,4
Miércoles 30 de octubre del 2013	12,54	752,4

Fuente: Autores

Por los resultados obtenidos se determina que los días sábados son los que generan mayor cantidad de desechos orgánicos frutales en los diferentes mercados de la ciudad obteniéndose como valor más alto el del día sábado 31 de agosto con 3075,6 kg mientras que el día que generó menor cantidad de desechos fue el miércoles 25 de septiembre con 667,5 kg; ese cálculo se determinó considerando que los días miércoles y sábados existía una afluencia de sesenta y ciento veinte comerciantes frutales respectivamente.

Tabla 10. Resultados obtenidos del bioetanol para pruebas en un motor de combustión

Bioetanol (l)	Biomasa (kg)	Melaza (kg)	Levadura (kg)
4.92	90	27	9

Fuente: Autores

El bioetanol obtenido tiene un grado alcohólico de 94° a partir de una masa de 90 kilogramos de sustrato, el volumen obtenido del mismo es de 4,92 litros.

Tabla 11. Resultados ensayo 1

Bioetanol (l)	Biomasa (kg)	Melaza (kg)	Levadura (kg)
0.082	1.5	0.45	0.15

Fuente: Autores

4.2 Determinación del tratamiento con mayor rendimiento para la obtención de etanol

4.2.1 Resultados del bioetanol obtenido. Para la obtención de bioetanol se puede utilizar diversos procedimientos de los cuales se obtiene alcohol con un porcentaje mayor o menor dependiendo el tratamiento utilizado debido a que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo general determinar la eficiencia del bioetanol en un sistema de combustión no se ha realizado ensayos de todos los procedimientos posibles; únicamente de los dos que se conoce brindan mayor rendimiento.

Tabla 12. Resultados ensayo 2

Bioetanol (l)	Biomasa (kg)	Melaza (kg)	Levadura (kg)
0.0092	1.5	-	0.15

Fuente: Autores

Al realizar los dos procedimientos de obtención se determinó que el primer ensayo es el más eficaz, por esta razón fue utilizado a gran escala en la producción de la cantidad necesaria de bioetanol para las pruebas en un sistema de combustión.

4.3 Propiedades del etanol obtenido

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2478:2009 establece los requisitos a cumplir el etanol para poder realizar las diferentes mezclas con gasolinas que cumplan los requisitos de la NTE INEN 935. (Anexo 1).

Tabla 13. Valoración de las propiedades del etanol obtenido

Requisitos	Unidad	Valor
Contenido de etanol	%	96.5
Acidez total	mg/100ml	3.001
Conductividad eléctrica	uS/m	500
Densidad a 20	kg/m ³	795,59
Contenido de cloruros	ml/l	790,33
Contenido de agua	%	0.3
Residuo por evaporación	mg/100ml	4.56
PH	-	6.5

Fuente: Autores

4.4 Comparación de parámetros entre gasolina y diferentes mezclas de etanol

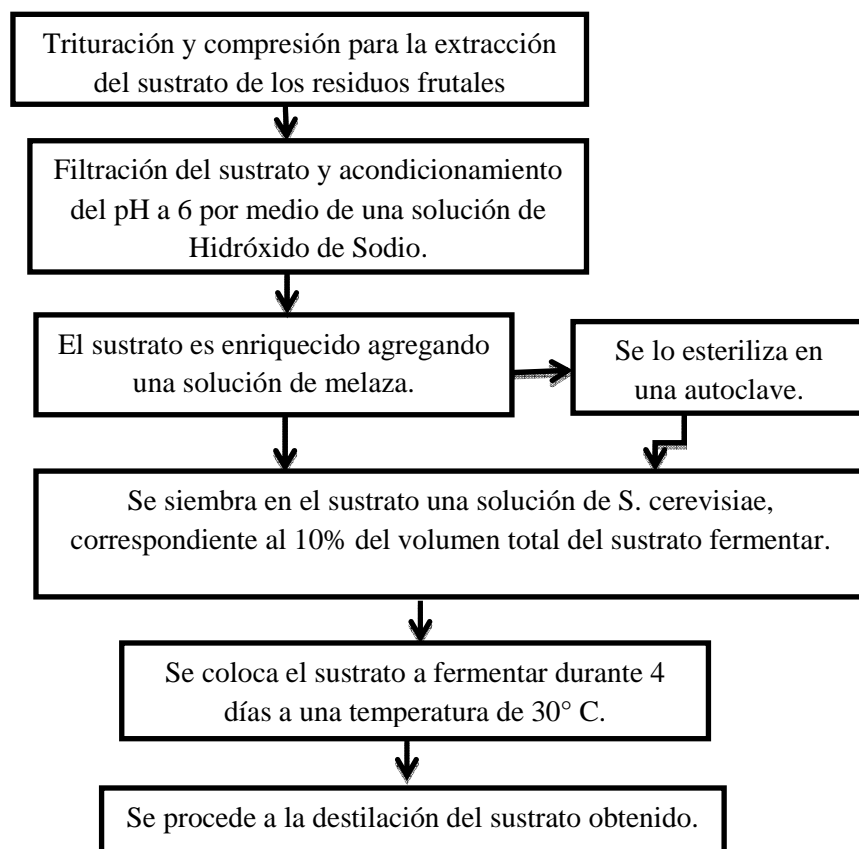
4.4.1 Propiedades de la gasolina y del bioetanol

Tabla 14. Comparación de propiedades

Propiedad	Unidad	Etanol	Gasolina
Punto de ebullición	Grados C	78	35-210
Calor de vaporización	MJ/kg	0,93	0.18
RON		109	90-100
MON		90	80-90
Contenido de oxígeno	%(peso)	34,8	0
Relación aire combustible		9,0: 1	14,5
Densidad a 20 grados C	kg/m ³	791,5	724-782
Solubilidad en el agua	% en volumen	100	0

Fuente INEN

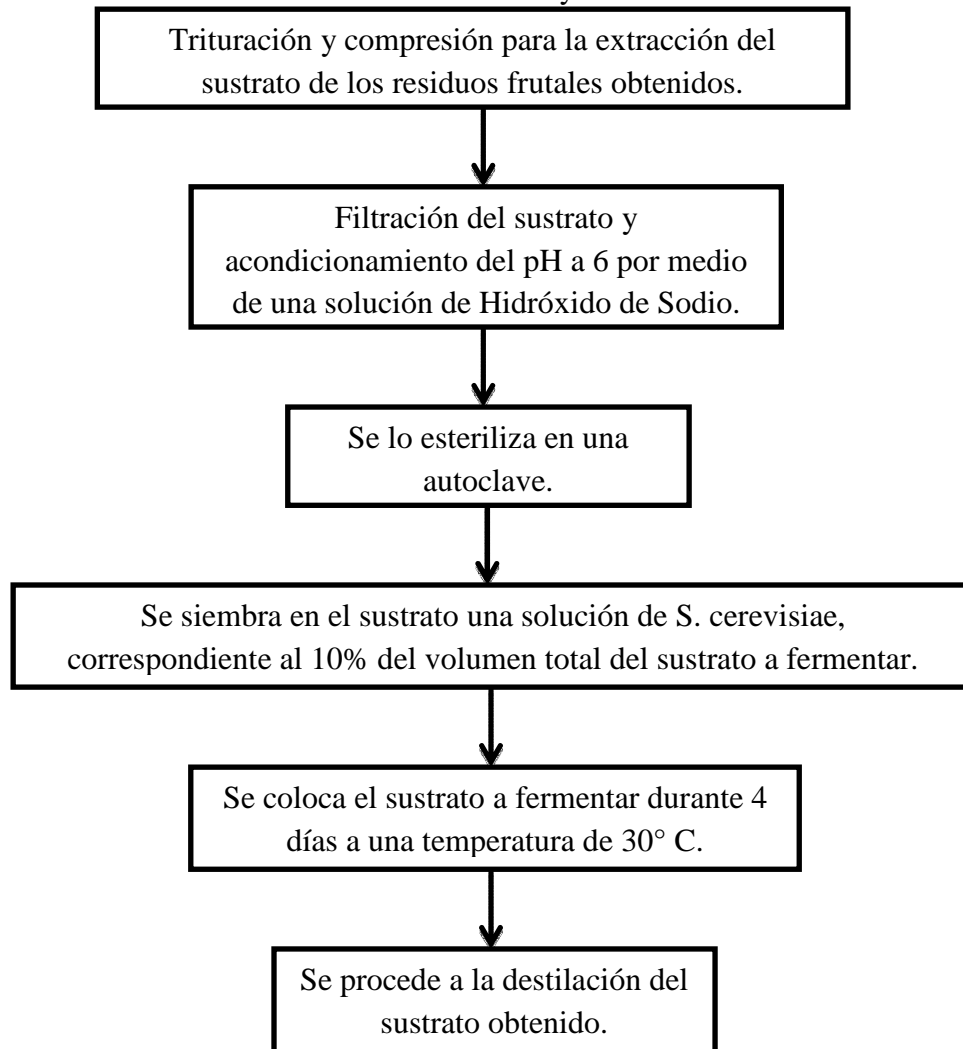
Tabla 15. Ensayo I



Fuente: Autores

4.4.2 *Ensayos de laboratorio realizados.* Se han realizado dos ensayos de laboratorio para el proceso de obtención de bioetanol los cuales ayudarán a determinar cuál de estos dos métodos será el más eficaz.

Tabla 16. Ensayo II



Fuente: Autores

4.5 El bioetanol como combustible

El etanol es un combustible que puede producirse a partir de un gran número de plantas, con una variación, según el producto agrícola, del rendimiento entre el combustible consumido y el generado en dicho proceso. El bioetanol tiene las mismas características y composición química que el etanol ya que se trata del mismo compuesto. La diferencia radica en su proceso de producción. El bioetanol ha de ser obtenido desde biomasa, no pudiendo obtenerse del petróleo.

Debido al aumento de las medidas tomadas para controlar las emisiones totales de gases con efecto invernadero, la utilización de este alcohol como combustible para el transporte por carretera está creciendo muy rápido. Un análisis del ciclo de vida completo de este producto como combustible muestra como las emisiones generadas en el proceso de producción del combustible y las de operación son compensadas por las fijadas en el cultivo durante su crecimiento. El etanol se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar, entre otros.

El etanol puede utilizarse como combustible para automóviles sin mezclar o mezclado con gasolina en cantidades variables para reducir el consumo de derivado del petróleo.

El combustible obtenido se conoce como gasohol; también se lo utiliza cada vez más como añadido para oxigenar la gasolina estándar, también puede utilizarse como combustible en las celdas de combustible.

Para que el etanol contribuya perceptiblemente a las necesidades de combustible para el transporte, necesitaría tener un balance energético neto positivo. Para evaluar la energía neta del etanol hay que considerar cuatro variables: la cantidad de energía contenido en el producto final del etanol, la cantidad de energía consumida directamente para hacer el etanol (tal como el diesel utilizado en tractores) la calidad del etanol que resulta comparándolo con el de la gasolina refinada y la energía consumida indirectamente durante el proceso de obtención.

Cualquiera sea su origen biomasa o procesos petroquímicos y carboquímicos, el etanol es un combustible, es decir, libera significativas cantidades de calor al quemarse. Sin embargo, el etanol presenta algunas diferencias importantes con relación a los combustibles convencionales derivados de petróleo. La principal es el elevado tenor de oxígeno, que constituye cerca del 35% en masa del etanol. Las características del etanol posibilitan la combustión más limpia y mejor desempeño de los motores, lo que contribuye a reducir las emisiones contaminantes, aun al mezclarlo con la gasolina.

En estos casos, actúa como un verdadero aditivo para el combustible normal, mejorando sus propiedades. No obstante la larga experiencia con el etanol como combustible en algunos países, en particular Brasil, es notable como, en diversos países donde el etanol

todavía no se utiliza regularmente, subsisten prejuicios y desinformaciones sobre las reales condiciones de uso y las ventajas que se deben asociar a este combustible y aditivo. El etanol es, reconocidamente, un excelente aditivo antidetonante y mejora el octanaje de la gasolina-base de modo sensible.

Es necesario recordar que, mientras que el etanol es una sustancia química simple, la gasolina es siempre una mezcla con más de 200 diferentes especies de hidrocarburos derivados del petróleo.

4.5.1 Volatilidad. Para que un combustible se quemara correctamente, es necesario que este bien mezclado con el aire. Por lo tanto, la facilidad de un combustible líquido en vaporizarse es una propiedad importante, que afecta directamente a diversos parámetros de desempeño del vehículo, como condiciones de arranques en frío o en caliente, aceleración, economía de combustible y dilución del aceite lubricante. Exactamente por esto, los combustibles derivados de petróleo deben presentar una composición equilibrada entre fracciones livianas y pesadas, para producir una curva de destilación, según la cual el producto comienza a vaporizarse a temperaturas relativamente más bajas y termina a temperaturas mucho más elevadas que la temperatura ambiente. La adición de etanol tiende a reducir la curva de destilación, especialmente en la primera mitad, afectando la temperatura T50, correspondiente al 50% de la masa evaporada aunque la temperatura inicial y final de destilación estén poco afectadas.

No obstante, una propiedad importante y relacionada a la volatilidad – la presión de vapor es significativamente afectada al agregarse etanol. La presión de vapor determina el nivel de las emisiones evaporativas y la posibilidad de que ocurra formación de vapor en las líneas de alimentación de combustible, un problema atenuado con la actual adopción de bombas de combustible en el tanque, como sucede en la gran mayoría de los vehículos modernos.

En la tabla siguiente se hace una comparación de diferentes parámetros entre la gasolina normal utilizada frecuentemente y el etanol, pero la manera más sencilla, frecuente e inmediata para utilizar el etanol como combustible es a través de las mezclas con gasolina en los vehículos ya existentes en el país, sin necesidad de efectuar modificaciones en los motores.

4.6 Comparación de parámetros entre gasolina y diferentes mezclas de etanol.

Tabla 17. Propiedades de la gasolina y del bioetanol

Parámetro	Unidad	Gasolina	Etanol
Poder calorífico inferior	kl/kg	43,500	28,225
	kl/litro	32,180	22,350
Densidad	kg/litro	0,72–0,78	0,792
Octanaje RON ()	-	97-100	102-130
Octanaje MON ()	-	80-92	89- 96
Calor latente de Vaporización	kl/kg	330-400	842-930
Relación aire/ combustible estequiometria		14,5	9,0
Presión de vapor	kPa	40 -65	15-17
Temperatura de ignición	°C	220	420
Solubilidad en agua	% en	0	100
	volumen		

Fuente: Autores

Esta es la situación de mayor interés, tanto para los países en desarrollo, los cuales pueden producir etanol y dependen de importaciones de combustibles para su abastecimiento.

El costo cada vez más elevado, como para los países industrializados que tienen, actualmente, un potencial limitado de producción interna de etanol, pero que pueden diversificar su matriz de combustibles líquidos.

Agregando la producción local el etanol importado de regiones con condiciones favorables para producir este biocombustible.

En este sentido, es necesario verificar las implicaciones para adoptar las mezclas de etanol y gasolina sobre el desempeño de los motores, la maniobrabilidad y la durabilidad de los vehículos y el impacto ambiental asociado.

4.7 Gasolina

Para que se aplique esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2342.

4.7.1 Composición química. La gasolina es un producto refinado de petróleo que consiste en una mezcla de hidrocarburos, aditivos, agentes de la mezcla. La composición de las gasolinas es muy variable, dependiendo de los crudos utilizados, el proceso de refinería disponible, el saldo global de la demanda de productos, y las especificaciones del producto.

Las gasolinas son los primeros combustibles líquidos que se obtienen del fraccionamiento del petróleo. Tienen componentes hidrocarbonados de C4 a C10 y una temperatura de destilación de entre 30 y 200°C.

Los principales componentes que presenta son un amplio grupo de compuestos hidrocarbonados, cuyas cadenas contienen hasta 10 átomos de carbono. Podemos tener en ella casi todos los compuestos hidrocarbonados que sean teóricamente posibles, como parafinas, ciclo parafinas, ciclohexánica, ciclo bencénico, al menos en pequeños porcentajes.

La fracción principal, sin embargo, va a estar formada por pocos componentes y con muchas ramificaciones, que son los que van a aumentar el octanaje.

4.7.2 Componente. Según la procedencia del crudo de petróleo, las fracciones gasolina pueden variar la composición (ramificación de los compuestos). Existen, sin embargo, una serie de reglas generales:

Dentro de una fracción gasolina, los 5 tipos de componentes que pueden estar presentes son:

- Parafinas normales o ramificadas.
- Ciclo pentano.
- Ciclo hexano.

- Benceno y sus derivados.

Dentro de una clase de gasolinas, la cantidad relativa de los compuestos individuales son de la misma magnitud. La relación entre el contenido en parafinas normales y ramificadas suele tener un valor constante.

4.7.2.1 *La n-parafina.* Poseen una resistencia a la detonación inferior a la correspondiente a las isoparafinas.

La propiedad de evitar que piquen las bielas de estas últimas aumenta en general con el grado de ramificación.

4.7.2.2 *Los hidrocarburosnafténicos.* Llamados también (naftenos) o ciclo parafínicos tienen un poder antidetonante más elevado que la n-parafina con el mismo número de átomos de carbono.

Su concentración varía mucho de un petróleo bruto a otro, y su importancia está ligada a la relativa facilidad con que es posible transformarlos por deshidrogenación en hidrocarburos aromáticos.

4.7.2.3 *Los hidrocarburos aromáticos.* Se caracterizan por su elevado peso específico y por un poder antidetonante bastante elevado. Se encuentran en el petróleo bruto en cantidades limitadas, salvo algún tipo que los contiene en mayor proporción.

4.7.2.4 *Los hidrocarburosolefínicos.* Caracterizados por poseer dobles enlaces carbono-carbono (ole-finis), no se encuentran normalmente en el petróleo bruto.

Con lo que se acaba de decir se demuestra que para obtener gasolinas con características antidetonantes idóneas.

Las exigencias de los motores actuales, no basta con destilar la fracción de bruto comprendida entre 30 y 200 °C, sino que hay que transformar los hidrocarburos que contiene en otros de mayor poder antidetonante.

4.8 Propiedades físicas y químicas gasolinas 93,95 y 97

4.8.1 Gasolina. Es una mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, cicloparafínicos y aromáticos, con un rango de átomos de carbono que va del c4 al c10, este combustible es característico para motores para ciclo Otto 4 tiempos, 2 tiempos), es un combustible de clase 3 (inflamable).

Identificación de riesgo: para la salud es un factor de riesgo 1, que no es tan nocivo. Reactivo 0.

4.8.2 Peligro para la salud. Las formas más probables de exponerse son:

- Respirando vapores en gasolineras cuando llena el tanque de gasolina del automóvil.
- Trabajando en una gasolinera.
- Usando equipo que funciona con gasolina, tal como una cortadora de césped.
- Tomando agua contaminada.
- Estando cerca de un lugar donde se ha derramado gasolina o se ha escapado gasolina al suelo.

Los síntomas que produce la exposición a la gasolina pueden ser; irritación a la piel, náuseas, dolores de cabeza, mareos y congestión, dificultad para respirar, pérdida de coordinación muscular, visión borrosa y convulsiones .causa irritación y conjuntivitis. Ingesta o sobreexposición crónica puede producir trastornos cutáneos, respiratorios y depresión del sistema nervioso central.

Muchos de los efectos nocivos observados después de la exposición a la gasolina se deben a los productos químicos individuales en la mezcla de gasolina, tales como benceno, y plomo.

4.8.3 Grado de inflamabilidad. Medidas para extinguir un fuego producto de las gasolinas.

Agentes de extinción:

- Polvo químico, dióxido de carbono, espuma para alcoholes, manto ignífugo, arena, tratar de evitar apagar un fuego de gasolina con agua, porque tienen distintas densidades, provocara que baje la temperatura pero no apagara la combustión.

4.8.4 *Propiedades químicas*

- Es líquido y transparente, apariencia y olor característico a parafínica aromático.
- Punto de inflamación: -43°C de auto ignición: 280°C a 456°C .
- Propiedades explosivas: el límite inferior de explosividad es de 1,2%, y superior es de 7,6%.
- Presión de vapor: a 38°C 8 a 10PSI.
- Densidad de vapor: 3 a 4 veces más pesado que el aire va a $736 < 768 \text{ kg/m}^3$.
- Punto de ebullición: 225°C , insoluble en el agua y otros solventes.

4.8.5 *Peligros para el medio ambiente.* Pequeñas cantidades de sustancias químicas presentes en la gasolina se evaporan al aire cuando se llena el tanque de gasolina del automóvil o cuando se derrama gasolina en suelos o en aguas superficiales.

Otros productos químicos en la gasolina se disuelven en agua cuando se derrama en aguas superficiales o cuando se escapa de tanques de almacenaje subterráneos a agua subterránea.

Cuando se libera en la superficie, la mayoría de los productos químicos en la gasolina probablemente se evaporarán; otros pueden disolverse y así ser transportados a distancias por el agua; unos pocos probablemente se adherirán al suelo.

Los productos químicos que se evaporan son degradados por la luz solar y por otras sustancias químicas en el aire.

Este es la razón por la cual se sometió a un ensayo con variación de etanol adicionándole gasolina gradualmente verificando a que porcentaje exacto donde esta mezcla se separa

4.8.6 *Comportamiento de solubilidad del etanol en la gasolina.* Tener en cuenta el comportamiento de solubilidad del etanol con gasolina es de suma importancia de esto dependerá si se le realiza las modificaciones al sistema de alimentación del motor.

Comenzaremos mezclando 25cm^3 de etanol en 75cm^3 de gasolina que vendría hacer 25% de etanol y 75% de gasolina, a esta mezcla esta mezcla se lo deja reposar durante 24 horas, ver la figura. Obteniendo una concentración perfecta entre la gasolina y etanol durante dicho tiempo.

La mezcla de 50cm^3 de etanol en 50cm^3 de gasolina y dejamos reposar por más de 24 horas. Conseguimos una mezcla homogénea con una baja apreciación de color característico de la gasolina extra, es decir que el etanol está disperso en la gasolina.

Figura 10. Mezcla E25



Fuente: Autores

Figura 11. Mezcla E50



Fuente: Los Autores

La siguiente mezcla realizada fue de 75% de etanol en 25% de gasolina, es decir 75 cm³ de etanol en 25cm³ de gasolina. Se dejó reposar por más de 24 horas, esto provoco que exista una separación de los combustibles en dos capas perfectamente visibles.

Figura 12. Mezcla E75



Fuente: Autores

En la mezcla E75 se nota que existe separación de los combustibles, la gasolina se encuentra en la parte superior mientras que el etanol se encuentra debajo de ella, esto quiere decir que este combustible es más denso.

Tabla 18. Comportamiento de solubilidad

Gasolina	Etanol	Insoluble	Soluble
95%	5%		X
90%	10%		X
85%	15%		X
80%	20%		X
75%	25%		X
70%	30%		X
65%	35%		X
60%	40%		X
55%	45%		X
50%	50%		X
45%	55%	X	
40%	60%	X	
35%	65%	X	
30%	70%	X	
25%	75%	X	
20%	80%	X	
15%	85%	X	
10%	90%	X	
5%	95%	X	

Fuente: Autores

Para mejorar la apreciación de la solubilidad del combustible con la gasolina se realizó el muestreo de 5, 10, 15, 20, sucesivamente de etanol con gasolina gradualmente variando el porcentaje de gasolina de 100, 95, 90, 85 sucesivamente.

En este ensayo se pudo observar el comportamiento de solubilidad de la gasolina y el etanol de estos datos podemos tomar la decisión de la mezcla exacta para no modificar el sistema de alimentación del motor y quedamos en un E30.

Figura 13. Mezcla E30



Fuente: Autores

4.8.7 *Comportamiento de los elementos de alimentación con etanol.* Una de las dificultades que se pudiera encontrar son los conductos de caucho (elastómeros) para la cual se realizó la siguiente prueba de resistencia.

Se puso el conducto durante 30 días en etanol puro y después someterlo al funcionamiento normal esto quiere decir bajo presión y caudal normales en la cual se debe detectar que no existan fugas ni deterioros de rasgado.

Figura 14. Comportamiento del etanol en el sistema de alimentación



Fuente: Autores

Otro de los elementos que se encuentra todo el tiempo en contacto con el combustible es la bomba que se encuentra sumergido para comprobar los retenedores se sumergió en etanol por 30 días, luego de eso se lo pone a funcionar.

Una de las formas de detectar el deterioro es el mal funcionamiento y residuos de caucho en el filtro.

4.9 Propiedades del aire

El aire es una mezcla química la cual se encuentra constituida por 78,09% de nitrógeno, 20,94% de oxígeno, 0.93 de argón y pequeñas cantidades de dióxido de carbono, helio, neón e hidrogeno y vapor de agua. Es incoloro, no corrosivo, no toxico ni inflamable, de una densidad de 1,20kg/, con un punto de ebullición -194,3°C, su punto de congelación -216,2°C en condiciones normalizadas.

En los análisis de proceso de combustión el nitrógeno y el argón se trata de la misma manera por otro lado los gases que se encuentran en porciones menores se descartan quedando así 21% de oxígeno y 79 de nitrógeno en nueros molares.

Aquí se puede mencionar la ley de Dalton esto es que en una mezcla de dos o más gases pueden ocupar el mismo espacio en el mismo tiempo y cada uno actúa independientemente de otros, como si se encontraran solos donde cada quien tiene su propia densidad, su presión solo respondiendo a los diferentes cambios de volumen y temperatura.

4.9.1 Propiedades físicas del aire

- Expansión es el aumento de volumen de una masa de aire al verse reducida la presión ejercida por una fuerza o debido a la incorporación del calor.
- Contracción es la reducción de volumen del aire al verse presionado por una fuerza, cuando llega a su límite tiende a expandirse.
- Fluidez es flujo de aire en un lugar de mayor o menor concentración sin gasto de energía.

- Presión atmosférica es la fuerza que ejerce el aire a todos los cuerpos.

4.9.2 *Análisis ideal del aire.* Para esto se rige de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2378:2013. (Anexo 2).

4.9.3 *Análisis real del aire.* Este equipo de análisis nos proporciona en tiempo real los niveles en que se encuentran los elementos que componen el aire.

Figura 15. Medición del aire



Fuente: Autores

Realizando la comparación de los resultados obtenidos con el equipo y con la norma INEN 2378: 2013 que se aplica a requisitos específicos para aire industrial, entonces se encuentra bajo los parámetros para la aspiración del motor.

4.9.4 *Ensayo de corrosión en lámina de cobre.* Norma INEN NTE 0927:2013 primera revisión productos de petróleo determinación de corrosión de la lámina de cobre.

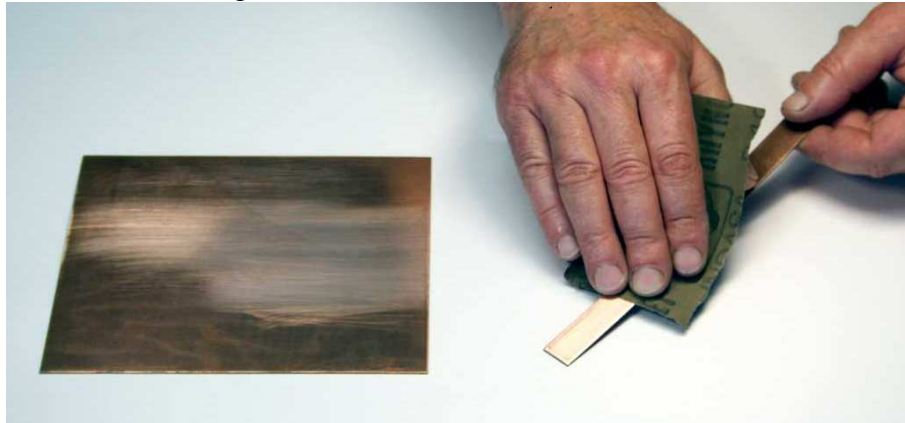
Objeto esta norma tiende a utilizarse para la determinación de la corrosión de la lámina de cobre por productos de petróleo.

Es uno de los ensayos que resguarda la determinación de la corrosión de la lámina de cobre de la gasolina de aviación, combustible de turborreactores, gasolina de

automoción, solventes de limpieza, hidrocarburos que tiene una presión de vapor no mayor a 124kPa (18psi) a 37,8°C.

Con la ayuda de una lija procedemos a pulir la lámina para iniciar el ensayo.

Figura 16. Pulido de la lámina de cobre



Fuente: Autores

El siguiente paso es de filtrar toda impureza que exista en la mezcla, de la misma manera la lámina de cobre se limpia dejándole libre de grasa y polvo.

Después de haber realizado estas precauciones se procede a colocarlos en el tubo de ensayo y procedemos a poner la mezcla E5 con la lámina posteriormente sellarlos con el corcho.

Figura 17. Lámina de cobre y tubo de ensayo



Fuente: Autores

Se procede a colocar la muestra en el equipo de baño María de corrosión a 50°C durante 3 horas al finalizar la lámina de cobre se retira, se lava y se evalúa el color y nivel de ataque que se clasifica dentro de una de las cuatro categorías que se señalan en el Patrón de referencia ASTM para corrosión de lámina de cobre ADJDO130.

Figura 18. Comparación de lámina de cobre con el patrón de referencia



Fuente: Autores

Tabla 19. Resultado de corrosión de cobre

Corrosión lámina de cobre	INEN-927
Muestra 5% etanol-anhidro.	1 ^a
Muestra 10% etanol-anhidro.	1 ^a
Muestra 15% etanol-anhidro.	1 ^a
Muestra 20% etanol-anhidro.	1 ^a
Muestra 25% etanol-anhidro.	1 ^a
Muestra 30% etanol-anhidro.	1 ^a

Fuente: Autores

Después de haber realizado las comparaciones existe una ligera corrosión, siendo esta corrosión aceptable ya que se encuentra bajo los parámetros que indica la norma que no debe ser mayor a 1 y ligeramente atacada.

Figura 19. Interpretación de los colores

CLASIFICACIÓN	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN ^A
Lámina recién pulida	B
1	Ligeramente atacada	a. Color anaranjado claro, casi el mismo color de la lámina recién pulida b. Anaranjado oscuro
2	Medianamente atacada	a. Vino tinto b. Lavanda c. Multicolor con color azul lavanda y/o plateado, sobre fondo vino tinto. d. Plateado e. Bronce o dorado
3	Muy atacada	a. Revestimiento color magenta sobre bronce b. Multicolor con vivos rojo y verde, pero sin gris
4	Corrosión neta	a. Negro claro, gris oscuro o marrón con verde poco perceptible b. Negro opaco o grafito c. Negro brillante o azabache
^A El patrón de referencia ASTM para corrosión de la lámina de cobre se hace con láminas cuyas características cumplen estas descripciones. ^B La lámina pulida se incluye en la serie sólo como una indicación de la apariencia que una lámina correctamente pulida debe tener antes del ensayo; no es posible obtener una lámina con éste mismo aspecto después de un ensayo, incluso con una muestra completamente no corrosiva.		

Fuente: INEN

4.9.5 Relación ideal para la mezcla aire-combustible. Aquí es necesario profundizar conceptos de reacciones químicas que nos ayuden a calcular de manera exacta cual debería ser la cantidad de aire-combustible que se necesita dentro del cilindro para tener una combustión perfecta.

El cálculo de la relación ideal aire combustible implica aire-biocombustible.

En todo proceso de combustión los componentes que existen antes de la reacción reciben el nombre de reactivos y los componentes que están luego de la reacción se conocen como productos.

En las reacciones de la combustión, la oxidación rápida de los elementos reactivos de combustible trae como consecuencia la liberación de la energía al formarse los productos de la combustión. Los tres elementos activos más importantes en los combustibles habituales son el carbono, el hidrogeno, y el azufre.

En general el azufre contribuye poco a la energía liberada pero es la causa de los problemas importantes de la contaminación y la corrosión. Se dice que un combustible se ha quemado completamente si todo el carbono se ha transformado en dióxido de carbono, todo su hidrógeno en agua y todo su azufre en dióxido de azufre. Si estas condiciones no se cumplen, la combustión es incompleta.

Al considerar reacciones químicas hay que recordar que la masa se conserva, de manera que la masa de los productos es igual a la masa de los reactivos. La masa total de cada elemento químico debe ser igual a ambos lados de la ecuación, aunque los elementos existan en compuestos químicos diferentes en los reactivos y los productos.

Una cantidad utilizada en el análisis de procesos de combustión para cuantificar las cantidades de combustible y aire es la relación aire-combustible (AC), suele expresarse en una base de masa y se define como la proporción entre la masa del aire y la masa del combustible en un proceso de combustión.

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} \quad (1)$$

La masa m de una sustancia se relaciona con el número de moles N por medio de la relación $m = NM$ donde M es la masa molar. Para el cálculo suponemos que la combustión es completa, considerando que todo el carbono en el combustible se transforma en CO_2 , igual que el hidrógeno se transforma en H_2O .

Algunas veces es difícil estudiar la combustión de un combustible con la suposición de que la combustión es completa. Un proceso de combustión es completo si todo el carbono en el combustible se transforma en CO_2 , todo el hidrógeno se transforma en H_2O y todo el azufre (si lo hay) se transforma en SO_2 . Todos los componentes del combustible se queman por completo durante el proceso de combustión completa. En sentido inverso, un proceso de combustión es incompleto si los productos de combustión contienen algo de combustible o componentes no quemado, como:



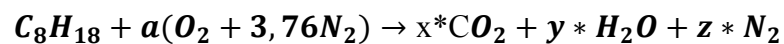
El oxígeno insuficiente es una razón obvia para la combustión incompleta, pero no la única. La combustión incompleta sucede incluso cuando en la cámara de combustión hay más oxígeno del necesario para la combustión completa. Esto se puede atribuirse a la mezcla insuficiente en la cámara de combustión durante el limitado tiempo que el oxígeno y el combustible están en contacto. Otra causa de combustión incompleta es la disociación, la cual se vuelve importante a elevadas temperaturas.

El oxígeno es atraído con más fuerzas hacia el hidrógeno que hacia el carbono. Por consiguiente, el hidrógeno en el combustible normalmente se quema por completo, formando H_2O , aun cuando haya menos oxígeno del necesario para la combustión completa. Una parte del carbono, sin embargo, termina en CO . O como simple partícula C (hollín) en los productos.

Por condiciones de representación, en esta investigación, el volumen de concentración de cada combustible, Gasolina/Etanol, se abrevia con la letra "E", que significa etanol, seguida de la cantidad que denota el porcentaje de etanol mezclado con gasolina en un volumen del 100%. Es decir, que si en un volumen del 100% tenemos mezclado 95% de gasolina 5% etanol, la presencia abreviada sería "E5".

Octano (C_8H_{18})

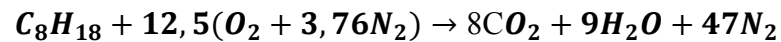
Aquí determinamos la cantidad teórica de aire para la combustión completa del octano. En esta reacción los productos contienen solamente dióxido de carbono, agua y nitrógeno. La reacción se expresa de la siguiente manera:



Donde a es la cantidad mínima de aire necesaria para la combustión completa de un mol de combustible y recibe el nombre de aire estequiométrico o aire teórico, se considera que 3,76 moles de nitrógenos acompaña a cada mol de oxígeno. Las incógnitas x, y, z determinan la masa o el número de los moles de total de cada elemento. Aplicando el principio de conservación de la masa de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, respectivamente resulto cuatro ecuaciones para cuatro incógnitas:

$$\begin{aligned}
\text{C:} & \quad \mathbf{8 = x \rightarrow x = 8} \\
\text{H:} & \quad \mathbf{18 = 2y \rightarrow y = 9} \\
\text{O:} & \quad \mathbf{2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 12,5} \\
& \quad \quad \quad \mathbf{N_2 a * 3,76 = z \rightarrow z = 47}
\end{aligned}$$

Estos datos sustituimos en la ecuación química:



La relación aire-combustible (AC) se determina tomando la proporción entre la masa de aire y la masa del combustible:

Remplazamos en la ecuación (1)

$$\mathbf{AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} = \frac{(NM)}{(NM)_c + (NM)_{H_2}}} \quad (2)$$

$\mathbf{M = Masamolar}$

$\mathbf{N = Numerodemoles}$

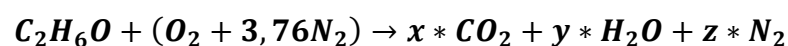
Por lo tanto se remplazara valores en la ecuación 2:

$$\mathbf{AC = \frac{12.5 \times 4,76 \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/mol}}{(8 \text{ kmol} \times 12 \text{ kg/kmol}) + (9 \text{ kmol} \times 2 \text{ kg/kmol})}}$$

$$\mathbf{AC = 15,136 \text{ kg}}$$

Es decir, para una buena combustión teórica se necesitan 15,136kg de aire para quemar 1kg de combustible durante el proceso de combustión. Etanol ($\mathbf{CH_3CH_2OH}$).

Para esto se utiliza el mismo procedimiento que la del octano esto se aplicara para el cálculo de la relación de aire-combustible con el etanol. Se tomara en cuenta el oxígeno del alcohol.



$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} = \frac{(NM)}{(NM)_c + (NM)_H + (NM)_O}$$

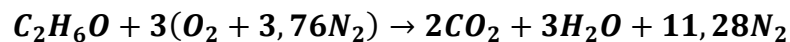
$$C: 2 = x \rightarrow x = 2$$

$$H: 6 = 2y \rightarrow y = 3$$

$$O: 1 + 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 3$$

$$N_2: a * 3,76 = z \rightarrow z = 11,28$$

Para obtener el resultado reemplazamos en los valores anteriores con los valores obtenidos quedando de la siguiente manera.



$$AC = \frac{3x4,76kmolx29kg/mol}{(2kmolx12kg/kmol) + (6kmolx1kg/kmol) + (1kmolx16kg/kmol)}$$

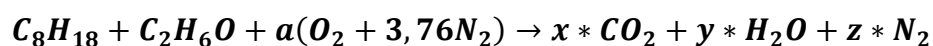
$$AC = 9.0026kg$$

Este resultado nos indica que necesitamos 9,0026kg de aire para quemar cada kilogramo de etanol durante el proceso de combustión.

Determinación de la relación aire-combustible para la mezcla gasolina/etanol.

A partir de los datos obtenidos en el análisis de solubilidad del etanol en la gasolina, hemos creído conveniente, someter a nuestro motor a ensayos con mezcla de hasta E30 para no dañar los elementos de alimentación del motor.

La ecuación química que vamos a utilizar esta formado dela suma de los reactivos que forma la gasolina, el etanol y el aire. En donde los productos contienen dióxido de carbono, por la reacción del oxígeno con el carbono, agua por la interacción del hidrógeno, con el oxígeno y nitrógeno que forma parte del aire de combustión.

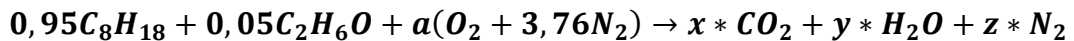


Además es necesario tomar en cuenta los coeficientes estequiométrico que van delante de cada compuesto de combustible, es decir, el número de moles de la gasolina y el etanol. Las incógnitas de los productos se determinan con la aplicación de la conservación de la masa para cada uno de los elementos, luego aplicaremos la relación aire-combustible. Este proceso se repetirá para todas las mezclas establecidas.

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustibles}} = \frac{(NM)}{(NM)_{octano} + (NM)_{etanol}} = \frac{(NM)}{(NM)_C + (NM)_H + (NM)_O}$$

Cálculo de la relación aire-combustible para la mezcla E5

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes de 0,95 para la gasolina y 0,05 para el etanol, que representa el porcentaje de estos combustibles.

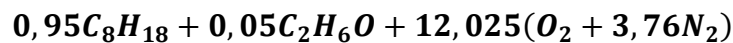


$$C: 7,6 + 0,1 = x \rightarrow x = 7,7$$

$$H: 17,1 + 0,3 = 2y \rightarrow y = 8,7$$

$$O: 0,05 + 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 12,025$$

$$N_2: a * 3,76 = z \rightarrow z = 45,214$$



Aplicando la ecuación 2, tenemos:

$$AC = \frac{12,025 \times 4,76 \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/mol}}{(7,6 * 12 + 17,1 * 1 + 0,1 * 12 + 0,3 * 1 + 0,05 * 16) (\text{kmol} \times \text{kg/kmol})}$$

$$AC = 15,00842 \text{ kg}$$

Cálculo de la relación aire-combustible para la mezcla E10

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométrico de 0,90 para la gasolina y 0,1 para el etanol, que representa el porcentaje de estos combustibles.

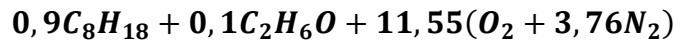


$$C: 7,2 + 0,2 = x \rightarrow x = 7,4$$

$$H: 16,2 + 0,6 = 2y \rightarrow y = 8,4$$

$$O: 0,1 + 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 11,55$$

$$N_2: a * 3,76 = z \rightarrow z = 43,428$$



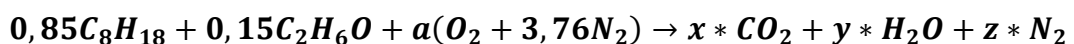
Aplicando la ecuación 2, tenemos:

$$AC = \frac{11,55 \times 4,76 \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/mol}}{(7,2 * 12 + 16,2 * 1 + 0,2 * 12 + 0,6 * 1 + 0,1 * 16) (\text{kmol} \times \text{kg/kmol})}$$

$$AC = 14,8727 \text{ kg}$$

Cálculo de la relación aire-combustible para la mezcla E15

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométrico de 0,85 para la gasolina y 0,15 para el etanol, que representa el porcentaje de estos combustibles.

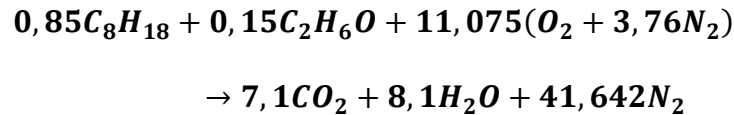


$$C: 6,8 + 0,3 = x \rightarrow x = 7,1$$

$$H: 15,3 + 0,9 = 2y \rightarrow y = 8,1$$

$$O: 0,15 + 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 11,075$$

$$N_2: a * 3,76 = z \rightarrow z = 41,642$$



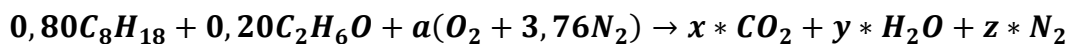
Aplicando la ecuación 2, tenemos:

$$AC = \frac{11,075 \times 4,76 \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/mol}}{(6,8 * 12 + 15,3 * 1 + 0,3 * 12 + 0,9 * 1 + 0,15 * 16) (\text{kmol} \times \text{kg/kmol})}$$

$$AC = 14,7282 \text{ kg}$$

Cálculo de la relación aire-combustible para la mezcla E20

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométrico de 0,80 para la gasolina y 0,20 para el etanol, que representa el porcentaje de estos combustibles.

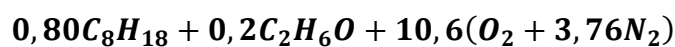


$$C: 6,4 + 0,4 = x \rightarrow x = 6,8$$

$$H: 14,4 + 1,2 = 2y \rightarrow y = 7,8$$

$$O: 0,2 + 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 10,6$$

$$N_2: a * 3,76 = z \rightarrow z = 39,856$$



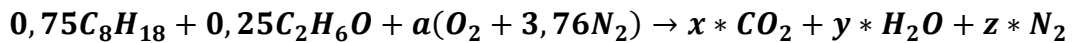
Aplicando la ecuación 2, tenemos:

$$AC = \frac{10,6 \times 4,76 \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/mol}}{(6,4 * 12 + 14,4 * 1 + 0,4 * 12 + 1,2 * 1 + 0,2 * 16) (\text{kmol} \times \text{kg/kmol})}$$

$$AC = 14,5739 \text{ kg}$$

Cálculo de la relación aire-combustible para la mezcla E25

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométrico de 0,90 para la gasolina y 0,1 para el etanol, que representa el porcentaje de estos combustibles.

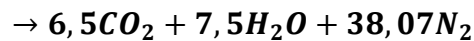
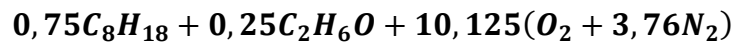


$$C: 6 + 0,5 = x \rightarrow x = 6,5$$

$$H: 13,5 + 1,5 = 2y \rightarrow y = 7,5$$

$$O: 0,25 + 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 10,125$$

$$N_2: a * 3,76 = z \rightarrow z = 38,07$$



Aplicando la ecuación 2, tenemos:

$$AC = \frac{10,125 \times 4,76 \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/mol}}{(6 * 12 + 13,5 * 1 + 0,5 * 12 + 1,5 * 1 + 0,25 * 16) (\text{kmol} \times \text{kg/kmol})}$$

$$AC = 14,4088 \text{ kg}$$

Calculo de la relación aire-combustible para la mezcla E30

Para este tipo de mezcla vamos a tener los coeficientes estequiométrico de 0,90 para la gasolina y 0,1 para el etanol, que representa el porcentaje de estos combustibles.

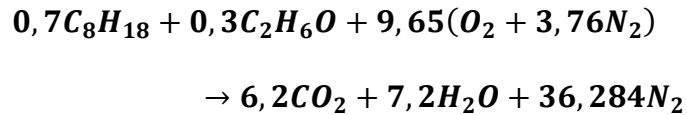


$$C: 5,6 + 0,6 = x \rightarrow x = 6,2$$

$$H: 12,6 + 1,8 = 2y \rightarrow y = 7,2$$

$$O: 0,3 + 2 * a = 2 * x + y \rightarrow a = 9,65$$

$$N_2: a * 3,76 = z \rightarrow z = 36,284$$



Aplicando la ecuación 2, tenemos:

$$AC = \frac{9,65 \times 4,76 \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/mol}}{(5,6 * 12 + 12,6 * 1 + 0,6 * 12 + 1,8 * 1 + 0,3 * 16) (\text{kmol} \times \text{kg/kmol})}$$

$$AC = 14,2316 \text{ kg}$$

4.10 Análisis de la relación aire-combustible obtenidas para las mezcla gasolina/etanol

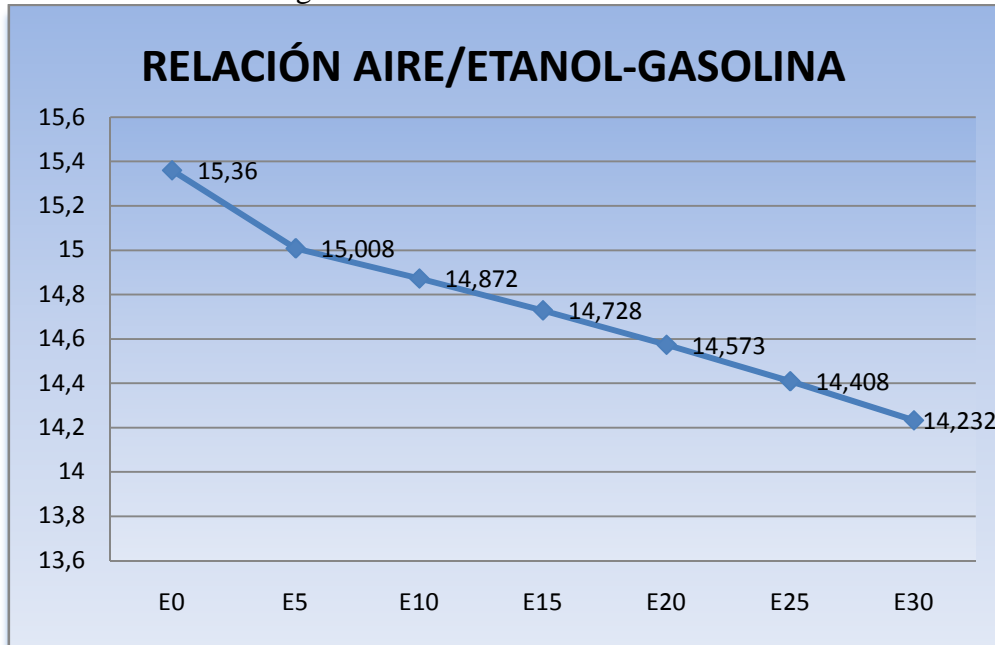
En base a los resultados obtenidos en los productos de cada reacción, comprobamos que el coeficiente del carbono cuando está en la mezcla de 95% gasolina y 5% de etanol, es de 7,7 kmol, y para la mezcla con 5% más de etanol tenemos una cantidad de 7,4 kmol de carbono, determinando así que la cantidad de carbono disminuye en 0,3 kmol como se incrementa en 5% de etanol a la gasolina.

La cantidad de aire en cada reacción también disminuye según cómo vaya incrementando la cantidad de etanol y disminuyendo la cantidad de gasolina, ver la gráfica. Por lo tanto la cantidad de oxígeno y nitrógeno necesario para quemar toda la mezcla de gasolina/etanol, es menor. Variación de oxígeno en la relación ideal aire-combustible.

Debido a la formulación del etanol la mezcla aire-combustible incrementa los niveles de oxígeno conforme se aumenta las concentraciones de etanol en la gasolina.

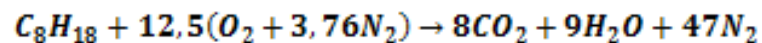
La cantidad de oxígeno se calculará a partir de las ecuaciones de la relación aire-combustible. Con las cuales podremos determinar la variación del oxígeno entre mezclas.

Figura 20. Relación aire combustible



Fuente: Autores

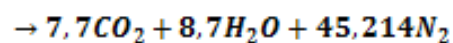
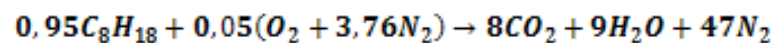
El cálculo de la cantidad de oxígeno para la relación aire-combustible es:



$$Oxígeno = 12,5(2kmol) \left(\frac{16kg}{kmol} \right)$$

$$Oxígeno = 400kg$$

Para la relación aire-gasolina/etanol la cantidad de oxígeno es:



$$Oxígeno = 0,05 (1kmol)(16kg/kmol) + 12,025(2kmol)(16kg/kmol)$$

$$Oxígeno = 385,6kg$$

Tabla 20. Variación del oxígeno en relación aire combustible

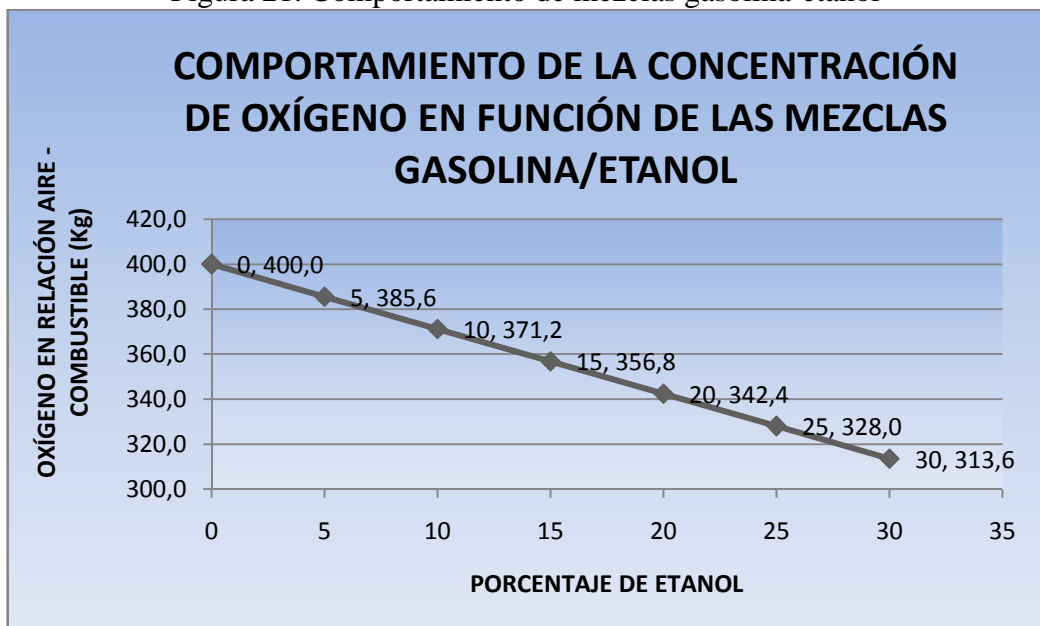
% Gasolina /etanol	Oxígeno en relación aire - combustible (kg)	Variación con respecto al 100% gasolina (%)
E0	400	0
E5	385,6	3,6
E10	371,2	3,7
E15	356,8	3,8
E20	342,4	4
E25	328	4,2
E30	313,6	4,4

Fuente: Autores

Por lo tanto la variación promedio del oxígeno en las relaciones aire-combustible es de 3,95%.

En la tabla 20 mostramos las variaciones de oxígeno en la función de la relación aire-combustible.

Figura 21. Comportamiento de mezclas gasolina-etanol



Fuente: Autores

4.10.1 Poder calorífico de las mezclas gasolina/etanol. Una de las propiedades fundamentales de los combustibles es su poder calorífico, que se define como, la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustible, referida a la unidad de masa de combustible. Dicho de otra manera la ecuación 3 dice, que es igual al valor absoluto de la entalpía de combustión del combustible, es decir:

$$\text{Poder calorífico} = |h_c| \text{ [Kj/Kg}_{\text{combustible}}] \quad (3)$$

En cambio la entalpía durante el proceso se debe solo a los cambios de composición química del sistema, este cambio de entalpía, será distinto para diferentes reacciones, por lo tanto, es necesario tener una propiedad que represente los cambios en la energía química durante una reacción. Esta propiedad se le conoce como entalpía de reacción h_R , que se define como la diferencia entre la entalpía de los productos en un estado especificado, y la entalpía de los reactivos en el mismo estado para una reacción completa. En los procesos de combustión la entalpía de combustión h_c , la cual representa la cantidad de calor liberada durante un proceso de combustión de flujo estable cuando un kilogramo de combustible se quema por completo a una temperatura y una presión específica. Se expresa en la ecuación 4.

$$h_c = H_{\text{producto}} - H_{\text{reactivos}} \quad (4)$$

La entalpía de combustión de un combustible particular será distinta a diferentes temperaturas y presiones. Además la entalpía de combustión no es muy útil cuando la combustión es incompleta. Así un planteamiento más práctico sería tener una propiedad fundamental para representar la energía química de un elemento o compuesto a algún estado de referencia. Esta propiedad es la entalpía de formación h_f , la cual puede considerarse como la entalpía de una sustancia en un estado específico debido a su composición química.

La magnitud del poder calorífico puede variar según como se mida. Según la forma de medir se utiliza la expresión poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI). Poder calorífico superior (PCS), cuando el H_2O en los productos está en forma de vapor.

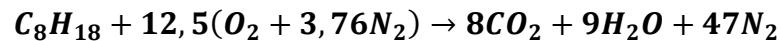
Los dos poderes caloríficos se relaciona por medio de:

$$PCS = PCI + (mh_{fg})_{H_2O} [KJ/Kgcombustible]$$

Donde m es la masa del H_2O en los productos por unidad de masa de combustible y h_{fg} es la entalpia de vaporización del agua a temperatura especifica.

4.10.2 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E0. La entalpia de la combustión de un combustible puede determinarse de un conocimiento de la entalpia de formación para los compuestos implicados. La entalpia de combustión de la gasolina se considera como la de un octano liquido (C_8H_{18}) con estado de referencia de $25^\circ C$ y $1 atm$. Además de eso se supone que el agua en los productos está en forma de vapor.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:



Los productos N_2 y O_2 , son los elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del C_8H_{18} se transforma en la ecuación 4:

$$h_c = H_{producto} - H_{reactivos}$$

$$h_c = (Nh_f)_{CO_2} + (Nh_f)_{H_2O} - (Nh_f)_{C_8H_{18}}$$

Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 4, se obtiene:

$$h_c = (8kmol)(-393520kJ/kmol) + (9kmol)(-241820kJ/kmol) - (1kmol)(-241820kJ/kmol)$$

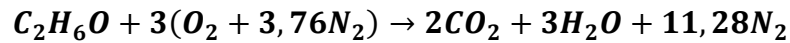
$$h_c = -5074590kJ/kmolC_8H_{18} = -5074590kJ/114,23266kgC_8H_{18}$$

$$h_c = -44423,2849 \text{kJ/kgC}_8\text{H}_{18}$$

$$PCS = |-44423,2849 \text{kJ/kgC}_8\text{H}_{18}|$$

4.10.3 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpía de combustión para la concentración E100. En la entalpía de combustión para el etanol líquido $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ se tomara como estado de referencia de 25°C y 1 atm . Además de eso, que el agua en los productos en la reacción está en forma líquida.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:



Los productos N_2 y O_2 , son los elementos estables, por lo que su entalpía de formación es cero. En este caso la entalpía de combustión del $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ se transforma en la ecuación 4:

$$h_c = H_{\text{producto}} - H_{\text{reactivos}}$$

$$h_c = (Nh_f)_{\text{CO}_2} + (Nh_f)_{\text{H}_2\text{O}} - (Nh_f)_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}}$$

Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 4, se obtiene:

$$h_c = (2 \text{ kmol})(-393520 \text{ kJ/kmol}) + (3 \text{ kmol})(-241820 \text{ kJ/kmol}) \\ - (1 \text{ kmol})(-277690 \text{ kJ/kmol})$$

$$h_c = -1234810 \text{ kJ/kmolC}_2\text{H}_6\text{O} = -1234810 \text{ kJ}/46,06952 \text{ kgC}_2\text{H}_6\text{O}$$

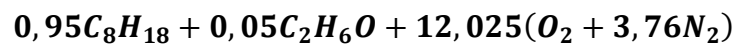
$$h_c = -26803,18788 \text{ kJ/kgC}_2\text{H}_6\text{O}$$

$$PCS = |-26803,18788 \text{ kJ/kgC}_2\text{H}_6\text{O}|$$

4.10.4 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E5. En la entalpia de combustión para la mezcla gasolina C_8H_{18} y el etanol liquido CH_3CH_2OH se tomara como estado de referencia de **25°C y 1 atm.**

Además de eso se establece que el agua en los productos en la reacción se encuentra en forma líquida.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:



Los productos N_2 y O_2 , son los elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del $C_8H_{18} + C_2H_6O$ se transforma en la ecuación 4:

$$h_c = H_{\text{producto}} - H_{\text{reactivos}}$$

$$h_c = (Nh_f)_{CO_2} + (Nh_f)_{H_2O} - (Nh_f)_{C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 4, se obtiene:

$$h_c = (7,7\text{kmol})(-393520\text{kJ/kmol}) + (8,7\text{kmol})(-241820\text{kJ/kmol})$$

$$- (0,95\text{kmol})(-249950\text{kJ/kmol})$$

$$- (0,05\text{kmol})(-277690\text{kJ/kmol})$$

$$h_c = -4882601\text{kJ/kmol } C_8H_{18} + C_2H_6O$$

$$h_c = -4882601\text{kJ}/110,824503\text{kg } C_8H_{18} + C_2H_6O$$

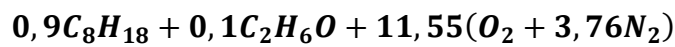
$$h_c = -44057,05298\text{kJ/kg } C_8H_{18} + C_2H_6O$$

$$PCS = |-44057,05298\text{kJ/kg } C_8H_{18} + C_2H_6O|$$

4.10.5 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E10. En la entalpia de combustión para la mezcla gasolina C_8H_{18} y el etanol liquido CH_3CH_2OH se tomara como estado de referencia de $25^\circ C$ y $1 atm$.

Además de eso se establece que el agua en los productos en la reacción se encuentra en forma líquida.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:



Los productos N_2 y O_2 , son los elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del $C_8H_{18} + C_2H_6O$ se transforma en la ecuación 4:

$$h_c = H_{\text{producto}} - H_{\text{reactivos}}$$

$$h_c = (Nh_f)_{CO_2} + (Nh_f)_{H_2O} - (Nh_f)_{C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 4, se obtiene:

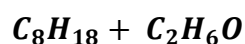
$$h_c = (7,4 \text{ kmol})(-393520 \text{ kJ/kmol}) + (8,4 \text{ kmol})(-241820 \text{ kJ/kmol})$$

$$- (0,9 \text{ kmol})(-249950 \text{ kJ/kmol})$$

$$- (0,1 \text{ kmol})(-277690 \text{ kJ/kmol})$$

$$h_c = -4690612 \text{ kJ/kmol } C_8H_{18} + C_2H_6O$$

$$h_c = -\frac{4690612 \text{ kJ}}{107,416346} \text{ kg}$$

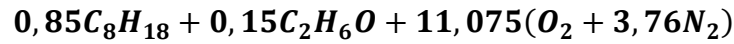


$$h_c = -43667,5811 \text{kJ/kg} C_8H_{18} + C_2H_6O$$

$$PCS = |-43667,5811 \text{kJ/kg} C_8H_{18} + C_2H_6O|$$

4.10.6 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E15. En la entalpia de combustión para la mezcla gasolina C_8H_{18} y el etanol líquido CH_3CH_2OH se tomara como estado de referencia de 25°C y 1 atm .

Además de eso se establece que el agua en los productos en la reacción se encuentra en forma líquida.



Los productos, N_2 y O_2 son los elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del $C_8H_{18} + C_2H_6O$ se transforma en la ecuación 4.

$$h_c = H_{\text{producto}} - H_{\text{reactivos}}$$

$$h_c = (Nh_f)_{CO_2} + (Nh_f)_{H_2O} - (Nh_f)_{C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 4, se obtiene:

$$h_c = (7,1 \text{ kmol})(-393520 \text{ kJ/kmol}) + (8,1 \text{ kmol})(-241820 \text{ kJ/kmol})$$

$$- (0,85 \text{ kmol})(-249950 \text{ kJ/kmol})$$

$$- (0,15 \text{ kmol})(-277690 \text{ kJ/kmol})$$

$$h_c = -4498623 \text{ kJ/kmol} C_8H_{18} + C_2H_6O$$

$$h_c = -4498623 \text{ kJ}/104,008189 \text{ kg} C_8H_{18} + C_2H_6O$$

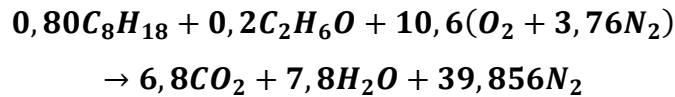
$$h_c = -43252,58466 \text{ kJ/kg} C_8H_{18} + C_2H_6O$$

$$PCS = |-43252,58466kJ/kgC_8H_{18} + C_2H_6O|$$

4.10.7 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E20. En la entalpia de combustión para la mezcla gasolina C_8H_{18} y el etanol líquido CH_3CH_2OH se tomara como estado de referencia de $25^\circ C$ y $1 atm$.

Además de eso se establece que el agua en los productos en la reacción se encuentra en forma líquida.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:



Los productos N_2 y O_2 , son los elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del $C_8H_{18} + C_2H_6O$ se transforma en la ecuación 4.

$$h_C = H_{producto} - H_{reactivos} \\ h_C = (Nh_f)_{CO_2} + (Nh_f)_{H_2O} - (Nh_f)_{C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

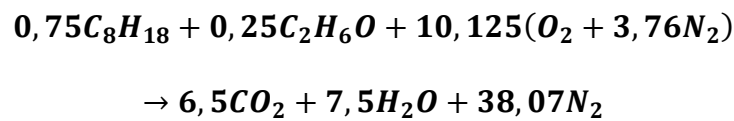
Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 4, se obtiene:

$$h_C = (6,8kmol)(-393520kJ/kmol) + (7,8kmol)(-241820kJ/kmol) \\ - (0,8kmol)(-249950kJ/kmol) \\ - (0,2kmol)(-277690kJ/kmol) \\ h_C = -4306634kJ/kmolC_8H_{18} + C_2H_6O \\ h_C = -4306634kJ/100,600032kgC_8H_{18} + C_2H_6O \\ h_C = -42809,46948kJ/kgC_8H_{18} + C_2H_6O \\ PCS = |-42809,46948kJ/kgC_8H_{18} + C_2H_6O|$$

4.10.8 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E25. En la entalpia de combustión para la mezcla gasolina C_8H_{18} y el etanol líquido CH_3CH_2OH se tomara como estado de referencia de **25°C y 1 atm.**

Además de eso se establece que el agua en los productos en la reacción se encuentra en forma líquida.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:



Los productos, N_2 y O_2 son los elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del C_8H_{18} + C_2H_6O se transforma en la ecuación 4:

$$h_C = H_{\text{producto}} - H_{\text{reactivos}} \\ h_C = (Nh_f)_{CO_2} + (Nh_f)_{H_2O} - (Nh_f)_{C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

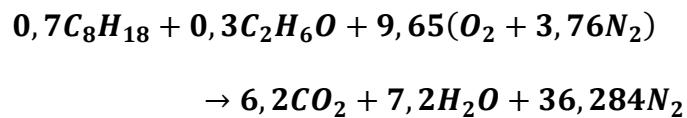
Con los valores de h_f del 1-5, aplicando en la ecuación 4, se obtiene:

$$h_C = (6,5\text{kmol})(-393520\text{kJ/kmol}) + (7,5\text{kmol})(-241820\text{kJ/kmol}) \\ - (0,75\text{kmol})(-249950\text{kJ/kmol}) \\ - (0,25\text{kmol})(-277690\text{kJ/kmol}) \\ h_C = -4114645\text{kJ/kmol} C_8H_{18} + C_2H_6O \\ h_C = -4114645\text{kJ}/97,191875\text{kg} C_8H_{18} + C_2H_6O \\ h_C = -42335,27751\text{kJ/kg} C_8H_{18} + C_2H_6O \\ PCS = |-42335,27751\text{kJ/kg} C_8H_{18} + C_2H_6O|$$

4.10.9 Evaluación del poder calorífico a través de la entalpia de combustión para la concentración E30. En la entalpia de combustión para la mezcla gasolina C_8H_{18} y el etanol líquido CH_3CH_2OH se tomara como estado de referencia de $25^\circ C$ y $1 atm$.

Además de eso se establece que el agua en los productos en la reacción se encuentra en forma líquida.

La ecuación estequiométrica es la misma planteada en el cálculo de la relación aire-combustible. Por lo tanto:



Los productos, N_2 y O_2 son los elementos estables, por lo que su entalpia de formación es cero. En este caso la entalpia de combustión del $C_8H_{18} + C_2H_6O$ se transforma en la ecuación 4.

$$h_C = H_{producto} - H_{reactivos} \\ h_C = (Nh_f)_{CO_2} + (Nh_f)_{H_2O} - (Nh_f)_{C_8H_{18} + C_2H_6O}$$

Con los valores de h_f del anexo 1-5, aplicando en la ecuación 4, se obtiene:

$$h_C = (6,2kmol)(-393520kJ/kmol) + (7,2kmol)(-241820kJ/kmol) \\ - (0,7kmol)(-249950kJ/kmol) \\ - (0,3kmol)(-277690kJ/kmol) \\ h_C = -3922656kJ/kmolC_8H_{18} + C_2H_6O \\ h_C = -3922656kJ/93,783718kgC_8H_{18} + C_2H_6O \\ h_C = -41826,62069kJ/kgC_8H_{18} + C_2H_6O \\ PCS = |-41826,62069kJ/kgC_8H_{18} + C_2H_6O|$$

4.11 Ensayo de poder calorífico en el laboratorio

Para realizar este ensayo se necesita la ayuda de un equipo especial donde se quema directamente en la bomba calorimétrica a volumen constante.

Esta bomba calorimétrica nos permite medir exactamente, para ello se mide mediante una balanza el combustible la cual va introducida en un recipiente llamado crisol.

El crisol que contiene el combustible se introduce en el recipiente de disgregación, se realiza el llenado de oxígeno a 30 atm de presión, el siguiente paso es la introducción del recipiente en el calorímetro el cual es llenado con agua. La muestra se enciende eléctricamente y el calor producido dentro de ello se mide con exactitud.

El calor que se libera es absorbido por el agua y el calorímetro.

Figura 22. Bomba calorimétrica



Fuente: Escuela Politécnica Nacional

Los resultados que se obtuvo en los ensayos fueron los siguientes.

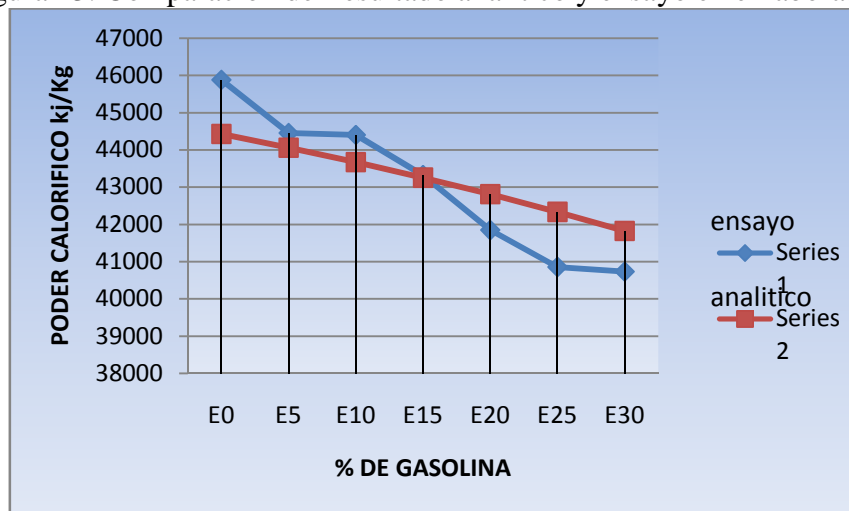
Tabla 21. Ensayo de poder calorífico

Muestra	PCI [kJ/kg]
E0	45879,6
E5	44455,4

E10	44400,5
E15	43321,8
E20	41846,9
E25	40856,7
E30	40733,6
E100	28973,7

Fuente:Autores

Figura 23. Comparación del resultado analítico y ensayo en el laboratorio



Fuente:Autores

Se nota claramente en la gráfica que mientras que se aumenta el etanol en la gasolina se disminuye el poder calorífico.

4.12 Análisis, comparación del rendimiento del motor con las diferentes mezclas

Para esta prueba de rendimiento se realizó siguiendo las especificaciones del fabricante del Banco dinámico de potencia y de funcionamiento LPS 300.

Este banco de pruebas mide la Potencia, torque y emisiones LPS 3000 en vehículos que utilicen motores de ciclo Otto o de Diesel.

El banco de pruebas dinámico consta con una caja de interfaces que sirve para registrar las RPM, datos OBD, temperaturas, presiones y señales analógicas.

El proceso de registro se realiza mediante módulos para esta medición se guía mediante sensores, la caja de interfaces puede soportar 4 módulos máximo.

También puede efectuar una simulación de exacta de unas condiciones de marcha definidas en el banco de pruebas. Además se puede medir el consumo del combustible y análisis de los gases de escape. La opción de simulación de carga permite seleccionar diferentes condiciones de carga el cual permite un diagnóstico concreto del motor y la potencia ascensional de un vehículo, se lo puede programar de acuerdo a las necesidades.

Un ejemplo de esto una fuerza de tracción constante, una velocidad constante, número de revoluciones constantes o de una simulación en marcha.

La opción de medir la potencia del motor el cual nos permite determinar los datos de potencia del motor.

También existe la opción de medición del tacómetro, a través de esta opción puede calcularse diferentes coeficientes del banco de pruebas. La adaptación interactiva de los coeficientes puede efectuarse según ECE o SAE J2264.

Para este proceso de prueba se utiliza un ventilador para la refrigeración del motor y de sus componentes con esto se evita el sobrecalentamiento en este proceso.

Para los ensayos del vehículo bajo plena carga se debe cumplir los siguientes valores.

- Potencia de aire mayor de 25000 m³/ s.
- Velocidad de soplado > 90 km/h.
- Garantizar el soplado de la parte inferior de la carrocería para el catalizador.

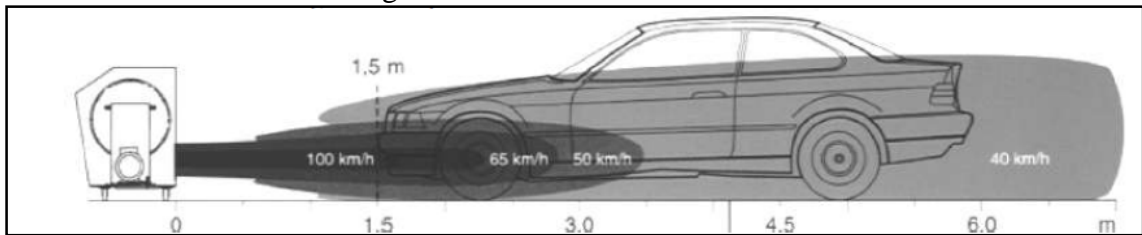
Tomar en cuenta los siguientes parámetros para el diseño del sistema de ventilación.

- Potencia de motor.
- Frecuencia de la medición.

- Aumento de temperatura de la sala permitido por el usuario.
- Dimensiones de la sala.

Uno de los módulos que se utilizo es la de revoluciones y la de temperatura, mediante la conexión de pinzas se capta la señal de las revoluciones en el cable de encendido.

Figura 24. Sistema de ventilación



Fuente: Manual del Usuario del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA
MaschinenbauHaldenwang

Figura 25. Pinzas trigger



Fuente: Manual del Usuario del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA
MaschinenbauHaldenwang

4.13 Especificaciones técnicas del motor

Figura 1. Especificaciones técnicas del motor Aveofamily

Motor	1.5L
Inyección	MPI
No Cilindros	4
Posición	Transversal
Potencia Neta (Hp / rpm)	83 / 5600
Radio de Giro (mts) andenes	4.89
Radio de Giro (mts) paredes	5.12
Relación Compresión	9,5:1
Relación Final de Eje	3,944
Relaciones 1 ^a	3.545
Relaciones 2 ^a	1.952
Relaciones 3 ^a	1.276
Relaciones 4 ^a	0.998

Relaciones 5 ^a	0.763
Reversa	3.333
Tipo	SOHC
Torque Neto (Nm / rpm)	13/ 3000

Fuente: Manual técnica de la Chevrolet.

Antes de realizar la medición de la potencia del vehículo en el banco de pruebas debemos poner en condiciones óptimas al vehículo la cual se efectúa a 2000 RPM, en este momento se inicia el programa es así que comienza a detectar el banco las revoluciones de las ruedas.

Figura 26. Postura del vehículo en el rodillo



Fuente: Autores

Después de haber introducido los datos el equipo se encarga de trazar las curvas de potencia.

Figura 27. Introducción de datos del vehículo



Fuente: Autores

Una de las condiciones que exige el banco de pruebas para la toma de datos por el dinamómetro es la demanda al máximo por tal razón se debe poner la marcha en cuarta obteniendo así la potencia, el par y realizar las curvas correspondientes, de acuerdo al aumento progresivo de la RPM, de esta manera también se obtiene la potencia y el par máximo.

La puesta en marcha cuarta es porque en esta relación el motor trabaja 1:1 esto quiere decir que la potencia y el torque que nos brinda el motor pasa directamente por la caja de velocidades a su vez a las ruedas sin tener que pasar por relación de multiplicación o desmultiplicación.

Tabla 22. Condiciones iniciales

Parámetros	Valor	Unidad
T-ambiente	22.9	°C
T-aspiración	14.8	°C
H-aire	38.9	%
p-aire	698.7	hPa
p-vapor	10.2	hPa

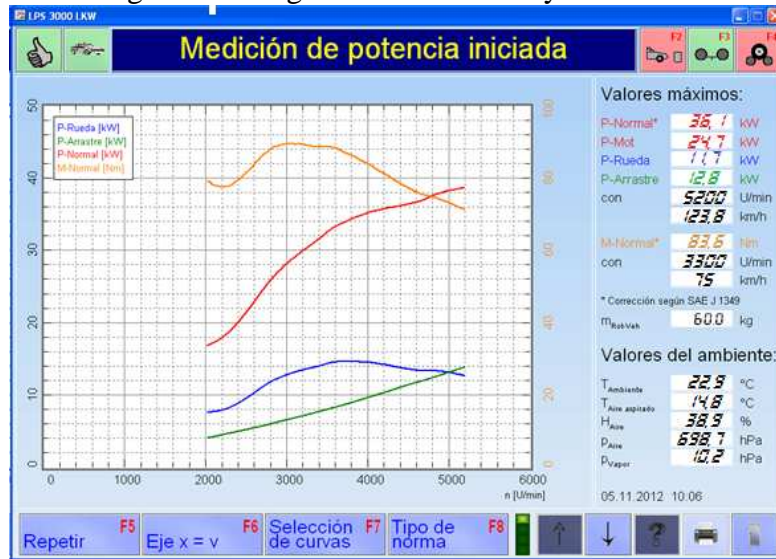
Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA.

Tabla 23. Potencia y par

Parámetro	Unidades	Valor
Potencia normal	Hp(kW) / rpm	48,3 (36.1)/5200
Potencia motor	Hp(kW) / rpm	33,1 (24.,7)/5200
Potencia rueda	Hp(kW) / rpm	15,75 (11,7)/5200
Potencia arrastre	Hp(kW) / rpm	17,25(12,8)/5200
Par	Nm / rpm	83.6/3300

Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

Figura 28. Diagrama de Potencias y Par motor

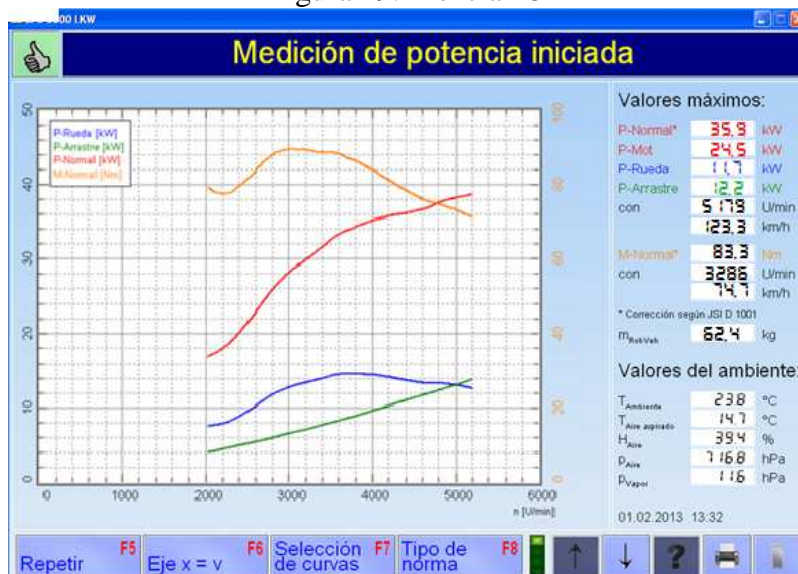


Fuente: Datos obtenidos del Banco de Potencia LPS 3000 MAHA

En el gráfico anterior se muestra que la primera curva de Potencia de arrastre (verde) es directamente proporcional a las revoluciones del motor, con un alcance máximo de 12,8 kW a las 5200 rpm.

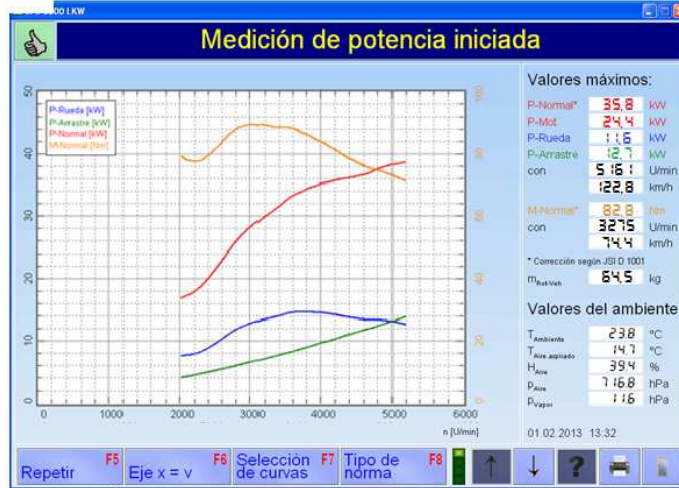
La curva de la Potencia de la rueda (azul) asciende hasta llegar a las 3800 rpm alcanzando un máximo de 11,7 kW y a comienza a descender. La curva de la Potencia normal (rojo) se muestra directamente proporcional con respecto a las rpm alcanzando un máximo de 36,1 kW a las 5200 rpm.

Figura 29. Mezcla E5



Fuente: Autores

Figura 30. Mezcla E10



Fuente: Autores

Figura 31. Mezcla E15



Fuente: Autores

Figura 32. Mezcla E20



Fuente: Autores

Figura 33. Mezcla E25



Fuente: Autores

Figura 34. Mezcla E30



Fuente: Autores

La Potencia Normal que se observa en el gráfico es la potencia indicada que se obtuvo mediante las pruebas realizadas; además, se observa que existe el valor de la Potencia del motor o potencia efectiva que es la suma de la potencia de la rueda y la potencia de

arrastre, siendo ésta última la potencia que se pierde por la fricción que se crea y por la fuerza necesaria para vencer la inercia inicial.

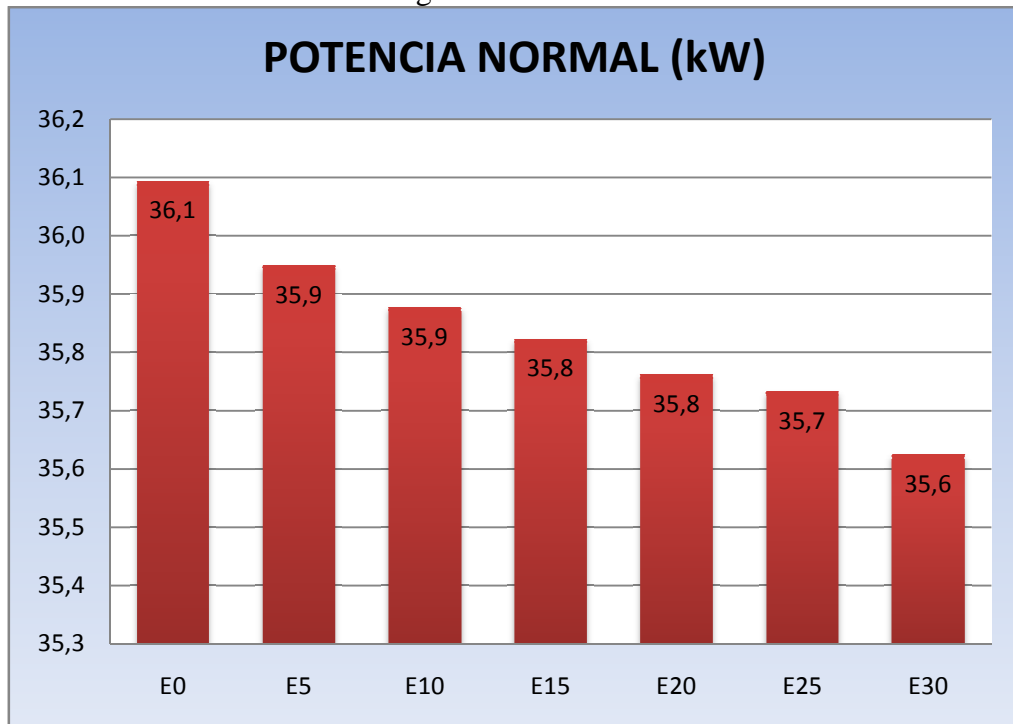
Como se muestra en la figura, las curvas de potencia y de par motor se forman desde el régimen de giro de los 2000 rpm hasta el máximo de rpm que da el vehículo.

Tabla 24. Pruebas de potencia y par motor

Parámetro	E0	E5	E10	E15	E20	E25	E30
Potencia normal	36,1	35,9	35,9	35,8	35,8	35,7	35,6
Potencia motor	24,7	24,6	24,5	24,5	24,4	24,4	24,3
Potencia rueda	11,7	11,7	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
Potencia arrastre	12,8	12,8	12,8	12,7	12,7	12,7	12,7
Par	83,6	83,3	83,1	83,0	82,9	82,8	82,5
rpm1	5200	5179	5168	5161	5152	5148	5132
rpm2	3300	3286	3280	3275	3269	3267	3257
km1	123,8	123,3	123,1	122,9	122,7	122,6	122,2
km2	75,0	74,7	74,6	74,4	74,3	74,3	74,0

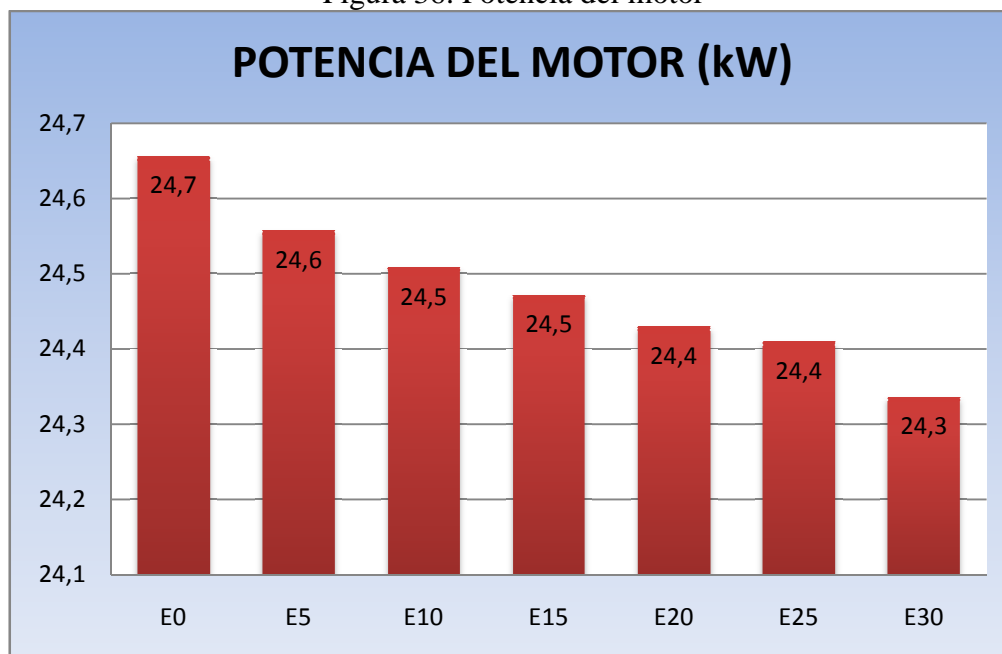
Fuente: Autores

Figura 35. Potencia



Fuente: Autores

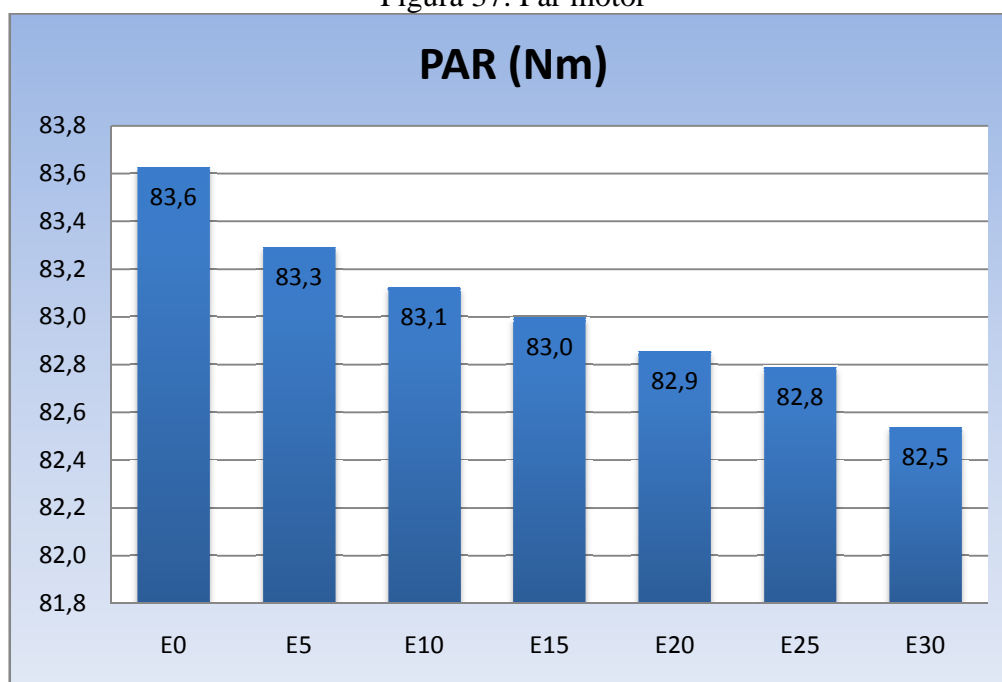
Figura 36. Potencia del motor



Fuente: Autores

Con los resultados realizados de las curvas de torque y potencia con las diferentes mezclas utilizadas con respecto al combustible de base, en los resultados del banco de Potencia LPS 3000 MAHA existen pérdidas de potencia muy pequeñas que van de 0,4% a 1,3 % aproximadamente.

Figura 37. Par motor



Fuente: Autores

Análisis de la pérdida de potencia. claramente se observa la diferencia entre la potencia indicada del vehículo con el uso del motor estándar, es decir a gasolina, en comparación con la mezcla E30 en la cual se usa 30 de etanol y 70 de gasolina teniendo un margen de variación en su valor como se indica a continuación:

Pérdida de $P_i = P_i \text{ motor a gasolina} - P_i \text{ motor con mezcla de E30}$.

Pérdida de $P_i = (36,1 - 35,6) \text{ kW}$.

Pérdida de $P_i = 0,5 \text{ kW}$.

En las gráficas se puede observar que la Potencia Indicada entre el motor a gasolina y el motor con mezcla de E30 en ralentí.

El resultado de pérdida de potencia con respecto a la gasolina extra son mínimas, la razón es que se controla de manera electrónica el pulso de la inyección, forzando a que el motor siempre funcione en valores estequiométrico, por lo tanto la exigencia de combustible será mayor para mezclas de con alto contenido de etanol, obteniendo prácticamente la misma potencia de salida.

4.14 Prueba de emisiones de gases del vehículo

La prueba estática de gases contaminantes permite determinar el nivel de emisiones contaminantes del vehículo y así verificar si se ajusta a la norma nacional vigente.

La norma utilizada para este caso es la INEN 2204:2202. GESTIÓN AMBIENTAL, AIRE, VEHÍCULOS AUTOMOTORES, LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA. Esta norma detalla los límites máximos permitidos en función del año de fabricación del vehículo además, de la norma 2203:99. GESTIÓN AMBIENTAL, AIRE, VEHÍCULOS AUTOMOTORES, DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O “RALENTÍ” PRUEBA ESTÁTICA.

La cual indica el procedimiento y el mínimo equipamiento requerido para determinar el nivel de los gases contaminantes emitidos por un vehículo que funciona con gasolina.

Límites de emisiones permitidos para las fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

Tabla 25. Prueba estática

Año modelo	% CO*		ppmHC*	
	0 – 1500 **	1500 – 3000 **	0 – 1500 **	1500 – 3000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
* Volumen				
** Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).				

Fuente: INEN 2204 Gestión Ambiental, Aire, Vehículos automotores, Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina

Para llevar a cabo las mediciones se hace necesario un equipo especializado con tecnología acorde a la implementada en los vehículos, es decir que sea capaz de censar y/o medir cantidades por millón de concentraciones de compuestos químicos en los gases de escape, como porcentajes aproximados de la presencia de soluciones químicas.

La prueba Estática de toma de datos de gases se la ha realizado en concordancia al procedimiento TSI (*TwoSpeed Idle*) OM 136, basado en la norma INEN 2203: “Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Determinación de la Concentración de Emisiones de Escape. Condiciones de marcha mínima o ralentí. Prueba Estática”.

- En primer lugar se lleva el auto hasta el lugar indicado (cuidando de estar lo más cerca posible a los equipos de medición).
- Se conecta la sonda destinada al motor en el lugar de la bayoneta de medición de aceite.
- Se revisa que el automóvil no tenga fugas en su sistema de escape, se tapa el tubo de escape.

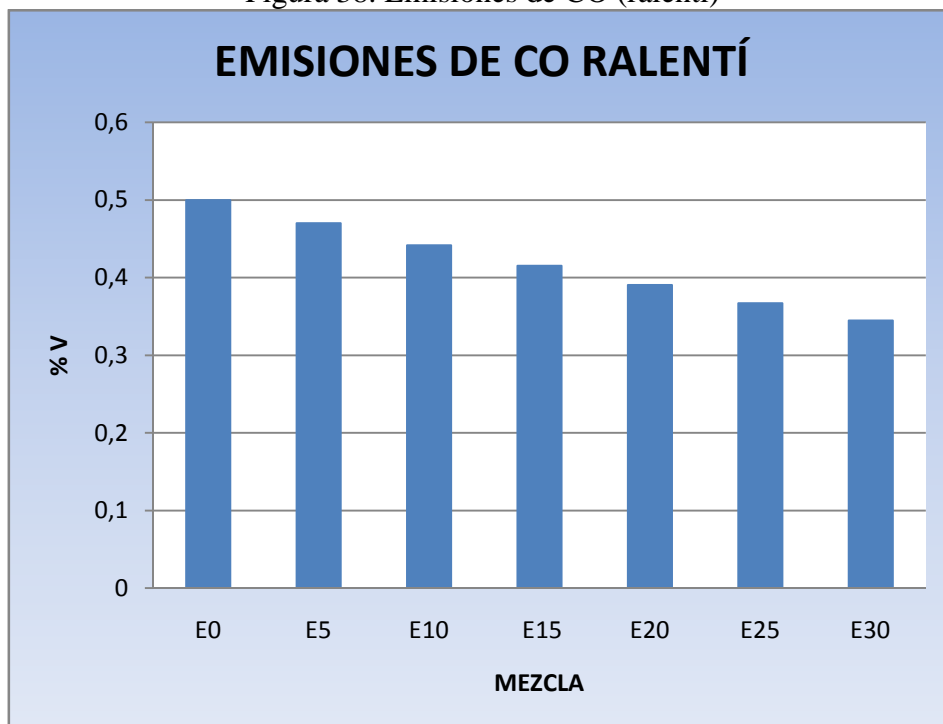
- Se coloca la sonda de medición en el tubo de escape.
- Se acelera el automóvil hasta las revoluciones requeridas.
- El operador ha de verificar las mediciones en el monitor de la pantalla.

Equipos

Los equipos necesarios constan de los siguientes elementos:

- Analizador de gases MAHA MGT5.
- Software LPS 3000.
- Software EUROSYSTEM.
- Ventilador de pedestal con altura graduable y ángulo ajustable.
- Dos rampas de acceso al dinamómetro de rodillos.
- Dos rampas de salida del dinamómetro de rodillos.
- Un compresor de aire.
- Sonda de conexión al motor.
- Sonda de conexión al tubo de escape.

Figura 38. Emisiones de CO (ralentí)



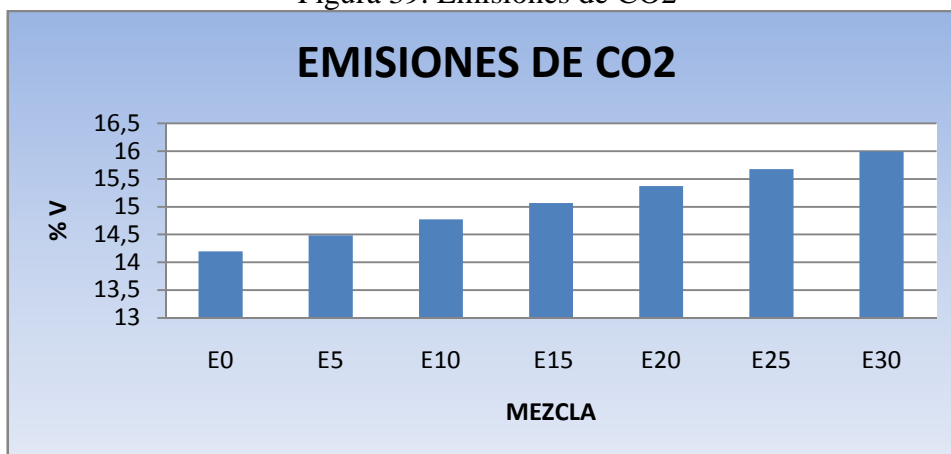
Fuente: Autores

Tabla 26. Pruebas de emisiones de gases

Resultados del analizador de gases														
	PRUEBAS ESTATICAS - NTE INEN 2204													
	E0		E5		E10		E15		E20		E25		E30	
Parámetro	Ralentí	rpm Alta	Ralentí	rpm Alta	Ralentí	rpm Alta	Ralentí	rpm Alta	Ralentí	rpm Alta	Ralentí	rpm Alta	Ralentí	rpm Alta
CO (%V)	0,5	0,4	0,47	0,38	0,44	0,35	0,42	0,33	0,39	0,31	0,37	0,29	0,34	0,28
CO ₂ (%V)	14,2	14,1	14,48	14,38	14,77	14,67	15,07	14,96	15,37	15,26	15,68	15,57	15,99	15,88
HC (ppm)	97	65	91	61	86	57	81	54	76	51	71	48	67	45
O ₂ (%V)	0,1	0,05	0,11	0,05	0,11	0,06	0,12	0,06	0,12	0,06	0,13	0,06	0,13	0,07
LAMBDA	1,001	1,001	0,991	0,991	0,981	0,981	0,971	0,971	0,962	0,962	0,952	0,952	0,942	0,942
Rpm	770	2500	770	2520	780	2520	770	2500	770	2520	780	2520	780	2520
T aceite °C	89	89	89	89	83	85	89	89	89	89	83	85	83	85

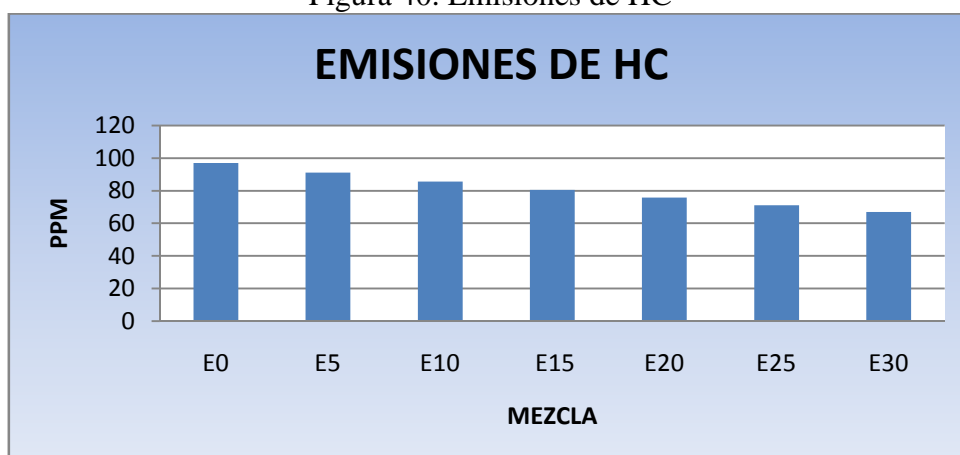
Fuente: Autores

Figura 39. Emisiones de CO2



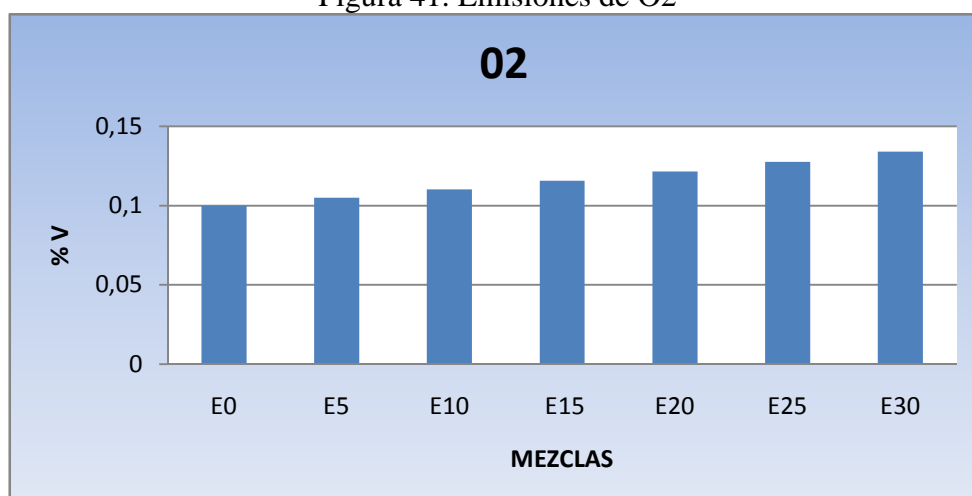
Fuente: Autores

Figura 40. Emisiones de HC



Fuente: Autores

Figura 41. Emisiones de O2



Fuente: Autores

Como se puede ver en las gráficas de las pruebas estáticas, los índices de gases contaminantes con cada porcentaje de mezcla de combustible y etanol se encuentran en los márgenes establecidos por la NORMA a diferencia de los vehículos que utiliza gasolina pura.

4.14.1 Prueba dinámica de emisiones contaminantes ASM. Esta prueba permite evaluar el nivel de emisiones de gases contaminantes de un vehículo bajo las condiciones de 50% de carga y 15 millas por hora (ASM 5015) y 25% de carga y 25 millas por hora (ASM 2525).

Procedimiento

Para llevar a cabo las mediciones se hace necesario un equipo especializado con tecnología acorde a la implementada en los vehículos, es decir que sea capaz de censar y/o medir cantidades por millón de concentraciones de compuestos químicos en los gases de escape.

El procedimiento seguido consistió en la utilización de un dinamómetro de rodillos para aplicación de carga externa al motor de los vehículos, marca MAHA FPS 2700, calibrado para realizar las pruebas de aceleración simulada ASM, mediante ciclos de prueba ASM 5015 y ASM 2525.

Para las mediciones de gases (CO, HC, NOX, CO₂, O₂ y λ) se utilizó el analizador de gases marca MAHA MGT5 certificado Bar 97, calibrado con los respectivos gases patrón por el fabricante.

Para el control de la prueba, almacenamiento de datos y el cálculo de resultados se utilizaron los sistemas informáticos LPS 3000 y Eurosystem desarrollados por la empresa MAHA de Alemania.

En primer lugar se lleva el automóvil hasta los rodillos giratorios (las ruedas delanteras).

Se asegura que el automóvil no salga fuera de los rodillos por medio de unos seguros verticales que se enclavan en agujeros dispuestos en la parte exterior de los rodillos.

Se procede a seleccionar la marca, el modelo y otros aspectos del vehículo en los archivos del sistema.

Se coloca la sonda de medición en el tubo de escape, teniendo en cuenta la colocación de los filtros correspondientes.

Se acelera el automotor hasta las rpm recomendadas.

Se observa en el monitor las distintas concentraciones tanto en porcentaje como en partes por millón de los distintos compuestos químicos.

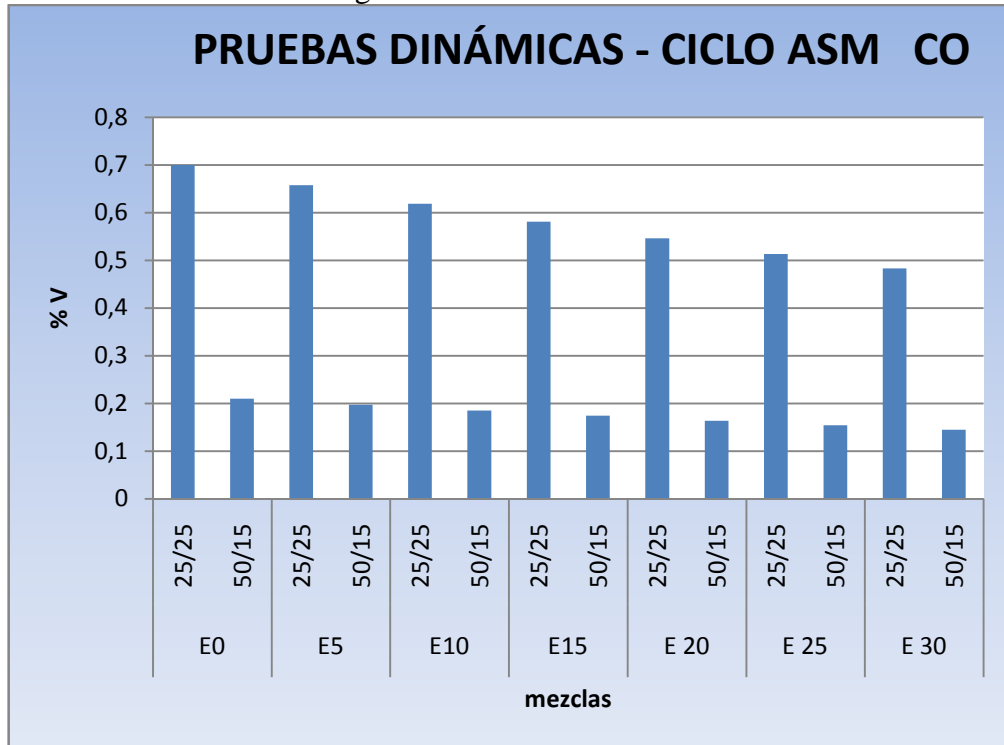
Se toma nota de los resultados del vehículo y su tabulación es analizada de acuerdo a parámetros internacionales de concentración de NOX, CO, CO₂, HC, etc., de acuerdo a ello se dará diagnósticos de cómo se encuentra la gestión de gases de cada automotor analizado el equipo elemental para llevar a cabo dichas mediciones consta de los siguientes implementos:

- Analizador de gases MAHA MGT5.
- Dinamómetro de rodillos marca MAHA FPS 2700 de 8.5" (21.6 cm.).
- Software LPS 3000.
- Software EUROSYSTEM.
- Ventilador de pedestal con altura graduable y ángulo ajustable.
- Dos rampas de acceso al dinamómetro de rodillos.
- Dos rampas de salida del dinamómetro de rodillos.
- Un compresor de aire.

La práctica se realiza con los siguientes equipos:

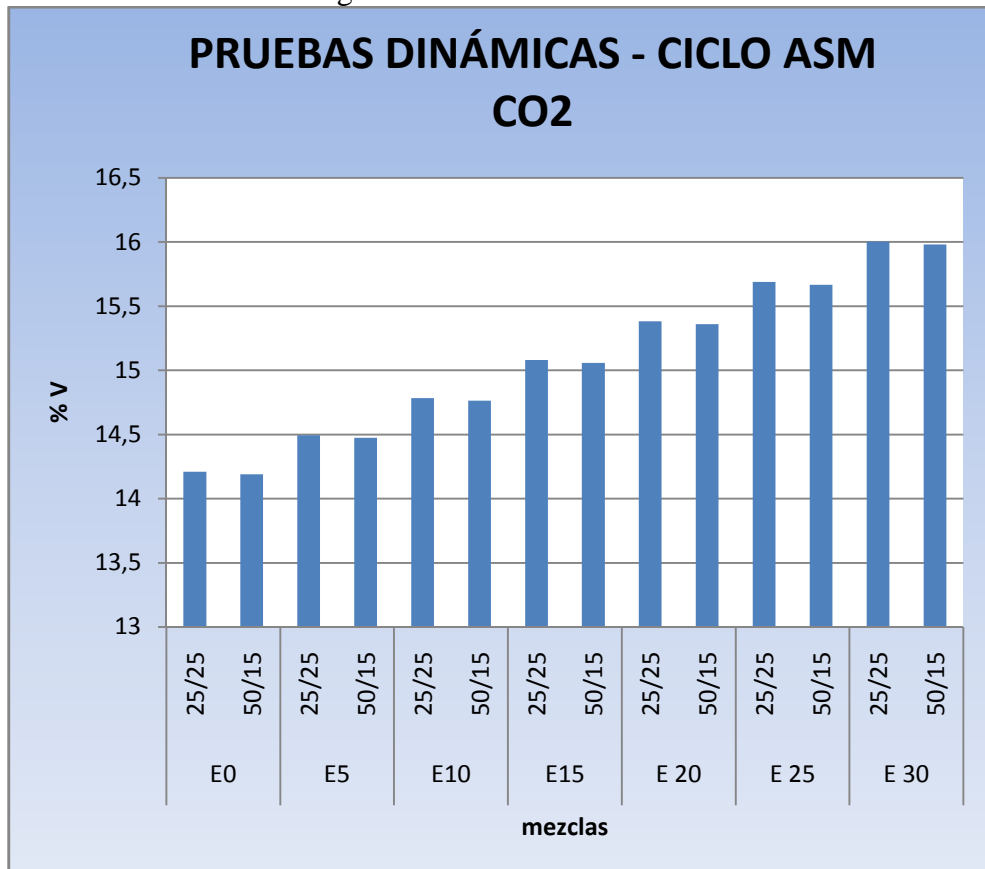
- Banco de pruebas ASM BF EURO losa radiante.
- Pupitre de comunicación. Software ASM.

Figura 42. Emisiones de CO



Fuente: Autores

Figura 43. Emisiones de CO2



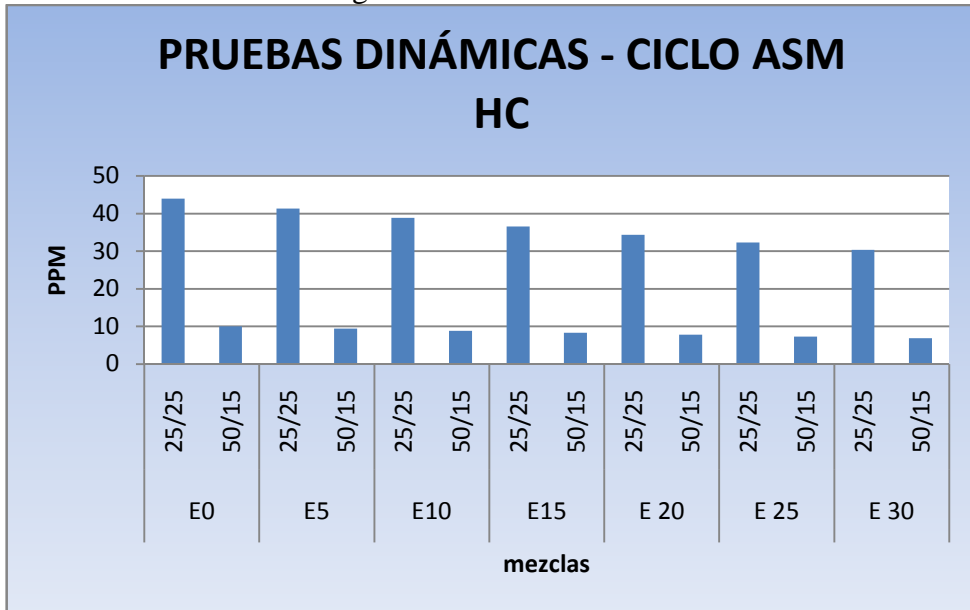
Fuente: Autores

Tabla 27. Resultado de emisiones de gases

Resultados del analizador de gases														
Parámetros	Pruebas dinámicas – ciclo ASM													
	E0		E5		E10		E15		E 20		E 25		E 30	
	25/25	50/15	25/25	50/15	25/25	50/15	25/25	50/15	25/25	50/15	25/25	50/15	25/25	50/15
CO (%V)	0,7	0,21	0,66	0,20	0,62	0,19	0,58	0,17	0,55	0,16	0,51	0,15	0,48	0,14
CO2 (%V)	14,21	14,19	14,49	14,47	14,78	14,76	15,08	15,06	15,38	15,36	15,69	15,67	16,00	15,98
HC (ppm)	44	10	41	9	39	9	37	8	34	8	32	7	30	7
O2 (%V)	0,14	0,16	0,14	0,16	0,15	0,17	0,15	0,17	0,15	0,17	0,15	0,18	0,16	0,18
Nox (ppm)	274	304	206	228	154	171	116	128	87	96	65	72	49	54
LAMBDA	0,999	1,001	0,993	1,002	0,998	0,997	1,001	0,995	1,001	1	1,001	1,001	0,999	1,001
Rpm														
T aceite °C	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Fuente: Los Autores

Figura 44. Emisiones HC



Fuente: Autores

Figura 45. Emisiones NOX



Fuente: Autores

Luego de esto se procede a la comparación de los datos experimentales con los datos que rige la Norma vigente en el país, sobre la cantidad de gases permisibles por un vehículo según INEN 2204:2202 se encuentran bajo este rango aquí se puede decir que

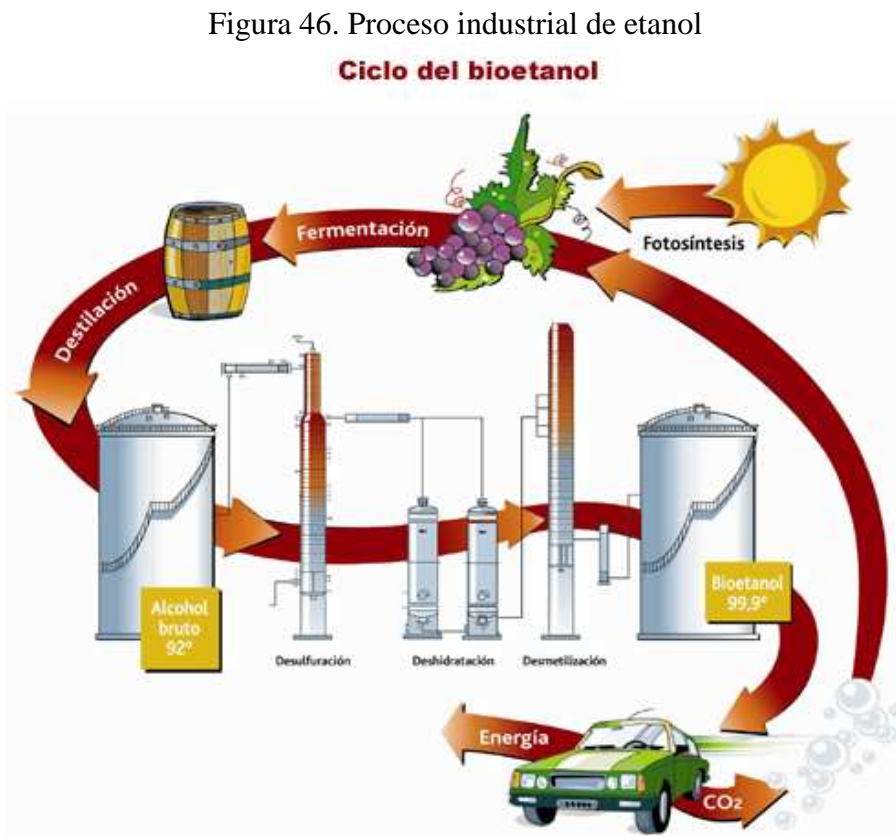
para estos resultados que se encuentren bajo este rango es la buena mezcla de combustible y otra que el vehículo es del año 2012.

En esta prueba dinámica, tomando los datos de peso, año de fabricación del vehículo y altura sobre el nivel del mar, se obtiene una tabla comparativa en la que se muestra la superioridad y ventaja que el vehículo con mezclas, obtiene menos emisiones contaminantes con referencia al uso único de Gasolina.

4.15 Viabilidad técnica

Para la instalación de una planta de procesamiento de los residuos de frutas con el fin de obtener etanol como una fuente alternativa de energía, se requiere de un proceso que no demanda una infraestructura de última tecnología por la que dicha planta puede ser construida en nuestro país.

El proceso industrial y la infraestructura para el fin planteado serian el siguiente:



Fuente: Autores

4.16 Viabilidad económica

4.16.1 Análisis económico de la producción y utilización de etanol. Tomando los costos de producción del etanol para los diferentes contextos y asumiendo un precio de venta al nivel de los precios de paridad, es posible evaluar económicamente esa agroindustria energética. Obsérvese que el precio de las materias primas fue definido con base a costos de producción y los demás costos se refieren a módulos productivos basados en situaciones reales, en la extensión posible.

Como indicador de sostenibilidad económica, se determinó el resultado final neto de la actividad productiva, expresado en dólares por litro de etanol producido.

Buscando complementar el análisis precedente, para las tecnologías asociadas a los desechos de frutas, el costo del etanol frente a variaciones de los principales parámetros que afectan ese valor 0,82 \$, como las inversiones y los costos de energía. Por supuesto que para costos distintos de los costos de referencia, se alteran proporcionalmente los indicadores de factibilidad. Los aspectos prioritarios a tener en cuenta para mejorar los indicadores de una tecnología eventualmente todavía poco atractiva en términos económicos.

Las variaciones en el precio de la materia prima afecta bastante el precio final del etanol. Eso es más evidente para los contextos adonde la inversión no es tan relevante, es la manera como los desechos de frutas, no afectan los precios, significan menores pérdidas, representan un descuento adicional en el precio, sin indicar impactos relevantes.

De esa forma, es correcto y más sencillo adoptar la biomasa utilizada a precios exógenos y considerar como un insumo de producción.

El tratamiento con un mayor rendimiento en el trabajo de investigación es el tratamiento dos mediante el cual a partir de 1,5 kg de biomasa más 0,45 kg de melaza, se obtiene el volumen de etanol de 0.082 litros. De un grado alcohólico de 96; es decir para obtener 1 litro de etanol sería necesario procesar 23,78 kg. De residuos; los costos involucrados en este proceso son los siguientes:

4.16.2 Costos totales. El rendimiento de etanol por tonelada métrica de residuos procesados sería de 42,12 litros; el promedio de generación diaria de residuos en el mercado mayorista de la ciudad de Riobamba es de 1134,05 kg; es decir diariamente en el caso de instalarse una planta procesadora la producción de etanol alcanzaría la cifra de 56,9 litros y el costo involucrado en este proceso sería de 46,67 dólares.

La demanda mundial de etanol es muy alta por lo que el mercado para el producto sería muy amplio; podemos afirmar además que desde el punto de vista del rendimiento en la obtención del etanol es un proceso rentable, mientras que desde el punto de vista económico los costos de producción deberían abarataarse; lo cual sería muy favorable debido a que la tecnología necesaria para este proceso existe; además que en nuestro país existen muchas fuentes de esta clase de residuos convirtiendo a este en un proceso totalmente renovable.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La tecnología del etanol es relativamente nueva en nuestro país, por este motivo la cultura del reciclaje en los mercados víveres no se utiliza para esta fuente de recursos sino más para la alimentación de animales de granja, y es muy complejo encontrar información técnica confiable para la producción de etanol en el medio.

De acuerdo a los estudios realizados en el tratamiento N°2, para obtener etanol permite cumplir con el objetivo principal.

El etanol es un combustible alternativo renovable cuya fuente de producción es inagotable, lo cual lo convierte en un biocombustible altamente viable en la aplicación de motores de combustión interna para diversos fines.

Analizando los resultados obtenidos de los gases producidos por la combustión en estado estático, se determina las emisiones con gasolina se encuentra en los límites de la norma INEN 2204, pero al realizar las pruebas con las mezclas se ha logrado reducir el grado de contaminación hasta el 15% de las emisiones de CO₂, NO_x y HC con E30.

Estudiando los diferentes parámetros físicos de los desechos de frutas tienen un buen porcentaje de humedad, almidón y azúcares por tal motivo se realiza la fermentación con alto grado de pureza.

Después de haber analizado las diferentes propiedades del etanol obtenido con los requisitos de la norma INEN 2478 establecida se asemejan.

5.2 Recomendaciones

Solicitar el uso del alcohol como combustible generaría más trabajo en sector agrícola y por ello se pide que exista una planta de tratamiento de alcohol para producción en grandes cantidades, apta para el funcionamiento del motor.

Incitar que en el país se debiera fomentar la aplicación del alcohol como combustible alternativo y que existan estaciones de servicio de abastecimiento en todo el país.

Utilizar los procesos y procedimientos expuestos, con los equipos adecuados porque con ellos se llegara a obtener la calidad de etanol para la respectiva mezcla con la gasolina.

Dar mayor apertura a la investigación de este tipo de temas para poder analizarlos con mayor profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

BRICEÑO BELTRÁN, C.O. 2006.*Aspectos Estructurales de Entorno para Proyectos e Inversiones en Bioetanol.* Bogota : s.n., 2006.

CASER, Fermentación. 2009.

www.es.wikipedia.org/wiki/fermenta.B3n_alcoh.C3.B3lica_casera. [En línea] 15 de 02 de 2009. [Citado el: 12 de 07 de 1013.]

www.es.wikipedia.org/wiki/fermenta.B3n_alcoh.C3.B3lica_casera.

CASTELLS, Xavier. 2009.*Reciclaje de Residuos Industriales.* s.l. : Ediciones Días de Santos, 2009.

CISNEROS, Clara. 2000.*elementos de Corrosión.* Barcelona : ARIEL, 2000.

CORTÉZ, José M. 2007.*Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales.* Lima : Elsievier, 2007.

COSTA, C, Gracia y Hernandez, T. Ipolo. 1995.*Residuos orgánicos urbanos.* Murcia : s.n., 1995.

GALVES, Remigio. 2002. Manual de Seguridad. [En línea] 2002. [Citado el: 31 de Agosto de 2013.] www.esepoch.edu.com.

GARRIGUES. 2003.*Manual para la gestión de los residuos urbanos.* Madrid : s.n., 2003.

ICL, Ingeniería de Corrosión Ltda. 2002.

http://www.iclcorrosion.com/index.php?option=com_content&view=article&id=51:icl-ingenieria-de-corrosion-ltda&catid. [En línea] 2002. [Citado el: 03 de Mayo de 2013.]

MONTE, Rigo. 2003.*Ethanol Fermentation of a Diluted Molasses Medium by Saccharomyces cerevisiae Immobilize.* Curitiba : MMXI, 2003.

RODRIGUEZ, Hugo. 2005.*Modelos Matemáticos.* Madrid : Limusa, 2005.

SOLA, Alexis Rolando. 2012.*Caracterización del grafito en hidro fluido con aplicación del Ultrasonido TESIS.* Riobamba : Facultad de Mecánica, 2012.

TCHOBANOGLIOUS, G. y THEISEN, H. YVIGIL. 1994.*Gestión Integral de Residuos Sólidos.* Madrid : Mc Graw, 1994.

USAID, Feiry. 2003.*Políticas públicas para la difusión de las nuevas energías renovables.* Valencia : MMXI, 2003.

Wikipedia. 2013. Aparatos Eléctricos. [En línea] 2013. [Citado el: 04 de Enero de 2013.] https://es.wikipedia.org/wiki/Aparato_el%C3%A9ctrico.