UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE TECNOLOGIA

CARRERA DE “QUIMICA INDUSTRIAL”

MEMORIA TÉCNICA

"MEJORAMIENTO DEL OCTANAJE EN LA GASOLINA PRODUCIDA POR YPFB CORPORACION, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ALCOHOL ANHIDRO”

NIVEL ACADEMICO LICENCIATURA

Postulante: VIVIANA MARTHA LOPEZ SERRANO

Tutores: Lic. EDMUNDO OVANDO VELASQUEZ

Ing. RENZO JAUREGUI LOPEZ

La Paz- Bolivia Febrero - 2014

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en especial a mi papá Oscar López, que aunque este mirándome desde el cielo se que siempre estuvo conmigo apoyándome, a mi mamá Juana Serrano por ser un ejemplo y brindarme todo su amor y apoyo, a mis hermanos Liliam, Cesar y Neyda por estar siempre conmigo y a mi hija Briana Raquel por ser el motor y la razón de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por todo el apoyo incondicional que me brindaron, a la Facultad de Tecnología por la formación profesional que me otorgo, a los docentes por la enseñanza recibida, a nuestras autoridades por toda la colaboración, al Lic. Edmundo Ovando por haber depositado su confianza en mi persona, al Ing. Renzo Jáuregui López por haberme impulsado en toda la preparación del presente trabajo y por su enseñanza, a mis amigos, pero sobre todo a Dios por darme la vida y todas las facultades para poder realizarme como profesional.

RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo en un estudio sobre las desventajas y el incumplimiento de normas referentes a la calidad de la gasolina producida y distribuida por Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, un estudio que se baso en la experiencia de países que tienen una tecnología moderna acorde con la actualidad.

Se realizo una propuesta de mejora de calidad de la gasolina, analizando las ventajas que se tendría en el ámbito social, económico y ambiental; si se utiliza alcohol anhidro como aditivo para mejorar el octanaje de la gasolina.

Se logro determinar la concentración óptima de alcohol anhidro a utilizarse en una mezcla con gasolina y al mismo tiempo, mejorar el procedimiento actual de dosificación de gasolina importada con gasolina LSR producida por YPFB Corporación y también se analizo la dosificación de alcohol anhidro en mezcla con gasolina.

INDICE GENERAL

CAPITULO I 1
ANALISIS DE LA ACTIVIDAD LABORAL 1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE DESARROLLA LA ACTIVIDAD. 1
1.1.1 CREACIÓN DE YPFB 1
1.1.2 LA MISIÓN DE YPFB 4
1.1.3 LA VISIÓN DE YPFB 4
1.1.5 CARGOS DESEMPEÑADOS 6
CAPITULO II 7
DESCRIPCION Y ANALISIS DE UN CASO DE ESTUDIO REAL 7
2.1 INTRODUCCIÓN 7
2.2 ANTECEDENTES 8
2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 8
2.4 OBJETIVOS 11
2.4.1 OBJETIVO GENERAL 11
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
2.5 JUSTIFICACIÓN SOCIAL 11
2.6 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA 12
CAPITULO III 13
MARCO TEORICO 13
3.1 EL PETRÓLEO Y LA GASOLINA 13
3.1.1 EL PETRÓLEO 13
3.1.2 LA GASOLINA 14
3.1.3 COMPOSICIONES QUÍMICAS 15
3.2 GASOLINA LSR, OBTENIDA POR YPFB CORPORACIÓN 16
3.2.1 ÁREA – 301 16
3.2.2 UBICACIÓN 18
3.2.3 FUNCIONAMIENTO 19
3.2.4 PRODUCTOS 19
3.3 OCTANAJE 21
3.3.1 ESCALA PARA MEDIR EL OCTANAJE 22

3.3.2 PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN AL USAR GASOLINAS DE BAJO NÚMERO DE OCTANO 22
3.3.3 EL OCTANAJE Y LOS VEHÍCULOS 24
3.3.4 DETONACIÓN Y DEFLAGRACIÓN 25
3.4 LOS ALCOHOLES 26
3.4.1 EL METANOL 27
3.4.2 EL ETANOL 27
3.4.3 ETANOL ANHIDRO (EA) Ó ALCOHOL ANHIDRO 29
3.4.4 ALCOHOL COMBUSTIBLE 30
3.4.5 ETANOL COMO SUSTITUTO DE LA GASOLINA - EL ETANOL COMO CARBURANTE 31
3.4.6 PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO 35
3.5 DENOMINACIÓN DE LAS MEZCLAS DE ALCOHOL CON GASOLINA DEPENDIENDO EL PORCENTAJE DE ALCOHOL EN LA MEZCLA 38
3.7 LIMITE DE PERMITIVIDAD 43
3.8 REACCIÓN QUÍMICA DE LA GASOLINA CUANDO SE LE AÑADE ALCOHOL ANHIDRO 43
3.9 PROBLEMAS MEDIO AMBIENTALES CAUSADOS POR COMBUSTIBLES SIN MEZCLA DE ALCOHOL ANHIDRO 43
3.9.1 BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON ALCOHOL ANHIDRO 46
3.9.2 OTRAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICO-AMBIENTALES DEL ALCOHOL ANHIDRO AL EMPLEARLO COMO CARBURANTE EN COMPARACIÓN CON LA GASOLINA: 47
CAPITULO IV 49
PARTE EXPERIMENTAL 49
4.1 PROCESO ACTUAL DE DOSIFICACIÓN DE LA GASOLINA LSR Y LA GASOLINA IMPORTADA EN YPFB CORPORACIÓN 49
4.2 PROCESO DE DOSIFICACIÓN DEL ALCOHOL ANHIDRO EN PLANTAS DE ALMACENAJE DE YPFB CORPORACIÓN 52
4.2.1PROCEDIMIENTO 52
DATOS Y RESULTADOS 54
5.1 FICHA TÉCNICA DEL ALCOHOL ANHIDRO UTILIZADO 54
5.2 PORCENTAJE DE ALCOHOL ANHIDRO, EN MEZCLA CON GASOLINA LSR 54
5.3 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE PERMISIVIDAD 55
5.4 DETERMINACION DEL OCTANAJE 61

5.5 COMPARACIÓN ENTRE LA DOSIFICACIÓN ACTUAL DE GE LSR - GE IMPORTADA Y DOSIFICACIÓN DEL ALCOHOL ANHIDRO. 64
5.6 CALCULO DEL PORCENTAJE DE DOSIFICACIÓN DE ALCOHOL ANHIDRO, DE ACUERDO A LA CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE ALMACENAJE DE PLANTA DE CLHB – PLANTA SENKATA 65
CAPITULO VI 67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67
6.1 CONCLUSIONES..... 67
CAPITULO VII 70
BIBLIOGRAFIA..... 70
ANEXOS..... 71

CAPITULO I

ANALISIS DE LA ACTIVIDAD LABORAL

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE DESARROLLA LA ACTIVIDAD.

1.1.1 CREACIÓN DE YPFB

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), creada el 21 de diciembre de 1936, es una corporación, con sede en La Paz, Bolivia, con actividades en la exploración, producción, transporte y refinación de petróleo y gas. Es una empresa pública boliviana dedicada a la exploración, explotación, refinación, industrialización, distribución y venta del petróleo y sus productos derivados.

Parcialmente privatizada y relegada de la producción a partir de 1997, fue refundada como corporación el 1 de mayo de 2006.

Su nombre proviene de la empresa estatal argentina Yacimientos Petrolíferos Fiscales del que tomo ejemplo para su organización, pero aclarando la nacionalidad de la empresa en el nombre para evitar confusiones con la empresa argentina.

Historia

La creación de YPFB fue provocada por la Guerra del Chaco por la supuesta existencia de petróleo en el chaco boreal. Así, el 12 de diciembre de 1936 el Gobierno del Coronel David Toro se promulgó el Decreto de creación de YPFB.

Durante los años '40, Bolivia cae en una inestabilidad política, en los '50, gracias al trabajo desarrollado de la década anterior y al descubrimiento de yacimientos nuevos, el país logra transformarse en importador de petróleo a país exportador.

En 1955, se iniciaron las operaciones del oleoducto Camiri-Yacuiba que permitiría la exportación a la Argentina, y en la segunda mitad de los años '50, también se inicia la construcción del oleoducto Sica-Sica - Arica que permitiría realizar exportaciones de petróleo a Chile.

En 1955, el Gobierno del Presidente Víctor Paz Estenssoro promulga el Código del Petróleo, permitiendo el ingreso de capitales privados al negocio de los hidrocarburos.

En 1966 se perfora el pozo Monteagudo, con excelentes resultados. En 1967, se descubre San Alberto en Tarija.

En 1969, durante el gobierno de Alfredo Ovando Candía, se produce la segunda nacionalización de los hidrocarburos, entregados en concesión a través del Código del Petróleo a la compañía norteamericana Gulf Oil.

En los '70 se promulga la Ley General de Hidrocarburos que define el marco de los nuevos contratos de operación.

La década de los '80 es signada por una gran inestabilidad política, generada por diferentes golpes de Estado, mientras YPFB sufre las consecuencias de la crisis económica y la hiperinflación. El Gobierno del Dr. Víctor Paz Estenssoro logra conjurar la crisis con el cuestionado decreto 21060.

Los años '90 se inauguran con la firma del polémico convenio "Borrón y Cuenta Nueva", un acuerdo político perjudicial para las finanzas de la empresa, por el cual se cancelan las obligaciones de la estatal argentina Gas del Estado con YPFB.

Privatización

Durante el proceso de privatización de la empresa, provocada por Gonzalo Sánchez de Lozada a partir de 1996, YPFB es literalmente desmembrada en empresas de capitales privados (Andina, Chaco, Petrobras y Transredes, capitalizada por la quebrada norteamericana Enron), que le pagan al país un magro 18% en concepto de regalías. Debida a esta situación durante el segundo gobierno de Sánchez de Lozada da lugar a los sucesos sangrientos de febrero y octubre del 2003.

Nacionalización

En 2004, el Presidente Carlos Mesa convoca a un referéndum vinculante cuyo contenido hace referencia específica a la propiedad de los hidrocarburos, a la derogación de la Ley de Hidrocarburos promulgada por Sánchez de Lozada, y a la refundación de YPFB. El referéndum es aprobado por una mayoría aplastante. El Congreso aprueba una nueva Ley de Hidrocarburos gravando la producción con 32% de impuestos, pero manteniendo las regalías en 18%. Mesa se niega a ratificar la Ley y los movimientos sociales exigen la nacionalización total de los hidrocarburos. La crisis política desatada termina por provocar la renuncia del Presidente a su cargo. Luego de un Gobierno de transición encabezado por el Dr. Eduardo Rodríguez Veltzé, Evo Morales Ayma asume la Presidencia de la Nación luego de una victoria inédita en Elecciones Generales, apoyado por más del 54% de los votos.

El 1 de mayo de 2006, el Presidente Evo Morales nacionaliza los hidrocarburos recuperando su propiedad para los bolivianos. YPFB renace y el 29 de octubre se firman nuevos contratos con las compañías petroleras privadas estableciendo hasta el 82% de regalías en favor del Estado boliviano.

1.1.2 LA MISIÓN DE YPFB

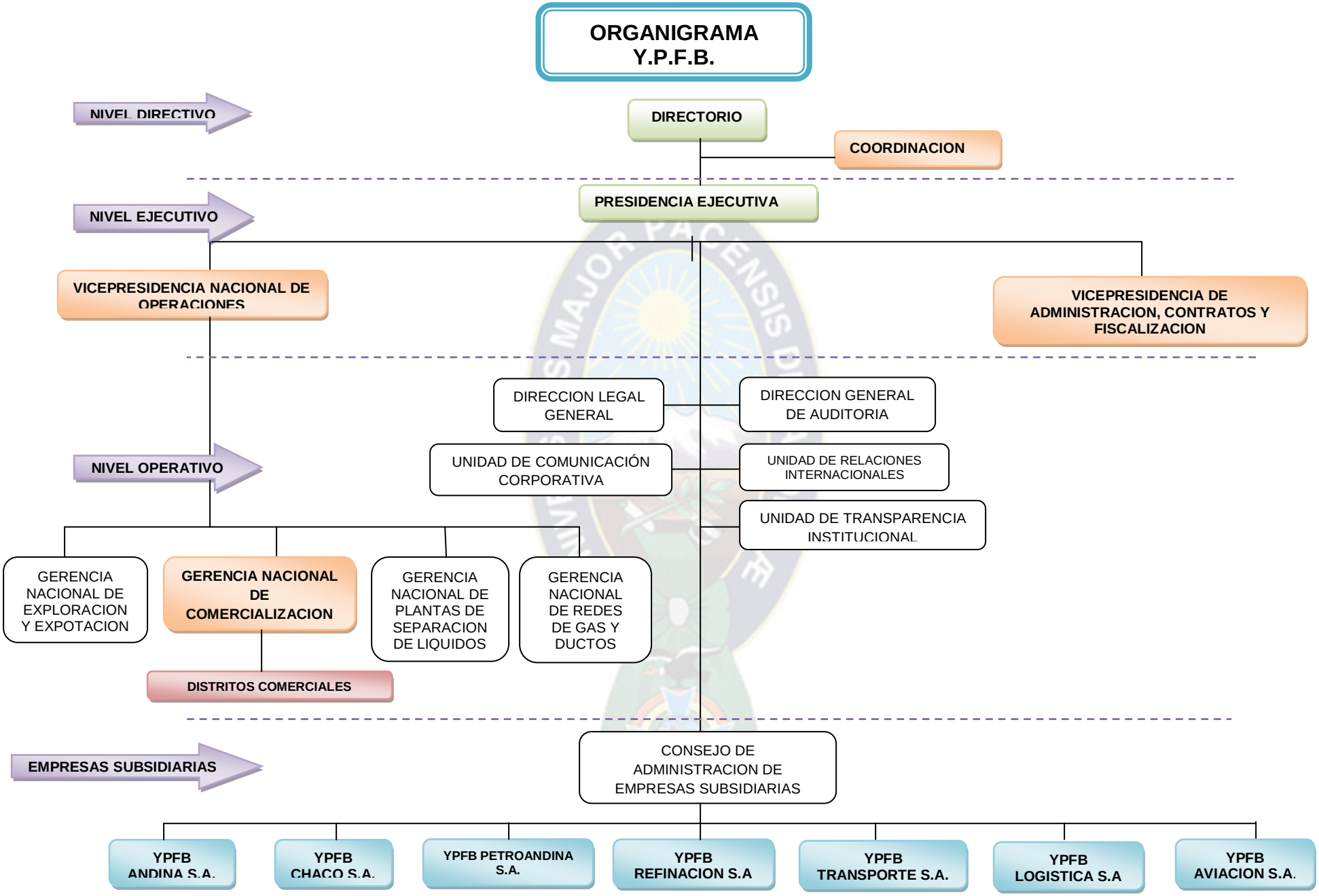
Operar y desarrollar la cadena de hidrocarburos, garantizando el abastecimiento del mercado interno, el cumplimiento de los contratos de exportación y la apertura de nuevos mercados, generando el mayor valor para beneficio de los bolivianos.

1.1.3 LA VISIÓN DE YPFB

Corporación estatal de hidrocarburos, pilar fundamental del desarrollo de Bolivia, reconocida como un modelo de gestión eficiente, rentable y transparente, con responsabilidad social, ambiental y presencia internacional.

1.1.4 ORGANIGRAMA DE YPFB

Y.P.F.B. al ser una empresa estratégica y ser que opera y desarrolla la cadena de hidrocarburos tienen una organización estructural amplia, a continuación se muestra en qué nivel operan los Distritos Comerciales, dependientes de la Gerencia Nacional de Comercialización.


ORGANIGRAMA
Y.P.F.B.
NIVEL DIRECTIVO
DIRECTORIO
COORDINACION
NIVEL EJECUTIVO
PRESIDENCIA EJECUTIVA
VICEPRESIDENCIA NACIONAL DE OPERACIONES
VICEPRESIDENCIA DE ADMINISTRACION, CONTRATOS Y FISCALIZACION
DIRECCION LEGAL GENERAL
DIRECCION GENERAL DE AUDITORIA
NIVEL OPERATIVO
UNIDAD DE COMUNICACIÓN CORPORATIVA
UNIDAD DE RELACIONES INTERNACIONALES
UNIDAD DE TRANSPARENCIA INSTITUCIONAL
GERENCIA NACIONAL DE EXPLORACION Y EXPOTACION
GERENCIA NACIONAL DE COMERCIALIZACION
GERENCIA NACIONAL DE PLANTAS DE SEPARACION DE LIQUIDOS
GERENCIA NACIONAL DE REDES DE GAS Y DUCTOS
DISTRITOS COMERCIALES
EMPRESAS SUBSIDIARIAS
CONSEJO DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS SUBSIDIARIAS
YPFB ANDINA S.A.
YPFB CHACO S.A.
YPFB PETROANDINA S.A.
YPFB REFINACION S.A
YPFB TRANSPORTE S.A.
YPFB LOGISTICA S.A
YPFB AVIACION S.A.

1.1.5 CARGOS DESEMPEÑADOS

- Del 04 de noviembre del 2009 al 31 de diciembre del 2010, Consultoría por servicios en línea como Apoyo Técnico Administrativo en la Unidad de Operaciones, donde una de las principales funciones era la Fiscalizaciones de productos importados y mercado local.
  Continuando luego como Apoyo en la Unidad de Presupuestos en el Distrito Comercial La Paz – Planta Engarrafadora Senkata.

- Del 04 de abril del 2011 al 16 de abril del 2012, Consultoría por servicios en línea como apoyo Administrativo en el Distrito Comercial Chuquisaca, además de realizar trabajos en coordinación con la Unidad de Seguridad Industrial en el control de calidad de productos como ser GLP, Diesel Oil, Kerosene, jet fuel, gasolina.

- Del 17 de abril del 2012 al 27 de Junio del 2013, Encargada de la Unidad de Contrataciones, donde una de mis principales funciones era de Ejecutar el programa anual de contrataciones en estricto cumplimiento a las Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios, del Distrito Comercial Chuquisaca.

CAPITULO II

DESCRIPCION Y ANALISIS DE UN CASO DE ESTUDIO REAL

2.1 INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevos combustibles, de origen biológico y renovable, biodegradables, capaces de aumentar el rendimiento de los motores de automóviles, y la necesidad de disminuir la emanación de los gases invernadero han contribuido a usar al alcohol anhidro o etanol anhidro (EA) $CH_3CH_2 – OH$, como combustible o aditivo para gasolinas comerciales, a nivel mundial.

Brasil y EE.UU. tienen experiencias reconocidas de éxito, merced a políticas gubernamentales que legislan a favor de una “combustión limpia”, fomentando el consumo del alcohol anhidro en particular y priorizando las nuevas tecnologías para elaborarlo. Actualmente en Brasil se consumen 40 mil millones de litros diarios de etanol y actualmente la mezcla de alcohol carburante es de 25%.

En Bolivia, la producción del alcohol anhidro es limitada y aislada, porque el mercado demanda etanol con diferentes proporciones de agua, de acuerdo al uso final como ser de uso medicinal, en licores, en solventes industriales, etc. Sin embargo, la importancia del metil ter-butil éter (MTBE), aditivo oxigenado para la gasolina, es alta. La sustitución de este producto por el alcohol anhidro ha sido probada con éxito en Brasil y EE.UU., por ello, al implementarlo en Bolivia, se podría disminuir el déficit en la balanza comercial y a contribuir a descender los índices de contaminación ambiental en las ciudades.

2.2 ANTECEDENTES

Debido a la estructura organizacional de la empresa, YPFB pone mayor énfasis en toda lo que es la parte operativa, siguiendo después la parte administrativa, los temas referidos a investigación se las realiza a grandes escalas lo que se denomina Upstream (exploración y explotación) y Downstream (industrialización y comercialización), de los recursos naturales, como ser gas y petróleo, sin embargo el tema ambiental es una prioridad para la empresa en todos sus rubros. Debido al crecimiento de la demanda de combustibles líquidos YPFB contempla en su plan de inversiones desde los años 2009 – 2015, mejorar la calidad de uno de sus principales productos como es la gasolina.

2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los años 1970 YPFB crea las plantas de refinación Gualberto Villarroel de Cochabamba y Guillermo Elder Bell de Santa Cruz de la Sierra, Carlos Montenegro de Chuquisaca y las refinerías de Bolsillo o "Dosificadoras", actualmente solo dos de ellas se encuentran en funcionamiento las plantas de refinación Gualberto Villarroel y Guillermo Elder Bell ambas con una tecnología neumática, eléctrica-mecánicas, acorde con la tecnología de ese tiempo, actualmente los flujos de procesos en ambas refinerías no son optimizados, los catalizadores utilizados son específicos para esta tecnología y por tanto también el tipo de octanaje de la gasolina (RON)[1].

Dentro de esta cadena de producción y también desde los años 1970 se tiene a la Unidad de Lubricantes donde la tecnología utilizada en esa unidad también es acorde con el año de creación.

[1] Research Octane Number (Número de Octano de Investigación)

Ambas unidades producen gasolinas y lubricantes para una tecnología de los años 70 y 80, donde los vehículos de esa época fueron creados con una tecnología a Carburador, y el lubricante producido es netamente Natural es decir son SAE[2] de origen mineral, donde eran necesarios Acetites Multigrado u otros de la línea actual como ser SAE 20-50-30-20.

A partir de los años 1990 a la actualidad 2013 los vehículos ya no son a carburador ahora tienen una tecnología a Inyección con necesidades de gasolina de 90 a 98 octanos y los lubricantes utilizados para esta tecnología ya no son solo de origen minerales ahora son de tipo mineral - químico o solamente químico con SAE distintos, es decir se crean motores con bajo consumo de Gasolina y mayor rendimiento es decir mayor potencia.

El octanaje o número de octano es una medida de la calidad de la gasolina, por lo tanto una gasolina baja en octanos puede causar desgate prematuro del motor, emisiones de carbono altas y contaminaciones ambientales entre otros.

Si bien años atrás se utilizaba un octanaje más bajo (menor a 85 RON), no obstante la evolución en la fabricación de los automóviles ha hecho que ese factor se tenga en cuenta al crear autos nuevos, todos los motores de los automóviles están construidos para un determinado octanaje y tiene un margen de seguridad que debería de cumplirse, caso contrario estaríamos obteniendo un vehículo ineficiente.

Una de las políticas asumidas por el gobierno actual es el de mejorar la calidad de la gasolina, para ello promulga en febrero de 2013 el Decreto Supremo N° 1499 (anexo), el Reglamento de Calidad de Carburantes y Lubricantes, pero a la fecha dicho Decreto Supremo no se está cumpliendo.

[2] SAE es el índice de clasificación de la viscosidad de la Society of Automotive Engineers de EUA éste nos indica el grado de **viscosidad real del aceite a la temperatura de operación** del motor.

La gasolina que YPFB Corporación ofrece no cumple con los requisitos mínimos exigidos por normas y leyes, y tampoco está acorde con las necesidades de la evolución de los vehículos, por lo que al mejorar el octanaje en la Gasolina LSR[3], mejoraríamos el rendimiento de los vehículos, ofreceríamos a nuestros consumidores una gasolina de mayor calidad, reduciríamos el efecto invernadero y cumpliríamos con normas y leyes.

La finalidad que tiene este proyecto es dar solución a una serie de problemas como ser:

- Problema Mecánico, por el bajo rendimiento en la potencia y el desgaste del motor de los vehículos causados por el combustible en este caso la gasolina.
- Problema Económico debido al desgaste prematuro de los motores.
- Problema Social ya que la gasolina LSR es el principal carburante de YPFB y solamente con aditivos y mezclas bien realizadas se puede cumplir con parámetros internacionales. Decir que la Gasolina de YPFB es mala, causaría juicios civiles, penales entre otros.
- Problema Medio ambiental debido a las emisiones de Carbono estas emisiones son más altas porque existe explosiones internas que no son eficientes, la energía liberada no es la correcta por tanto la energía rechazada se transforma en emisiones que causan el efecto invernadero.

No debemos olvidar que una de las políticas a nivel mundial es la reducción en la contaminación del medio ambiente y como uno del principales compromisos que tiene YPFB Corporación, es el de la preservación ambiental, donde se hace todos los esfuerzos para reducir al mínimo cualquier daño al medio ambiente que surja de las actividades en los lugares donde la corporación YPFB opere.

[3] Gasolina Liviana, obtenida por YPFB Refinación

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de esta investigación, es mejorar el octanaje de la Gasolina Liviana mediante la adición de Alcohol Anhidro, dosificando este aditivo de manera directa a los tanques de almacenamiento de YPFB Corporación.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mejorar el octanaje de la gasolina LSR (gasolina liviana) mediante la aplicación del alcohol anhidro.
- Determinar la dosificación optima de alcohol anhidro en la mezcla con gasolina LSR.
- Analizar los beneficios de la aplicación del alcohol anhidro en la gasolina LSR.
- Analizar el proceso actual Dosificación de la Gasolina LSR y la Gasolina Importada.
- Proponer a YPFB Corporación la implementación de adición del alcohol anhidro en su proceso actual.

2.5 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El presente trabajo es una propuesta para mejorar el rendimiento de los automotores al ofrecer a los consumidores una gasolina de calidad diferenciada, con un octanaje sugerido por el fabricante de vehículos, para que de esta manera se aproveche al máximo las características de fabricación de los vehículos y también alargar la vida útil de los mismos y por ende reducir el gasto económico que se ocasiona cuando se desgasta el motor de los automóviles.

Este trabajo además de dar una solución que vaya de la mano con la tecnología también contribuirá de manera económica al país ya que actualmente, la gasolina liviana (LSR) es exportada como Crudo Reconstituido (RECON) de bajo octanaje y tiene un valor inferior al del petróleo, con este proyecto se podrá obtener una gasolina de alto octanaje, y como la demanda proyectada de Gasolina para el periodo 2009-2015 se incrementa en un 7%, podemos obtener más beneficios económicos, compitiendo de esta manera con la oferta extranjera y por qué no pensar en una exportación de gasolina que cumpla con las exigencias y normas internacionales.

También se pretende contribuir al medio ambiente, reduciendo de manera progresiva y significativa la contaminación ambiental provocada por la emisión de los gases de combustión.

2.6 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

El proyecto pretende vincular el sector académico con el productivo, poniendo a prueba todos los conocimientos obtenidos en nuestra casa de estudios y demostrando que el perfil de un Químico Industrial no solo está ligado a las industrias alimenticias, medicinales, cementeras, etc.

Los contribuyentes en este trabajo son los integrantes, docentes e investigadores de esta casa superior de estudios mediante procesos de transformación físico químicos

También se demostrará que un problema mecánico ligado a nuestra actualidad, tiene una solución química e industrial que beneficie a una mayoría de la población.

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 EL PETRÓLEO Y LA GASOLINA

3.1.1 EL PETRÓLEO

El petróleo es una mezcla de hidrocarburos líquido en los que están disueltos otros hidrocarburos se encuentran alcanos, lineales y ramificados, de hasta C_{40}, acompañados de cierta cantidad de ciclo alcanos e hidrocarburos aromáticos.

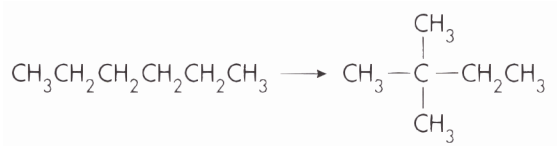
El petróleo bruto o crudo apenas se utiliza directamente. En las refinerías se lo somete a una destilación fraccionada, que equivale a repetir un buen número de veces una destilación simple. Aunque no origina la separación de cada uno de los hidrocarburos, produce una serie de fracciones (gasolina, queroseno, etc.) con diferentes intervalos de ebullición, que ya son productos de alto consumo.

La creciente demanda de gasolina hace insuficiente la obtenida por destilación del petróleo. Ha sido necesario idear un procedimiento para convertir los hidrocarburos de cadena larga, con pocas aplicaciones, en otros de cadena más corta, correspondiente a la gasolina. Este proceso de ruptura de cadenas se llama cracking o craqueo y tiene lugar a temperatura de unos 500 ºC, en ausencia de oxígeno y con catalizadores adecuados (Al_2O_3, SiO_2). El resultado es una mezcla principalmente de alcanos de cadena corta y alquenos. Por ejemplo:

$$\mathbf{C_{15}H_{32} \rightarrow C_8H_{18} + C_3H_6 + 2\ C_2H_4}$$

Los alquenos son materia prima muy importante en la preparación de plásticos, alcoholes, etc.

Como una gasolina es tanto mejor cuanta más rica sea en alcanos ramificados (mayor índice de octano), se somete a otra operación llamada reformado, hecha a presión elevada y con catalizadores (Pt). Por ejemplo:



El índice de octano se utiliza para medir el poder antidetonante de una gasolina. Cuando en un motor la gasolina se inflama antes de que el pistón llegue al final de su recorrido, se produce lo que se llama detonación. Este fenómeno, muy perjudicial para el motor, se evita utilizando hidrocarburos ramificados, que se queman menos rápidamente.

El petróleo recalentado se introduce por la base de la columna, y las diversas fracciones se recogen en los diferentes platos. En los de abajo se acumulan los hidrocarburos de punto de ebullición superior.

3.1.2 LA GASOLINA

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos alifáticos obtenida del petróleo por destilación fraccionada, que se utiliza como combustible en motores de combustión interna con encendido por chispa convencional o por compresión (DiesOtto), en referencia a dichos tipos de motor y cuyos nombres corresponden a los apellidos de los inventores de cada uno de ellos: Rudolf Diesel y Nikolaus August Otto. Y los ciclos que llevan su nombre; así como en estufas, lámparas, limpieza con solventes y otras aplicaciones.

Tiene una densidad de 680 g/l (un 20 % menos que el gasoil, que tiene 850 g/L). Un litro de gasolina proporciona al arder una energía de 34,78 megajulios, aproximadamente un 10 % menos que el gasoil, que proporciona 38,65 mega julios por litro de carburante. Sin embargo, en términos de masa, la gasolina proporciona un 3,5 % más de energía.

En general se obtiene a partir de la gasolina de destilación directa, que es la fracción líquida más ligera del petróleo (exceptuando los gases). La gasolina también se obtiene a partir de la conversión de fracciones pesadas del petróleo (gasoil de vacío) en unidades de proceso denominadas FCC (craqueo catalítico fluidizado) o hidrocraqueo.

La gasolina es una mezcla de cientos de hidrocarbonos individuales desde C_4 (butanos y butenos) hasta C_{11} como, por ejemplo, el metilnaftaleno.

3.1.3 COMPOSICIONES QUÍMICAS

Normalmente se considera la gasolina a la fracción del petróleo cuyo punto de ebullición se encuentra aproximadamente entre 28 y 177 °C (umbral que varía en función de las necesidades comerciales de la refinería). A su vez, este subproducto se subdivide en gasolina o nafta ligera (hasta unos 100 °C) y gasolina o nafta pesada (el resto). La nafta ligera es uno de los componentes de la gasolina, con unos números de octano en torno a 70. La nafta pesada no tiene la calidad suficiente como para ser utilizada para ese fin, y su destino es la transformación mediante reformado catalítica, proceso químico por el cual se obtiene también hidrógeno, a la vez que se aumenta el octanaje de dicha nafta.

Además de la gasolina reformada y la gasolina ligera, otros componentes que se usan en la formulación de una gasolina comercial son la nafta de FCC, la nafta ligera isomerizada, la gasolina de pirólisis desbencenizada, butano, butenos, MTBE, ETBE, alquilato y etanol. Las fórmulas de cada refinería suelen ser distintas (incluso perteneciendo a las mismas compañías), en función de las unidades de proceso de que dispongan y según sea verano o invierno.

La gasolina se obtiene por un proceso llamado *fluid catalytic cracking FCC* (a veces denominada gasolina de FCC) de gasoil pesado. Si no está refinada puede tener hasta 1.000 ppm de azufre. Tiene alrededor de un 40 % de aromáticos y 20 % de olefinas. Sus números de octano (MON/RON) están en torno a 80/93.

La gasolina ligera isomerizada (isomerato) se obtiene a partir de la gasolina ligera de destilación directa, mediante un proceso que usa catalizadores sólidos en base platino/aluminio o zeolíticos. Es un componente libre de azufre, benceno, aromáticos y olefinas, con unos números de octano (MON/RON) en torno a 87/89.

La gasolina de pirólisis desbencenizada se obtiene como subproducto de la fabricación de etileno a partir de gasolina ligera. Está compuesta aproximadamente por un 50 % de aromáticos (tolueno y xilenos) y un 50 % de olefinas (isobuteno, hexenos). Tiene en torno a 200 ppm de azufre. El benceno que contiene en origen suele ser purificado y vendido como materia prima petroquímica. Sus números de octano (MON/RON) están en torno a 85/105.

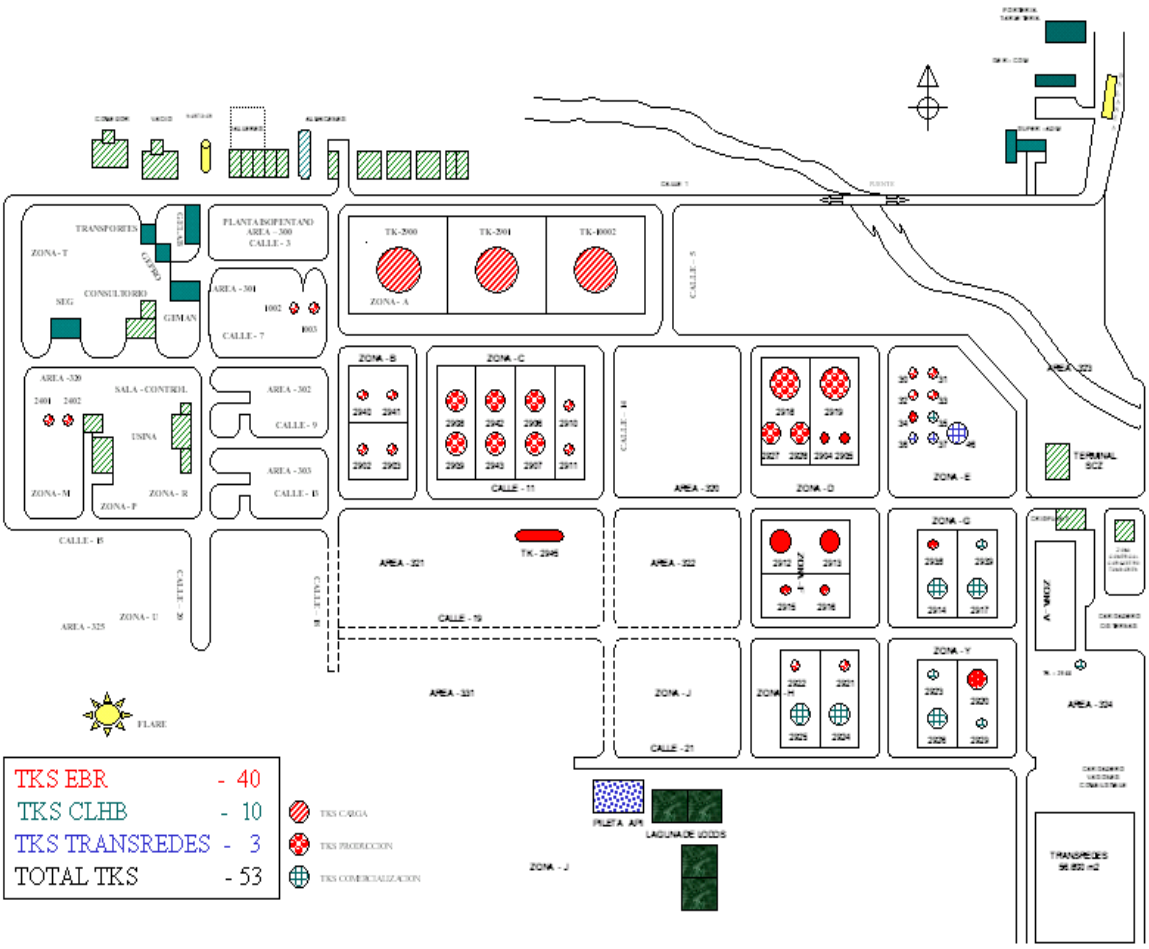
3.2 GASOLINA LSR, OBTENIDA POR YPFB CORPORACIÓN

3.2.1 ÁREA – 301

El área – 301 es una unidad de destilación atmosférica de petróleo crudo que mediante un proceso de fraccionamiento por punto de ebullición, obtiene una serie de cortes elementales de hidrocarburos. Actualmente procesa 16.000 bpd. El gráfico 3.1 nos muestra el plano general del área 301 de la Refinería Guillermo Elder Bell.

GRAFICO 3.1

Área – 301 Refinería Guillermo Elder Bell



Fuente: Página de internet de YPFB Refinación

3.2.2 UBICACIÓN

El A-301 se encuentra en la Refinería Guillermo Elder Bell, ubicada a 12 km al Sur de la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra–Bolivia.

3.2.3 FUNCIONAMIENTO

Las torres TOPPING del A-301 (Grafico 3.2), reciben el petróleo crudo y según el punto de ebullición los productos se separan en bandejas de fraccionamiento, donde los componentes pesados son condensados y concentrados en el fondo de la torre, mientras que los más livianos son aglutinados en la parte superior o salida de cabeza.

Los destilados intermedios son conducidos a las torres STRIPPERS. Allí se mezclan en línea para dar origen a los siguientes productos terminados:

- Jet fuel.
- Kerosene.
- Diesel oil.

De la gasolina no estabilizada (GNE), se obtiene una corriente de butano e inferiores que se envía como carga a la Unidad de Recuperación de Gases (URG). La gasolina estabilizada, obtenida por el fondo de la debutanizadora se fracciona en gasolina liviana (LSR) y gasolina media (MSR), que se utilizan como carga para otras unidades de reformación en la Refinería Guillermo Elder Bell.

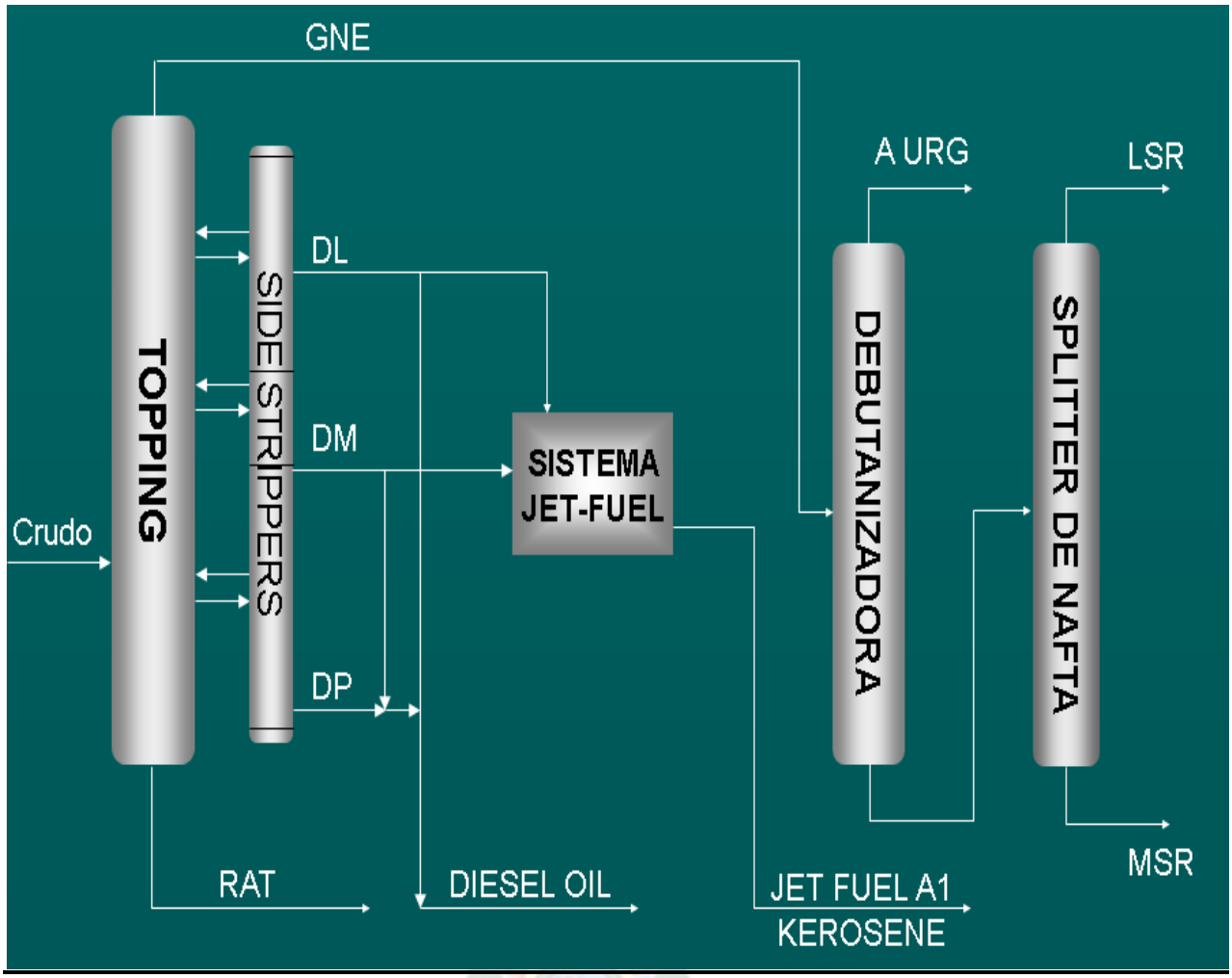
3.2.4 PRODUCTOS

Actualmente Produce

- Gas combustible.
- Propano.
- Butano.
- Destilado liviano.
- Destilado medio.
- Destilado pesado.
- Crudo reducido ó residuo atmosférico (RAT).
- **Gasolina Liviana ó LSR.**
- Gasolina Media ó MSR.

GRAFICO 3.2

Diagrama de Procesos Refinería Guillermo Elder Bell



Fuente: Página de internet de YPFB Refinación

3.3 OCTANAJE

El octanaje o número de octano es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil.

Para determinar la calidad antidetonante de una gasolina, se efectúan corridas de prueba en un motor, de donde se obtienen dos parámetros diferentes:

- **El Research Octane Number (Número de Octano de Investigación)** que se representa como RON o simplemente R y que se determina efectuando una velocidad de 600 revoluciones por minuto (rpm) y a una temperatura de entrada de aire de 125°F (51.7°C)

- **El Motor Octane Number (Número de Octano del Motor)** que se representa como MON o simplemente M y se obtiene mediante una corrida de prueba en una máquina operada a una velocidad de 900 revoluciones por minuto y con una temperatura de entrada de aire de 300°F (149°C). Para propósitos de comercialización y distribución de las gasolinas, los productores determinan el octanaje comercial, como el promedio de los números de octano de investigación (RON) y el octano del motor (MON), de la siguiente forma:

$$\text{Número de octano comercial} = \frac{RON + MON}{2} = \frac{R + M}{2}$$

YPFB, cuenta con Laboratorio en la ciudad de Cochabamba con un motor prototipo único en Bolivia, para medir el octanaje de la gasolina.

3.3.1 ESCALA PARA MEDIR EL OCTANAJE

La calidad antidetonante de una gasolina se mide usando una escala arbitraria de número de octano. En esta escala, se dio a los hidrocarburos iso-octano (que es poco detonante) un índice de octano de 100; y al n-heptano (que es muy detonante), un índice de octano de cero.

La prueba de determinación del octanaje de una gasolina se efectúa en un motor especial de un sólo cilindro, aumentando progresivamente la comprensión hasta que se manifiesten las detonaciones. Posteriormente, se hace funcionar el motor sin variar la comprensión anterior, con una mezcla de iso-octano y una cantidad variable de n-heptano, que representará el octanaje o índice de octano de la gasolina para la cual se procedió a la prueba y que tiene, por lo tanto, el mismo funcionamiento antidetonante de la mezcla de hidrocarburos.

Así, por ejemplo, si una gasolina presenta propiedades antidetonantes similares a una mezcla de 95% de iso-octano y 5% de n-heptano, se dice que tiene un número de octano de 95.

3.3.2 PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN AL USAR GASOLINAS DE BAJO NÚMERO DE OCTANO

Los principales problemas son la generación de detonaciones o explosiones en el interior de las máquinas de combustión interna, aparejado esto con un mal funcionamiento y bajo rendimiento del combustible, cuando el vehículo está en movimiento, aunado a una elevada emisión de contaminantes.

¿Qué se ha hecho para mejorar el octanaje de las gasolinas?

A nivel mundial, se han desarrollado varias tecnologías relacionadas entre sí para elevar el octanaje de las gasolinas, destacando las siguientes:

a. Aplicación de nuevas tecnologías de refinación, de reformado catalítico, isomerización y otros procesos, que permiten obtener gasolinas con elevados números de octano limpios, es decir, sin aditivos. Esto ha llevado a reducir en forma importante e inclusive a eliminar el tetraetilo de plomo, dando como resultado gasolinas de mejor calidad, que cumplen con los requerimientos de protección ecológica que se han establecido a nivel mundial.
b. Paralelamente, se han desarrollado nuevos aditivos oxigenados denominados ecológicos en sustitución el tetraetilo de plomo (que es altamente contaminante), tales como el Metil-Ter-Butil-Eter (MTBE), el Ter-Amil-Metil-Eter (TAME) y el Etil-Teer-Butil-Eter (ETBE), entre otros.

Estos aditivos oxigenados, se adicionan a las gasolinas para elevar su número de octano, proporcionando a la vez una mayor oxigenación, lo que incide directamente en una combustión más completa y en un mejor funcionamiento de los motores.

De estos aditivos oxigenados, los que han tenido un mayor uso a nivel mundial (incluso en nuestro país), han sido el methyl tertiary butyl ether, MTBE y el TAME, debido a su alto valor de octano en la mezcla con gasolina, a su baja presión de vapor y sobre todo a su alta disponibilidad, al producirse en plantas integradas a las refinerías, donde son aprovechadas las materias primas de refinación requeridas para su elaboración (metanol, butanos, butilenos, isobutilenos e isoamileno), con las ventajas económicas que ello representa.

3.3.3 EL OCTANAJE Y LOS VEHÍCULOS

Consecuencias si se utiliza un octanaje menor al indicado por el fabricante del vehículo

Utilizar una gasolina de octanaje superior al indicado por el fabricante del automóvil no ofrecerá ninguna mejora al motor, pero tampoco ocasionará daños (solo al bolsillo), pero el utilizar gasolina de menor octanaje a la indicada provocará pistoneo que acarreará daños irreversibles al motor.

El pistoneo se produce en un motor de gasolina cuando aparte de la chispa de la bujía se producen combustiones adicionales y espontáneas de la mezcla (por la alta temperatura o por puntos incandescentes), originando varios frentes de llama de velocidades que van de 250 m/seg. a 300 m/seg., con violentos aumentos de la presión y la temperatura máxima de combustión, esto va acompañado de ruido metálico que produce el pistón golpeando de forma lateral contra el cilindro, el pistón no ha concluido su carrera ascendente (carrera de compresión) y está siendo obligado a bajar por una presión contraria pero antes de tiempo, mecánicamente el pistón culminara su ascenso.

Otra causa de pistoneo además de un combustible de bajo octanaje se debe a un avance excesivo de la chispa.

El pistoneo se puede presentar durante aceleraciones desde bajas velocidades, por ejemplo al arrancar en segunda marcha, en este caso el pistoneo puede ser escuchado, o a altas revoluciones por minuto del motor con baja velocidad del vehículo, por ejemplo en subidas con carga (pistoneo inaudible por el nivel de ruido del motor).

El pistoneo puede producir perforaciones en la cabeza de los pistones y cámaras de combustión y hasta el agarrotamiento de los pistones con los cilindros.

La mayoría de los vehículos con inyección de combustible con control electrónico disponen de sensores de pistoneo que independientemente del octanaje utilizado controlan el avance del encendido y la mezcla del combustible a valores en donde eliminan casi por completo el pistoneo.

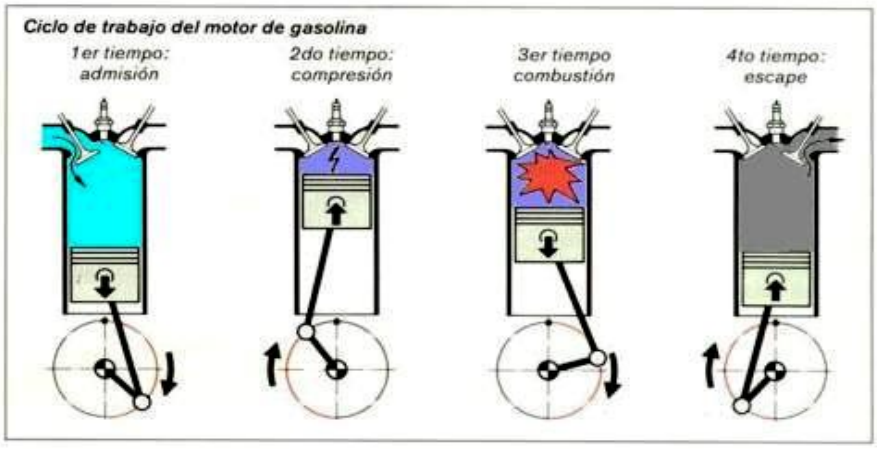
3.3.4 DETONACIÓN Y DEFLAGRACIÓN

Hay dos tipos de combustión rápida, que se distinguen precisamente por la rapidez de la combustión. Si la combustión es rápida pero sucede a una velocidad menor que la del sonido, se dice que es una **deflagración**. Si se produce a una velocidad mayor que la del sonido, es una **detonación**.

En un motor de gasolina, la combustión normal es una deflagración. Hay un frente de llama que se inicia en la bujía y se propaga por la cámara a una velocidad menor que la del sonido. Ese frente de llama aumenta la presión delante de él a medida que se desplaza. Puede ocurrir que, si la presión llega a ser muy alta en algún punto de la cámara, la mezcla de aire y gasolina aún sin quemar produzca una detonación.

GRAFICO 3.3

Ciclo de trabajo del motor de gasolina



Fuente: Funcionamiento de Motores a gasolina,www.oni.escuelas.edu.ar/2001/santa-fe-sur/motor/Esquema/otto.htm

En la combustión (Tercer tiempo en el motor - Gráfico 3.3), está la clave para el octanaje correcto.

En tal caso, la energía que inicia la reacción de combustión no la produce ni el arco eléctrico de la bujía ni la llama que se va desplazando, sino el aumento de temperatura local que sigue al aumento de presión.

Esa detonación provoca una combustión anormal que no mejora el rendimiento del motor y que, por su violencia, puede causar daños mecánicos graves en los pistones u otras partes de la cámara.

3.4 LOS ALCOHOLES

Los alcoholes son derivados de simples hidrocarburos (moléculas formadas por carbono e hidrógeno) y se caracterizan por tener un grupo oxidrilo (OH) unido a uno de los átomos de carbono en sus moléculas.

Los alcoholes simples de bajo peso molecular como el metanol son incoloros, volátiles, líquidos, inflamables y solubles en agua. Cuando el peso molecular crece, el punto de ebullición, el punto de fusión y la viscosidad crecen y la solubilidad en agua decrece. Estas propiedades físicas pueden ser alteradas por la presencia de otro grupo funcional (es un átomo o grupo de átomos unidos entre sí y al resto de las moléculas de una determinada manera estructural).

La mayoría de los alcoholes de bajo peso molecular son los de mayor importancia comercial. Son usados como solventes en la preparación de pinturas, anticongelantes, productos farmacéuticos y otros compuestos.
En la gran familia de los alcoholes se encuentran el “etanol” y el “metanol” dos compuestos que mezclados con gasolina se están implementando como combustibles alternativos en los motores de automóviles.

3.4.1 EL METANOL

También llamado alcohol metílico o alcohol de madera, porque originalmente se obtenía mediante la destilación de ésta en ausencia de aire. Actualmente, con las técnicas existentes puede producirse a partir de fuentes variadas y abundantes: gas natural, carbón, madera e incluso los residuos orgánicos (biomasa), aunque lo más común es producirlo sintéticamente. Su formula química es:

CH3-OH.

Es el más simple de los alcoholes. Es incoloro, tóxico y causa ceguera por destrucción irreversible del nervio óptico. Una ingestión de más de 30 ml causa la muerte.

Es usado en la fabricación de ácido acético y otros compuestos químicos. Es un solvente para los plásticos, pintura, barnices y sirve como anticongelante en automóviles.

Su alto octanaje, performance y seguridad hacen que sea el combustible elegido para las 500 Millas de Indianápolis desde 1965. Además, la reducción en la emisión de contaminantes y las pocas modificaciones (relacionadas con su alta corrosión) necesarias para permitir a los motores nafteros el uso del metanol hicieron que se popularice como un combustible alternativo en vehículos de competición y particulares en otros países del mundo.

Un derivado químico del mismo llamado methyl tertiary butyl ether, MTBE, comenzó a ser usado en nuevos combustibles alternativos para reducir las exhaustivas emisiones de contaminantes.

3.4.2 EL ETANOL

En condiciones ambientales, el etanol es un alcohol líquido que al igual que la gasolina o diesel puede ser utilizado como combustible en los vehículos.

Los alcoholes son aquellos compuestos cuyas moléculas se componen de carbono, hidrógeno y uno o más hidroxilos (OH); los alcoholes ligeros son líquidos miscibles con el agua, es decir, que pueden mezclarse fácilmente.

Existen otros alcoholes más densos o espesos como los aceites y las ceras. El etanol o alcohol etílico (CH3-CH2-OH) es el más común de los alcoholes y se caracteriza por ser un compuesto líquido, incoloro volátil, inflamable y soluble en agua.

Su temperatura de ebullición normal es 78,65 °C y su calor de vaporización es 38,56 KJ/mol

A pesar de que el etanol se ha utilizado mayoritariamente como base en la producción de bebidas alcohólicas, tales como cervezas, vinos, licores, etc. Tiene además una serie de aplicaciones en la industria química, farmacéutica y automotriz.

El etanol es producido por la fermentación de granos, tales como: trigo, cebada, maíz, madera y caña de azúcar, o por residuos forestales y DSM (desechos sólidos como papel, alimento, basura de patio, plásticos, maderas, llantas, etc.).

El alcohol etílico o alcohol de grano, porque es un líquido derivado de los granos de maíz u otros granos. El etanol se puede producir a partir de 3 principales tipos de materias primas:

- Materias ricas en sacarosa como la caña de azúcar, la melaza y el sorgo dulce.
- Materias ricas en almidón como los cereales (maíz, trigo, cebada, etc.) y los tubérculos (yuca, camote, papa, malanga, etc.).
- Materias ricas en celulosa como la madera y los residuos agrícolas.

Desde el punto de vista técnico, la caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas de biomasa. Lo anterior se debe a que los azúcares que contiene se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables y además durante su procesamiento se genera el bagazo, que se usa como combustible en la producción de etanol. El principal inconveniente de la caña de azúcar son los costos de producción. Además, se requieren tierras fértiles para su cultivo las cuales podrían ser destinadas a la producción de alimentos.

Por su parte, las materias ricas en almidón contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular que necesitan ser transformados en azúcares más simples por un proceso de conversión (sacarificación), lo que introduce un paso más en la producción con el consiguiente aumento en los costos de capital y de operación. No obstante lo anterior, existen ciertos cultivos amiláceos como es el caso de la yuca, los cuales se pueden establecer con un mínimo de insumos y en tierras marginales en donde generalmente otras especies más exigentes no se desarrollan.

Finalmente, las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo la complejidad de sus azúcares hacen que la conversión de estos en carbohidratos fermentables sea una tarea difícil y poco rentable en la actualidad. Los procesos de hidrólisis ácida y enzimática de sustratos celulósicos se encuentran poco desarrollados a nivel industrial, sin embargo se esperan avances importantes en los próximos años.

El etanol es un alcohol combustible con potencial de llegar a ser ampliamente usado como combustible de automóvil

3.4.3 ETANOL ANHIDRO (EA) Ó ALCOHOL ANHIDRO

Es un tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener bajo contenido de agua y ser compatible para mezclar con gasolinas en cualquier proporción para producir un combustible oxigenado con mejores características o sea es aquel etanol con un contenido del 100,0% en volumen.

El alcohol anhidro requiere tener por lo menos 99,5 grados Gay Lussac, en los ingenios mexicanos se produce alcohol etílico del tipo hidratado de 96 grados Gay Lussac. Los grados Gay Lussac indican comparativamente la cantidad de alcohol en una solución a 20 °C.

El etanol se utiliza como combustible cuando se mezcla con gasolina en cierta proporción en volumen. Las distintas proporciones de etanol en la gasolina definirán al combustible, y le darán características de funcionamiento diferentes.

El alcohol anhidro se requiere debido a que existen datos que demuestran que el agua puede ocasionar la separación de la fase gasolina - alcohol, que originaría problemas de fallas mecánicas de vehículos por gasificación en la bomba de gasolina.

Con datos de 1989 se estimó que el costo de producción para el alcohol anhidro es aproximadamente 38% mayor que para el caso del alcohol hidratado.

Para que el etanol pueda ser empleado ampliamente dentro del sector autotransporte, deben haber cambios en la infraestructura de la industria de combustibles y en la manufactura de los automóviles.

3.4.4 ALCOHOL COMBUSTIBLE

Este término se refiere al alcohol etílico para uso exclusivo de equipos o vehículos motorizados. Las combinaciones del EA, como aditivo para la gasolina, reciben los siguientes nombres:

a) E5: Mezcla de la gasolina sin plomo tetra etílico (PTE) con 5% de EA,

b) Gasohol (E10): Mezcla que contiene 90% de gasolina sin PTE y 10% de EA

c) Alconafta (E15): Mezcla que contiene 85% de gasolina sin PTE y 15% de EA.

En este trabajo, el alcohol etílico deshidratado es considerado como el EA y también es el usado como aditivo para la gasolina (alcohol combustible).

A parte de estos existen otros tipos de combustibles alternativos, como son:

- ✓ **E85:** Es una mezcla que contiene 85% de etanol anhidro y 15% de gasolina súper sin plomo por volumen.
- ✓ **E93:** Es una mezcla que contiene 93% de etanol anhidro, 5% de metanol anhidro y 2% de kerosén por volumen.
- ✓ **E95:** Es una mezcla que contiene 95% de etanol anhidro y 5% de gasolina súper sin plomo por volumen.
- ✓ **E100**: Es etanol anhidro al 100%.

- ✓ **ETBE (ethyl tertiary butyl ether)**: Es un aditivo que oxigena la gasolina ayudando a una combustión más limpia. Se puede añadir a la gasolina hasta un 17% del volumen**.**
- ✓ **M85:** Es una mezcla que contiene 85% de metanol anhidro y 15% de nafta súper sin plomo por volumen. Se utiliza en motores originalmente diseñados para gasolina.
- ✓ **M100:** Es metanol anhidro al 100%. Se utiliza en motores diseñados originalmente diesel.
- ✓ **MTBE (methyl tertiary butyl ether):** Es un aditivo que oxigena la gasolina, reduciendo la emisión de monóxido de carbono.

3.4.5 ETANOL COMO SUSTITUTO DE LA GASOLINA - EL ETANOL COMO CARBURANTE

El uso del etanol como combustible no es nuevo, se estudió y se utilizó como portador energético automotor antes de que se generalizaran los combustibles derivados del petróleo.

El etanol tiene determinadas características que lo hacen apropiado para su uso como carburante como son:

- Es un combustible líquido que por su valor calórico puede utilizarse en vehículos automotores.
- En vehículos de gasoil (90% gasolina y 10% etanol en volumen), esto se practica sin ninguna modificación al motor.
- Tiene alto octanaje, lo que permite no sólo extender o ampliar el volumen del combustible clásico, sino que mejora sus propiedades.
- Etanol como sustituto de la gasolina. Una mezcla de 85% etanol y 15% gasolina (E85) es un combustible viable para vehículos ligeros, éstos pueden operar con cualquier proporción de etanol mezclado con gasolina, teniendo como límite 85%. Algunos autobuses y camiones con la adecuada modificación a sus motores diesel, pueden operar con etanol casi puro.

- Tiene alta solubilidad en gasolina; es miscible en todas las proporciones con casi todas las gasolinas.
- Como un componente de la gasolina. El etanol puede ser usado para manufacturar ETBE, (etil terciario butil éter) elemento para la gasolina reformulada. Al ser mezclado con la gasolina aumenta el octanaje de la gasolina y por lo tanto previene el golpeteo (pre ignición).
- Existe también la opción de utilizar vehículos de combustible flexible, los cuales están diseñados para usar una gran variedad de combustibles, siempre y cuando estén en el mismo estado físico (es decir, líquido).
- El uso de un combustible en el autotransporte, requiere que sus características físicas y químicas sean las adecuadas para poder lograr una buena autonomía, buen desempeño y confiabilidad.

La Tabla 3.1 muestra las propiedades más importantes del etanol como combustible.

Tabla 3.1

Propiedades del etanol como combustible.

Propiedades	**Gasolina**	**Etanol**	**Metanol**
Poder calórico (Kcal/l)	7540	5070	3800
% octano	100	51,5	68
Relación Estequiometria Masa aire/combust.	15,1	9,1	6,45
Calor latente de evap (Kcal)	6,7	28,8	52,9
Presión de vapor a 34,9º C (psig)	0,5	1,9	3,8

Fuente: Propiedades de Combustibles y alcoholes.

En la actualidad, los autos requieren el uso de gasolinas con altos índices de octano por dos razones básicas: la primera es que si el índice de octano de la gasolina no es el adecuado para el índice de compresión del motor, ocurrirá lo que se conoce como golpeteo del motor debido al autoencendido de la gasolina, lo cual ocasiona pérdidas en el rendimiento y puede dañar el motor de forma catastrófica y la segunda es que mientras más elevado sea el octanaje, mayores serán los índices de compresión permitidos en los motores, con lo cual, aumentan el rendimiento y la economía de combustible de los mismos.

El conocimiento sobre el etanol y la experiencia de su empleo permiten plantear que mezclado con gasolina tiene las siguientes ventajas:

- El etanol puede ser producido a partir de fuentes renovables
- Es un combustible líquido y puede ser manejado tan fácilmente como la gasolina y el diesel
- Presenta un alto índice de octano: 105. El alto octanaje favorece la combustión y evita problemas como el golpeteo
- Emisión de gases menos tóxicos, produce menos dióxido de carbono al quemarse que la gasolina, pero el impacto total depende del proceso de destilación y la eficiencia de los cultivos
- Genera menores emisiones de monóxido de carbono cuando se usa como aditivo de la gasolina
- Al tener una temperatura de auto ignición mayor, el etanol resulta menos inflamable que la gasolina y el diesel
- Universalización del proceso tecnológico
- Reducción de las importaciones de petróleo y/o gasolina
- Aumento de la disponibilidad de combustible automotor
- Obtención a partir de una materia prima renovable
- Estimula al sector agroindustrial
- Baja toxicidad
- No produce compuestos de azufre

Por proceder de materias primas renovables, ser antidetonante (eleva el octanaje) y ambientalmente amigable, por sustituir al plomo y disminuir compuestos dañinos presentes en las emisiones del combustible automotor, entre otras consideraciones, la producción de etanol se está ampliando y extendiendo a más países con el objetivo de cumplir con las cada vez más exigentes legislaciones ambientales.

El etanol es particularmente estratégico para países con escasas reservas petrolíferas y con condiciones favorables para la producción de biomasa que, como la caña de azúcar, el maíz, etc., son materias primas empleadas para su producción. De ahí, que varios países lo estén empleando o valorando su posible empleo y el interés del nuestro de analizar su uso en nuestras condiciones.

DESVENTAJAS

- Presenta un menor poder calorífico que la gasolina, por lo que el conductor debe de llenar el tanque con más frecuencia para una misma distancia recorrida. Ver tabla 3.2
- Es más caro que la gasolina (alrededor de 1,5 veces)
- Genera emisiones altamente evaporativas
- Contiene dos terceras partes de la energía contenida por el mismo volumen de gasolina
- Presenta problemas de corrosión de partes mecánicas y sellos
- Presenta dificultades para encender en climas fríos
- Se incrementan las emisiones de óxidos de nitrógeno y aldehídos
- Problemas con el encendido en frío con E-100

Para un análisis de las desventajas y ventajas se presenta la tabla 3.2

Tabla 3.2

Propiedades físicas de los combustibles alternos, gasolina y diesel

Propiedades	Gasolina sin plomo	Diesel	Metanol	Etanol
Composición	Mezcla de hidrocarburos (principalmente $C_4 – C_{10}$)	Mezcla de hidrocarburos (principalmente $C_{12} – C_{20}$)	CH_3OH	CH_5OH
Rango de Ebullición(° C @ 1 atm)	26.6 a 215.5	160 a 382.2	65	78.13
Densidad (kg/m^3)(kg/l)	688.7 a 784.80 0.695 a 0.778	784.8 a 880.90 0.778 a 0.87	788 a 796	789 a 810
Contenido de energía (MJ/kg) (MJ/l)	43.49-44.42 31.22-33.72	43.96 34.28-35.68	20.0 15.76	26.74 21.09
Temperatura de autoignición (° C)	232.2 a 482.2	204.4 a 260	470	423.8
Punto de inflamabilidad (° C)	-42.77	51.66 (mínimo)	11.11	21.11
Rango de No. de octano (R+M) / 2	87 a 93	N/A	99	100
Límites de inflamabilidad (% vol en aire)	bajo=1.4 alto=7.6	bajo=0.7 alto=5.0	bajo=6.7 alto=36.0	bajo=4.3 alto=19.0
Contenido de azufre (% peso)	0.020 a 0.045	0.20 a 0.25	Ninguno	Ninguno
Velocidad de la flama (m/s)	0.3962	0.3962	0.3962	0.3962

Fuente: Propiedades físicas de combustibles, Wikipedia

La principal virtud de utilizar los alcoholes como combustibles alternativos, además de las razones ecológicas mencionadas, es el mayor rendimiento y la mayor potencia que se obtiene con estos combustibles.

El precio de estos automóviles no diferiría en más de cien dólares con respecto de uno de iguales características que funcione con gasolina.

3.4.6 PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ETÍLICO

Este es el primer producto que se obtiene al realizar el proceso de las materias primas para la obtención de alcohol antes de obtener el alcohol anhidro proceso que se detallara más adelante.

La tecnología de producción de alcohol, pudiera considerarse como tradicional, con grandes atrasos tecnológicos y sin recuperación ni de levadura, ni de CO_2.

$$C_6H_{12}O_6 \text{ ------ } 2C_2H_5OH + CO_2$$

Teóricamente, una tonelada de azúcar invertida se convierte en 644,8 litros de alcohol absoluto. El rendimiento será proporcional al contenido de azúcar en las mieles empleadas como materia prima para la destilación; por ejemplo:

Una melaza con 45% de azúcares fermentables; la recuperación teórica de alcohol será:

450 * 644,8 / 1000 = 290,16 litros alcohol

Con una eficiencia de fermentación de 85% y una de destilación de 98,5%; la producción neta de alcohol seria:

290,16*85/1000*98,5/1000= 243 litros (absoluto)

En lo referente a los aspectos energéticos, predominan las bajas presiones de vapor en las destilerías; requiriéndose un consumo elevado de bagazo y/o combustóleo, lo cual incide desfavorablemente en el costo de producción final.

Normalmente, la producción se realiza coincidiendo con el período de zafra; aunque algunas plantas operan durante el receso, con dependencia absoluta del hidrocarburo para satisfacer la demanda de energía, con mayores costos asociados.

No hay reportes del empleo del jugo de caña directo como materia prima en las destilerías de nuestro país; situación que obligaría a disponer de plantas de gran capacidad, tal y como ocurre actualmente en Brasil.

El costo de producción es variable e incierto, puesto que normalmente queda incluido dentro del costo de producción de azúcar en los ingenios. Un análisis serio implicaría tomar en consideración, entre otros elementos: mieles; combustible; productos químicos; agua; mano de obra (operación y mantenimiento); etc.

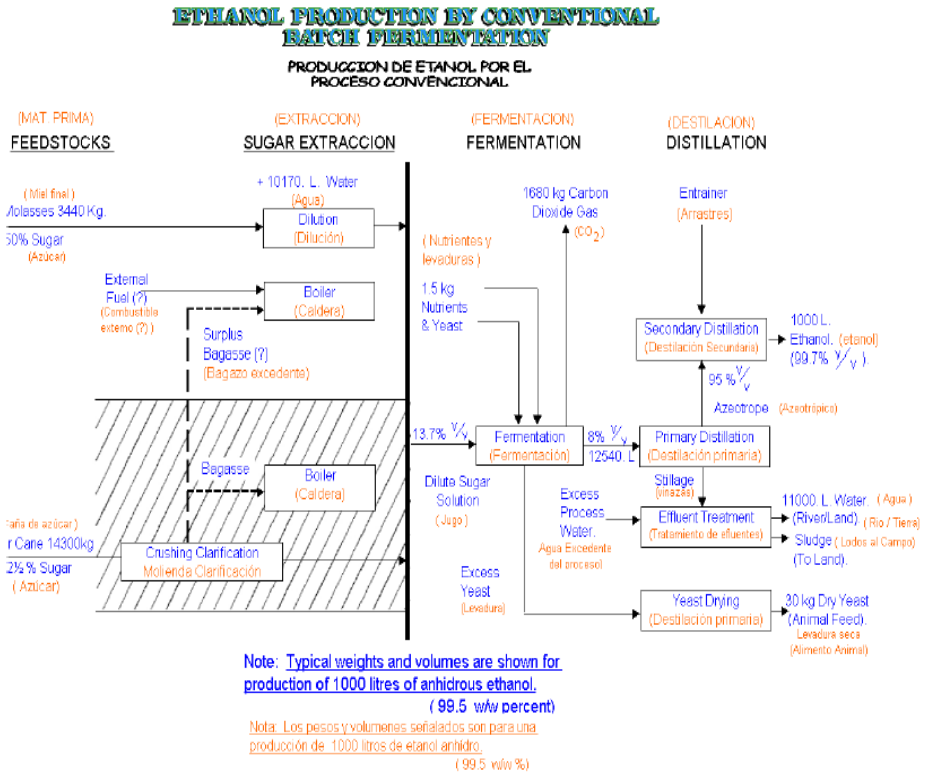
Descripción del Proceso (Ya contando con materia prima)

La ruta seleccionada para la obtención de gasohol a partir de jugo de caña, se compone de cuatro pasos fundamentales:

1. Producción de etanol vía fermentativa.
2. Recuperación del etanol por destilación multiefecto.
3. Obtención de alcohol anhidro.
4. Elaboración del gasohol.

GRAFICO 3.4

Producción de etanol mediante proceso convencional



Fuente: Estudio sobre las gasolinas alcohólicas de Martin S., 1980, Ingeniería Química (12):87-95

3.5 DENOMINACIÓN DE LAS MEZCLAS DE ALCOHOL CON GASOLINA DEPENDIENDO EL PORCENTAJE DE ALCOHOL EN LA MEZCLA

Gasohol o alconafta es la mezcla de gasolina y alcohol en distintas proporciones, para uso como combustible en motores de explosión diseñados para quemar derivados del petróleo.

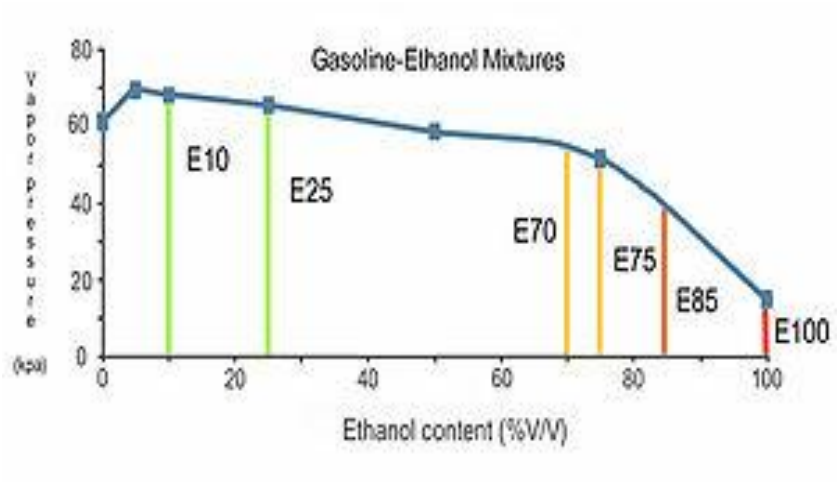
La mezcla del gasohol puede ser realizada con alcohol etílico (etanol) o con alcohol metílico (metanol), aunque el etanol es el tipo de alcohol que ha sido más utilizado comercialmente. En el presente trabajo se realizo aplicando alcohol anhidro.

El metanol ha sido utilizado en forma más limitada debido a que es tóxico. El uso más común del término gasohol se refiere a la mezcla con el 10 por ciento de alcohol, pero también se utiliza en general para referirse a las mezclas con bajos contenidos de alcohol, usualmente inferiores al 25 % de alcohol. Las mezclas que contienen un alto porcentaje de alcohol requieren que el motor, el sistema de inyección y otros sistemas del vehículo sean adaptados a las propiedades químicas del alcohol, con mayor atención a sus propiedades corrosivas.

La proporción entre ambos combustibles se suele indicar con el porcentaje de etanol precedido por una E mayúscula. De esta manera, el gasohol E10 se compone de un 10 % de etanol y un 90 % de gasolina, y el E85 se obtiene mezclando el 85 % de etanol y el 15 % de gasolina. En 2011 más de veinte países alrededor del mundo utilizan gasohol E10 o mezclas de menor contenido de etanol. En 2010, casi el 10% de la gasolina vendida en Estados Unidos fue mezclada con etanol. Los vehículos de combustible flexible en Estados Unidos y Europa utilizan E85, mientras que los carros flex en Brasil usan E100 o etanol puro.

GRAFICO 3.5

Comportamiento de mezclas de alcohol y gasolina en función a la presión de vapor



Fuente: Estudio sobre las gasolinas alcohólicas de Martin S., 1980, Ingeniería Química (12):87-95

El grafico 3.5 nos muestra el comportamiento de mezclas de alcohol y gasolina en función a la presión de vapor.

Cuando la presión del vapor en la mezcla de etanol cae por abajo de 45 kPa, la ignición durante días fríos no puede ser garantizada, limitando el porcentaje máximo de etanol durante los meses de invierno.

El **E10** es una mezcla del 10 % de etanol y el 90 % de gasolina que puede usarse en los motores de la mayoría de automóviles modernos sin producir daños en ellos, si bien no se conoce el efecto exacto sobre los motores más antiguos. Son parecidas las mezclas E5 y E7, con el 5 y el 7 % de etanol, respectivamente.

El **E15** es una mezcla de 15 % de etanol y de 85 % de gasolina. Ésta es la mayor proporción de alcohol generalmente recomendada por los fabricantes de automóviles en los Estados Unidos, aunque el valor indicado en el manual de los vehículos es 10%.

El **E20** contiene el 20 % de etanol y el 80 % de gasolina y el **E25** contiene 25 % de etanol. Estas mezclas han sido ampliamente usadas en el Brasil desde la década de 1970.

El **E70** es una mezcla de un 70% de etanol y un 30% de gasolina, y el **E75** contiene el 75 % de etanol. Esta mezcla es conocida en Estados Unidos y Europa como E85 de invierno, debido a que la mezcla es utilizada en sustitución del combustible E85 de los vehículos flex con la finalidad de evitar problemas con el arranque del motor en frío cuando prevalecen bajas temperaturas, sin embargo, el E70 o E75 es vendido al consumidor como si fuera E85. Esta reducción estacional del contenido de etanol es utilizada en las regiones donde las temperaturas de invierno normalmente llegan a ser inferiores a 0 °C.

El **E85** es una mezcla de 85 % de etanol y de 15 % de gasolina. Esta mezcla tiene un octanaje cercano a 105, significativamente inferior al del etanol puro pero aún mucho más alto que la gasolina normal. La adición de una pequeña cantidad de gasolina ayuda a arrancar al motor convencional usando este combustible bajo condiciones de bajas temperaturas. El E85 no siempre contiene exactamente el 85 % de etanol. En el invierno, especialmente en los climas más fríos, se añade más gasolina con el mismo fin de facilitar el arranque.

El **E95** contiene el 95 % de etanol y ha sido utilizado en autobuses con motores diesel modificados que requieren el 5 % de aditivo para mejorar la ignición, ya que emplean alta compresión para encender la mezcla, en contraste al funcionamiento de los motores de gasolina en los que se usan bujías.

El **E100** es etanol puro, y es utilizado principalmente en el Brasil. El alcohol o etanol usado como combustible en ese país es el azeótropo y contiene menos del 5 % de agua. Sin embargo, dado que la nomenclatura **E** no está adoptada en el país, puede denominarse el etanol hidratado como E100 para indicar que no contiene gasolina.

3.6 TÉCNICA DI ELECTROMÉTRICA DE (LLOVERA), DISEÑO, CALIBRACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CELDA DE MEDICIÓN

Para realizar el estudio de permisividad se aplicó la técnica di electrométrica implementada por Llovera, 1998.

En los capacitores reales debe considerarse que la capacitancia medida es la resultante de la capacitancia característica de la región de medición más cierta capacitancia adicional propia de la estructura de la celda. En virtud de lo anterior, el cálculo de la permitividad responde a la ecuación:

$$\varepsilon = \frac{C_x - C_{ad}}{C_0 - C_{ad}}$$

Donde:

C_0: Capacitancia de la celda vacía.

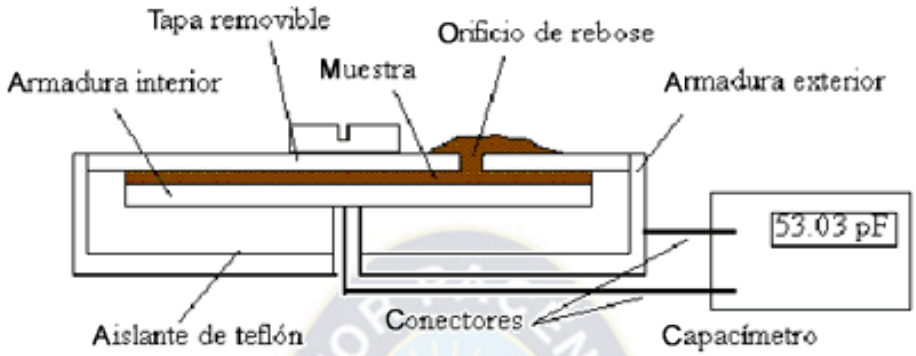
C_x: Correspondiente a la celda llena con el dieléctrico a evaluar.

Cad: Constante característica de la celda que debe ser evaluada, ya que introduce una corrección sustractiva en la medición.

Para el diseño de la celda se escogió la variante de diseño correspondiente a un capacitor de placas planas y paralelas en forma de disco dispuestas aisladas, dejando entre ambas una holgura de espesor 0,5 mm, en la que queda encapsulada la muestra, la armadura exterior se cierra con una tapa removible de rosca, que tiene un pequeño orificio de rebose destinado a garantizar el llenado uniforme de la cavidad por el liquido.

GRAFICO 3.6

Capacitor de placas planas y paralelas



Fuente: Lloverá, técnica di electrométrica

Para la evaluación y calibración de la celda ésta se acopló a un capacímetro que opera con una frecuencia de 1 MHz y capaz de apreciar 0,5 pF.

La calibración de la celda se hizo con etanol como sustancia patrón y se determinó C_0 = 17 [pF] con error de ± 0,25[pF]. Donde: pF=Picofadios [pF]

Posteriormente se midió C_p (capacitancia de la celda con éter dietílico como patrón) y con el valor conocido de la permitividad del éter se calculó C_{ad} ; para la capacitancia adicional obtuvo el valor C_{ad} = 7 ± 0,25 [pF].

La medición de la capacitancia de la celda vacía y sin cerrar C_0 permitió obtener el valor

C_0 = 17 ± 0,25 [pF].

El estudio del error en la medición es el siguiente: Diferenciando la ecuación (1) y aproximando a incrementos finitos se obtiene:

$$\Delta\varepsilon_X \leq \frac{\Delta C}{(C_0 - C_{ad})^2}\left[3C_X - 2C_{ad} - C_0\right]$$

Donde se ha considerado $\Delta C_X = \Delta C_0 = \Delta C_{ad} = \Delta C$, de lo cual resulta que para la celda diseñada donde $C_{ad} \approx 7pF$,$C_O \approx 17pF$ y $\Delta C = 0{,}25pF$ para un valor de permitividad de 8,9 (límite máximo medido en los experimentos) para el cual *Cx* =71 pF resulta $\delta\varepsilon_{\max} \leq 5{,}1\%$

3.7 LIMITE DE PERMITIVIDAD

El límite de permitividad nos indica la miscibilidad que existe en la mezcla alcohol/gasolina en función al tiempo.

Es decir si los datos permanecen constantes en casi todos los tiempos se puede inferir que estos son miscibles con el tiempo.

3.8 REACCIÓN QUÍMICA DE LA GASOLINA CUANDO SE LE AÑADE ALCOHOL ANHIDRO.

El etanol introduce mas oxigeno a la mezcla combustible mejorando la eficiencia de la combustión debido a la presencia de un átomo de oxigeno por molécula.

3.9 PROBLEMAS MEDIO AMBIENTALES CAUSADOS POR COMBUSTIBLES SIN MEZCLA DE ALCOHOL ANHIDRO

Los problemas de contaminación ambiental en las grandes urbes se originan, principalmente, por la combustión de las gasolinas y el diesel de los vehículos que circulan.

La causa principal de toda la contaminación del aire es la combustión, principalmente de los combustibles fósiles.

Teóricamente, cuando ocurre la combustión, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor, luz, dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O), sin embargo las impurezas del combustible, una incorrecta relación de mezcla entre el aire y el combustible o temperaturas de combustión demasiado altas o bajas son causa de la formación de productos secundarios, tales como monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas (MP), hidrocarburos no quemados (HC), plomo y otros. Siendo éstas, las emisiones más importantes de los motores automotrices.

El uso de las gasolinas sin plomo puede lograr bajos niveles de emisiones tóxicas, siempre y cuando el motor esté diseñado para su consumo y tenga todos sus dispositivos de control de combustión y de emisiones en buen estado. Sin embargo, si estas gasolinas sin plomo son utilizadas en motores convencionales sin convertidor catalítico se generarán serias implicaciones para la salud, el ambiente y el motor, ya que éstos emitirán mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera, que cuando usan gasolina con plomo, además de sufrir daños mecánicos, como lo son: la recesión de los asientos de válvulas y el incremento del requerimiento de octano.

Esto se debe a que en la formulación de gasolina sin plomo, para sustituir el efecto antidetonante de éste (índice de octano), se utilizan proporciones mucho mayores de ciertos hidrocarburos aromáticos, isoparafinas, y compuestos oxigenados, cuyo exceso deberá ser re circulado al motor y/o transformado en el convertidor catalítico, de manera tal que si el motor no posee estos dispositivos, dicho exceso saldrá a la atmósfera como hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno (debido a las altas temperaturas de combustión de los aromáticos).

Según un estudio realizado por la Fundación Suiza de cooperación para el desarrollo técnico – Swisscontact, identifican como uno de los posibles factores de la contaminación atmosférica en nuestro país, a los combustibles, se puede apreciar en el grafico 3.7.

GRAFICO 3.7

Fuente: Los sistemas para el control de las emisiones vehiculares swisscontact

3.9.1 BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON ALCOHOL ANHIDRO

Un aumento en los tenores de alcohol anhidro en la gasolina ha sido reiteradamente considerado como el medio de absorber las sobras circunstanciales de alcohol. Estudios realizados anteriormente aconsejaron como límite superior una mezcla de un 25%, encima de la cual habría problemas de funcionamiento en el vehículo. Si en esos estudios se hubieran modificado adecuadamente las regulaciones de carburación e ignición se podría haber sobrepasado ese límite.

El empleo de carburantes con alcohol y de mezclas alcohol-gasolina, en sustitución de los derivados del petróleo, es una de las formas de mejorar la calidad del aire. El etanol, es uno de los alcoholes que se utilizan como carburantes.

Cuando el etanol sustituye a la gasolina, contribuye a disminuir el efecto invernadero producido por las emisiones de CO_2, conocido como el mayor causante del calentamiento global. Estudios técnicos realizados en Brasil demostraron que la sustitución de un litro de gasolina por alcohol evita la emisión de 0,85 kg de CO_2.

El etanol se utiliza como aditivo antidetonante en lugar del tetraetilo de plomo, reportándose que la adición del 10% incrementa el octanaje de la gasolina en tres puntos de octano, lo que ayuda a reducir la ineficiente práctica de refinar el crudo hasta componentes de alto-octano. Como resultado del uso del etanol, Brasil fue el primer país en el mundo en eliminar totalmente el dañino tetraetilo de plomo.

Debido a que la molécula de etanol contiene oxígeno, este compuesto se utiliza también como oxigenante. Cuando se mezcla con la gasolina, permite una combustión más limpia y mejor, con menores emisiones a la atmósfera y la reducción de las emisiones de CO de 17 – 33%, en dependencia del vehículo.

3.9.2 OTRAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICO-AMBIENTALES DEL ALCOHOL ANHIDRO AL EMPLEARLO COMO CARBURANTE EN COMPARACIÓN CON LA GASOLINA:

- Requiere menos aire para la combustión por su contenido de oxígeno. Produce menos emisiones de CO, por una mejor combustión y posibilita una reducción de los óxidos de nitrógeno.
- Disminuye las emisiones de hidrocarburos, de SO_2 y de partículas, por ser un compuesto de bajo peso molecular y de unión sencilla carbono – carbono.
- Menor formación de hollín durante su combustión.
- Menor presión de vapor, por lo que se obtienen menores emisiones evaporativas que permiten reducir el smog urbano.
- Modifica la composición de la emisión de los compuestos orgánicos disminuyendo su toxicidad y su reactividad fotoquímica.
- En los motores de gasohol el alcohol anhidro disminuye la emisión de formaldehido, sustancia casi dos veces más reactiva en la generación de oxidantes fotoquímicos que el acetaldehído y, también más tóxica.
- Tiene un índice de octano 15% más elevado, lo que permite a los motores especializados que funcionan con alcohol transformar una mayor cantidad de carburante en energía.

La experiencia de Brasil permite resaltar el impacto que en materia ambiental ha tenido la evolución del uso del gasohol (mezcla de gasolina con 10% de alcohol) y el etanol en ese país, durante los últimos años. La Tabla 5.1 muestra la emisión de contaminantes por vehículos ligeros en Brasil con distintos combustibles. Se advierte la disminución con la presencia del etanol.

TABLA 3.3

Emisión de contaminantes por vehículos ligeros en BRASIL

AÑO	COMBUSTIBLE	CONTAMINANTE (g/Km)			
		CO	HC	Nox	Aldehidos
2005	GASOLINA	54	4,7	1,2	0,05
2007	GASOLINA/ETANOL	22	2	1,9	0,04
	ETANOL	16	1,6	1,8	0,11
2009	GASOLINA/ETANOL	13,3	1,4	1,4	0,4
	ETANOL	10,08	1,3	1,2	0,11
2011	GASOLINA/ETANOL	4,7	0,6	0,6	0,025
	ETANOL	4,6	0,7	0,7	0,042

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2005), Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones, Brasil: www.ine.gob.br, 5.11. 2011.

CAPITULO IV

PARTE EXPERIMENTAL

4.1 PROCESO ACTUAL DE DOSIFICACIÓN DE LA GASOLINA LSR Y LA GASOLINA IMPORTADA EN YPFB CORPORACIÓN

YPFB Corporación realiza el almacenaje y la distribución de los combustibles líquidos mediante la dosificación por ductos (bombeo) el ducto principal que alimenta a las ciudades de Oruro, Cochabamba y La Paz es el tramo OCOLP, (ORURO-COCHABAMBA-LA PAZ), donde los combustibles líquidos como ser el Gas Licuado de Petróleo GLP, Gasolina Especial GE, Diesel Oil DO, Kerosene KE y Jet Fuil JF, son bombeados por ese tramo hacia las plantas de almacenamiento pertenecientes a YPFB Logística, la recepción de los productos es de acuerdo a que combustible fue bombeado por el ducto OCOLP(ORURO-COCHABAMBA-LA PAZ), realizando cortes para cada fracción de combustible.

- **Recepción de combustibles**

Una vez abierta la válvula del ducto OCOLP (ORURO-COCHABAMBA-LA PAZ), se almacenan las fracciones de combustible bombeado cada uno de los tanques de almacenamiento de distintas capacidades.

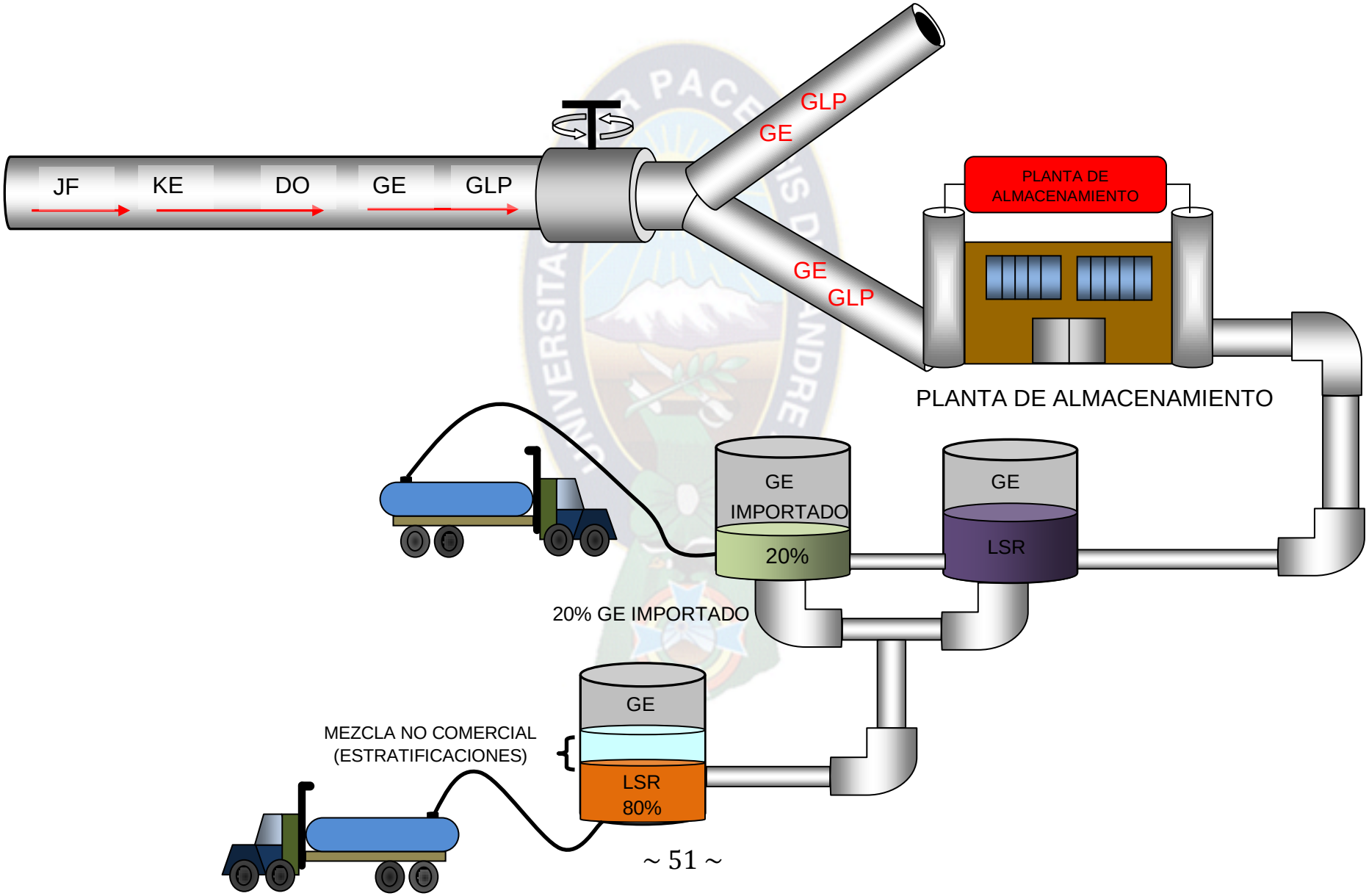
Casi siempre el primer combustible bombeado es el GLP, seguida de la Gasolina LSR, ambos combustibles a pesar de ser almacenados en tanques distintos, contienen restos de ambos combustibles, esto debido a que el corte de la fracción se la realiza de manera manual.

- **Dosificación de Gasolina Liviana (GE LSR) y Gasolina Importada (GE IMP), para la distribución y venta**

Debido a que la Gasolina LSR, (tratada en la Refinería Gualberto Villarroel), tiene un octanaje inferior a 85 octanos, se debe realizar una mezcla con Gasolina Importada, en un porcentaje de 20% de GE IMPORTADA y 80 % de GE LSR, de esta manera se llegara a tener una gasolina con un octanaje de 85, (según el reglamento de calidad AUI en la actualidad debería ser de 85 RON) para posteriormente proceder a la distribución y venta.

La Figura 4.1 nos muestra todo el proceso actual de dosificación de la Gasolina LSR y la Gasolina Importada en YPFB Corporación.

FIGURA 4.1
Proceso actual de dosificación de la gasolina LSR y la Gasolina Importada en YPFB Corporación



4.2 PROCESO DE DOSIFICACIÓN DEL ALCOHOL ANHIDRO EN PLANTAS DE ALMACENAJE DE YPFB CORPORACIÓN

4.2.1PROCEDIMIENTO

- **Recepción del aditivo (alcohol anhidro)**

Para determinar la concentración de alcohol anhidro en mezcla con la gasolina, primero se realizo:

- El control de concentración de alcohol en grados Gay Lussac a 20 °C
- Análisis sensorial (limpidez y olor característico).

- **Preparación de la mezcla de alcohol anhidro con gasolina LSR**

Una vez verificada las características del alcohol anhidro, se procedió a la preparación de mezclas con la gasolina LSR, debido a la volatilidad de la gasolina la preparación de las mezclas se realizaron en un digestor cerrado, y controlando el tiempo de preparación de la muestra.

Las mezclas fueron preparadas antes de empezar el experimento para asegurar que la mezcla del combustible sea homogénea y prevenir la reacción del etanol con el vapor de agua.

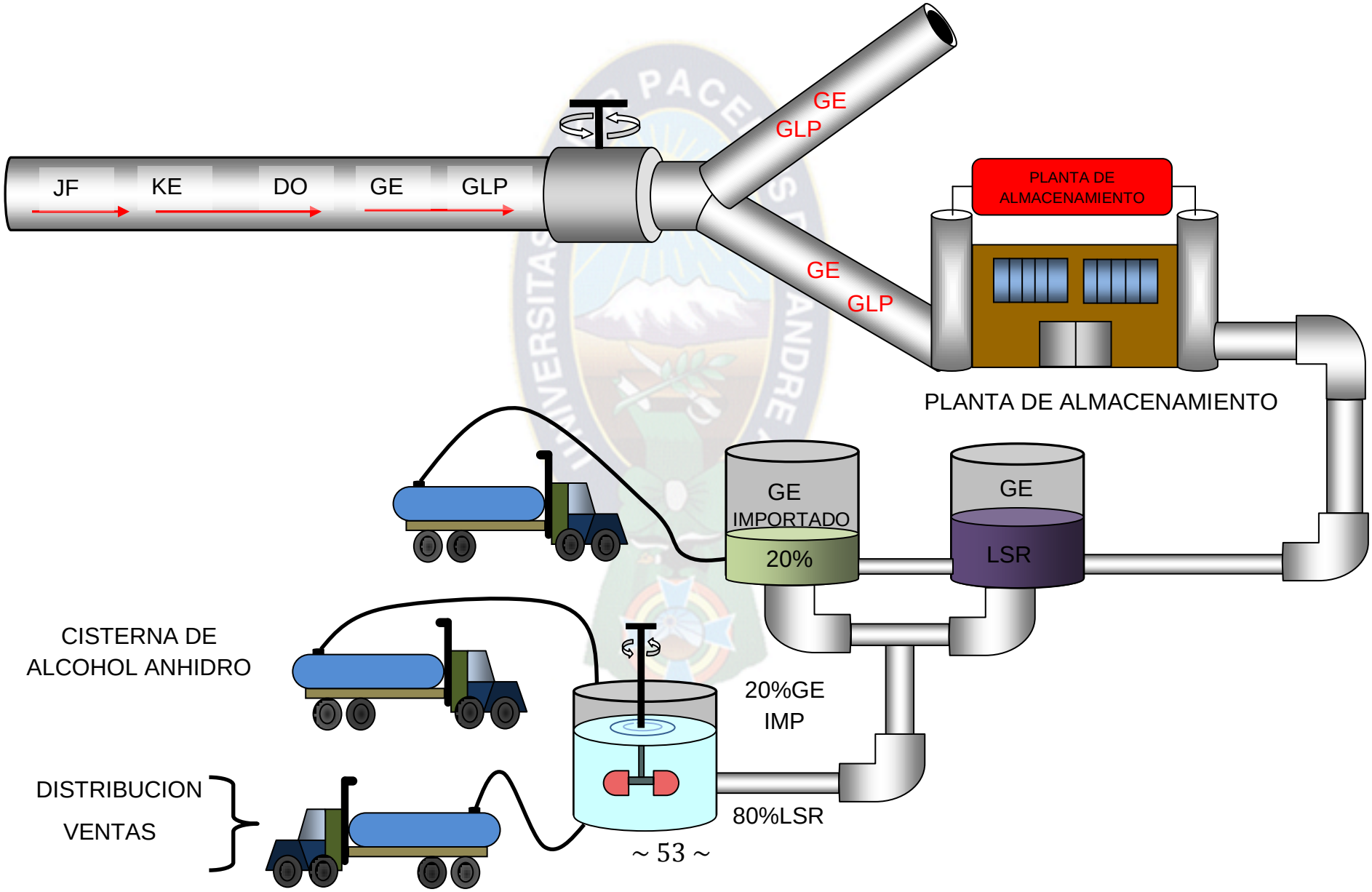
- **Medición del límite de permisividad**

Para realizar el estudio de permisividad se aplicó la técnica di electrométrica, una vez obtenida los resultados del límite de permisividad en función al tiempo, se determino el porcentaje de alcohol anhidro optimo a utilizarse en la mezcla con la gasolina.

- **Medición del octanaje**

Una vez preparada la muestra con la concentración de alcohol anhidro ya determinada, la muestra se envió al laboratorio de YPFB Refinación en la ciudad de Cochabamba, esto debido a que es el único laboratorio que cuenta con un motor prototipo para determinar el octanaje en la gasolina.

FIGURA 4.1
Proceso actual de dosificación de alcohol anhidro en plantas de almacenaje de YPFB Corporación



CAPITULO V

DATOS Y RESULTADOS

5.1 FICHA TÉCNICA DEL ALCOHOL ANHIDRO UTILIZADO

Ficha técnica enviada por el proveedor de alcohol anhidro.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS
Estado Físico: Líquido. Apariencia: Incoloro. Olor: Olor característico fragante - Umbral del olor: 100 a 180 ppm. Concentración: 96 % Temperatura de Ebullición : 78.3ºC Temperatura de Fusión : -114.0ºC Densidad (Agua1) : 0.789 kg/L a 20ºC Presión de Vapor : 44.3 mmHg a 20ºC

5.2 PORCENTAJE DE ALCOHOL ANHIDRO, EN MEZCLA CON GASOLINA LSR

En nuestra investigación se trabajo, con las siguientes proporciones de alcohol anhidro y gasolina LSR (relación de % v/v), tal como se muestra en la Tabla 5.1.

TABLA 5.1

Proporción de mezclas de Gasolina LSR y Alcohol Anhidro

REACTIVOS	MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	MEZCLA 4	MEZCLA 5	MEZCLA 6	MEZCLA 7
GASOLINA LSR	95	90	85	80	75	70	65
ALCOHOL ANHIDRO	5	10	15	20	25	30	35

5.3 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE PERMISIVIDAD

Se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 5.2

Resultados del límite de permisividad

Etanol (%)	**0,05**	**0,1**	**0,15**	**0,2**	**0,25**	**0,3**	**0,35**
t(s)	**ε**	**ε**	**ε**	**ε**	**ε**	**ε**	**ε**
0	2,14	2,57	3,43	3,71	4,43	4,86	6,14
10	2,14	2,57	3,36	3,64	4,43	5,43	6,57
20	2,14	2,57	3,21	3,71	4,43	5,86	7
30	2,14	2,43	3,21	3,71	4,57	6,57	7,57
40	2,14	2,43	3,21	3,71	4,71	6,71	7,71
50	2,14	2,43	3,14	3,71	4,86	6,86	7,86
60	2,14	2,29	3,14	3,71	4,86	6,86	8
90	2,14	2,29	3,14	3,71	4,86	7	8,29
120	2,14	2,14	3	3,71	5	7,14	8,57
150	2,14	2	2,86	3,57	5	7,14	8,86
180	2,14	2	2,71	3,57	5	7,21	8,71
210	2,14	2	2,71	3,57	5,07	7,43	8,57
240	2,14	2	2,71	3,57	5,07	7,5	8,36
270	2,14	2	2,64	3,43	5	7,57	8,14
300	2,14	2	2,57	3,43	5	7,71	8
330	2,14	2	2,57	3,43	4,86	7,71	7,86
360	2,14	2	2,43	3,29	4,79	7,71	7,71
390	2,14	2	2,36	3,29	4,71	7,71	7,57
420	2,14	2	2,29	3,29	4,64	7,57	7,5
450	2,14	2	2,29	3,21	4,57	7,57	7,43
480	2,14	2	2,29	3,14	4,57	7,5	7,21
510	2,14	2	2,14	3,14	4,43	7,5	7,14
540	2,14	2	2,14	3	4,29	7,5	7
570	2,14	2	2,14	2,86	4,14	7,5	7
600	2,14	2	2,14	2,86	4,14	7,5	7

En el presente trabajo y para la determinación de estabilidad en la mezcla de gasolina LSR y alcohol anhidro, se aplico la técnica di electrométrica en el rango desde 5 % de alcohol anhidro hasta 35 % de este combustible.

Aunque las mezclas de etanol con gasolina son aparentemente homogéneas, la práctica demuestra que su estabilidad influye apreciablemente en el proceso de combustión y por tanto en los parámetros de operación de los motores; este hecho experimental, así como la necesidad de evaluar la influencia de la proporción de etanol en la estabilidad de la mezcla, justifican un estudio básico de este fenómeno a escala de laboratorio.

Las mezclas moleculares de dieléctricos modifican la permitividad y a partir de su medición se pueden sacar conclusiones acerca de su estabilidad.

Las mezclas de porcentajes superiores muestran un comportamiento variable con un incremento inicial de la permitividad y su posterior reducción paulatina, a excepción de la de 30 % en la cual después de aumentar durante los primeros cinco minutos permanece ligeramente estable.

Del resultado se puede apreciar que aún sin haberse emulsionado el etanol, las mezclas simples resultan suficientemente estables como para permitir su utilización sin que influyan apreciablemente en los parámetros de operación del motor.

Es de resaltar que de acuerdo con los resultados obtenidos puede recomendarse en particular que si se desean usar mezclas de fracciones de etanol superiores a 15 % se utilice de 30 % por la mejor estabilidad reportada después de los cinco primeros minutos aproximadamente de su preparación.

Los gráficos siguientes muestran el comportamiento de la mezcla de alcohol anhidro y gasolina LSR, en función al tiempo.

GRAFICO 5.1

Para una mezcla de 5% de alcohol anhidro y 95% de Gasolina LSR

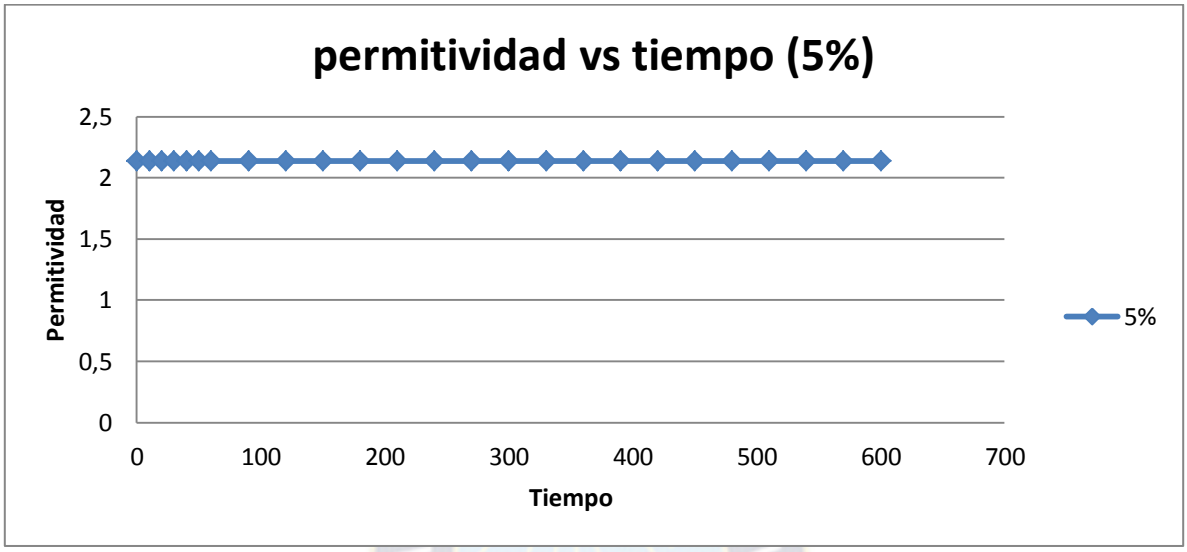


GRAFICO 5.2

Para una mezcla de 10% de alcohol anhidro y 90% de Gasolina LSR

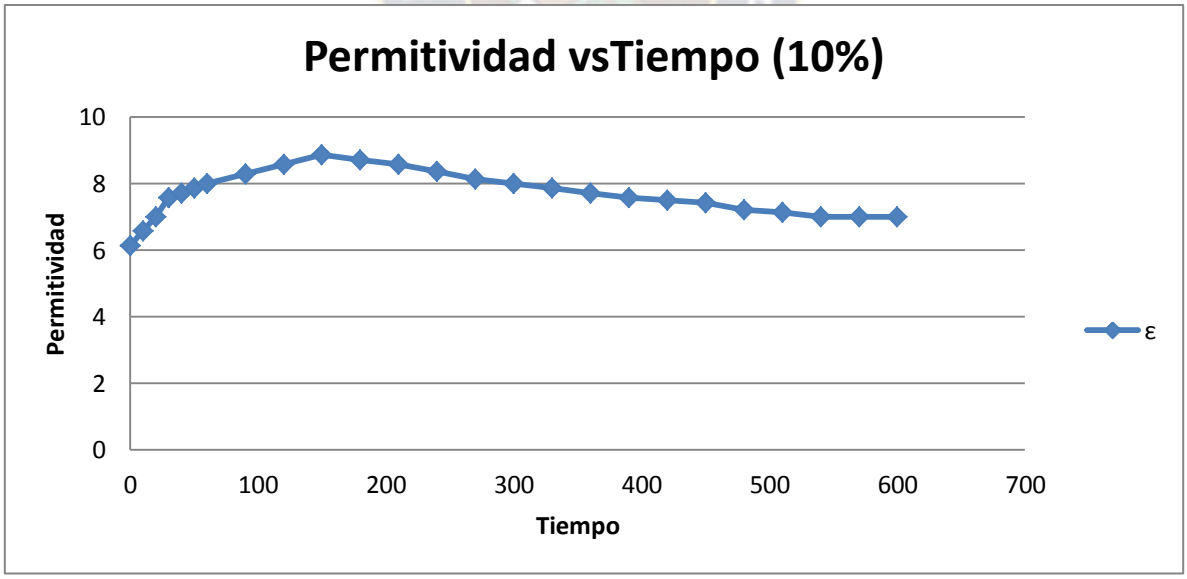


GRAFICO 5.3

Para una mezcla de 15% de alcohol anhidro y 85% de Gasolina LSR

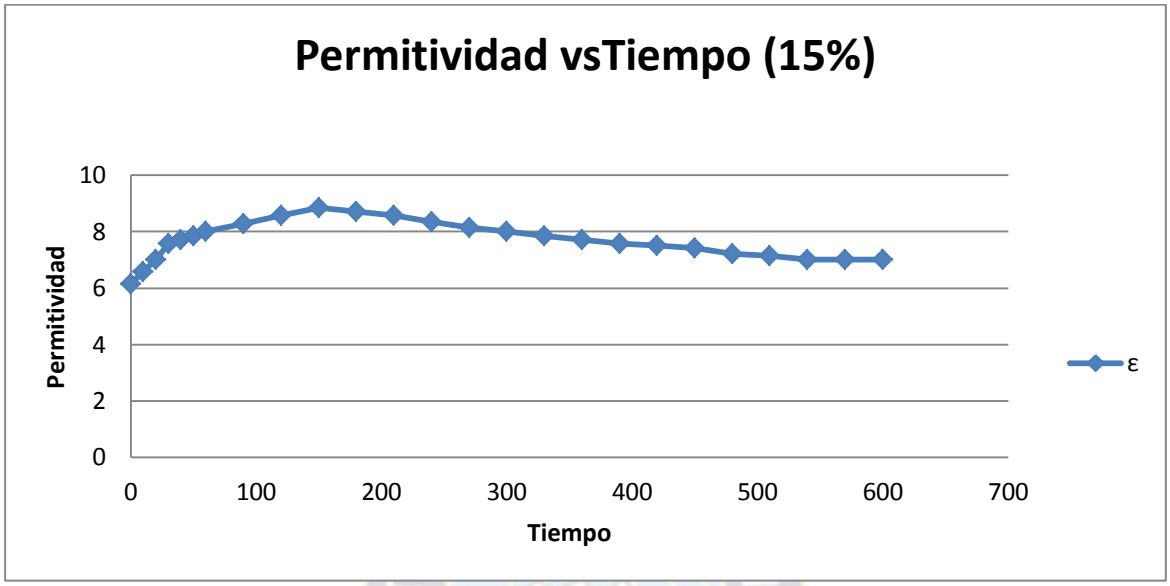


GRAFICO 5.4

Para una mezcla de 20% de alcohol anhidro y 80% de Gasolina LSR

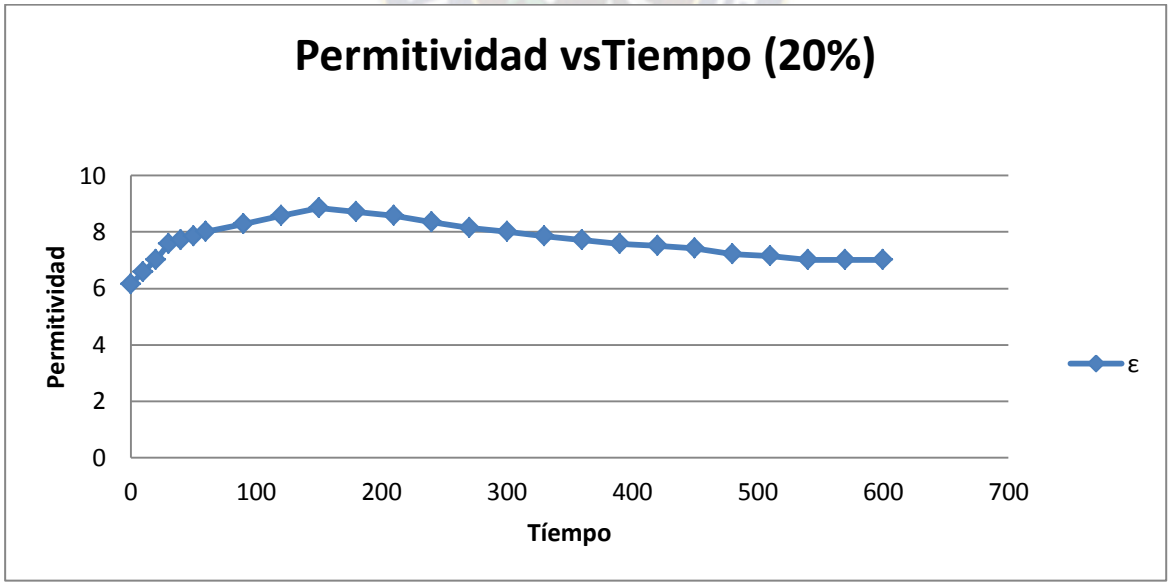


GRAFICO 5.5

Para una mezcla de 25% de alcohol anhidro y 75% de Gasolina LSR

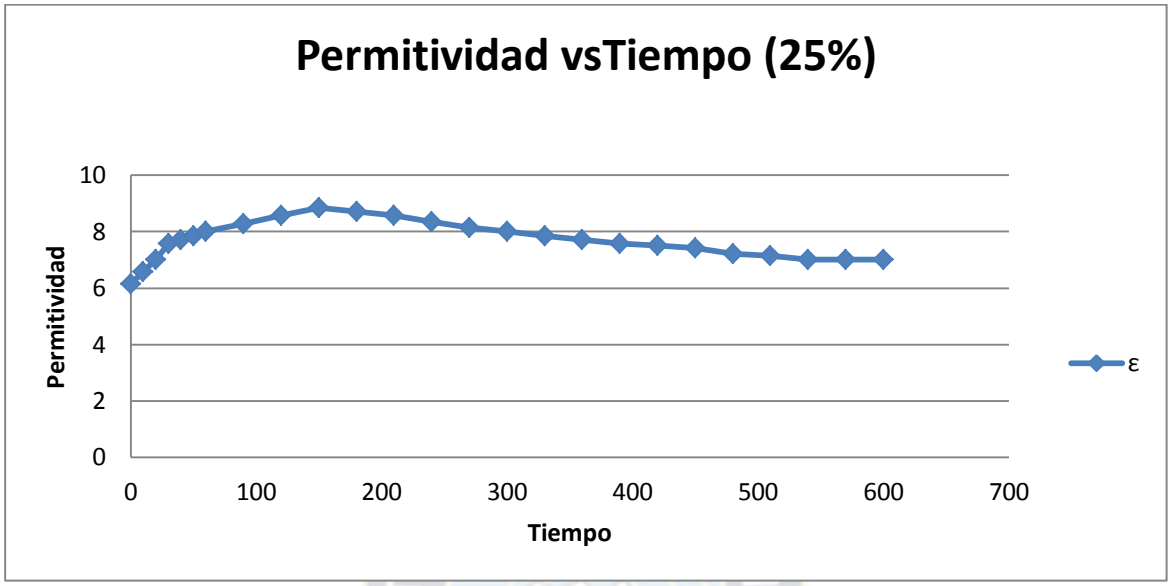


GRAFICO 5.6

Para una mezcla de 30% de alcohol anhidro y 70% de Gasolina LSR

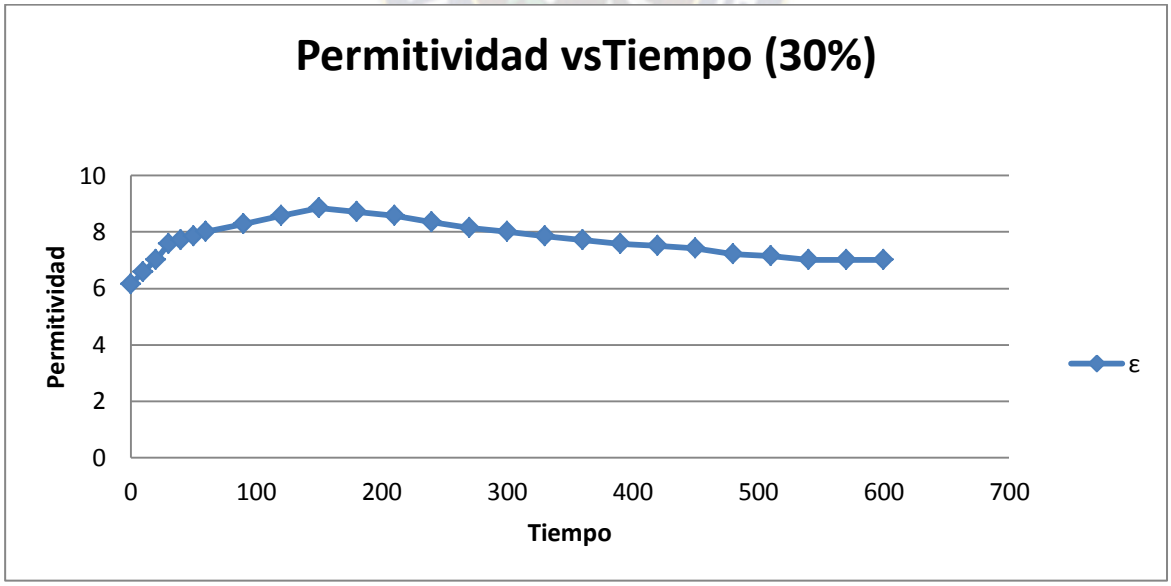


GRAFICO 5.7

Para una mezcla de 35% de alcohol anhidro y 65% de Gasolina LSR

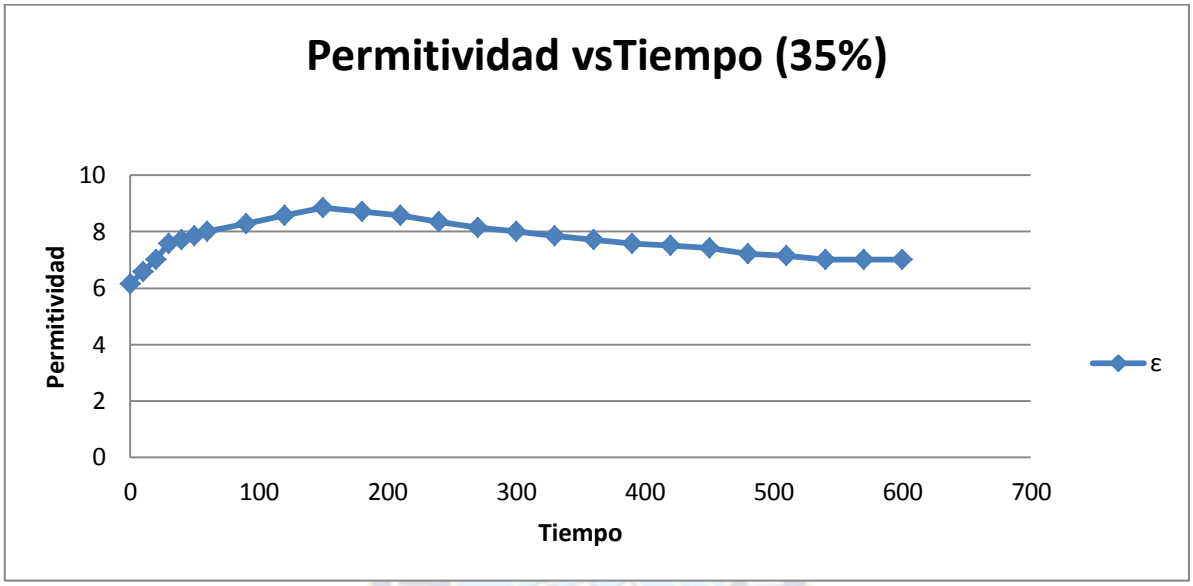
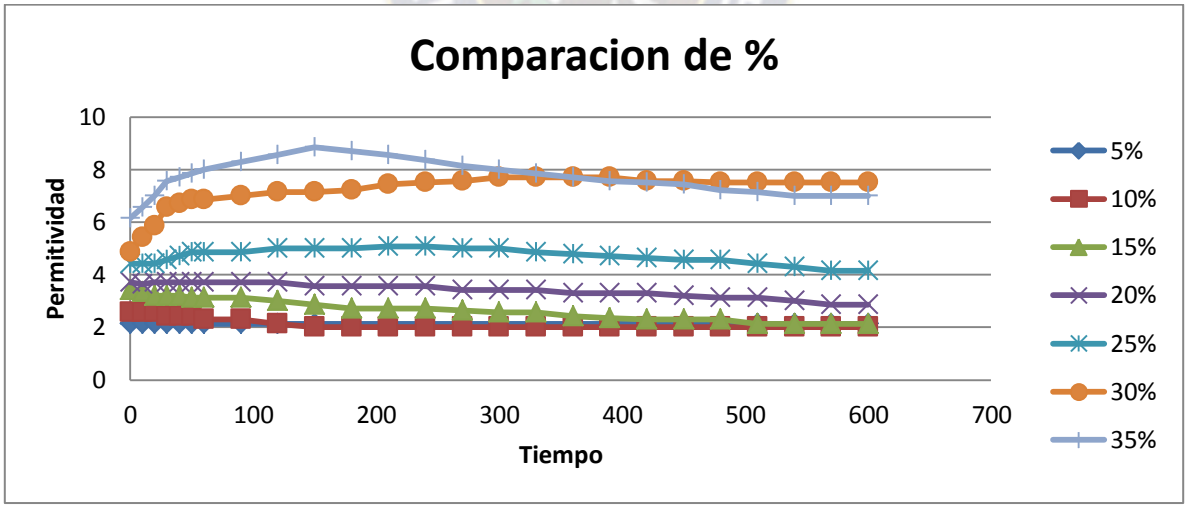


GRAFICO 5.8

Comparación de porcentajes de Alcohol Anhidro y Gasolina LSR



Las mezclas de porcentajes superiores muestran un comportamiento variable con un incremento inicial de la permitividad y su posterior reducción paulatina, a excepción de la de 30 % en la cual después de aumentar durante los primeros cinco minutos permanece ligeramente estable.

En el mismo se aprecia que las mezclas correspondientes a 5, 10 15 y hasta 20 % mantienen una estabilidad relativamente buena particularmente la de 5 %, en la cual la permitividad aumenta ligeramente respecto a la de la gasolina pura y se mantiene inalterable en el tiempo, como se evidencia mejor en el Gráfico 5.8.

Es de resaltar que de acuerdo con los resultados obtenidos puede recomendarse en particular que si se desean usar mezclas de fracciones de etanol superiores a 15 % se utilice de 30 % por la mejor estabilidad reportada después de los cinco primeros minutos aproximadamente de su preparación.

Después de realizar las mezclas y determinar que el porcentaje de alcohol anhidro a utilizarse en la mezcla con la gasolina LSR, debido a su comportamiento y los resultados obtenido el porcentaje de alcohol anhidro optimo a utilizarse deberá ser de E10.

5.4 DETERMINACION DEL OCTANAJE

Después de analizar la permitividad de las mezclas realizadas, solo tres de ellas fueron enviadas al laboratorio, para determinar el número de octanos, como se puede observar en la Tabla 5.3 y Gráfico 5.9.

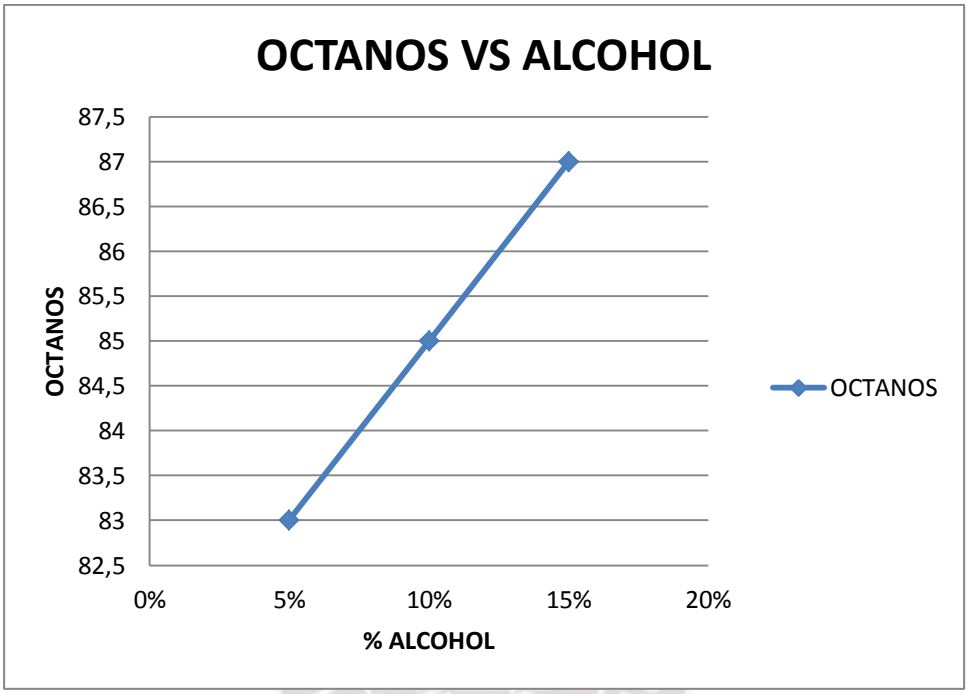
Tabla 5.3

Resultados del octanaje en función del porcentaje de alcohol anhidro

CONCENTRACION DE ALCOHOL ANHIDRO	NUMERO DE OCTANAJE (RON)
5%	83
10%	85
15%	87

GRAFICO 5.9

Grafico de comparación del número de octanos en función al porcentaje de alcohol anhidro



Vemos que con la adición de un 15% de alcohol anhidro a la gasolina LSR, logramos llegar al número de octanos de 87 RON.

Para la determinación del octanaje de la gasolina ya mejorada con alcohol anhidro en una mezcla del 15%, esta se utilizo en un motor de laboratorio que tiene la posibilidad de poder variar la relación de compresión de manera que esta se va subiendo hasta que se produzca la auto inflamación, luego se compara con la mezcla de Octano – Hexano que tiene el mismo grado de resistencia a la auto inflamación y ese es el octanaje de la gasolina.

Empecemos por decir que durante el proceso normal de funcionamiento de un motor de gasolina esta es succionada junto con aire suficiente para quemarse dentro de un cilindro que tiene un pistón en movimiento, este pistón sube y baja dentro del cilindro cambiando su volumen, cuando el pistón baja una válvula se abre y permite la entrada (debido a la succión que se produce) de la mezcla de aire y gasolina, luego la válvula se cierra y el pistón sube comprimiendo la mezcla, al final de la subida, una chispa procedente de la bujía (dispositivo para ese fin) enciende la mezcla y se produce una especie de explosión que incrementa mucho la presión en el cilindro siendo entonces el pistón empujado con fuerza hacia abajo para producir energía mecánica.

La relación entre el volumen del cilindro cuando el pistón esta abajo (máximo) y cuando está en arriba (mínimo) se conoce como Relación de Compresión y puede variar en la práctica en los motores de gasolina de serie entre 6,5 y 11,5. Resulta evidente que mientras mayor sea la relación de compresiones mayores serán las presiones al final de la carrera de compresión del pistón. Nuestra mezcla de aire y gasolina no puede auto inflamarse a estas presiones máximas porque la combustión seria virtualmente instantánea, las presiones al final de la combustión serian enormes y el motor resultaría dañado.

Como el octanaje es la medida de la resistencia de una gasolina a auto inflamarse entonces para altas relaciones de compresión son necesarias gasolinas de alto octanaje y para poca relación de compresión menor octanaje.

Para medir el octanaje se establecieron patrones de él, así se considera el octano, (hidrocarburo con alta resistencia a la auto inflamación) con octanaje 100 y el n-heptano (hidrocarburo que se auto inflama fácilmente) con octanaje 0 de tal forma que la gasolina soporte las mismas presiones que el octano puro será de octanaje 100 y una que solo soporte las presiones del hexano será de octanaje 0.

5.5 COMPARACIÓN ENTRE LA DOSIFICACIÓN ACTUAL DE GE LSR - GE IMPORTADA Y DOSIFICACIÓN DEL ALCOHOL ANHIDRO.

CUADRO 5.1

Comparación de la Dosificación actual de GE LSR –GE IMPORTADA y Dosificación de alcohol anhidro

DOSIFICACION ACTUAL DE GE LSR Y GE IMPORTADA	DOSIFICACION DEL ALCOHOL ANHIDRO
No se cuenta con Agitadores	Se implementara agitadores
La mezcla de GE LSR y GE IMP, no es homogénea	La mezcla de GE LSR, GE IMP y Alcohol Anhidro, es una mezcla homogénea
Se produce una mezcla no comercial (Estratificaciones)	No se producirán estratificaciones
Las estratificaciones llegan a pasar por el ducto hacia la cisterna de distribución, para la venta, ocasionando al usuario un problema en su motor	Habrá un mejor rendimiento del motor
La mezcla de GE LSR y GE IMP, tiene un octanaje de 83 octanos.	El numero de octanaje será de 85 a 87 octanos
No cumple con la normativa vigente y especificaciones de técnicas de los automotores	Se cumplirá la normativa vigente y las especificaciones de los automotores.
Debido al esfuerzo del motor por la mala calidad de la GE, el usuario incrementa los gastos en el cambio de inyectores	La calidad de la GE es mejorada, el motor del automóvil no ejercerá mayor esfuerzo, por tanto el usuario bajara sus costos.

Por lo tanto el porcentaje mínimo de alcohol en la mezcla de alcohol anhidro con gasolina LSR será:

a. Empleando alcohol anhidro, tan bajo como se desee.
b. Por motivos de seguridad no debería exceder del 85%.
c. En razón de la extensión de su aplicación debe tenerse en cuenta que: **c1)** Si se decide su empleo en el ámbito nacional, en caso de excederse el 30% será necesario contemplar modificaciones en los motores. **c2)** Si se decide su empleo a escala regional sería necesario evitar superar el 30% para no causar inconvenientes en los automotores en tránsito en la región.

5.6 CALCULO DEL PORCENTAJE DE DOSIFICACIÓN DE ALCOHOL ANHIDRO, DE ACUERDO A LA CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE ALMACENAJE DE PLANTA DE CLHB – PLANTA SENKATA

Después de haber realizado el cálculo a una escala de laboratorio, se procedió a realizar el cálculo del porcentaje de alcohol anhidro a ser utilizado, para lo que se tiene la capacidad de los tanques de almacenamiento de planta CLHB – Planta Senkata, en la siguiente Tabla 5.3.

Tabla 5.3

Capacidad de tanques de almacenaje Planta CLHB-Senkata La Paz

NºTanque	Producto	Capacidad Neta (lts)	Estado
200	GE	664.740	Bueno
200 A	GE	3.145.828	Bueno
201	GE	730.088	Bueno
202	GE	714.979	Bueno
203	GE	2.988.113	Bueno
204	GE	2.838.145	Bueno
	TOTAL GE	**11.081.893**	

Elb.- Ing. Renzo Jáuregui López Supervisor de Operaciones

- **Calculo del Volumen de alcohol anhidro en litros para tanques de almacenaje de Planta CLHB – Planta Senkata**

Tabla 5.3
Volumen de alcohol anhidro en litros

NºTanque	Producto	Capacidad Neta (lts)	Volumen de alcohol anhidro a utilizarse (lt)
200	GE	664.740	66.474
200 A	GE	3.145.828	314.583
201	GE	730.088	73.009
202	GE	714.979	71.498
203	GE	2.988.113	298.811
204	GE	2.838.145	283.815
	TOTAL	**11.081.893**	**1.108.189**

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se cumplieron los objetivos planteados en el proyecto.

- **Mejorar el octanaje de la gasolina LSR (gasolina liviana) mediante la aplicación del alcohol anhidro**

  Se pudo demostrar que mediante la aplicación de alcohol anhidro a la gasolina LSR, producida por YPFB Corporación, fue mejorada, subiendo el número de octanos a más de dos puntos.
- **Determinar la dosificación optima de alcohol anhidro en la mezcla con gasolina LSR.**

  Se determino mediante la técnica di electrométrica, el porcentaje óptimo de alcohol anhidro a utilizarse.
- **Analizar los beneficios de la aplicación del alcohol anhidro en la gasolina LSR.**

  Se analizaron los beneficios que se tiene si es que se tomara la política de mejorar nuestra gasolina mediante la aplicación de alcohol anhidro.
- **Analizar el proceso actual Dosificación de la Gasolina LSR y la Gasolina Importada.**

  Se analizo el proceso actual de dosificación que se tiene en YPFB, viendo las desventajas que se tienen desde la dosificación hasta la distribución el combustible.

- **Proponer a YPFB Corporación la implementación de adición del alcohol anhidro en su proceso actual.**

  El presente proyecto es una propuesta que se le da a YPFB Corporación, para su estudio y posible aplicación, y de esta manera se podrá ofrecer al cliente un combustible que sea de beneficio para su vehículo y a la población ofrecer un combustible menos contaminante.

La factibilidad técnica de utilizar el alcohol mezclado con gasolinas en plantas motrices de automotores está plenamente demostrada por investigaciones y experiencias tanto en el país como en el extranjero.

Y todas estas experiencias pueden resumirse de la siguiente forma:

a. Mezclas de alcohol y gasolina con hasta 30% del primero pueden usarse en los motores de explosión interna sin ningún cambio (o con cambios menores) en el motor.
b. La adición del alcohol a la gasolina eleva el octanaje de ésta.
c. Al añadirse alcohol en determinadas proporciones, puede evitarse la adición de plomo tetraetilo. Producto importado y causante de buena proporción de la contaminación ambiental originada por los gases de escape de motores.
d. La adición de alcohol a la gasolina coadyuva además a la limpieza de las bujías, impide o retarda la carbonización en la tapa de cilindros y contribuye a una duración mayor de los aceites.
e. El poder calórico del alcohol por unidad de volumen es inferior al de la gasolina, de modo que, en principio adición del alcohol debiera restar autonomía y potencia al vehículo. Sin embargo, a raíz del mejor llenado de la cámara de combustión (por la menor temperatura de la mezcla) y gracias al contenido de oxígeno dentro de la molécula del alcohol, que permite una mejor combustión, se compensa en parte esta desventaja. Y ello hasta el punto de que una mezcla de alcohol y gasolina en de terminadas

proporciones rinde prácticamente la misma potencia y tiene prácticamente el mismo desempeño que la gasolina.

f. Es posible utilizar alcohol (anhidro o de 96°) sin gasolina en los motores de explosión con sólo ligeras modificaciones: aumento de los surtidores del carburador a raíz de la menor cantidad de calorías por litro del alcohol con respecto a la gasolina aumento de la relación de compresión (no imprescindible pero sí conveniente para mejorar el rendimiento) y cambio de los conductos por materias que se resequen menos que los actualmente utilizados para gasolina. Sin embargo existe un grave inconveniente que es el de la posible formación de mezclas explosivas en el tanque. Este peligro desaparece adicionando al alcohol 15% de gasolina. Por ello es que en la práctica, la adición de alcohol a la gasolina no podría pasar del 85% salvo modificaciones de diseño del depósito de carburante.

g. Hay también un límite mínimo en la cantidad de alcohol que es posible, en la práctica, añadir a la gasolina, y este límite está dado por la miscibilidad de ambos elementos, o dicho de otra manera, por la estabilidad de la mezcla. Este límite mínimo varía de acuerdo a que se utilice alcohol anhidro o alcohol de 96° de pureza, y depende también de la temperatura ambiente y de la utilización de gasolina común o especial.

h. En el caso del alcohol anhidro, la estabilidad de la mezcla se obtiene prácticamente con proporciones de alcohol desde 5% a temperaturas normales.

i. En el caso del alcohol 96º la estabilidad de la mezcla se obtiene desde un mínimo de 30% de alcohol para sobre el total para gasolina común y 20% para gasolina súper.

j. En todos los casos la estabilidad de la mezcla puede reforzarse con estabilizantes adecuados tales como isopropanol, benceno, butanol normal.

k. Los únicos efectos negativos que deben ser señalados radican en cierta mayor dificultad para el arranque con el motor caliente o con temperatura ambiente muy alta, para el caso de alto % de alcohol asimismo, en este caso una merma en el rendimiento medido en Km/lt de carburante.

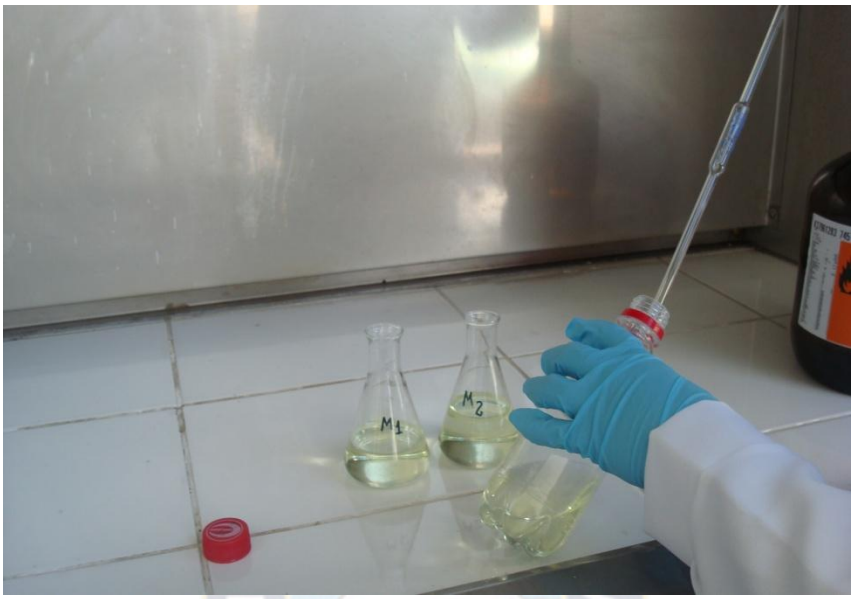
CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

- American Peroleum Institute, 1988 “Alcohols and ethers”Publication 4261, July, 1-14.
- Martin S., 1980, Estudio sobre las gasolinas alcohólicas, su desarrollo, ventajas e inconvenientes, Ingeniería Química, (12); 87-95.
- Poulsen P. B., Hansen S. H., y Jenser K. 1982 La viabilidad de la producción de etanol para carburante en España, Ingeniería Química (14); 25-30.
- Funcionamiento de Motores a gasolina.
- www.oni.escuelas.edu.ar/2001/santa-fe-sur/motor/Esquema/otto.htm.
- Propiedades físicas de combustibles, Wikipedia.
- *Lloverá, técnica di electrométrica (1996).*
- Los sistemas para el control de las emisiones vehiculares swisscontact.
- Instituto Nacional de Estadística (2005), Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones, Brasil: www.ine.gob.br, 5.11. 2007.
- http://www.km77.com/glosario/d/detonacion.asp.
- http://ciencianet.com/gasolina.html.
- http://quimica.laguia2000.com/general/octanaje-indice-de-octano.
- http://www.oni.escuelas.edu.ar/2001/santa-fe-sur/motor/Esquema/otto.htm.
- www.ypfb.gob.bo.

ANEXOS

TANQUES DE ALMACENAJE QUE SE ENCUENTRAN EN CLHB LOGISTICA PLANTA SENKATA –LA PAZ

DERTERMINACION DE PROPIEDADES DEL ALCOHOL ANHIDRO

PREPARACION DE MUESTRAS (MEZCLA DE GASOLINA CON ALCOHOL ANHIDRO)