ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANÍSTICAS Y ECONÓMICAS

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALCOHOL A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS PARA EL USO EN VEHÍCULOS

PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

ECONOMISTA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL,

ESPECIALIZACIÓN FINANZAS

PRESENTADO POR:

JAVIER ENRIQUE CUEVA GARCÍA

Guayaquil - Ecuador

Año 2001

A mis padres por el apoyo y el amor que me han dado a lo largo de mi vida para que alcance siempre mis objetivos. Gracias a ellos por creer en mi.

A mis hermanos en los que siempre he podido contar para seguir adelante. A mi cuñada Elena y a mi sobrino Julio Enrique, quienes forman parte de mi vivir de cada día. Gracias por su apoyo incondicional.

A mi tía Sonnia y Carlos por su generosidad y cariño.

A mis amigos, por estar siempre a mi lado.

A mi director de tesis Ing. Constantino Tobalina, por su gran ayuda en el desarrollo de este tema tan controversial.

A aquellos amigos que están en la distancia pero que los llevo siempre conmigo.

A todas las personas alrededor del mundo que me ayudaron a conseguir la información necesaria para poder culminar este proyecto.

Al Ing. Luis Román por recibirme y prestarme toda su ayuda para responder mis triviales preguntas acerca del sector petrolero.

A una mujer maravillosa que inspira en mi ternura y fuerza para alcanzar mis metas. Gracias por su cariño, que me dio aliento para dar este gran paso en mi camino.

Gracias a todos ellos y a Dios por haberme dado a toda esta gente magnífica con quien contar para triunfar en la vida.

En memoria de Ingrid Ximenes C.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis de graduación, nos corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESPOL".

Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL.

Javier Cueva García

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

ING. WASHINGTON MARTÍNEZ
Subdirector del ICHE

ING. CONSTANTINO TOBALINA
Director de Tesis

DR. HUGO ARIAS P.
Vocal

ING. BOLÍVAR PASTOR
Vocal

INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años, y hasta la actualidad, los ecuatorianos han tenido que soportar las crisis provocadas por diversos factores externos que se mezclan con los problemas internos tanto económicos como políticos. Esto ha tenido consecuencias devastadoras en el nivel de vida de los ecuatorianos, dejándolos en una situación de desempleo, inflación y bajo crecimiento.

Nuestro país, aparte de una situación de estabilidad política y económica, necesita de nuevas alternativas para poder brindarle a sus habitantes nuevas fuentes de empleo e ingresos, sustentados en una producción sostenida.

La idea de este proyecto de instalación de una planta productora de alcohol carburante para los vehículos de la provincia del Guayas, nació de la experiencia de otros países, y de la tendencia que está siguiendo esta industria en el mundo entero.
Los beneficios en las áreas rurales adjuntos a las políticas alcoholeras en otros países, hacen necesario examinar sus posibilidades de desarrollo en el Ecuador. Es claro que necesitamos de esos beneficios y que sí tenemos las posibilidades de crear en nuestro país una política alcoholera, no sólo provincial, sino nacional.

Este estudio muestra las posibilidades de instalación de una planta productora de alcohol carburante en la Provincia del Guayas, sus beneficios, alcance y limitaciones.

CAPÍTULO I

LA CAÑA DE AZÚCAR

1.1 LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN ECUADOR

El cultivo de la caña de azúcar en el Ecuador vino demostrando su importancia en los años sesenta, con una creciente producción y mejoramiento de su rendimiento por hectárea. Su producción era destinada a la elaboración principalmente de azúcar, panela y aguardiente.

En 1981 la superficie cultivada de caña de azúcar fue de 45.374 hectáreas, con un rendimiento de 65 TM./Ha., que la ponían entre las cinco explotaciones agrarias de mayor área de cultivo, con una producción de 3´195.612 TM. de caña para la elaboración de azúcar y 2´920.748 TM. dirigidas a diferentes usos.

Para los años de 1980, 1981 y 1984, los factores que incidieron en sus rendimientos fueron netamente técnicos, como la obsolescencia de la maquinaria agrícola (tractores, bombas de riego, etc.), que son indispensables para obtener altos rendimientos.

Las pocas lluvias en el año de 1985, determinaron una baja en el rendimiento agrícola que fue de 65,96 toneladas métricas por hectárea, que comparado con el año de 1984, es bajo, ya que este había sido de 69 toneladas métricas por hectárea.
Otro causal de bajos rendimientos fue la poca luminosidad, lo que produce un menor crecimiento de la caña, por lo tanto menos sacarosa.

En 1991 la superficie cultivada fue de 48.200 hectáreas, con una producción de 3´612.678 TM. y un rendimiento de 74,95 TM./Ha.
Ahora comparemos con cifras más actuales como las de 1998-1999 en el que tenemos una superficie cosechada de 67.403 hectáreas y una producción de 4´470.457 TM. con un rendimiento de 66,32 TM./Ha.

En el periodo 2000-2001, tenemos una superficie cosechada de 69.085 hectáreas, que es el mayor número de hectáreas cultivado en la década. A esto le corresponde una producción de 4´662.322 TM. de caña de azúcar y un rendimiento promedio entre 75 y 80 TM. por hectárea.

Si ahora analizamos las cifras que se tiene sobre la superficie sembrada, vemos que se ha mantenido un crecimiento sostenido, es así como en 1990, se sembraron 48.201 Ha, pasando a 69.085 Ha. en el 2000, lo que representa un incremento del 40%; Igual situación se observó en el área cosechada, a excepción de 1997, que fue afectada por la presencia del Fenómeno de El Niño, en el cual se cosecharon 24.463 Ha. de caña de azúcar, lo que se tradujo en una reducción de la superficie del orden del 57% con respecto a 1996.

La baja producción de caña en 1997, obedeció principalmente a problemas climáticos, que se presentaron, dejándose de zafrar un área de 42.444 hectáreas, las mismas que sí fueron cosechadas en 1998, año en el cual los ingenios azucareros y los cañicultores, realizaron innovaciones tecnológicas, lo que representó adicionalmente un crecimiento de la productividad vía rendimientos. (Ver cuadro 1.1)

Otro factor que incidió en el crecimiento de la producción de caña de azúcar en el período de análisis fue la política de liberalización de precios que representó un estímulo para los cañicultores, puesto que significaba la obtención de un precio atractivo en relación con sus costos de producción.

En casi todos los países de Latinoamérica y el Caribe se cultiva caña de azúcar. Las áreas sembradas en hectáreas durante la zafra 1998-1999 se muestran en el cuadro 1.2. No se tienen datos disponibles de Bolivia, Chile, Cuba, Guatemala, Haití, Nicaragua, Uruguay y Venezuela, países que también siembran caña de azúcar.

1.2 LOCALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y AZÚCAR

El cultivo de caña de azúcar se lo realiza principalmente en la Región Costa y parte en la Sierra. Cabe destacar que los ingenios azucareros se encuentran en esas dos regiones.

La producción de azúcar es realizada por seis ingenios azucareros: La Troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey. Los tres primeros realizan el 90% de la producción nacional y junto con el ingenio Isabel María son los que se encuentran el la Región Costa, cuya zafra se inicia en el mes de julio y termina en diciembre, con procesos de molienda de 24 horas en tres turnos y un período interzafra entre enero y junio para la reparación de maquinaria. Los ingenios Monterrey y IANCEM se localizan en la Región Sierra trabajando todo el año seis veces a la semana y con un período interzafra entre enero y febrero.

En la región costa se realiza el 75% de la producción de caña de azúcar, siendo la provincia del Guayas la que tenga un 72,64% de la producción, y le sigue Los Ríos con el 2,72% para 1995. En la Región Sierra la provincia del Cañar tiene un 18,37% de la producción nacional, y las provincias de Loja, Imbabura y Chimborazo con participaciones marginales.

En 1995 tenemos a la caña de azúcar entre los principales productos de mayor producción con el 28% de la producción medida en toneladas. El banano en primer lugar con el 37%, arroz en cascara con 9%, el plátano con 5%, la palma africana con el 7% y un 14% de otros cultivos. Todo esto sumando nos da un 100% de producción agrícola, lo que corresponde a 14´285.807,72 toneladas para el año de 1995.

1.3 ORIGEN DE LA CAÑA DE AZUCAR

Se dice que la caña de azúcar tiene su origen en Nueva Guinea e islas vecinas, y que luego se introdujo en otros lugares como en Nueva Caledonia, Islas Fiji, Filipinas, Borneo, Sumatra, Malasia, India, China, etc. Pero otros afirman que es de origen hindú, de la zona de Bengala, al sur de la cadena del Himalaya y al norte del golfo de Bengala en la desembocadura del Ganges.

De acuerdo con las investigaciones, el cultivo de la caña de azúcar es muy antiguo ya que se lo realiza desde hace 3000 años; Pero si su cultivo lo comparamos con los 9000 años de antigüedad que tiene la agricultura, entonces no parece ser tan antigua.
El azúcar cruda se desarrolló 400 años a.C., pero el cultivo de la caña de azúcar se fue expandiendo de forma muy lenta. Llegó a Persia por el año 500 d.C. Luego los árabes construyeron plantaciones y moledoras de piedra. Fue introducida en Egipto luego de la derrota con los árabes por el año 710 d.C. Como los egipcios fueron especialistas en agricultura y química, desarrollaron la clarificación, cristalización y refinación. Luego, la caña de azúcar se expandió hacia el este a lo largo del Norte de Africa y Marruecos y a lo largo del Mediterráneo hacia Rodas (Egipto), Sur de España (año 755 d.C.), y Sicilia (año 950 d.C.). En 1420 llega a Madeira y a la Islas Canarias desde donde Cristóbal Colón la introdujo a América.

Muchos investigadores coinciden en que la caña de azúcar fue introducida en América por Cristóbal Colón en 1493 en su segundo viaje.
Su cultivo se expandió en los años 1500 desde Santo Domingo (República Dominicana) hacia México, Brasil y Perú y a las Islas del oeste de India.
También se introdujo para los años 1700 a Mauritius, Reunión y Hawai. En Australia, Fiji y el sur de Africa llegó en 1800.

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar (Saccharum officinarum L) es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio, forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis.

1.4.1 Descripción Botánica

a.- Taxonomía

La clasificación taxonómica de la caña de azúcar es la que sigue:

Reino: Plantae
División: Angiospermas
Clase: Monocotiledoneas
Orden: Glumiflorae
Familia: Gramineas
Genero: Saccharum
Especie: S. Officinarum

b.- Morfología

Las características morfológicas de esta planta son:

b.1 Raíces

Se reproduce de manera asexual, plantando un esqueje de donde las yemas auxiliares dan origen a dos tipos de raíces: Las raíces de esqueje o radiculas dispuestas en forma fasciculada; Y las raíces de tallo o de enlace que dan a la planta sostén y resistencia física y alcanzan una profundidad de hasta 2 metros en suelos sueltos escasos de agua.

b.2 Tallo

Es la parte utilizada en la industria azucarera, ya que está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacaros al momento de la madurez. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas.

Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riego, etc. Sin embargo, unos valores de referencia general pueden ser:

Agua	73 - 76 %
Sacarosa	8 - 15 %
Fibra	11 - 16 %

Otros constituyentes de la caña presentes en el jugo son:

Glucosa	0,2 - 0,6 %
Fructuosa	0,2 - 0,6 %
Sales	0,3 - 0,8 %
Ácidos orgánicos	0,1 - 0,8 %
Otros	0,3 - 0,8 %

El tallo es una caña maciza compuesta por elementos sucesivos que contienen un nudo y un entrenudo cada uno. La caña exteriormente está constituida por una capa de tejidos elásticos, de estructura estriada cubiertos por una capa cerosa que impide la acumulación de humedad en la superficie. En la capa de cera se localiza un estrado celular cromático de diferentes coloraciones: verde, amarillo, violáceas, rojas e intermedias que son características de las variedades.

Interiormente el tallo está formado por paquetes fibrosos de tejido compacto que contiene el jugo azucarado. Estos tejidos contienen altas cantidades de líquidos ricos en sacarosa. (Ver figura 1.1 y 1.2)

La longitud del tallo al momento del corte normalmente oscila entre 1.50 y 4 metros. Su diámetro mide de 1,5 a 6 centímetros. Su peso en el momento de la recolección puede variar de 400 g. hasta 6 kg.

b.3 Hojas

Las hojas de esta gramínea están situadas en los tallos a nivel de los nudos, alternas, alargadas, lanceoladas, finas, angostas y compuestas de dos partes: La vaina y el limbo, unidas por una articulación.

La vaina es tabular envolvente, más ancha en su base. Su cara externa es de ordinario punzante y carece de nervio central.

El limbo extendido tiene un nervio central sobresalido en su cara externa (inferior) y los bordes a veces ligeramente dentados. Sus lados son asimétricos, su ancho varía de 2 a 10 cm. Y su largo de 60 a 150 cm. Su color varía de verde intenso a verde amarillento y es también característica varietal.

b.4 Flores

Cuando la planta ha alcanzado su madurez fisiológica que ha cumplido un período vital, emite flores a partir de las yemas terminales, formando un racimo floral (flecha) que es una panoja muy ramificada cuyo tamaño y forma son características de la variedad.

Las flores son hermafroditas, pero no se entre fecundan, sino más bien la fecundación es cruzada, de lo cual se aprovechan los fitomejoradores. Tiene un solo óvulo. La semilla de caña es extremadamente pequeña y en realidad constituye un fruto o cariópside.

b.5 Fruto

El fruto es un cariópside de dos a tres milímetros de largo y de uno a cinco milímetros de ancho. Tiene capacidad germinativa cuando es fértil, aunque la mayoría de las semillas son infértiles.

1.4.2 Factores Biofísicos

a.- Clima

Una característica de la caña de azúcar es que posee un rango variable de adaptabilidad en altitud y latitud.

Su adaptación es económicamente rentable en regiones relativamente lluviosas de las zonas ínter subtropicales situadas debajo de ciertas alturas. La temperatura óptima es de 20° C. Por debajo de esta temperatura, los períodos vegetativos se alargan y se retarda la actividad fisiológica de la planta. Estos síntomas también se presentan por falta de luminosidad.

La altura límite es de aproximadamente 700 metros en los trópicos y se eleva hasta más de los 1000 metros como en el caso del Ecuador que llega hasta los 2400 metros sobre el nivel del mar.

La humedad requerida indispensable para que haya dilución de los nutrientes del suelo, oscila entre 1.500 y 1.800 mm. anuales. Ecuador tiene un período lluvioso de cuatro meses de invierno, debiendo suministrarse el agua necesaria mediante riego en la época de verano para que se pueda realizar el cultivo.

b.- Suelos

La caña de azúcar se adapta muy bien a las condiciones del suelo. El suelo arcilloso o arcillo limoso es el mejor para esta planta siempre y cuando se encuentre en condiciones bien drenadas. También se adapta a suelos sueltos con alto contenido de materia orgánica que tengan capacidad de retención de humedad y elementos nutritivos. En la parte sur de la provincia del Guayas predomina el suelo arcilloso.

1.4.3 Factores Bioquímicos del azúcar y composición de la caña de azúcar

La caña de azúcar contiene un 14% de parte leñosa que es la fibra o la materia celulósica que le sirve de soporte a la planta y forma los vasos.

El otro 86% está formado por el llamado jugo de caña el cual está formado por agua (70%), sacarosa (14%) e impurezas (2%).

En la producción de azúcar se elimina todo menos la sacarosa, y el agua se elimina por evaporación.

El azúcar es un disacárido de fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$, que se desdobla por hidrólisis en dos monosacáridos o azúcares simples, glucosa y fructuosa ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$), según la reacción.

La sacarosa es dextrógira igual que la glucosa, mientras que la fructuosa es fuertemente levógira. La sacarosa es una sustancia cristalina de sabor dulce, soluble en agua y poco soluble en alcohol, que al calentarla a temperaturas superiores a 200 grados centígrados se transforma en una masa parda viscosa de sabor amargo llamada caramelo.

Los azúcares pueden ser transformados en numerosos compuestos. Entre ellos está el alcohol etílico, que es el principal producto debido a las cantidades fabricadas y por la variedad de su utilización.

Otros productos serían el ácido láctico, ácido cítrico, la dextrana, la glicerina, alcoholes superiores. Estos productos se obtienen vía fermentación.

Existen otros productos que se obtienen mediante reacciones químicas como los jabones, detergentes cuya ventaja es la de no causar ninguna acción irritante sobre la piel, y también que son fácilmente biodegradables.

1.5 CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

No todos los terrenos para la explotación del cultivo de la caña de azúcar pueden ser utilizados tal como se encuentran, por lo que es necesario realizar labores pre-culturales y culturales.

En el Ecuador se realizan las siguientes labores:

1.5.1 Labores Pre-culturales

a.- Preparación del suelo

Lo primero que se realiza es el desmonte, que se puede efectuar manualmente o de forma mecanizada. Después se ara la tierra con tractores. El número de pasadas del tractor dependerá del suelo que se esté tratando. Luego se desmenuza, nivela y empareja el suelo; actividad que se conoce como rastrada. Para finalizar se abren surcos para la siembra.

b.- Labores de siembra

Los huecos en donde se va a sembrar la caña de azúcar son hechos por un vertedero (maquinaria). Luego de eso se le agrega el fertilizante y se coloca la estaca de caña en forma horizontal o inclinada en el surco. Finalmente se tapa con una rastra entre 5 y 10 cm. dependiendo de la humedad del suelo.

Las estacas deben medir entre 50 y 60 cm. de largo y deben de tener por lo menos tres yemas. (Ver figura 1.3)

La distancia entre cada semilla puede ser de 1,20 m. y el de las calles de 1,50 m. Luego se espera entre 20 y 30 días para la germinación.

1.5.2 Labores Culturales.-

a.- Deshierbar

Las malezas son el principal enemigo de la caña de azúcar y compiten con la caña por la necesidad de luz, agua, alimentos minerales y disminuyen el rendimiento en peso y a veces en porcentaje de contenido de azúcar. Las pérdidas causadas están en el orden del 10 y 20%, y las malezas entorpecen las labores culturales y de cosecha y pueden ser hospederos de enfermedades y plagas.

La que más se conoce de estas malezas, aquí en el Ecuador, es la "Caminadora". Esta no se debe de cortar al ras de la superficie, sino que se tiene que arrancar de raíz debido a que crece muy rápido.

Muchos expertos aconsejan que el mejor método para la eliminación de las malezas en el método químico.

b.- Riego

El riego se realiza en las plantaciones de caña de azúcar ubicadas en regiones muy secas, ya que sin suministro artificial de agua el cultivo sería imposible. También es necesario el riego en regiones tropicales con una estación seca aguda y una lluviosa en otros meses, como en el caso del Ecuador.

El promedio de intervalo entre dos riegos debe ser de una semana, pero esto no es necesariamente aplicado en todos los ingenios ni en todos los países. En el Ecuador el ingenio La Troncal realiza sus labores de riego cada 20 días, aplicando dos pulgadas de agua por cada hectárea.

Normalmente, cuando faltan dos meses para la cosecha, se suspende todo tipo de riego para que la planta no se llene de mucha agua, se estrece y empiece a formar los azúcares.

c.- Fertilización

El nitrógeno, fósforo y potasio son los elementos principales para el desarrollo de la planta (grosor de los tallos y hojas), sin modificar el número de cañas por unidad de superficie. El calcio y el silicio aumentan el número de cañas sin modificar las características morfológicas de las plantas.

Los abonos se pueden aplicar al momento de la preparación del suelo para la siembra en el que se aplica el abono verde, los calcarios y los fosfatados. En la caña ya plantada el abono se aplica al momento de la siembra y/o cuando el cultivo llega a los dos o tres meses de edad.

De los numerosos nutrientes necesarios para un crecimiento y desarrollo adecuado de la caña de azúcar, se ha demostrado que el más importante en cuanto a respuesta del cultivo es el nitrógeno. Consecuentemente, la caña es quizá el cultivo de mayor consumo por unidad de superficie de fertilizantes.

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno ocurren inicialmente en la hojas más viejas. Primero surge una clorosis uniforme en las mismas. Posteriormente secándose, adquiere una coloración rojo-amarronada. La deficiencia de nitrógeno produce una sensible disminución del rendimiento. La eficiencia en el uso de nitrógeno y su efectividad dependen del cultivo y del manejo de la fertilización. Se debe tener la precaución de incorporar la urea o el fertilizante nitrogenado al suelo, mezclándolo unos 5 cm, para minimizar las pérdidas por volatilización. La asimilación de una excesiva cantidad de nitrógeno puede resultar en una deficiente maduración de la caña.

El momento y la forma de aplicación del nitrógeno en el cultivo de caña varía según la zona, y según sea caña planta, es decir el cañaveral recién plantado, o caña soca, que es el cañaveral que rebrota luego del primer corte. (Ver figura 1.4 y 1.5)

La urea o carbodiamida contiene 46% de nitrógeno. Es un producto de origen orgánico que se obtiene sintéticamente a partir del amoniaco.

Es factible obtener aumentos promedios entre 100 y 150 Kg de caña por Kg de N aplicado, con rendimientos máximos asociados a niveles que oscilan entre 120 a 150 kg/ha de N. A esos niveles los incrementos esperados de rendimientos pueden encontrarse en un rango del 30 a 40 por ciento.

La fertilización fosfatada del plantío normalmente son suficientes para atender la demanda de caña planta y de las socas subsiguientes. El abono fosfatado debe ser aplicado en el fondo del surco de plantación, cuanto más profundo mejor.

En Brasil, donde son muy comunes severas deficiencias de fósforo no se concibe la producción económica sin el agregado de importantes cantidades de fertilizantes fosfatados. No obstante ésta se realiza de una sola vez a la plantación no requiriéndose aplicaciones de mantenimiento en cañas socas.

Cuando la limitación es calcio y/o azufre, la aplicación de yeso presenta excelentes resultados, elevando la productividad y longevidad de las socas. Las respuestas al potasio son similares a las obtenidas con nitrógeno.

Existen estudios en que se demuestra que el uso de potasio, magnesio y azufre, son necesarios para la buena nutrición de la caña de azúcar, lo que produce altos rendimientos y mejora la calidad de la caña de azúcar. (Ver anexo 1.1)

En el Ecuador se utiliza la urea (nitrógeno), de la que se agregan seis sacos por hectárea, lo que corresponde a unos 139 kilogramos de urea por hectárea cada mes. También se aplica alrededor de 200 kilogramos entre fósforo y potasio, y la cantidad de cada uno depende de la necesidad del suelo.

1.6 COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Las labores de cosecha de la caña de azúcar encierra varias actividades que se deben realizar: Preámbulos de la cosecha, la zafra propiamente dicha, la carga y el transporte, la mecanización y organización de la zafra y la entrega y pago de las cañas.

1.6.1 Preámbulos de la cosecha

La maduración es el aumento de sacarosa en los tallos de la caña, es decir el aumento del contenido de azúcar, la misma que está en relación directa con el clima. El contenido de sacarosa es el resultado de la combinación de variables como el clima, los meses, las variedades, condiciones de cultivo, etc.

En la industria azucarera y la del alcohol combustible, la materia prima es la sacarosa que se extrae en las fábricas, por lo que la maduración es un factor muy importante. Esta se mide en la riqueza de azúcar contenida en la caña. El grado de madurez puede ser controlado mediante la combinación de los factores de edad de la caña, variedades, tipo de suelo, el riego y el uso de componentes nitrogenados.

1.6.2 La Zafra

Este término se lo utiliza generalmente para referirse a todo el ciclo de cosecha hasta la fabricación. Desde el punto de vista agrícola la zafra es la actividad correspondiente al corte de la caña, el mismo que puede descomponerse en tres operaciones: el corte en la parte inferior, el corte en la parte superior a nivel del ápice y el deshoje en el que se arrancan las hojas secas y verdes que están adheridas a la caña.

Para el proceso del deshoje se puede provocar mediante la quema en forma manual y, también se puede realizar el deshoje en forma mecanizada aunque tiene una seria desventaja que es la de la pérdida de nitrógeno (de 1 a 1.2 kg/TM. de caña), la que debe ser compensada con abonos nitrogenados. Otra desventaja es el efecto “Mulch” que se produce por la cobertura de la paja suprimida.

En el Ecuador la cosecha de la caña de azúcar es una operación manual en un 70% y mecanizada en un 30%. Para facilitar el corte de la caña, de realiza la quema de esta, con lo que se está eliminando las hojas. El tiempo que debe mediar entre la quema y la molienda debe de estar por debajo de 48 horas, para garantizar un bajo índice de deterioro.

1.6.3 La carga y el transporte

Las cañas una vez cortadas son transportadas, actividad que puede ser realizada por los obreros, animales, en carretas de tracción animal, por vía férrea, en camiones, en tractores y remolques especializados.

La colocación de la caña al medio de transporte puede ser manual o mecánica. Si es manual, por lo general se coloca la caña en forma de paquetes con un peso promedio de cinco toneladas métricas, y si es mecanizada, se utiliza la "cuchareta" para ponerlas en los camiones transportadores.

1.6.4 Mecanización y organización de la zafra

La mecanización de los trabajos de cultivo y en particular de la cosecha, es un aspecto que influye mucho en la rentabilidad del cultivo. La cosecha toma entre el 25 y 50% de los gastos dentro del costo de producción de caña de azúcar.

La mecanización de la recolección de las cañas cortadas se realiza mediante cosechadoras cortadoras, desmochadoras, que dan un rendimiento de hasta 70 TM. por hora.

1.6.5 Entrega y pago de la caña

Al llegar el vehículo que transporta las cañas a la fábrica, se pesa este lleno (peso bruto) y se lo pesa luego de la descarga. Se hace la diferencia entre estos dos pesos y se obtiene el peso neto de las cañas para poder realizar el pago correspondiente.

Durante mucho tiempo, e incluso en la actualidad, la fábrica compra la caña sobre la sola base del peso neto entregado, pero a finales del siglo XIX se comenzó a poner el precio en función del contenido potencial de sacarosa en la caña.

Desde el 27 de junio de 1988 la caña de azúcar está indexada al precio del azúcar, con un piso del 75% del precio del quintal de azúcar refinada. Sobre ese valor se paga un tres por ciento por cada punto por encima de 13 grados pool (contenido de sacarosa), y un castigo de 3% por cada punto por debajo de 13 grados pool. El precio del azúcar es determinado por la oferta y la demanda.

Supongamos que el precio del quintal de azúcar en el mercado es de 19 dólares. Entonces el 75% de ese valor (14,25 dólares) es el precio base de la tonelada de caña de azúcar. Ahora supongamos que tiene un grado brix de 16; entonces son tres puntos por encima de la base 13, por lo que se debe de pagar un 9% más sobre el valor el precio base de la tonelada de caña de azúcar. Entonces el precio final de por tonelada de caña de azúcar es de 15,53 dólares, obtenidos de la siguiente manera: 14,25 x 1,09 = 15,53 dólares. (Ver cuadros 1.3 y 1.4)

El precio del azúcar en Ecuador es el más bajo de entre los países de la Comunidad Andina, los cuales superan los 22, 24 dólares el quintal. Pero muchas veces hay cierta discrepancia debido a que hay países como Colombia que tienen excedentes, los que se venden a un precio mucho más bajo, que no alcanza a cubrir el costo de producción.

1.6.6 Problemas con la zafra en el Ecuador

Uno de los problemas, por no decir el mayor, es la situación climatológica en lo que respecta a las lluvias, debido a que limitan la producción azucarera en la Costa (en donde se realiza la mayor producción ecuatoriana). Esto afecta en el sentido de que no se puede extender el periodo de zafra que es de 150 días en promedio, el cual inicia generalmente en la segunda quincena de noviembre y se prologa hasta diciembre, pero puede extenderse hasta enero según la llegada del invierno.

En la Sierra, la zafra dura 320 días aproximadamente, pero su producción es muy pequeña lo que hace que su contribución al total sea marginal.

1.7 USOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

1.7.1 Consumo Humano

La caña de azúcar fue utilizada para el consumo humano en diversas formas, ya sea directamente, o eliminando la corteza, o triturándola en pequeños molinos rústicos. En la actualidad la caña de azúcar es industrializada para obtener azúcar, alcohol (en bebidas alcohólicas), etc.

1.7.2 Subproductos de los campos de caña

Las hojas verdes se utilizan en la alimentación del ganado, y las hojas secas se las usa para la fabricación de abonos. Es decir que estos subproductos sólo son utilizados en el sector agrícola.

1.7.3 Producción de azúcares

Existen varios tipos de azúcares de caña, los que dependen de los modos de fabricación y de los grados de pureza en sacarosa, lo que influye en su color. Entonces tenemos el azúcar industrial, azúcar de fábrica (cristal o azúcar bruto), los cuales pueden ser azúcar rojo, azúcar rubio, azúcar blanco y azúcar refinado.

1.7.4 Alcoholes de caña

El jugo de la caña puede ser transformado en alcohol por medio de la fermentación. Claro que dependiendo del proceso se puede obtener alcohol para el consumo humano como es el caso de países como Madagascar, Brasil, Ecuador, Colombia, etc., los cuales obtienen aguardiente del jugo de la caña.

También se puede obtener alcohol para el uso en vehículos como combustible. Este alcohol puede ser de dos tipos: el hidratado que se usa en vehículos que utilizan 100% alcohol como combustible, y el anhidro que se utiliza en la mezcla con la gasolina convencional.

1.8 ENFERMEDADES Y PLAGAS

1.8.1 Enfermedades

Según expertos, las enfermedades pueden ser causadas por hongos patógenos, por bacterias o por virus.

Entre las enfermedades causadas por hongos (micosis), las principales son: "Mildiu", la enfermedad de la piña que es causada por el hongo del suelo Ceratosystis Paradoxa; "Carbón o Mancha", la podredumbre roja causada por el hongo Physalospora Tucumenensis.

Las principales enfermedades causados por las bacterias son: "gomosis", "estría monteada", escalduara de la hoja", "monteado bacteriano".

Las enfermedades causadas por los virus son las que más afectan al cultivo, y las principales son: "el mosaico", "rayas cloróticas", raquitismo de la caña".

Existe una enfermedad muy común en Costa Rica llamada "el carbón" en donde la cosecha puede verse reducida en un alto porcentaje en corto tiempo, debido a lo progresivo de ésta enfermedad si se cultivan variedades susceptibles como B- 50-135, L 60-14, B 4744, HJ 57-41, H 44-3098. Cómo resultado de esta enfermedad, se obtiene una caña sin peso e incidiendo indirectamente en el azúcar a obtenerse.

En campos severamente atacados por la enfermedad hasta las variedades moderadamente tolerantes se ven seriamente dañadas por el hongo que la produce.

Existen muchas enfermedades que afectan a las diferentes variedades de caña de azúcar tanto en el Ecuador como en el resto de países que producen esta gramínea.

En el Ecuador la enfermedad más común es la Pakkahboeng, que es causada por el hongo Fusarium moniliforme R. Se presenta en su mayoría en las épocas muy lluviosas. Su importancia económica no es muy significativa ya que se localiza por lo general en pequeños sectores. También tenemos a la "raya clorótica" de origen viral, pero no es de peligro muy alarmante.

En el anexo 1.2 se enumeran las enfermedades que atacan a ciertas variedades de caña de azúcar.

1.8.2 Plagas

Las plagas son mayormente agrupadas según su naturaleza de ataque de la siguiente forma: Las que atacan al sistema radicular, siendo las principales los coleópteros que devoran las raíces de la caña, homópteros que son insectos chupadores subterráneos, isópteros que atraviesan el tallo por el centro y los nemátodos que atacan a las raíces de la caña. En el otro grupo tenemos a los insectos chupadores de las hojas y tallos siendo los más importantes la cochinilla arenosa que se fija en los nudos de la caña, los pulgones de la caña que atacan en edad temprana a la planta; Otro grupo están los lepidópteros perforadores de los tallos, siendo el más importante el Diatrae Saacharalis F., conocido como "polilla" barrenador, Borer

En junio del 2001 se inauguró el Centro de Investigaciones de la Unión Nacional de Cañicultores, en donde se cultivan nuevas variedades y se crea nuevas técnicas para poder eliminar las plagas. En dicho centro las nuevas variedades tiene un rendimiento medio de 180 toneladas por hectárea, pero esto se debe a que el control es mucho mejor que cuando se tiene una gran cantidad de hectáreas. Pero debido a las nuevas técnicas aplicadas, la caña de azúcar está mejorando su contenido de sacarosa, lo que le va a dar al cañicultor un mejor precio. También se cría las moscas para poder eliminar al barrenador de la caña (figura 1.6), el que puede destruir hasta el 40% de los cultivos (fugura 1.7). Esta mosca es atraída por el olor del excremento del barrenador, la cual deposita su larva en la plaga, y las mata en 10 días. Luego de 24 horas la larva se transforma en una pupa y entre 14 y 19 días sale una nueva mosca que deposita a otras diez moscas al día.

De acuerdo a un estudio realizado por el Consorcio de Compañías Nacionales e Internacionales HVA se determinó que en el Ecuador las plagas de mayor importancia en los cultivos de caña de azúcar son el barrenador de la caña, cuyo control biológico está bien establecido mediante la utilización de las moscas Parathensys Claripalpis Wulp, luego el picudo rayado, cuyo control se efectúa con trampas envenenadas. También tenemos al salta hoja o cigarrita de la caña de azúcar, cuyo control es biológico mediante la avispa Tyhus Mundulus introducida desde Hawai.

Otra plaga muy importante es “el joboto”. Los jobotos constituyen una plaga del suelo que causa daños severos en los rendimientos de los cultivos tales como: la caña de azúcar, el café, las hortalizas, los granos básicos, los pastos y otros.

Los jobotos se alimentan de raíces y materia orgánica, por lo que podemos decir que estos insectos provocan "una poda de raíz" en la caña. Esto causa que la caña se quede raquítica y que no prospere por más fertilizante que se le adicione.

Se ha demostrado que el control químico resulta poco eficaz para controlar esta plaga debido a la ubicación estratégica que adquiere el joboto dentro del suelo, debajo de la cepa, siendo esta como escudo protector; y la habilidad de profundizarse en el suelo, hasta puntos donde el efecto de los químicos es difícil que llegue.

Para evitar que esta plaga siga dañando los cultivos, se usan trampas de luz con lo que se aprovecha la característica de los abejones de ser atraídos por la luz, para ser atrapados y eliminados.

También se determina el tipo de follaje que consumen los abejones, para diseñar una estrategia de control a través del empleo de cultivos trampas; aplicando posteriormente un insecticida químico dirigido a los adultos allí presentes.

1.9 VARIEDADES DE CAÑA DE AZUCAR EN EL MUNDO Y EN ECUADOR

El cultivo de diferentes variedades de caña de azúcar se debe a la resistencia individual que estas poseen a las enfermedades y plagas. En nuestro país normalmente se tiene un 90% de Ragnar, y el resto en diferentes variedades.

Si alguna enfermedad o plaga ataca a la de mayor cultivo, entonces se utiliza la variedad resistente a esa enfermedad o plaga, para poder cubrir la demanda de caña de azúcar.

En Ecuador, los ingenios azucareros han introducido variedades económicamente rentables. El ingenio San Carlos desde febrero de 1961 introdujo 8 variedades de la Estación Experimental del Carl Point de los Estados Unidos, con lo que se inició la introducción de nuevas variedades.

Según estudios realizados, hasta 1980 se ha introducido en el Litoral ecuatoriano las siguientes variedades, cuyo orden están de acuerdo a su importancia: Ragnar; Azul C.G.; P.R. 980; P.O.J. 28/78; P.R. 905. En la Sierra: P.R. 1059; Barbados; C.P. 42/53; Cristal; Azul C.G; Hawai. El ingenio La Troncal tiene, a parte de Ragnar como mayor cultivo, otras variedades tales como C 87/51; HZE 27254; C827251; etc. Existe entre 80 y 100 variedades de caña de azúcar que se cultivan en diferentes países.

1.10 FICHA TÉCNICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN ECUADOR:

Nombre Científico: Saccharum Officiarum
Familia: Poaceae (Graminaceae)
Zonas de Producción: Zona Litoral y Zona Sierra (Subtrópicos)
Clima: Tropical y Subtropical
Temperatura óptima: Mayor a 20°C
Humedad: Necesita humedad para el desarrollo de yemas nuevas
Tamaño de la Planta: de 2 a 4 metros.

Diámetro: de 2 a 6 centímetros

Variedades: Tipo Ragnar (participación 90% a nivel nacional); C.G. Azul (5%); B.J. 6808 (3%); existiendo otras variedades que representan el 2%.

Tipo de Siembra: Estacas

Cantidad de Semillas: 70.000 cepas o plantas por hectárea.

Rendimiento promedio actual: 80 toneladas por hectárea

Distanciamiento: 1,5 metros entre tallos y surcos

Profundidad: entre 0,4 y 0,5 metros

Brotamiento: entre 15 y 30 días después de la siembra (caña planta).

Control de malezas: Uso de herbicidas

Momento de la Cosecha: Caña planta: 13 meses; Caña Soca: 12 meses.

Deterioro: Pérdida de peso por secamiento desde el primer momento de ser cortada (1% diario); pérdida de sacarosa (azúcar), puede oscilar entre 1 a 8 por ciento diario en condiciones climáticas normales.

1.11 INDUSTRIA DEL AZÚCAR Y EL EMPLEO

La estructura ocupacional de los ingenios de la Costa está en función del período de cosecha de la caña; de esta manera la mano de obra la constituyen trabajadores ocasionales y permanentes. En los ingenios de la Sierra, los trabajadores son permanentes, debido a que la zafra dura 320 días.

En promedio se utilizan dos hombres por hectárea de caña de azúcar para las labores agrícolas. Es decir que si en Ecuador existen 70.000 hectáreas de caña de azúcar, entonces podemos decir que se emplea alrededor de 140.000 personas, de las cuales el 85% trabajan en las hectáreas en propiedad de los ingenios, y el resto de personas trabajan en las labores industriales de los ingenios.

1.12 SITUACIÓN DE LOS CAÑICULTORES EN EL ECUADOR

Según el Ingeniero Astolfo Pincay Flores, desde hace más de tres décadas los cañicultores no podían lograr sus objetivos debido a la falta de organización y de unidad entre ellos. Un grupo de cañicultores entendió la idea de constituir una asociación nacional y se creó la Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador (UNCE).

Desde aquel entonces han venido trabajando incansablemente en defender el precio de su trabajo, logrando que actualmente el precio de la caña de azúcar esté indexado con el precio del azúcar.

En febrero del 2001 hubo una propuesta por parte de los países de la CAN para que se permita la entrada de azúcar (específicamente de Colombia) a Ecuador, a un precio inferior al precio del mercado interno nacional. Eso trajo una reacción inmediata por parte de la UNCE.

Es claro que una mediada de ese tipo hubiera traído graves consecuencias a los ingenios azucareros y a los cañicultores. Se estimó que se perderían alrededor de 1.800 hectáreas cultivadas de caña de azúcar, ya que por cada 1000 toneladas métricas que se importen, quedarían sin zafrar 150 hectáreas.

1.13 DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS ENTRE INGENIOS CAÑICULTORS

En el Ecuador existen 70.000 hectáreas de caña de azúcar que son dedicadas a la producción de azúcar, pero en distintas provincias se produce caña para obtener otros productos. Es decir que en realidad existen alrededor de 90.000 hectáreas de caña de azúcar en el Ecuador.

Si consideramos la cantidad de hectáreas de caña de azúcar destinadas a la producción de azúcar, tenemos que el 50% de las plantaciones corresponden a los cañicultores independientes, y el otro 50% a los ingenios azucareros. Pero si consideramos el área total de caña se azúcar, entonces alrededor del 60% pertenece a cañicultores independientes.

1.14 PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN ECUADOR

El primer ingenio azucarero, llamado Rocafuerte, se instaló en el año de 1840, y estaba ubicado en las cercanías de Naranjito. Luego de este, se instalaron otros tales como Progreso, Valdés, San Carlos, Aztra (La Troncal) y otros que fueron inaugurados un poco antes de que empiece el siglo XX.

Esta creación de nuevas fábricas de producción de azúcar, trajo como resultado la apertura de miles de puestos de trabajo para las familias de San Carlos, Milagro, El Triunfo, Naranjito, La Troncal, y zonas rurales de Imbabura, Babahoyo y Loja.

Los ingenios de La Troncal, Valdez y San Carlos producen cerca del 90% de toda la producción azucarera del país. Se prevee que para este año se obtenga una cifra record en cuanto a la producción de azúcar de 9´500.000 sacos de 50 kilos, lo que corresponde a alrededor de 470.000 toneladas métricas de azúcar. En el cuadro 1.1 puede observar el desarrollo de la producción azucarera del Ecuador entre los años de 1990 y 2000, y en el cuadro 1.5 se puede ver la creciente participación entre los productos agrícolas.

1.15 COSTO DE PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El costo de producción de la caña de azúcar se puede dividir en labores de siembra y en labores de mantenimiento. Las labores de siembra corresponde a todas las actividades que se deben de realizar para poder sembrar caña de azúcar por primera vez. Esto es el desbroce, nivelación del suelo, surcada, etc. Este costo corresponde alrededor de 1.665 dólares por hectárea.

Luego de la primera cosecha, ya no es necesario realizar muchas de las actividades incluidas en las labores de siembra, debido a que ya no se tiene que sembrar nuevamente, y lo que corresponde hacer son las labores de mantenimiento de la caña soca. Las actividades a realizarse dentro de estas labores son: quemada, limpieza, fertilización, etc. Esto tiene un costo aproximado de 778 dólares por hectárea.

En los cuadros 1.6 y 1.7 se muestra un listado completo de las labores de siembra y de mantenimiento junto a sus costos por hectárea.

1.16 CRITERIOS PARA SELECCIONAR LA CAÑA DE AZÚCAR COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL

Para poder determinar cual es la materia prima principal adecuada para producir alcohol anhidro, es común que los criterios de selección alrededor del mundo sean los siguientes:

1.16.1 Rendimiento de la caña de azúcar para producir alcohol anhidro (Litros/T.M.)

Se puede producir entre 85 y 90 litros de alcohol anhidro por tonelada métrica de caña de azúcar. Para este proyecto vamos a considerar un rendimiento de 85 litros de alcohol por tonelada de caña de azúcar.

1.16.2 Rendimiento por hectárea de caña de azúcar. (TM./Ha)

El rendimiento de la caña de azúcar tiene un promedio nacional entre 75 y 80 toneladas métricas por hectárea. Cabe destacar que existen cultivos con rendimientos muy altos, alrededor de 90 o 100 T.M. por hectárea, y otros con rendimientos más bajos que el promedio.

Para realizar diferentes cálculos en este proyecto, he de considerar el rendimiento promedio nacional de 80 TM. por hectárea, según las entrevistas que realicé a diferentes ingenios azucareros y a la Unión Nacional de Caficultores del Ecuador.

1.16.3 Costo de la caña de azúcar

El precio de la caña de azúcar está indexado al precio del azúcar, y en promedio se ha mantenido estable en 14,18 dólares la tonelada métrica.

1.16.4 Disponibilidad de tierras para cultivar caña de azúcar

Según una entrevista que tuve con el Ingeniero Astolfo Pincay Flores (Presidente de la UNCE), existe en la provincia del Guayas, y en los cantones alrededor del Triunfo, una gran cantidad de tierras disponibles para realizar diferentes tipos de cultivos. También hay muchas tierras inutilizadas, o subutilizadas en la región Amazónica, y en la Sierra.

En la Provincia del Guayas existe alrededor de 206.300 hectáreas disponibles para el cultivo de caña de azúcar.

1.16.5 Cultivos estén cercanos a la planta de alcohol. (Bajar costos de transporte de materia prima)

Como había dicho anteriormente, la planta podría ubicarse cercana a los cultivos actuales de caña de azúcar (Milagro, La Troncal, El Triunfo, etc.), en donde existen tierras disponibles.

1.16.6 Costo y disponibilidad de la tecnología para producir alcohol a partir de la caña de azúcar

Existe una gran cantidad de empresas alrededor del mundo dedicadas a la fabricación y venta de equipos y maquinarias con tecnología de punta para producir alcohol anhidro.

Entre dichas empresas podemos nombrar a las más reconocidas a nivel internacional como son:

Vogelbusch	Austria
Spechim	Francia
Tomsa	España
Frilli	Italia
Delta-T Corp.	Estados Unidos
Broin & Associates	Estados Unidos

Varias de estas empresas proveen de equipos a las actuales plantas productoras de alcohol en el Ecuador.

1.16.7 Tiempo entre la siembra y la cosecha de la caña de azúcar.

La caña de azúcar cuando se siembra por primera vez está lista para el corte luego de 13 meses. Cuando es caña soca, sólo es necesario 12 meses para poder realizar el corte.

El principal competidor de la caña de azúcar como materia prima para producir alcohol, es la yuca, pero en Ecuador a pesar de que se tiene muchos años de experiencia en este cultivo, y un rendimiento para producir alcohol de 70 a 80 litros de alcohol por tonelada de yuca, no la hacen un cultivo apropiado para la producción de alcohol. Esto se debe a que se produce actualmente 9 toneladas de yuca por hectárea comparado a 80 toneladas de caña de azúcar por hectárea. Es decir que aunque no existe mucha diferencia en el rendimiento en toneladas para producir alcohol, se necesitaría alrededor de 9 veces el área de caña de azúcar para lograr un mismo nivel de producción alcoholera, lo que tendría un costo social muy alto comparado con la caña de azúcar.

Otra desventaja de la yuca con respecto a la caña es que la yuca necesita de mayor energía y de procesos más complejos para poder transformar sus azúcares en azúcares fermentables y de ahí en alcohol, lo que conllevaría a mayores costos de producción.

En lo que respecta a otros cultivos alternativos, no existe la tecnología disponible, o sí existe, es demasiado costoso producir alcohol a partir de ellas, lo que no las hace competitivas.

Transformar el jugo de caña en alcohol es el proceso más sencillo y menos costoso debido a que se compone de azúcares en la forma más simple que se puede encontrar en la naturaleza, lo que hace a este cultivo más rentable que otros.

CAPÍTULO II

EL ALCOHOL

2.1 DEFINICIÓN

Es un líquido incoloro, con un olor y sabor característicos. Usualmente llamado alcohol de grano o simplemente alcohol. El etanol es el alcohol que contienen las cervezas, los vinos, los licores y un sin número de productos químicos. Puede obtenerse mediante el proceso de fermentación de azúcares a través de la acción de levaduras.

El alcohol es purificado y concentrado por destilación, obteniéndose inicialmente un alcohol etílico rectificado (etanol), el cual se deshidrata mediante un método conocido como Adsorción. Existen otros métodos convencionales como la destilación azeotrópica, al vacío, etc. Todos estos métodos sirven para obtener un producto final llamado Alcohol Anhidro, el cual es mezclado con la gasolina para ser usado como combustible en vehículos.

El etanol tiene un grado alcoholimétrico de 95 G.L. (máximo), lo que lo hace inapropiado para mezclarlo con la gasolina, y por eso se lo utiliza al 100% en muchos vehículos en Brasil. El alcohol anhidro contiene un grado alcoholimétrico de 99.5 G.L. como mínimo (Ver cuadro 2.1), lo que le que permite que pueda ser usado en mezclas con la gasolina. Para su comercialización, se le adiciona una sustancia desnaturalizante con el fin de hacerlo inapropiado para la elaboración de bebidas y alimentos.

El alcohol anhidro se lo utiliza en pinturas, tintas, solventes, diluyentes y como combustible. El etanol es utilizado para producir licores, perfumes, medicinas, desinfectantes, y como combustible.

2.2 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

2.2.1 Volatilidad

La volatilidad indica la habilidad del combustible para evaporarse bajo diferentes temperaturas y presiones. Esta es la característica que más afecta el encendido del automóvil. Mientras altas volatilidades son deseadas en climas fríos, puede causar pérdida de poder en climas más cálidos. Las volatilidades altas también pueden causar emisiones evaporativas. Es decir que la volatilidad es controlada debido a los problemas de encendido y a las posibles emisiones. El encendido cuando el automóvil está frío, es una de la principales fuentes de emisiones de CO en los vehículos a gasolina.

Los alcoholes son menos volátiles que la gasolina cuando son usados sin mezclas o en porcentajes de 85% de alcohol con 15% de gasolina como es Estados Unidos (E85 y E95). El etanol y el metanol son insuficientemente volátiles para encendidos fríos de los motores a inyección, incluso a temperaturas moderadas. Debido a la baja volatilidad, los principales problemas son la dificultad en el encendido y las posibles fallas mientras se calienta. Es decir que la baja volatilidad significa que el etanol necesita ayuda para inflamarse a bajas temperaturas.

Sin embargo, cuando se usan mezclas bajas de alcohol y altas en gasolina, el problema del encendido pasa a segundo plano. Por ejemplo, si utilizamos una mezcla de 10% de alcohol y 90% de gasolina, o 20% y 80% respectivamente, como se hace en varios países.

2.2.2 Octanaje

Es la resistencia a la detonación de un carburante (hidrocarburo empleado en los motores de explosión o de combustión interna).

El número de octanaje indica la habilidad del combustible para resistir una detonación prematura, y para quemarse uniformemente cuando se lo expone al calor y a la presión en un motor de combustión interna.

La detonación prematura desperdicia combustible y puede causar daños al motor.

El número de octanaje puede incrementarse, variando la cantidad relativa de los diferentes hidrocarburos de los que se compone la gasolina, o por la mezcla de esta con aditivos.

En número de octanaje para la gasolina extra está normalmente entre 80 y 83, y para la gasolina súper entre 90 y 93. (Ver cuadro 2.2)

El etanol y el alcohol anhidro tienen un mayor número de octanaje que la gasolina, por lo que al mezclarlos, hace que el número octánico aumente en la mezcla final, dependiendo de la cantidad de alcohol que contenga la mezcla y al tipo de gasolina.

La destilería Soderal, ha hecho unos experimentos, agregando diferentes porcentajes de alcohol anhidro a la gasolina extra, en los cuales demuestra que el octanaje aumenta significativamente en relación directa con el aumento porcentual de contenido de alcohol. Así por ejemplo la gasolina extra con un octanaje de 80,3, mezclada con un 20% de alcohol anhidro aumentó su índice octánico a 92,7. (Ver cuadro 2.3)

También se observó que el rendimiento del vehículo mejoró en arranque, aceleración, y que se alcanzó un mayor kilometraje con un galón de gasolina mezclada con alcohol anhidro (al 10%), que con gasolina extra al 100%.

2.2.3 Calor de Vaporización

Es el calor requerido para convertir la unidad de masa de un líquido (en su punto de ebullición) en vapor, sin incrementar la temperatura.

El calor de vaporización afecta el poder y la eficiencia del motor. Mientras mayor es el calor de vaporización, mejor es la habilidad de enfriamiento. Mayor habilidad de enfriamiento durante el funcionamiento de un motor de combustión interna resulta en una mezcla de aire y combustible más densa, la cual tiene dos efectos: permite un mayor poder y un mejor ratio de compresión, y mejora el poder y la eficiencia.

A pesar de estos beneficios, también existen problemas en el encendido del motor cuando hay poco calor en el aire o en el motor para evaporizar el combustible antes de la chispa.

Los alcoholes combustibles tienen mayor calor de vaporización que la gasolina y que el diesel.

2.2.4 Velocidad de la Llama

La velocidad a la cual la llama se propaga a través de una mezcla de aire y combustible, puede afectar el funcionamiento del motor y las emisiones. Altas velocidades de la llama permiten una combustión más completa. La combustión de gasolina es incompleta, lo que causa emisiones de monóxido de carbono que afecta al medio ambiente y a la salud humana.

Para que la gasolina alcance una combustión más completa, se le agrega oxigenantes, tales como el alcohol (en diferentes formas) ya que contiene moléculas de oxígeno.

2.2.5 Luminosidad y temperatura de la Llama

En los alcoholes combustibles, la temperatura de la llama es menor que la de la gasolina. Una baja temperatura de la llama ayuda a reducir las formaciones de oxido de nitrógeno.

La baja luminosidad de la llama es un aspecto de seguridad debido a que en los alcoholes es casi invisible. Cuando se le agrega alcohol a la gasolina, esta disminuye la luminosidad de su llama dependiendo del porcentaje de la mezcla.

2.2.6 Densidad del vapor

El vapor del alcohol, así como el de la gasolina, es mucho más denso que el aire, lo que hace que tienda a quedarse en áreas bajas. Sin embargo, el vapor del alcohol se dispersa rápidamente.

2.2.7 Contenido de energía

Para volúmenes iguales, el etanol contiene menos energía que la gasolina. Por ejemplo, un galón de gasolina con 85% de etanol, contiene 0,72 galones de gasolina. Es decir que el galón de gasolina con 85% de etanol, se consumirá más rápido, o que con un galón de este tipo, el carro tiene un menor recorrido.

El alcohol anhidro, que contiene un grado de alcohol de 99,7, tiene un valor energético mayor que el de la gasolina. Un galón de este tipo de alcohol corresponde a 1,04 galones de gasolina.

2.2.8 Propiedades Corrosivas

Como el alcohol es más corrosivo que la gasolina, las partes que tienen contacto con el combustible sólo pueden soportar una mezcla hasta del 10% de alcohol en la gasolina. Más allá de ese punto es posible que se tenga problemas de corrosión.

2.3 EL ALCOHOL COMO COMBUSTIBLE

El alcohol tiene numerosas aplicaciones industriales como disolvente y como combustible. Históricamente, el empleo de alcohol como combustible de automóvil data de los años posteriores a la Primera Guerra Mundial, cuando en Inglaterra funcionaron automóviles con mezclas de gasolina y alcohol. Posteriormente, en 1935, Henry Ford fabricó un modelo de automóvil con un carburador adecuado para funcionar con alcohol, gasolina o una mezcla de ambos. El alcohol se abandonó como combustible después de la Segunda Guerra Mundial, cuando el petróleo se convirtió en un producto abundante y barato.

Sin embargo, actualmente vivimos precisamente una situación inversa (petróleo escaso y caro), con lo que se está convirtiendo en un hecho cada vez más importante el plantearse de nuevo la posibilidad de utilizar alcohol como combustible. Así, en la actualidad son varios los países que están estudiando el empleo de alcohol obtenido de la biomasa como combustible, bien como componente único, o en mezclas con gasolinas.

Los diversos estudios realizados hasta el momento respecto al uso como combustible del alcohol muestran que el etanol y la gasolina no son combustibles intercambiables para un mismo vehículo.

Cuando se utiliza etanol al ciento por ciento se ha logrado un incremento de la potencia del 15%, una mayor eficacia térmica (30%), menos emisiones de monóxido de carbono, pero a costa de un mayor consumo (alrededor de un 20%). Existen modelos Fíat y Volkswagen que utilizan exclusivamente etanol en sus motores, y en Estados Unidos hay carros diseñados para funcionar hasta con un máximo de 85% y 95% de etanol. Estos vehículos pueden funcionar con cualquier combinación alcohol/gasolina por debajo o igual a su especificación. Por ejemplo un carro fabricado para utilizar E85, puede funcionar con una mezcla máxima de hasta 85% de etanol y 15% de gasolina. Estos vehículos son conocidos como "Vehículos Flexibles".

La adición de alcohol anhidro (alrededor de un 10% en volumen) a la gasolina (mezcla conocida como gasohol), utilizando un motor convencional, aumenta su capacidad antidetonante, lo que produce mayor eficiencia del motor.

Todos lo automóviles en Norte América están diseñados con garantía para operar con una mezcla de alcohol-gasolina a una concentración hasta de 10% de alcohol sin ninguna modificación en el motor. Si la concentración de alcohol se incrementa a más de 10%, como en el caso de Brasil (20-24% de alcohol), entonces es necesario utilizar otro tipo de aceites, etc.

Concentraciones de alcohol mayores a las de 20-24% de alcohol anhidro necesitan mayores cambios, y eso significa que los motores ya tiene que venir diseñados para ese tipo de mezclas, o que estos cambios se realicen en un taller convencional, lo cual traería altos costos para el usuario.

El alcohol se quema más limpiamente a una temperatura menor que la gasolina. Esto significa menores depósitos de carbono en el motor.

2.4 ECONOMÍA DEL ALCOHOL

El balance energético de los diversos procesos de obtención de alcohol depende fuertemente del pre-tratamiento requerido para hacer el material fermentable. El coste energético del pre-tratamiento depende, a su vez, de la complejidad de la biomasa y es creciente en la secuencia: azúcares, almidón y celulosa. La energía final requerida dependerá también de si se utiliza material combustible constituyente de la biomasa que se está tratando (por ejemplo el bagazo en las calderas) como sustituto parcial de los aportes de energía de los combustibles fósiles que se han de emplear a lo largo del proceso.

Todo ello ha hecho que algunos países consideren seriamente al alcohol como una importante fuente energética a mediano plazo, habiendo surgido al respecto innumerables proyectos de investigación y desarrollo.

En este aspecto, el caso más conocido es del de Brasil, el que más adelante analizo con mayor profundidad, cuyo plan de sustitución de la gasolina por alcoholes se gestó como consecuencia de la crisis de 1973. La primera fase del programa se comenzó a desarrollar en 1975.

La idea del alcohol etílico como combustible, como hemos dicho, no es nueva. Esta recibió discusión y publicidad en los años 20´es y los 30´s. El etanol fue usado como combustible por varios países durante la Segunda Guerra Mundial. El interés resurgió en los Estados Unidos a mediados de 1970 con el advenimiento del embargo y el cartel petrolero, y con la subida acelerada del precio del crudo.

En ese tiempo, muchas personas, particularmente las pertenecientes a las comunidades campesinas norteamericanas, empezaron a mirar seriamente al alcohol etílico y las mezclas de este con la gasolina como un combustible alternativo. Sin embargo, a comienzos de 1980, el incremento de la producción de petróleo en Estados Unidos, más la gran caída en la demanda de este debido a su alto precio, resultó en una sobreproducción de petróleo, y esto llevó a la baja en los precios de mercado para el petróleo y la gasolina. Como resultado de esta cadena de eventos, el interés en el alcohol como combustible, cayó rápidamente.

Sin embargo, si aceptamos que los precios del petróleo van a subir a largo o mediano plazo, el alcohol etílico como combustible líquido va a seguir siendo una alternativa potencialmente viable.

2.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL

Las plantas almacenan la mayor parte de la energía solar que captan en forma de hidratos de carbono. Estos hidratos de carbono pueden presentarse de manera simple, en forma de azúcares, o en forma de polímeros: almidón o celulosa.

Cualquier producto que contenga azúcares fermentables o hidratos de carbono transformables en aquellos (almidón o celulosa) puede servir para obtener alcohol. Este hecho es conocido hace varios milenios, durante los cuales se ha obtenido alcohol a partir de diversas materias primas en forma de bebidas alcohólicas (vino, ron, whisky, cerveza).

Dependiendo del tipo de biomasa de partida, es necesario analizar con detalle el rendimiento de este proceso de conversión de la biomasa en alcohol combustible, para poder evaluar su viabilidad técnica y económica, ya que cuando la materia prima es rica en almidón o celulosa, es necesario someterla previamente a ciertos procesos para transformarla en compuestos fermentables.

En el cuadro 2.4 se distinguen tres grandes grupos de biomasa susceptibles de ser fermentadas y transformadas a alcohol.

Sentadas estas bases, se puede dividir el proceso global de obtención de alcohol a partir de biomasa en las siguientes etapas:

1. Pre-tratamiento de la materia prima
2. Hidrólisis
3. Fermentación alcohólica
4. Separación y purificación del alcohol

Obsérvese que este esquema es una generalización del proceso, ya que la etapa de hidrólisis es opcional, dependiendo de la biomasa que se vaya a procesar. En el caso de la caña de azúcar, la Hidrólisis no es necesaria.

2.5.1 Pre-tratamiento de la biomasa

El pre-tratamiento tiene como objetivo transformar la biomasa a utilizar cuando ésta es poco asequible a la fermentación. Este es aplicable a todas las materias primas, ya que su objetivo fundamental es reducir éstas a partículas pequeñas, de forma que aumente la superficie de contacto para los procesos posteriores. El pre-tratamiento consistente en la trituración, molienda, pulverización, etc. de la biomasa., en este caso de la caña de azúcar.

En esta fase del proceso, la caña de azúcar es lavada para eliminar la mayor cantidad posible de materia extraña. De la mesa lavadora, y de las plataformas de descarga, la caña se deja caer en los conductores horizontales que llevan la materia prima a las picadoras de cuchillos o machetes y desfibradoras que preparan la caña para la molienda. En los molinos, el jugo de caña es recolectado en los tanques de almacenamiento de la materia prima, para luego ir a la fase de fermentación.

Cuando se trabaja con biomasa que contiene almidón, se suele someter ésta, a una cocción, con objeto de gelatinizarla, es decir, impregnarla bien de agua para obtener una masa homogénea. La celulosa generalmente se trata con diversos agentes químicos (ácidos, principalmente), que permiten solubilizarla y separarla de la lignina, la cual es una sustancia no fermentable.

2.5.2 Hidrólisis

La hidrólisis, o ruptura de las moléculas en medio acuoso, tiene como finalidad la transformación de los polímeros de glucosa (almidón y celulosa) en azúcares sencillos. Esta operación se efectúa, bien mediante fermentos o enzimas (hidrólisis enzimática), o mediante el uso de reactivos químicos (hidrólisis química).

La hidrólisis enzimática se lleva a cabo con la ayuda de enzimas obtenidas de microorganismos, dependiendo de las condiciones óptimas del proceso de la naturaleza del organismo productor de enzimas, y los rendimientos del pre-tratamiento efectuado y del sustrato empleado.

La hidrólisis química de la celulosa se efectúa preferentemente con los ácidos clorhídrico y sulfúrico (hidrólisis ácida) o con una base fuerte (hidrólisis alcalina). Aunque en este caso la reacción es mucho más rápida que en la hidrólisis enzimática, las temperaturas de trabajo son muy superiores (mayor consumo de energía) y se producen problemas de corrosión.

2.5.3 Fermentación alcohólica

Es la conversión de los azúcares en alcohol por la acción de microorganismos (levaduras) bajo condiciones controladas:

- Temperatura: 27 - 32 °C
- Acidez: ph entre 4 y 5
- Concentración de azúcares: inferior al 22%
- Concentración final de alcohol: inferior al 9%

Una vez que la biomasa conteniendo hidratos de carbono se ha transformado en una solución azucarada, se puede someter esta a un proceso de fermentación con objeto de convertir los azúcares en alcohol.

Esta transformación se produce a través de una compleja secuencia de reacciones que puede expresarse, desde el punto de vista tecnológico, por la siguiente ecuación:

$$C_6H_{12}O_6 \text{ -------->} \ 2\ CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + 2\ CO_2 + \text{Calor}$$

Según esta reacción, de 100 Kg de glucosa se obtienen 51,1 Kg de alcohol y 48,9 Kg de dióxido de carbono. En la práctica, el rendimiento real en alcohol es menor que el valor teórico, ya que aproximadamente un 5% de glucosa es utilizado por el microorganismo para producir nuevas células y otros productos de su metabolismo.

Los microorganismos generalmente empleados son las levaduras, hongos unicelulares ampliamente distribuidos en la naturaleza. Los más utilizados en la fermentación alcohólica son los de la familia Saccharomyces (S. cerevisiae). En la acción de las levaduras influye una gran cantidad de factores, entre los que destaca la temperatura, el pH y la concentración de azúcares. Es por eso que en el proceso de fermentación, se le agrega a la masa fermentable, ácido fosfórico, oxígeno y urea, como nutrientes.

Este proceso se realiza en los tanques fermentadores (figura 2.1), y el producto final del proceso fermentador contiene no más de 9% de alcohol y el resto de agua, y es denominado Vino. Este se almacena en los tanques almacenadores de Vino (Figura 2.2) para luego ser destilado.

2.5.4 Separación y purificación del alcohol

Consiste en la destilación de la masa fermentada para obtener etanol comercial del 96% o destilación adicional para obtener alcohol anhidro (99,7%).

De todas las etapas indicadas, el proceso de destilación es el de mayor coste, debido a su consumo de energía.

En la masa de fermentación o vino, el etanol sólo se encuentra en una concentración máxima del 8 a 9 por ciento. Esto obliga a una concentración de la disolución si se quiere obtener el alcohol libre de agua. Industrialmente se emplea la rectificación (una forma de destilación) para separar el alcohol de la masa fermentada

El afluente intermedio contiene una disolución de etanol al 96%, pureza imposible de superar por destilación ya que se trata de una mezcla azeotrópica, es decir, de punto de ebullición constante.

Si el objetivo de la planta es obtener alcohol anhidro, como en este proyecto, es preciso agregar un quinto paso a la cadena de producción, en el cual es necesario romper el azeotropo agua-etanol, lo que generalmente se consigue procediendo a una nueva destilación utilizando un tercer componente (benceno, éter, hexano, etc.), que forme a su vez un azeotropo con el agua y libere al etanol seco. La pureza normal del producto obtenido por este procedimiento es del 99,5%. Pero también existen otros métodos como el de los Filtros Moleculares, mediante el cual se obtiene un grado de alcohol de 99,7. Este es el proceso que se piensa utilizar en el proyecto debido a que es una técnica más avanzada que la destilación azeotrópica y su costo es mucho menor.

2.6 DESTILACIÓN DE LA MASA FERMENTADA

Los procesos de destilación que vamos a explicar en esta sección del capítulo consisten en la separación del alcohol del agua y de otros componentes en la masa fermentada, la que ahora llamaremos "cerveza", por un proceso llamado destilación. Recordemos que esta cerveza (masa fermentada) no contiene más de 8 a 9% de alcohol, pero al final del proceso de destilación, obtendremos alcohol en una forma lo suficientemente pura como para poder ser usada como combustible. Es decir que el proceso de destilación sirve para producir una mayor concentración de alcohol.

2.6.1 Cómo Funciona un Proceso de Destilación

Todos estamos familiarizados de cómo se produce el agua destilada. El agua es calentada, y el vapor se lo conduce por un tubo hacia otro tanque. Al llegar a este tanque, se condensa ese vapor de agua mediante el enfriamiento del vapor. Al obtener el agua en estado líquido, podemos decir que está destilada. Esto es una destilación simple, en la cual se separa las sustancias volátiles (agua) de las que no son volátiles (impurezas).

La destilación "fraccional" es usada para separar mezclas de dos líquidos con diferentes puntos de ebullición, tales como el alcohol y el agua. El alcohol etílico hierve aproximadamente a 173.3° Fahrenheit (78.5°C) , mientras que el agua lo hace a 212° F. Una mezcla de ambos líquidos va a bullir a una temperatura entre 173° y 212° F. dependiendo del ratio entre alcohol y agua.

Imaginemos un vaso de laboratorio en el cual tenemos una mezcla de alcohol y agua a cierta temperatura. La parte superior del vaso está cerrada, excepto por un pequeño hueco por el cual se le añade un globo para permitir que el aire salga. El envase se encuentra a presión atmosférica, y la superficie del líquido no es removida por las circulaciones de aire alrededor del vaso.

Luego de un periodo de tiempo, la cantidad de vapor de agua y de vapor de alcohol contenida en la mezcla gaseosa encima del líquido, va a alcanzar un valor constante dependiendo de la temperatura y la presión. El líquido y la mezcla gaseosa alcanzan un "equilibrio", condición bajo la cual no hay un cambio neto en el ratio líquido/vapor o en el de alcohol/agua.

Sin embargo, en el ratio de alcohol/agua en la fase de vapor, el contenido de alcohol es mayor que en el ratio del líquido, debido a que el alcohol es usualmente más volátil que el agua. Esta es la característica que nos permite destilar una concentración cada vez más superior en alcohol de una mezcla con agua.

Realizando secuencias controladas de evaporación y condensación, revaporización y recondensación, cada recondensación del vapor previo, alcanza un contenido superior en alcohol. Esto se debe porque el alcohol en el vapor está en una concentración mayor de la que estaba en líquido del cual fue vaporizado.

La siguiente relación en la mezcla alcohol/agua tiene una concentración de alcohol de aproximadamente 95,6%. En este punto, las dos substancias dejan de bullir por separado, y la destilación fraccional ya no hace su función. Una mezcla con esta composición se la denomina "mezcla azeotrópica". Es necesario que se realice otro tipo de destilación, con el fin de obtener alcohol anhidro a 99,7 gl (grados de alcohol) debido a que este alcohol es el que puede ser utilizado en mezclas con gasolina. El método para obtener este alcohol es explicado más adelante.

2.6.2 Tipos de procesos de destilación

Hay dos tipos de procesos de destilación que en la actualidad son los más aplicados y los más eficientes. Uno es el "Sistema de alimentación continua en la columna de destilación" (continuos-feed detillation column system), en la cual la cerveza (que contiene un contenido constante de alcohol) es bombeada continuamente a la columna. El otro proceso es el llamado "Sistema de Tandas" (pot-type destillation system), en el cual una tanda de cerveza, con sólidos pesados, es simplemente hervida para poder evaporar el alcohol. Luego, el vapor de alcohol/agua, es conducido a la columna de destilación para obtener una mayor concentración de alcohol.

a.- Sistema de Alimentación Contínua

La columna consiste de un tubo largo (Figura 2.3) que incluye una sección de pre-deshidratación (stripping section) en la parte inferior, y otra sección de deshidratación o rectificación (rectifying section) en la parte superior. Hay un condensador localizado en la cima de la columna y un recalentador opcional en la parte inferior.

En el proceso se realiza un continuo fluido de cerveza líquida la cual ha sido pre-calentada y con todos los sólidos removidos. La cerveza con estas características es introducida en la columna por la parte superior de la sección de pre-deshidratación. Esta mezcla líquida de alcohol/agua baja por la columna de manera pausada debido a una serie de platos que están

dentro de la columna. Del recalentador (parte inferior), entra vapor de agua el cual sube por el tubo (columna de pre-deshidratación).
Los platos sirven para lograr una buena mezcla entre el vapor que sube, y el líquido que baja, la cual permite que el alcohol se evapore y el agua se condense.

En algún punto a lo largo de la columna, hay más alcohol en el vapor que en el líquido, pero no lo suficiente como debería de haber según el principio de "equilibrio". Debido a que el alcohol no a alcanzado este principio, la presión del vapor provoca que este se evapore (del líquido), y que el agua se condense (del vapor).

Estos dos procesos deben de suceder simultáneamente debido a que el primero (vaporización) requiere de calor, y el segundo (condensación) produce calor. En una columna bien diseñada y sin fugas, todo el calor causado por la condensación va a la evaporación del alcohol.

Se evapora la misma cantidad de alcohol, que la cantidad de agua que se condensa. El vapor (que sube) se incrementa constantemente en contenido de alcohol, mientras que el líquido que baja (cerveza) va perdiendo constantemente contenido de alcohol. Esto significa que en la parte superior de la columna va a haber un mayor contenido de alcohol tanto en el líquido como en el vapor, y un menor contenido en la parte inferior de la columna.

La columna puede ser operada en "modo continuo" o en "modo de series" o tandas, y todo el proceso de destilación es controlado mediante un software denominado DCS (Sistema de Control Distribuido) (Figura 2.4), con el que se monitorea de manera continua la temperatura, la cantidad en litros de vino que entran a la columna, etc.

En una operación continua, la columna es llevada a un estado de operación balanceado. Este consiste en; 1)una alimentación constante de cerveza, 2)continua salida de agua condensada (al final de la columna), que se encuentra mezclada con la cerveza en la cual no todo el alcohol fue removido o destilado; 3)entrada de vapor desde el recalentador; y 4) la salida de alcohol (vapor) altamente concentrado. Este vapor es condensado, y una gran fracción de este (reflujo) es recirculado en la cima de la columna para controlar la concentración del producto final. La caída de este líquido (reflujo) es requerido para que haya un flujo hacia abajo. Sin este reflujo no habría líquido en la sección de rectificación, lo que significa que no va a ocurrir separación en esta parte de la columna.

Lo que queda al final del proceso, es un líquido altamente concentrado en alcohol con una pequeña porción de agua. Una vez que la columna es llevada al balance operacional en el modo continuo, la operación es sustentada noche y día, semana tras semana, debido a que cada vez que se apaga el funcionamiento de la columna y debe de ser encendida nuevamente, esto resulta en una gran pérdida de energía y de eficiencia.

En el modo de series o tandas, la columna es encendida, llevada al balance y operada hasta que la "tanda" de cerveza es destilada. Luego de esto, la columna debe de ser apagada, enfriada y limpiada, lista para ser encendida para la siguiente tanda.

Ahora describamos el sistema de alimentación continua en la columna de destilación. La sección de pre-deshidratación, y la de deshidratación, están una encima de la otra de modo vertical, el cual es la configuración preferida. Sin embargo, también se las puede construir una a lado de la otra, interconectadas por tubos para devolver la salida de la sección de pre-deshidratación a la de rectificación y viceversa. Esto hace que la altura total de la columna sea más corta, pero requiere de una bomba para llevar el líquido desde la parte inferior de la segunda columna, a la parte superior de la primera. El vapor para le sección de pre-deshidratación es introducido desde la parte inferior de esta columna, o por el recalentador, el cual colecta parte del líquido (mayormente agua) y lo calienta para convertirlo en vapor.

A medida que el vapor sale de la columna de pre-deshidratación, la sección de rectificación se incrementa en la concentración de alcohol lo que sucede cuando el vapor que viene de la columna de pre-deshidratación se mezcla con el reflujo que cae de la columna de rectificación. Cuando el vapor finalmente alcanza el final de la columna (parte superior), debe de tener una concentración de 80 a 95 por ciento de alcohol, dependiendo del largo de la columna y de las condiciones operacionales.

El vapor de alcohol/agua con 80 a 95 por ciento de alcohol es luego condensado a líquido en el condensador. Aproximadamente 2/3 a 3/4 del líquido final es devuelto a la columna de rectificación como reflujo. Eso provee de una fuente altamente volátil de vapor de alcohol para facilitar un producto final con alta concentración del alcohol.

El líquido restante que sale del condensador (1/3 a 1/4 del total) es el producto final, listo para ser utilizado o destilado nuevamente para romper el azeotropo. El ratio entre la cantidad de alcohol recirculado como reflujo y la cantidad de alcohol recolectado como producto final, se lo denomina "ratio del reflujo". Este ratio controla tanto la pureza y la cantidad de energía requerida para la destilación. Mientras mayor sea esta ratio, más puro es el producto final y mayor la cantidad de energía que se requiere para la destilación.

La cerveza que entra a la columna de pre-deshidratación, si está bien filtrada, puede ser usada como parte del fluido que se usa en el condensador. Este va a condensar el reflujo para obtener el producto final, mientras que al mismo tiempo se calienta antes de entrar a la columna de pre-deshidratación. Claro que antes de entrar, se calienta (la cerveza) un poco más.

Cuando el reflujo alcanza la parte inferior de la columna de rectificación, este entra a la columna de pre-deshidratación y se une con la cerveza entrante, lo que hace que el líquido caliente se enriquezca en contenido de alcohol y esto facilita la vaporización cuando el líquido baja en contra del vapor de alcohol. Mientras el vapor sube, el alcohol se evapora del líquido, mientras que parte del vapor de agua se condensa.

Si la columna de pre-deshidratación tiene, por ejemplo, un número cualquiera de moléculas del líquido como de gas pasando cierto punto cerca del principio de la columna, entonces en cualquier otro punto cerca del final de esta columna también va a haber el mismo número de moléculas de líquido y gas. Esto significa que si la composición molecular del gas cambia porcentualmente en algún segmento de la columna, entonces la composición molecular del líquido también tiene que cambiar porcentualmente en el mismo segmento, sin importar en donde esté ese segmento.

Para obtener un producto verdaderamente cercano al azeotropo hay que incrementar la cantidad de reflujo líquido que baja hasta que casi iguale la cantidad de vapor que sube. Este procedimiento deja menos producto final, ya que la mayor parte del vapor condensado tiene que ser regresado. Consecuentemente, esto toma casi el doble de energía para obtener una galón con 95 por ciento del alcohol (en peso), que para obtener uno de 85 por ciento de alcohol.

a.1 Platos de la columna

Consideremos una columna construida con platos (bandejas coladoras) en todo su largo. El líquido introducido en una columna de este tipo, forma una piscina poco profunda en cada plato. El líquido fluye por el plato mientras que las burbujas de gas suben a través de huecos en los platos (llamados bandejas coladoras). Cada plato o bandeja tiene una sección corta de tubos cortados al nivel de cada plato.

Cada plato retiene una capa de líquido, cuya profundidad es controlada por la altura de la tapa de contención. Los huecos en cada plato son lo suficientemente pequeños como para que las burbujas del vapor impidan al líquido pasar. La ligera presión del vapor de alcohol/agua creada por el recalentador, obliga al vapor burbujear a través de los huecos, creando un contacto íntimo entre el vapor (inicialmente a baja concentración del alcohol) y el líquido. El vapor que va ganado concentración, deja la superficie de cada plato, mientras va viajando hacia la parte superior de la columna.

La parte más baja del tubo termina encima de la superficie del plato siguiente (hacia abajo). El tubo es colocado encima de la superficie del plato para de esta forma crear un pequeño dique (llamado tapa de contención) para mantener cierta profundidad de líquido sobre el plato. Mientras el nivel del líquido sube, este baja por el tubo hacia el siguiente plato.

El extremo de la descarga de cada tubo debe de estar colocado cerca de la superficie del plato siguiente, para que el extremo final se sumerja en el nivel del líquido de ese plato. Esto forma una especie de sello para evitar que el vapor entre en el tubo. Poniendo tubos sucesivos en lados opuestos de cada bandeja coladora, el líquido fluye de plato a plato, minimizando cualquier estancamiento y ayudando a mover cualquier sólido que pueda acumularse de la columna de destilación.

La concentración del líquido es aquella que está sobre la superficie del plato de arriba. Si sabemos la composición del líquido que baja desde el plato en la parte superior hacia el segundo, entonces podemos determinar la composición del vapor que sube entre los dos platos.

Debido a que el líquido que desciende del segundo plato debe de estar en equilibrio con el vapor que sube de este, nosotros podemos determinar la composición del líquido debajo del segundo.

Este método sirve para determinar cual es el número ideal de platos que se necesitan en condiciones operacionales dadas. Los cálculos del diseño de la columna necesitan ser precisos y son usualmente hechos por computadora. La longitud de la columna depende de la concentración del líquido inicial y de la pureza deseada.

b.- Destilación por Series

En este método de destilación, la tanda de cerveza es calentada en un gran tanquero hasta que hierva, y el vapor de alcohol/agua es dirigido hacia una columna de destilación. Este proceso siempre va a ser por tandas o series, y se usa solo la columna de rectificación, puesto que el proceso de pre-deshidratación ya es llevado acabo en le gran tanquero.

Este proceso tiene la característica de que mientras el vapor sale de la cerveza, la concentración de alcohol en esta va bajando, y mientras eso baja entonces el producto también baja su contenido de alcohol. Para prevenir esto, el ratio del reflujo tiene que incrementarse.

Elevando el ratio del reflujo significa obtener menos producto de una cantidad dada de vapor producido, por lo tanto un mayor costo de energía. Cuando casi todo el alcohol es removido de la cerveza, el proceso se detiene y la cerveza es removida.

La ventaja básica de este proceso de destilación es su simpleza. No requiere de una alimentación constante de cerveza, la cual muchas veces no está disponible. También tiene un sistema simple en equipos, en donde se cocina, se fermenta y se hierve la cerveza en un solo tanque para luego ser destilada. No es necesario remover los sólidos de la cerveza.

Es posible obtener un sistema continuo con este método con tres tanqueros y una columna de rectificación. Una tanda de caña de azúcar (por ejemplo) es cocinada y fermentada cada 72 horas, y un tanquero está listo para la destilación cada 24 horas.

La desventaja de este proceso simple de destilación, es su baja eficiencia debido a la pérdida de concentración de alcohol en la cerveza. Normalmente este proceso requiere el triple de energía que el proceso de alimentación continua.

c.- Otros tipos de Destilacíon (Alcohol Anhidro)

c.1 Destilación al Vacío

Llevando a cabo una destilación al vacío, nos permite usar bajas temperaturas y lograr altas concentraciones de alcohol. Por ejemplo, a 42 mm Hg (alrededor de 6% la temperatura atmosférica (La presión atmosférica normal es 760 mm Hg (milímetros de la columna de mercurio)), equivalentes a 30 pulgadas de Hg o 14.7 psi. Así, el 6 por ciento de 14.7 psi es aproximadamente 0.88 psi.), la temperatura de la parte inferior de la columna sólo necesita ser de 35° C (95°F) y el de la parte superior de 20°C (68°F). Esto hace difícil que el vapor se condense, sabiendo que hay una pequeña diferencia de temperatura entre el vapor y el refrigerante (aire o agua). Pero esta presión sólo puede ser ventajosa si el calor es abastecido solo a 35°C. Aquí, los desechos de calor de otras maquinarias o de la luz solar deben ser aprovechados.

c.2 Destilación Azeotrópica

Este es el término utilizado en el proceso que produce 100% alcohol, con la ayuda de un solvente orgánico y dos destilaciones adicionales. Este es utilizado en grandes plantas para producir alcohol industrial puro.

En el proceso, un solvente, como penteno o gasolina, es añadido al producto (alcohol no libre de agua) que sale de la columna de destilación como la conocemos. Esta mezcla es puesta en una columna de destilación la cual la divide en producto superior e inferior, la que puede ser controlada para producir alcohol puro, ajustando la cantidad del solvente agregado. El producto de esta columna es llevado a una tercera columna, que destila el solvente, dejando como producto (en la parte inferior de la columna) una mezcla de solo alcohol y agua. Este producto es llevado nuevamente a la primera columna de destilación de alcohol/agua, en donde se remueve el agua, quedando como producto final el Alcohol Anhidro, el cual puede ser usado como oxigenante de la gasolina y como materia prima en la producción de solventes, tintas, etc.

El Alcohol Hidratado, contiene como máximo, un 96,4% de alcohol, y este puede ser usado en vehículos de combustión interna, pero sin mezclarlo con la gasolina y como materia prima en la producción de bebidas alcohólicas, productos farmacéuticos y de limpieza doméstica.

c.3 Adsorción

Este es el método que se va a emplear para obtener alcohol anhidro. El alcohol a 96 gl pasa a las columnas de adsorción (Figura 2.5) las cuales contienen una gran cantidad de Filtros Moleculares o bits, que son una pepitas que tienen orificios milimétricos por donde pasan las moléculas de alcohol, y el agua se queda retenida en los bits.

Esto es posible debido a que las moléculas de alcohol son más pequeñas que las moléculas de agua. Este proceso se lo hace en fase vapor, es decir que el alcohol/agua que pasa por esta columna, es primero calentado y recalentado para obtener vapor de alcohol/agua. Una vez que pasa ese vapor por la primera columna, va a la segunda columna en donde se enfría y luego se lo almacena como producto final.

Una parte muy pequeña de este producto final, pasa otra vez por la primera columna para que pueda absorber el agua de los filtros moleculares y estén listos para la siguiente entrada de vapor de alcohol/agua.

Es importante mencionar que para que esta pequeña porción de alcohol que pasa nuevamente por la primera columna para regenerar los bits, se tiene que hacer al vacío.

El producto final es alcohol anhidro con un contenido de alcohol de 99,7 gl, que es justamente el producto que se necesita para la mezcla con gasolina. Este alcohol es almacenado en los tanques de producción diaria para el control de calidad y luego se lo almacena en los tanques almacenadores (Figura 2.6) esperando a ser mezclados y transportados en los tanqueros (Figura 2.7) a los terminales de Petrocomercial.

2.7 CASOS DE ESTUDIO

2.7.1 Política Nacional de Alcohol.- Brasil

El Programa Nacional de Alcohol fue creado en Noviembre de 1975 en Brasil debido a la crisis energética de esa época.

Cuando el programa fue creado, la producción brasileña de alcohol etílico era de 580 millones de litros en la zafra 75/76. Cinco años más tarde la producción alcanza los 3.6 billones de litros, y luego alcanzó los 11 billones de litros en la zafra 85/86. Si consideramos que la producción de alcohol se mantiene más o menos en las mismas cantidades, entonces podemos decir que la base productiva de este programa está establecida en los primeros diez años.

En el período de 1975 a 1979 fueron invertidos cerca de 1,02 billones de dólares americanos, el 75% de los cuales provinieron de los recursos públicos. En el período de 1980 a 1986 se invirtieron aproximadamente US$ 5,7 billones, 55% de los cuales también se originaron de los recursos públicos. Es decir que para asegurar el crecimiento de la producción de alcohol etílico en los primeros diez años, se utilizaron cerca de US$ 3,93 billones provenientes de recursos del estado brasileño. Actualmente las obligaciones del sector alcoholero alcanzan los US$ 5 billones al Banca de Brasil, sin perspectiva alguna de cumplimiento.

Con el crecimiento de la producción de alcohol etílico, también se aseguró el crecimiento del área total de caña de azúcar sembrada. En la zafra 75/76 el área era de 1,9 millones de hectáreas para una cosecha de 91,5 millones de toneladas, con un rendimiento medio de 46,47 TM./ha. En la zafra 90/91 el área de siembra alcanzó 4,3 millones de hectáreas para una producción de 222 millones de toneladas de caña, con un rendimiento medio de 51,63 TM./ha.

El estado de Sao Paulo es el responsable de cerca de 2/3 de la producción nacional de alcohol etílico. En el período de 1977 a 1989, el área cultivada de la caña de azúcar aumento 619,6 mil hectáreas en deterioro de otros cultivos como el café, arroz, mandioca, fréjol, etc. Esta sustitución se realizó en áreas en donde habitan cerca de 30 mil familias (120 mil personas), y de las cuales una parte significativa se convirtió en población asalariada por la creación de empleos.

El sector alcoholero es el responsable de cerca de 290 mil empleos directos en el estado de Sao Paulo, y en términos nacionales, se crearon 700 mil empleos directos, con otros 600 mil indirectos. Este argumento es utilizado con frecuencia, sobre todo cuando Pro-álcool es colocado en duda.

Otro argumento que es utilizado con frecuencia es el de los beneficios ambientales debido a la sustitución de la gasolina por alcohol etílico, ya sea en autos que usan etanol (alcohol hidratado), o el alcohol anhidro. Actualmente se producen 10,5 billones de litros de alcohol hidratado y 1,3 billones de alcohol anhidro, creando alrededor de 400 mil empleos sólo en el estado de Sao Paulo, donde se concentra la mayor producción.

El alcohol hidratado es utilizado como combustible para una flota estimada de 4,5 millones de vehículos, cerca del 33% de la población nacional de vehículos; y el alcohol anhidro es adicionado a la gasolina en una proporción del 22%, actuando como antidetonante (para mejorar la calidad de la combustión), y es utilizado para una flota de 8 millones de vehículos.

El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo recibió, tan pronto se inició el gobierno del presidente Fernando Cardoso, la atribución de formular y ejecutar la política nacional respecto al azúcar y al alcohol, pasando a competirle también, en consecuencia, la coordinación de la Comisión Interministerial del Alcohol - CINAL - órgano constituido en octubre de 1993 y compuesto por representantes de los ministerios de Minas y Energía; de Hacienda; de Agricultura y Abastos; de Ciencia y Tecnología; de Planificación y Presupuesto, y de Medio Ambiente, Recursos Hídricos y la Amazonía Legal - cuya principal atribución consiste en compatibilizar las actuaciones de los diversos órganos gubernamentales que tienen responsabilidades respecto al sector productor de alcohol y colaborar en la formulación de las políticas necesarias para su desarrollo.

La creación del Programa Nacional del Alcohol - PRO-ÁLCOOL, tuvo la finalidad básica de aumentar la producción de alcohol como combustible ante la amenaza de los precios crecientes del petróleo en el mercado internacional. Además, su implantación hizo posible que se pudiesen alcanzar también otros objetivos, tales como:

- reducción de la dependencia de energía importada y de recurso no renovable;
- suavización de problemas con la balanza comercial;
- reducción de las disparidades regionales de renta;
- reducción de problemas ambientales, principalmente los relacionados con la calidad del aire;
- desarrollo de tecnología nacional en el desarrollo de alternativas energéticas, entre otros.

Hoy casi todos los países han buscado, de forma cada vez más intensa, el uso de oxigenantes para mezclar con la gasolina con el fin de reducir sus índices de contaminación ambiental. Fue la utilización del alcohol lo que permitió a Brasil ser el primer país del mundo en eliminar el tetra etilo de plomo de su matriz de combustibles, reduciendo significativamente sus emisiones contaminantes. Cabe destacar que ningún otro oxigenante sustituye al alcohol con las mismas ventajas, porque el alcohol es el producto que contiene mayor proporción de oxígeno en su composición molecular. En este sentido, se entenderá que son ilimitadas las perspectivas de uso del alcohol como combustible limpio y renovable.

El programa de gobierno del todavía candidato Fernando Cardoso destacaba que Brasil es el único país del mundo que ha desarrollado y consolidado un programa alternativo de producción de combustibles líquidos a partir de la biomasa, con significativos resultados en la creación de empleo y en la calidad ambiental de los grandes núcleos urbanos. Hacer posibles las inversiones en energía representa no sólo atender a las necesidades efectivas del país, sino que también permite una mejor asignación de recursos. Teniendo como referencia políticas coherentes de orientación de la oferta y la demanda, se observarán los principios de racionalidad y minimización de los impactos ambientales.

Siguiendo esta orientación presidencial, los siete ministerios que componen la Comisión Interministerial del Alcohol decidieron en su reunión del 21 de noviembre de 1995 lo siguiente:

- Las razones originales de PRO-ÁLCOOL, es decir, el alza del precio del petróleo en el mercado internacional y el riesgo de desabastecimiento del producto, dejan de tener significativa relevancia para la sociedad brasileña. Hoy las cuestiones a considerar son: el reconocimiento de la importancia del patrimonio tecnológico desarrollado; el de las ventajas generadas por la producción y el uso de un combustible limpio y de origen renovable; el de la esencialidad de mantenimiento de empleo directo e indirecto creado por la actividad; el de los efectos beneficiosos de su uso en la calidad del aire de los núcleos urbanos, con importantes ventajas para la salud de la población y la mejora de la calidad de vida; entre otras.

- La flota de vehículos de pasajeros hoy en circulación permanecerá constituida por vehículos en parte movidos a gasolina mezclada con alcohol anhidro en la proporción de 22% y en parte movidos exclusivamente a alcohol hidratado (aproximadamente 4,3 millones de automóviles, equivalente al 33% de la flota total).

- El gobierno continúa estudiando la posibilidad de incentivar la constitución de flota verde, integrada principalmente por vehículos movidos a alcohol hidratado, en los de uso oficial, los de servicio de taxi y los de alquiler, garantizando la reposición de los vehículos que anualmente se retiran de la circulación.

- Se estudia también la posibilidad de presentar una propuesta de Enmienda Constitucional al Congreso Nacional que permita la institución de un impuesto sobre la distribución de cualquier producto y/o sustancia contaminante, como medio para que se pueda adoptar el principio ya aceptado internacionalmente de que "el que contamina, paga", basado en que "cobrar a los que contaminan el coste de la acción tomada para combatir la polución que causan les estimula a buscar productos o tecnologías menos contaminantes, haciendo posible así un uso más racional del medio ambiente" (Informe de las Comunidades Europeas para CNUCED).

- Además de eso, se incentivará el uso de tecnologías orientadas al aumento de la productividad y a la reducción de costes de productos sectoriales. El potencial de reducción de tales costes es del orden del 8% para el sector industrial y del 22% para el sector agrícola, sólo con el uso de la tecnología que ya está disponible.

- Como forma de asegurar la participación de los productos de la caña en la Matriz Energética Brasileña, el gobierno también estimulará el reinicio de la investigación para el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar y el aprovechamiento de los subproductos de la industrialización de la caña, haciendo énfasis en la cogeneración de energía mediante el uso del bagazo.

- Para hacer posible la producción de alcohol combustible fueron necesarias inversiones por valor del orden de US$ 11.700 millones. La evitada importación de 220.000 barriles de petróleo diarios, mientras tanto, representa ya un ahorro directo de US$ 36.500 millones en el transcurso de los veinticinco años de existencia de Pro-álcool, valor que se incrementa en otros US$ 1.500 millones cada año.

Los impactos positivos del Programa Nacional de Alcohol, tanto para la protección del medio ambiente como para el propio mercado del azúcar, serán aún más significativos si otros países optan también por la mezcla gasolina-alcohol. Brasil y Estados Unidos han establecido una reciente alianza para el desarrollo del uso del alcohol en ambos países. La caña de azúcar es cultivo privilegiado como fuente de energía de la biomasa y su uso orientado prioritariamente a la producción de azúcar es extremadamente limitado.

a.- El Azúcar de Brasil

Cada país perteneciente al MERCOSUR mantiene su política particular con respecto al azúcar. Brasil, por ejemplo, grava las importaciones del producto con un arancel de 2%, mientras que Argentina cobra un arancel entre 10% y 20% a las importaciones de azúcar. Por otra parte, Paraguay posee un arancel del 30% y Uruguay del 20%.

Sin embargo, en teoría para el año 2001, debería integrarse plenamente al esquema de desgravación comercial y por tanto uniformizarse el tratamiento industrial al interior del bloque. Brasil propuso acordar una desgravación arancelaria a partir del año de 1999 para lograr el libre comercio intrazonal dentro de tres años, pero aún no se ha concretado nada al respecto. Esto se debe a las asimetrías prevalecientes entre el sistema de producción de azúcar y alcohol establecido en Brasil frente al del resto de los países del bloque.

El punto clave es que la producción de alcohol es subsidiada de manera que un porcentaje del precio de la nafta se utiliza como subsidio para la producción de alcohol, transferencia que en la actualidad ronda los 7 centavos de real por litro de nafta. Y como la producción de alcohol se hace en forma conjunta con la de azúcar, los países de la región alegan que a través de este mecanismo Brasil indirectamente termina también subsidiando la producción de azúcar.

El gobierno brasileño considera que esa transferencia es de sólo 1.500 millones de dólares por año, y además considera que el gravamen que recae sobre la nafta es un impuesto a los consumidores por la polución que genera la combustión de la propia nafta.

Luego del programa aplicado en el 75, Brasil triplicó su ya alta producción de caña, hasta entonces dedicada sólo a producir azúcar. De 80 millones de toneladas cosechadas al comienzo de los 70, pasó a recoger 240 millones. Actualmente, Brasil es responsable de la producción de 16 millones de toneladas de azúcar, lo que representa un octavo de la producción mundial.

Brasil es el productor azucarero de mayor potencial del mundo. Es el primer exportador mundial del rubro y ocupa, después de la Unión Europea, el segundo lugar entre los productores. Es decir que la producción brasileña de azúcar es realmente relevante, y esta relevancia lleva a que los países del MERCOSUR se resistan a una liberación comercial del sector azucarero.

2.7.2 Colombia

La producción de alcohol se realiza tradicionalmente a partir de las mieles finales, subproductos de la caña de azúcar, aunque recientemente se obtiene de manera directa de los jugos de este cultivo, como sucede en Brasil.

En Colombia, el primer paso para sustituir el plomo en las gasolinas lo dio la Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPETROL, con la creación de la llamada "Gasolina Verde" en la que se reemplazaron los aditivos con base en plomo, por otros no nocivos derivados del alcohol.

A pesar de que se cuenta con la tecnología para producir el alcohol y sus derivados oxigenados necesarios para la gasolina ecológica, estos productos se importan a un costo muy alto. Esto se debe a que en el país la caña que se destina para obtener alcohol sólo produce lo necesario para suplir las exigencias del sector de las bebidas y el farmacéutico.

Por esto, el Gobierno Nacional en unión con ECOPETROL y algunos Ingenios azucareros, realizan estudios técnicos y económicos para producir en Colombia el alcohol suficiente y los aditivos requeridos para la gasolina verde.

2.7.3 Argentina

En 1922 una publicación de la Estación Experimental Agro-Industrial Obispo Colombres (EEAOC), situada en Las Talilas y dependiente del Gobierno de la Provincia de Tucumán, informaba sobre la posibilidad del uso de alcohol como combustible, especialmente para motores de combustión interna, ya sea sólo o en mezclas con éter, bencina o nafta.

En mayo de 1928 se llevó a cabo la primer experiencia relacionada con este tema. En esa oportunidad se utilizó una mezcla carburante, llamada Combustible Giacosa por ser su inventor Luis Giacosa (quien patentó su invento el 3 de octubre de 1927. Dicha mezcla demandaba el 15% de petróleo crudo, el 5% de metileno y el 80% restante de alcohol, no pudiendo mezclarse con agua.

Los resultados fueron: hubo arranque instantáneo, no producía emanaciones de CO, por lo que su combustión era completa y la mezcla combustible-aire absorbida por las válvulas de admisión podía comprimirse nueve veces en su volumen sin detonar por presión; al destaparse el motor no se advirtió la presencia de residuos carbonosos en la cámara de compresión y en la válvula de escape.

En 1942, el Gobernador de Tucumán, utilizó un vehículo accionado con un combustible que tenía el 30% de alcohol desnaturalizado y el 70% de nafta para recorrer los cerros tucumanos acompañado por el entonces Intendente Municipal de la Capital Federal, a modo de demostración de las experiencias que comenzaban a realizarse en el empleo de un sustituto para la nafta. El recorrido alcanzó las localidades de San Javier y Villa Nougués, a 800 metros de altura sobre el nivel del mar. El automóvil tuvo un excelente funcionamiento y despertó elogiosos comentarios del distinguido visitante.

En el Departamento de Investigaciones y Desarrollo de YPF se realizaron ensayos sobre este tema desde 1940, los que fueron oportunamente informados al Ministerio de Agricultura de Argentina.

En 1951, se retomaron estos trabajos a solicitud de la Gobernación de Tucumán y más recientemente en 1974 se cursó información actualizada a la Comisión del Senado, a representantes del Consejo Federal de Investigaciones y a la Comisión Carburante Nafta-Alcohol de la Secretaria de Estado de Energía.

Todos estos intentos realizados en casi 50 años no alcanzan continuidad sino a partir de 1979 cuando se inició el programa de ensayos denominado Programa

Alconafta y que tenía por objeto promover la utilización del alcohol etílico como combustible, estudiando la factibilidad de utilización de la alconafta. Varias fábricas de la Industria Automotriz pusieron a disposición, sin cargo, pares de vehículos idénticos, de modo que los experimentadores pudiesen hacer funcionar en cada caso una unidad con nafta pura y la otra con alconafta, para desarmar los motores a ciertos intervalos y comparar los desgastes registrados como consecuencia del uso de un combustible u otro.

Tucumán comienza el consumo masivo de alconafta común, una mezcla con 12% de alcohol etílico y el resto nafta común, lo que da por resultado un combustible de 83 octanos capaz de reemplazar totalmente el consumo de nafta común a partir del 15 de marzo de 1981. En el período que se extiende hasta el 1º de mayo de 1983, la experiencia que se acumula en los distintos eslabones de las cadenas de distribución de combustibles permite el lanzamiento de la alconafta súper sin mayores problemas.

En el mes de abril, previo al lanzamiento de la venta obligatoria de alconafta común y especial, durante 16 días, tres automóviles, con motores de la mayor compresión que cada marca comercializaba, funcionaron accionados con alconafta súper recorriendo sin solución de continuidad 20.000 kilómetros. Destapados los motores empleados en la prueba y comparados sus estados con el de otros de igual fabricación e idéntica cantidad de kilometraje, cedidos por usuarios particulares, que usaron nafta súper sin la mezcla de alcohol, se comprobó el total éxito de la prueba.

El 20 de septiembre se incorporan al plan alconafta las provincias de Salta y Jujuy con lo que se dio por finalizada la primera etapa, cuyo objetivo era el de absorber los excedentes de alcohol de melaza, sin realizar ninguna extensión de los cultivos de la caña de azúcar.

En diciembre del año 1984 se agregan las provincias de Catamarca y La Rioja, y en marzo de 1985 la provincia de Santiago del Estero quedando de esta forma toda la región integrada al consumo obligatorio de alconafta súper y común.

El objetivo de esta segunda fase era aprovechar totalmente la capacidad de destilación, con posibilidad de eliminar parte de la exportación de azúcar, si los precios internacionales eran desfavorables. Además se preveía la posibilidad de la molienda directa de caña de azúcar en el norte para la obtención del alcohol destinado a la mezcla.

El 30 de octubre de 1985 se integran al plan las provincias de Santa Fé y Entre Ríos. Desde esta fecha hasta principios de 1987 siguieron incorporándose las provincias de las regiones Litoral, quedando en total 12 provincias integradas al plan. El objetivo de esta tercer etapa era aprovechar totalmente la capacidad de molienda, eliminando toda la exportación de azúcar o incorporando otras materias primas aptas para producir alcohol con aceptable relación energética. Se preveía la posibilidad de incrementar la capacidad de destilación y deshidratación.

En el año 1987 las 12 provincias integradas al plan consumían aproximadamente 250 millones de litros de alcohol anhidro por año, y se estimaba que la industria y el cañaveral existentes poseían capacidad para producir 450 millones de litros de alcohol.

También, es importante señalar que la alconafta era económica en la medida en que el Estado renunciaba al impuesto a los combustibles sobre el 15% de alcohol contenido en la mezcla, es decir que la alconafta estaba subsidiada.

Durante los años siguientes, las zafras no fueron buenas, no alcanzándose a cubrir el consumo necesario de alcohol. Por otra parte, el precio internacional del azúcar recuperó su rentabilidad, lo que sumado a las presiones que ejercían las empresas petroleras sobre el Estado, hicieron que el plan alconafta fuera dejado de lado poco a poco, hasta desaparecer por completo.

Cabe resaltar que estaba prevista una cuarta etapa del plan en la que se estimaban necesarios 410 millones de litros por año de alcohol etílico. Para ello eran necesarias inversiones para posibilitar el aumento en la capacidad de molienda, destilación, deshidratación y producción de materia prima. Esta etapa nunca se llevó a cabo.

En febrero del 2001, el Gobierno brasilero invitó a los empresarios azucareros argentinos a sumarse al mercado de producción de alcohol combustible derivado del azúcar e integrarse en un proceso de comercialización conjunta de este producto.

El criterio es el de que existe una demanda bastante grande en otros países para la sustitución de MTBE (butileno metílico terciario) por alcohol anhidro. En Estados Unidos el alcohol derivado del azúcar es usado para reemplazar el MTBE. Este país eligió esta sustitución, pero no puede producir todo el alcohol que necesitan, por lo que tendrán que importar. Esto significa que hay un mercado para poder exportar alcohol.

La intención de Brasil es que el alcohol sea un "commodity" que se negocie en los mercados financieros. Si los empresarios argentinos se lanzan a producir alcohol combustible, Argentina y Brasil podrían negociar en forma conjunta la venta de este producto en terceros mercados.

El "Clean Air Act" dictado por el gobierno del Estado de California ordena la sustitución de MTBE (aditivo utilizado en la nafta en sustitución del plomo) por alcohol anhidro, ya que el MTBE contamina los lagos y ríos del Estado. Solo la flota automotriz de California alcanza a 17 millones de automóviles

El costo de producción de alcohol a partir de maíz en los Estados Unidos sería de aproximadamente el doble que el costo de obtener dicho producto de caña brasileña y 80% superior al argentino. Los precios norteamericanos se ecualizan a través de la aplicación de un subsidio de US$ 140 por metro cúbico de alcohol a la producción nacional.

Para considerar la magnitud probable de este cambio en términos de consumo de alcohol, estimaciones brasileñas calculan que la sustitución del MTBE por alcohol utilizando una mezcla de 5% de alcohol como aditivo en el consumo norteamericano de gasolina para automóviles implicaría la utilización de 35.000 millones de litros, o el equivalente del doble del Programa Pro-álcool.

2.7.4 Estados Unidos

En Estados Unidos, más de un trillón de millas han sido recorridas usando mezclas de gasolina y alcohol, y las ventas de este alcohol como combustibles, representan más del 12% de las ventas de gasolina.

El Congreso Estadounidense estableció en 1979 el Programa Federal de Alcohol, para estimular las economías rurales y para reducir la dependencia de esa nación al petróleo importado. Es decir que sustituían esa importación de energía, por la producción interna de una fuente de energía renovable.

El alcohol es vendido en todo el país como elevador de octanaje y como un oxigenante capaz de reducir los índices de polución del aire, mejorando el funcionamiento del vehículo.

El alcohol ha tenido un crecimiento continuo desde finales de los 70´s, cuando fue utilizado como un producto de extensión debido a los "cortes" de gasolina causados por el embargo petrolero de la OPEP. Hoy en día la mayoría de los estadounidenses reconoce la habilidad del alcohol para contribuir a la economía de la nación y a la seguridad ambiental y energética.

En Estados Unidos el alcohol es producido principalmente del trigo, lo que ha traído grandes beneficios económicos en especial a las poblaciones rurales en donde se produce este cultivo. Esto se debe a la creación de empleos directos e indirectos, incrementando los ingresos de los agricultores.

El Departamento de Agricultura de este país estima que por cada 100 millones de galones de producción de alcohol, se crean 2,250 empleos locales para una comunidad.

Un estudio realizado en 1997 concluyó que como resultado del programa de alcohol en los Estados Unidos, se incrementaron los ingresos del estado por nuevos impuestos personales creados de los salarios, sueldos, e ingresos de las granjas. Hubo también una caída en los pagos para ayudar a los desempleados.

Aún tomando en cuenta el costo del subsidio del alcohol, lo importante es el efecto neto que tiene esto sobre el déficit del presupuesto general del estado, que se muestra en el cuadro 2.5, para el año de 1997.

La industria del alcohol ha crecido a más de 50 plantas de producción en diferentes partes de Estados Unidos. La producción de alcohol se la realiza a través de diferentes granos (maíz, sorgo y trigo), desechos agrícolas (bagazo, cáscara de la papa, etc.), y desechos forestales y de papel.
Actualmente la principal fuente es el maíz, para el cual se utiliza un proceso conocido como fermentación micróbica.

El alcohol ha sido una gran alternativa para los norteamericanos en relación a la dependencia de energía importada. Estados Unidos consume el 25% del petróleo mundial.
De acuerdo a una encuesta realizada en 1998, el 83% de los votantes norteamericanos le temen a que Estados Unidos se mantenga muy vulnerable a las crisis energéticas mundiales. Ocho de cada diez votantes creen que la dependencia de su nación al petróleo extranjero, es una seria amenaza para su economía, sus trabajos, sus estándares de vida. Siete de cada diez están igualmente preocupadas por la amenaza al medio ambiente. Ocho de cada diez

votantes están a favor de incrementar el uso de combustibles renovables para el transporte, para así poder reducir la dependencia de petróleo importado.

En resumen se puede indicar algunos impactos que esta industria ha traído a los Estados Unidos:

- Incremento en el ingreso neto de 4,5 billones de dólares.
- Aumento en el empleo en 195.200 puestos.
- Creación de 450 millones de dólares en impuestos.
- Mejora en la balanza comercial por unos 2.000 millones de dólares
- Ahorro en el presupuesto federal de unos 3.6 billones de dólares

Actualmente en Estados Unidos existen alrededor de 53 plantas productoras de alcohol para ser destinado al uso como carburante, y 6 están en construcción, sin contar con los proyectos que están siendo realizados para nuevas plantas.

2.7.5 Casos de otros países

Sudáfrica posee una planta de destilación a partir de la caña de azúcar con capacidad productiva de 653.000 litros por día.

En Francia se invirtieron 500 millones de francos entre los años 1983 y 1986 para realizar investigaciones relacionadas con este tema.

En Australia y Nueva Zelanda se realizaron estudios para analizar la factibilidad de la implementación de proyectos de alconafta.

En Bolivia en el año 1983 más del 50% de los automotores utilizaban alconafta con 15% de alcohol anhidro en lugar del clásico hidrocarburo.

El gabinete tailandés aprobó el plan presentado por el Comité Nacional de Etanol para promover una mezcla de etanol y gasolina como carburante alternativo. Según el plan se reemplazará el MTBE por un 10% de etanol oxigenado en el carburante. Una parte esencial del plan implica la reducción del impuesto de consumo sobre las mezclas de etanol y su exención del fondo de Petróleo del Estado.

En septiembre de 1998 se creó un programa para la Ciudad de México, en el cual una flota de 20.000 vehículos del estado usaría mezclas de alcohol y gasolina (10% y 90% respectivamente). El alcohol utilizado se produciría a partir de la caña de azúcar, y según los expertos de ese país, eso contribuiría a una reducción en las emisiones en un 30% aproximadamente si el programa se extiende a 4 millones de vehículos particulares como se tiene planeado.

Paraguay también lanzó su propio programa para el uso de alcohol combustible. Estos países, entre muchos más, han seguido los ejemplo de países como

Estados Unidos, Canadá, Japón y varios de Europa Occidental, que desde hace muchos años adicionan alcohol a las naftas en una proporción del 45%, como Austria, donde el combustible automotor contiene un 25% de alcohol de papa.

2.8 VENTAJAS DEL USO DE ALCOHOL COMO CARBURANTE

- Renovable
- Medio ambiente más limpio
- Menores residuos de carbono en motores
- Menores emisiones netas de dióxido de carbono
- Menor dependencia en importación de gasolina
- Mayores oportunidades para campesinos
- Mayores ingresos campesinos

2.9 COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

A parte del alcohol, la gasolina, y lo que comúnmente conocemos como combustibles, también existen otros que se pueden utilizar. En esta sección del capítulo analizamos a breves rasgos algunos tipos de combustibles que existen actualmente en algunos países, pero que por alguna razón, ya sea de costos o de tecnología, no han podido entrar participar en gran medida en el mercado. La mayoría de estos combustibles, tiene la habilidad para quemarse limpiamente, lo que les da una mayor importancia a la investigación de estos y a la búsqueda de tecnologías más avanzadas que le permitan reducir los costos asociados con su producción. Cabe destacar que este tipo de investigaciones se realiza en aquellos países en donde la importancia por la conservación del medio ambiente está mucho más presente en los ciudadanos y en lo que se encargan de realizar las políticas en el ámbito ambiental. Esto también va ligado con la disponibilidad de recursos financieros y técnicos para realizar este tipo de investigaciones. A continuación presentamos algunos de estos combustibles que probablemente serán más conocidos en futuro.

2.9.1 Biodiesel

Es un combustible que se quema limpiamente, y proviene de fuentes naturales y renovables como los aceites vegetales. El biodiesel opera en motores de combustión interna.

Esencialmente no se requieren de modificaciones en el motor, y mantiene la capacidad de carga del vehículo. El uso de biodiesel en motores a diesel convencional, resulta en una reducción substancial de hidrocarburos no quemados y de emisión de monóxido de carbono.

El biodiesel tiene propiedades físicas muy similares a las del diesel convencional. Sin embargo las propiedades de emisiones son mejores que el convencional.

Se puede obtener de aceites vegetales nuevos o usados y de las grasas de los animales. Se requiere de modificaciones mínimas en el motor cuando es usado en mezclas.

Los aceites vegetales pueden ser reaccionados químicamente con un alcohol (usualmente metanol) para producir compuestos químicos conocidos como éteres. Biodiesel es el nombre que se le da a estos éteres cuando se les va a dar uso como combustible.

Para producir Biodiesel se utiliza un proceso mediante el cual el aceite vegetal (o la grasa animal), es primero filtrada, luego pasa por un proceso en el cual se separan los ácidos grasosos. Después se mezcla con alcohol (metanol), y con un catalizador (usualmente hidróxido de sodio o de potasio). Los triglicéridos del aceite reaccionan para formar éteres y glicerol, los cuales son separados el uno del otro y luego purificados.

El biodiesel es relativamente desconocido y enfrenta muchas barreras para expandirse comercialmente. Tiene que satisfacer un gran número de obstáculos regulatorios, y su precio debe de hacerse más competitivo. Todo esto es necesario antes de que haga una penetración importante en el mercado.

Según expertos en el tema, si el gobierno de Estados Unidos diera incentivos comparados a los que recibe el alcohol, la producción de biodiesel proveniente de los aceites de las semillas podría alcanzar una producción de dos mil millones de galones por año, o un 8% del consumo de diesel en las autopistas a principios del siglo XXI. A este nivel de penetración en el mercado, el biodiesel será probablemente usado como combustible principalmente en buses y camiones de cargas pesadas, a una combinación con diesel fósil del 20 por ciento.

Es importante anotar que actualmente el galón de biodiesel está alrededor de 2 dólares, mientras que el diesel fósil cuesta de 65 a 70 centavos el galón. La fuente de producción del biodiesel aporta con un 90% del costo directo de producción.

La soya es una planta leguminosa originaria de las regiones cálidas de Asia. Tiene un elevado valor nutritivo y de ella se extrae aceite. Esta planta contiene un 20 % de aceite. La soya podría ser sustituida por otras plantas que contengan un mayor porcentaje de aceite.

2.9.2 Combustible Eléctrico

La electricidad es única entre los combustibles alternativos en que el poder mecánico es derivado directamente de ella, mientras que los otros combustibles alternativos liberan energía química almacenada a través de la combustión para proveer poder mecánico.

El poder motriz es producido por electricidad mediante un motor eléctrico. La electricidad usada para que funcionen los vehículos es proveída comúnmente por baterías, pero actualmente también se están usando lo que se conoce com "Fuel Cells".

Las baterías son dispositivos de almacenamiento de energía, a diferencia de los "fuel cells", que convierten la energía química en energía eléctrica.

La electricidad es producida en plantas energéticas transmitidas a subestaciones a través sistemas de transmisión de alto voltaje, y llevadas a los hogares mediante sistemas de distribución.

Uno de los grandes beneficios de este tipo de energía, es que no produce emisiones de ningún tipo. Es decir que no produce polución en el medio ambiente.

Sin embargo hay quienes sostienen que sí se realizan emisiones generadas en el proceso de producción de electricidad.

El costo de capital inicial es relativamente alto, pero a la larga resulta beneficioso debido a que el costo del "combustible" y los costos de mantenimiento son bajos.

El costo de una cantidad equivalente de combustible para un vehículo eléctrico es menor que el precio de la gasolina. El costo de mantenimiento también es menor debido a que estos vehículos tiene menos partes móviles que reemplazar.

2.9.3 Gas Natural

Es una mezcla de hidrocarburos, principalmente metano (CH_4), y se lo encuentra en pozos de gas o pozos petroleros.

Es consumido en el mercado residencial, comercial, industrial.

El interés sobre el gas natural como un combustible alternativo, proviene de su calidad en quemarse limpiamente. Debido a su naturaleza en forma gaseosa, se lo debe almacenar en el vehículo en estado gaseoso comprimido, o en estado líquido.

El gas natural como es transportado a través de un sistema de gasoducto, también contiene hidrocarburos tales como etano y propano, y otros gases como nitrógeno, helio, dióxido de carbono, vapor de agua, etc.

Es necesario procesar el gas natural, para separarlo del petróleo y de contaminantes. En primer lugar se separa el gas de los líquidos tales como el petróleo, agua, etc. El gas separado se sigue procesando para satisfacer requerimientos específicos.

2.9.4 Hidrógeno

El hidrógeno (H_2) se lo usa en los motores de combustión y en los vehículos eléctricos con fuel cells. Es un gas en condiciones normales de temperatura y presión, el cual presenta menores barreras en su transportación y almacenamiento, que los combustibles líquidos.

El hidrógeno tiene varias fuentes para su producción, y posee una gran habilidad para quemarse limpiamente, lo que lo hace muy deseado como un combustible alternativo.

El combustible más simple y liviano es el hidrógeno (H2). El hidrógeno como combustible no se presenta en estado puro, pues contiene pequeñas proporciones de oxigeno, entre otros.

Existen dos métodos para la producción de hidrógeno. El primero es conocido como electrólisis, y el segundo como síntesis.

En el primero se usa electricidad para separar las moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno. La energía eléctrica puede provenir de varias fuentes de producción de energía eléctrica, incluyendo combustibles renovables.

El método predominante es la síntesis del vapor del gas natural, aunque otros hidrocarburos también pueden ser usados como materias primas para crear hidrógeno.

2.9.5 Metanol

El metanol es el más simple de los alcoholes, y es usado como combustible. Hoy en día la mayor parte de la producción mundial de metanol se realiza utilizando gas natural como materia prima. Sin embargo en la actualidad se le está dando mucha importancia a la producción de metanol a partir de fuentes no petroleras tales como el carbón vegetal y la biomasa, lo que reduce las importaciones de petróleo.

Actualmente se utiliza el M-85, que no es más que una mezcla de metanol (85%) y de gasolina (15%). El metanol también convertido en éter (MTBE), el cual es mezclado con la gasolina para aumentar el nivel de octanaje y para crear gasolina oxigenada.

Debido a su alto nivel de octanaje, es utilizado como combustible en las 500 Millas de Indianápolis desde 1965.

Como combustibles, el etanol y el metanol tienen características químicas y físicas similares. El metanol es metano con una molécula de hidrógeno reemplazada por un radical oxidrilo (OH).

La Comisión de Energía de California ha pronosticado que el precio del M-85 va a ser en el año 2010 de $1.27 para un galón equivalente de gasolina, que costará alrededor de $1.48 el galón. El precio del diesel se ha pronosticado en $1.24.

2.9.6 Propano

El gas licuado del petróleo consiste principalmente de propano, propileno, butano y butileno, en varias mezclas.

En Estados Unidos, la mezcla consiste mayormente de propano, el cual se produce como un subproducto en la producción de gas natural y la refinación del petróleo.

Cuando se produce el gas natural, este contiene metano y otros hidrocarburos livianos, que son separados en una planta procesadora de gas. Debido a que el propano hierve a -44 grados Fahrenheit, y el etano a -127 grados Fahrenheit, la separación del metanol se efectúa combinando presiones ascendentes con temperaturas descendentes.

En los Estados Unidos hay más de 350,000 vehículos viajando con propano. En Las Vegas los taxis usan propano; los buses lo usan en Kansas City y Portland, y en muchas otras localidades como California, en la que se han registrado más de 40.000 vehículos.

El propano no es un invento actual, puesto que este ha sido utilizado alrededor del mundo por más de 60 años, como un combustible para el transporte.

2.9.7 Solar

La tecnología en la energía solar es usada para calentar e iluminar los hogares, calentar el agua y generar electricidad.

Algunas investigaciones se han hecho para evaluar como se puede usar la energía solar para hacer funcionar los vehículos, sin embargo, las posibilidades a largo plazo para que los vehículos puedan operar solo con energía solar, son muy pequeñas. Lo que se puede hacer es que ciertos sistemas auxiliares del vehículo operen con esta energía. La energía solar se deriva del sol. Para poder almacenar esta energía, es necesario usar células fotovolátiles.

2.10 Oxigenantes

2.10.1 Metanol

Es un derivado del gas natural. Es menos costoso de producir que el alcohol, pero es altamente corrosivo, más volátil que el alcohol, y puede dañar los componentes hechos de plástico o de caucho.

2.10.2 MTBE

El Butileno Metílico Terciario es un compuesto formado por la combinación de metanol e isobutileno. Es de alto octanaje, y tiene baja volatilidad. No es corrosivo y relativamente de bajo precio. Es muy usado como ne Estados Unidos y Canadá, pero es obtenido de fuentes no renovables.

2.10.3 ETBE

Etil Butil Eter. Tiene propiedades similares a MTBE, pero es producido por la combinación de etanol (de fuentes renovables), e isobutileno.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DEL PROYECTO

3.1 DEFINICIÓN

Este proyecto consiste específicamente en la instalación de una planta productora de alcohol anhidro, utilizando la caña de azúcar como materia prima principal. El fin de este producto es el de mezclarlo con la gasolina extra para que sea utilizado en los vehículos de la provincia del Guayas.

El porcentaje de la mezcla que se va a utilizar en este proyecto, es de 10% de alcohol anhidro, y 90% de gasolina extra. El 10% es la mezcla adecuada debido a que a un porcentaje superior, el vehículo podría necesitar de otro tipo de bujías y de aceites.

En muchos países del mundo, y en especial en Brasil, esta industria ha crecido mucho en los últimos años, y se espera que se instalen muchas plantas para este fin. Ecuador es un país que tiene mucha experiencia en cuanto al cultivo de caña de azúcar, y también en la producción de alcohol anhidro, utilizando como materia prima principal la melaza (residuo en el proceso de producción de azúcar) cuyo producto final se lo utiliza en otras industrias diferentes a la de combustibles.

En Brasil, la mezcla que se utiliza de alcohol anhidro y gasolina, es de 22% a 24%, y de 78% a 76% respectivamente. Yo he escogido la mezcla de 10% alcohol con 90% gasolina, debido a que es la mezcla más común que se utiliza alrededor del mundo, y de la cual se han realizado la mayor cantidad de estudios.

En Estados Unidos, los vehículos se venden con garantía para poder operar con este porcentaje (10% y 90%) de alcohol en la gasolina, y se ha demostrado desde hace muchos años, que en los vehículos con sistema de carburación o sistema de inyección se les puede agregar esta mezcla sin modificación alguna y con excelentes resultados.

3.2 LEGISLACIÓN ALCOHOLERA

Es importante definir que en la mayoría de los proyectos que ofrezcan el uso de un producto en una industria diferente a la convencional, tiene que ir respaldado por una base legal que sustente su uso.

En el Ecuador no existe legislación que permita el uso de alcohol mezclado con gasolina en ningún porcentaje. Es necesario que se creen las bases legales para la instalación de una planta productora de alcohol anhidro para el fin determinado en este proyecto, y que las comercializadoras sean autorizadas a mezclar la gasolina que compran de Petroecuador con 10% de alcohol anhidro.

Las comercializadoras que operan en territorio nacional, tienen por ley que comprar la gasolina de petrocomercial o importarla, pero siempre manteniendo las características que plantea petrocomercial. Es decir que las gasolinas que se venden en las estaciones de servicio en todo el país, tienen que satisfacer los estándares que petrocomercial ha establecido. Claro que existe flexibilidad cuando una compañía patenta un aditivo que mejora la calidad de la gasolina, como es el caso de Shell y Texaco. Esta última mezcla la gasolina con un aditivo que es en sí un detergente que ayuda a limpiar los inyectores de los vehículos a inyección.

3.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

3.3.1 Estudio de Mercado

a.- Demanda Potencial y Efectiva

Para estimar ambas demandas de la mezcla alcohol-gasolina, realicé un estudio de mercado, cuya encuesta se muestra en el anexo 3.1.

El objetivo de este estudio, a parte del de determinar la demanda del proyecto, es el de obtener parámetros de conducta del consumidor en lo que a gasolinas se refiere, actitud con respecto al cuidado del medio ambiente, y conocimiento general de la existencia en otros países de la mezcla alcohol-gasolina y sus beneficios.

Realicé la encuesta a 200 personas que surtían sus vehículos de gasolina en la Estación de Servicio de Shell ubicada en la vía a Daule (frente a Mi Comisariato).

A pesar de todas las limitaciones del estudio realizado debido a la falta de tiempo, recursos y sobretodo de autorizaciones, igual constituye una herramienta de proyección de la cual me he basado para realizar las estimaciones pertinentes al tema.

Los resultados del estudio muestran que:

- El 91% de las personas que consumen gasolina extra lo hacen debido a que es la más barata; el 9% por el tipo de vehículo.
- El 77% no sabía de la existencia de la mezcla alcohol-gasolina en otros países, ni de sus beneficios.
- El 97% piensa que el cuidado del medio ambiente es importante.
- El 97% compraría gasolina mezclada con alcohol si esta tuviera el mismo precio que la gasolina extra.
- El 64,33% compraría gasolina mezclada con alcohol si esta tuviera un precio superior no mayor al 10%.

La demanda potencial la representa el 10% del consumo total de gasolina extra proyectado según el horizonte del proyecto. Este 10% corresponde al porcentaje de alcohol en la mezcla.

Como el precio de venta al público de la mezcla alcohol/gasolina es tan sólo un 2% superior al precio de la gasolina extra, he considerado, según las encuestas, un mercado del 64,33% de las gasolinas. (Ver cuadro 3.1)

La demanda efectiva para el año 2002 (año de apertura) es de 8´219.848 galones, lo que corresponde al valor esperado. En este año también he estimado los valores pesimistas o bajos, y los optimistas o altos, que alcanzan los 6´822.474 y 9´617.223 galones respectivamente.

Estas proyecciones de demanda fueron hechas en el programa econométrico E-views, utilizando una serie de tiempo basada en la demanda de gasolina extra desde 1980 hasta el año 2000. (Ver cuadro 3.2)

Para el último año según el horizonte del proyecto (2002 - 2011) determinado para este estudio, los valores son los siguientes:

Valor Bajo	7´373.809
Valor Esperado	8´884.107
Valor Alto	10´394.406

b.- Demanda con respecto a la variación del precio de la Gasolina

Hubiera sido interesante realizar una proyección del precio de la gasolina para los siguientes 10 años, con el propósito de determinar la demanda futura mientras el precio de la mezcla iguala al precio de mercado de la gasolina extra debido a los aumentos del precio de esta. Según las encuestas el 97% de las personas que consumen extra, están dispuestas a utilizar la mezcla (es decir cambiarse de gasolina) si el precio fuera mayor. Esto nos lleva a la conclusión de que es muy probable que si le precio de la gasolina extra sube hasta igualar el precio del alcohol, entonces la demanda del alcohol se elevará hasta llegar a un porcentaje cercano al 97% de consumo. Ahora hay que anotar que hasta llegar a ese punto (subiendo poco a poco) la demanda de alcohol irá aumentando. Si el precio de la gasolina extra sobrepasa al precio del alcohol, entonces la mezcla será más barata que la gasolina extra, y probablemente la demanda se mantenga al mismo nivel, o tenga un crecimeinto marginal. Esto es debido a que al llegar a igualar los precios, la mezcla ya habrá captado la totalidad del mercado que sí se cambiaría de gasolina si esta tuviera el mismo precio. Las personas que no se cambiarían, no lo harían debido a la preferencia o por falta de credibilidad.

c.- Competitividad de la Mezcla

Es muy común pensar cuando se habla de competitividad económica, que un producto que tiene un precio superior a otro, no es competitivo. Pero la competitividad va más allá del precio de determinado producto. Cuando un producto A brinda la misma satisfacción (con los mismos beneficios) que un producto B, pero a un mayor precio, entonces se dice que el producto A no es competitivo. Pero cuando hablamos de que el producto A satisface la misma necesidad que el producto B, pero con mayores beneficios y a un precio mayor, entonces podemos decir que ambos son competitivos debido a que la diferencia de precio del producto A y el B se compensa con los mayores beneficios.

Todo esto de la competitividad está ligado a la situación presupuestaria de los individuos que forman parte del mercado objetivo de dicho producto. Es decir que en una situación de crisis económica, los productos que traen mayores beneficios a costa de un mayor precio, pierden mercado. Un producto que traiga mayores beneficios a un precio mayor, gana mercado en épocas de auge económico, y que los productos que traen menos beneficios a un menor precio, pierden mercado.

Esto se debe a que el individuo es un ser racional que trata de tomar las mejores decisiones, tales como proteger el medio ambiente, aumentar el rendimiento de su vehículo, cuidado del motor, etc., que son los beneficios directos que conllevaría el uso de la mezcla alcohol-gasolina en los vehículos, tomando en cuenta la restricción presupuestaria de los individuos objetivo.

Partiendo de ese principio, podemos decir que aunque el alcohol tenga un precio final mayor que el de la gasolina extra, será competitivo en épocas de crisis económica, y ganará mercado en auge.

Las encuestas realizadas es una pequeña prueba de que las personas se preocupan por el medio ambiente, y de que tratan de buscar el mejor beneficio, pero de la mano con los costos asociados.

d.- Mezcla, Distribución y Almacenamiento

El alcohol anhidro (producto final) se transportará en tanques especiales de transporte de alcohol, y la mezcla del alcohol y gasolina se hará directamente en los terminales en donde se surten los camiones transportadores de combustibles. Es decir que los camiones-tanqueros llenaran sus tanques en los terminales de Pascuales y La Libertad. Estos depósitos son los que satisfacen la demanda de gasolina en el Guayas y parte la de otras provincias cercanas.

De ahí serán distribuidos a las estaciones de servicio de acuerdo a lo que disponga cada comercializadora.

En la provincia del Guayas existe alrededor de 158 estaciones de servicio distribuidas en diferentes cantones, en los cuales puede ser expendida la mezcla alcohol-gasolina. (Ver cuadro 3.3)

Es importante mencionar que no todas las estaciones de servicio tienen la capacidad necesaria para almacenar esta mezcla. Muchas de las estaciones de servicio que fueron construidas hasta 1996, tienen tanques de almacenamiento ociosos debido a que en ellos se almacenaba la gasolina Eco que se dejó de vender en dicho año. Estos tanques tienen una capacidad de 10.000 galones.

Otra opción sería la de vender gasolina mezclada con alcohol en ciertas gasolineras en lugar de la gasolina Súper (que es la de menor venta), y utilizar esos tanques de almacenamiento.

3.3.2 Estudio Técnico

a.- Maquinaria y Equipos

La planta tiene que contar con molinos (como los de los ingenios) para procesar la caña de azúcar, y de equipos de destilación para procesar el jugo de la caña de azúcar y transformarlo en alcohol.

En pocas palabras, la planta debe de ser mitad ingenio y mitad destilería.

No he hecho especificaciones de cada equipo, pero en resumen para realizar el pre-tratamiento de la caña de azúcar la planta debe de incluir mesas lavadoras, plataformas de descarga, conductores horizontales, picadoras de cuchillos, molinos, tanques de almacenamiento de la materia prima.

Para el proceso de fermentación se requiere de tanques fermentadores y tanques de almacenamiento del jugo fermentado. También son necesarias las columnas de destilación en donde se obtiene alcohol de 96 grados. Ese alcohol se almacena en tanques y luego es llevado a las columnas de filtros moleculares para la destilación por adsorción.

Ese alcohol es llevado a los tanques almacenadores de la producción diaria para el control de calidad y luego a los tanques de producto final.

b.- Horizonte y Vida Útil del Proyecto

Según entrevista que realicé a una destilería que produce alcohol anhidro (para exportación), la vida útil de la planta es de 30 años como mínimo.

El horizonte de estudio del proyecto que he considerado es de 10 años. Sin embargo las proyecciones de demanda de alcohol carburante las realicé a 30 años para poder estimar la capacidad instalada de la planta.

c.- Capacidad Instalada de la Planta

Es importante estimar hasta que punto la demanda de alcohol podría crecer a lo largo de la vida útil del proyecto. Esto se debe a que los costos de instalación son muy altos, y es preferible tener una capacidad instalada ociosa entre el 30 y 40 por ciento, a tener que realizar nuevas instalaciones para satisfacer una demanda creciente. Esa capacidad ociosa ha de variar conforme la demanda de alcohol se vaya moviendo a través del tiempo.

Para determinar el tamaño de la planta me he basado en los valores optimistas que resultaron de la proyección de demanda hecha en el programa econométrico E-Views, cuyos los resultados se muestran en el cuadro 3.2.

He tomado el valor correspondiente al último año de vida útil de la planta (30 años) y el resultado final es el siguiente:

Producción en Galones	12´800.500
Producción en Litros	48´455.163
Producción Diaria en litros	151.422

La planta tiene un periodo de producción de 320 días.

d.- Terreno y Ubicación de la Planta

Para poder tomar una decisión de ubicación de una planta de este tipo, es necesario tomar como criterio de selección el costo de transporte de la materia prima principal.

Es claro que tiene que ubicarse en la provincia del Guayas debido a que ahí es donde se encuentra el mercado que se quiere captar y porque la materia prima principal (caña de azúcar) tiene su mayor producción en dicha provincia. En el caso de los ingenios azucareros, ellos sólo compran caña de azúcar que sea trasportada dentro de un radio máximo de 30 kilómetros del ingenio. Esto se debe a que ellos aplican el criterio del costo de transporte, que es el mismo que debe aplicarse para el caso de la planta productora de alcohol.

La planta deberá ubicarse siguiendo un diámetro máximo 30 kilómetros de los cultivos actuales de caña de azúcar, que se encuentren cerca de tierras disponibles para nuevos cultivos y ocupará un área de 15,000 metros cuadrados (1,5 hectáreas).

También es importante anotar que la experiencia que se tiene en la provincia del Guayas con dicho cultivo, y la mano de obra es más especializada, hace tener los rendimientos más altos del país en esta provincia.

3.3.3 Estudio Económico

a.- Subsidio a Gasolina en el Ecuador

Actualmente, y desde hace mucho tiempo, el Ecuador ha venido subsidiando el consumo de gasolina y de otros derivados del petróleo dirigidos al uso doméstico. En la mayoría de los países (en su mayoría importadores de petróleo) el precio de la gasolina varía de manera más frecuente debido a que el precio de la gasolina está indexado al precio internacional del petróleo y su precio es mucho más alto que en el Ecuador. (Ver cuadro 3.4)

En estos países, cuando el precio del petróleo sube, también lo hace la gasolina, y cuando baja también baja el precio de la gasolina pero muy lentamente. Eso es lo típico en la mayoría de los commodities.

Por cada dólar de incremento en el precio de un barril de petróleo, se produce un aumento de 2,5 centavos por galón de gasolina. Es decir que si el precio de un barril de petróleo sube 10 dólares, entonces el precio del galón de gasolina se incrementará en 25 centavos. Este costo adicional no desaparecerá a menos que el precio del petróleo empiece a bajar.

A pesar de que en el precio de la gasolina se a elevado para financiar los déficit fiscales, el precio de la gasolina aún sigue siendo subsidiado en las siguientes formas:

1. Por el precio Internacional del Petróleo.
2. Por el precio de Importación de Gasolinas y Naftas.

En el primer caso, cuando Petroecuador refina el petróleo ecuatoriano, el costo de producción de gasolinas, y su precio final incluido los impuestos, es mucho menor que el precio internacional. Petroecuador está dejando de ganar por la venta internacional de gasolina o de petróleo (que refina en el Ecuador para los ecuatorianos) debido a que sería más rentable exportar a precio internacional, que producir gasolina barata y venderla internamente.

En el caso número dos, Petroecuador pocas veces produce gasolina de alto octanaje, por lo que está obligado a importar naftas (gasolina de 96 octanos en promedio) para mezclarla con la gasolina que produce y poder obtener un producto final (gasolina súper y extra) con índices octánicos apropiados para el uso en vehículos. Petroecuador importa a precio internacional pero vende a las comercializadoras a un precio muy inferior, por lo que ese costo es cargado a las cuentas del déficit fiscal.

Las comercializadoras están autorizadas a importar gasolinas, pero no les conviene debido a los altos aranceles que deben de pagar al Estado ecuatoriano, y a que el precio internacional está muy por encima del nacional.

b.- Impuestos a la Gasolina

A pesar de que las gasolinas están subsidiadas en nuestro país, a ellas se les gravan los siguientes impuestos:

1. IVA 3 por 1000:

   Se lo cobra Petrocomercial a las comercializadoras.

2. IVA 14%:

   Ese impuesto lo cobra la comercializadora al distribuidor, u operador de la estación de servicio.

3. IVA Presuntivo:

    Se cobra sobre el margen que gana la comercializadora en la venta de gasolinas.

Es importante explicar que del precio que Petrocomercial vende a las comercializadoras, el margen de venta al público es de 18%. En el Gobierno del Arq. Sixto Durán, se firmó un "Pacto de Caballeros", con las comercializadoras, en el cual se estableció un margen "libre" de 18%. Cuando se acabó ese gobierno (1996), y se inició una crisis política, las comercializadoras se aprovecharon y subieron el margen hasta 24%. Actualmente se ha establecido un margen del 17%-18% para el diesel y la gasolina extra. La gasolina súper está libre, y se encuentra en un margen promedio del 23,6% según las estadísticas del 2000.

Petrocomercial cobra el 3 por 1000 por galón que venda a las comercializadoras. Luego la comercializadora le cobra a la estación de servicio el 14% normal de IVA, y de la venta total que la estación de servicio realice, un porcentaje (dependiendo de la negociación) se lleva la comercializadora sobre el cual tendrá que pagar el 14% de IVA, y el otro porcentaje de la venta se lo lleva la estación de servicio.

c.- Precio de Venta

El precio final de todo bien está directamente relacionado con el costo de los insumos utilizados para producirlo. Todos estos factores de producción inciden en mayor o menor grado en el precio final del bien.

En una de las entrevistas que pude realizar a dos destilerías ecuatorianas, obtuve datos de costo finales de producción incluidos la incidencia de los insumos utilizados para producir alcohol anhidro.

Es importante mencionar que es muy difícil obtener datos específicos y completos sobre costos, debido a que son empresas privadas que compiten, lo que hace toda información de esta índole (no tanto de tecnología) confidencial.

Sin embargo la información y la acesoría que recibí de los expertos en el tema, me sirvió como base para poder realizar los cálculos pertinentes y así determinar el costo final por litro o galón de alcohol anhidro a partir de la caña de azúcar.

Para calcular dicho costo de producción es necesario tomar en consideración que lo que más incide en el costo total de producción es la

Insumo	Costo
Personal	0,0022
Energía	0,005
Agua	0,011
Materia Prima	0,1765
Otros Insumos	0,007

materia prima principal (caña de azúcar). Para la elaboración de este cuadro me he basado en las estimaciones hechas por la Destilería Soderal en un estudio realizado para determinar el costo de producir alcohol a partir de la caña da azúcar.

Todo esto sumado da un total de: 0,2017

Este costo por litro lo expresamos en galones multiplicándolo por 3,785412 que es la medida en el sistema americano, lo que da un valor de: 0,763518 dólares. A este costo lo llamaremos el Costo de Destilería.

El margen de utilidad sobre el costo de destilería lo he considerado tomando en cuenta el mismo margen que las comercializadoras y los operadores obtienen en la venta de combustibles, es decir el 18%.

Una vez agregado el margen de utilidad al costo de destilería, obtenemos el precio de destilería, que es lo que le paga la comercializadora a la destilería por cada galón de alcohol que compre.

Sobre este precio, la comercializadora junto con el operador se llevan el 18% de margen. Entonces primero se le suma el margen de la comercializadora al precio de destilería, y se obtiene al precio al operador, al cual se le suma el margen de este más el IVA del 14%. Sumando estos tres valores, se obtiene el precio de venta al público, como se muestra en el siguiente cuadro anterior.

Costo de Destilería	0.763518
Margen de Utilidad Dest.(18%)	0.137433
Precio de Destilería	0.900951
Margen de Utilidad Comerc. (9%)	0.081086
Precio a Operador	0.982037
Margen de Utilidad Operador (9%)	0.081086
IVA 14%	0.137485
Precio de Venta al Público	**1.20**

En los impuestos he considerado que se cobren de igual forma como en el caso de las gasolinas para poder así obtener un precio no subsidiado de alcohol. El impuesto del 3 por 1000 lo absorbe la comercializadora al igual que el IVA del 14% sobre su margen.

Luego de obtener el precio de venta al público por galón de alcohol anhidro, tenemos que realizar no sólo la mezcla entre ambos líquidos sino también de sus costos.

Si un galón de gasolina extra cuesta US$ 1, y un galón de Alcohol Anhidro cuesta US$ 1.20, tenemos el precio final de la mezcla alcohol-gasolina de US$ 1.02 determinado de la siguiente forma:

$1\ (0{,}9) + 1{,}20\ (0{,}1) = 1{,}02$

Si nosotros consideramos la instalación de una planta productora de alcohol anhidro para el uso como carburante, en la época en que el precio de la gasolina extra no era ni la mitad de lo que es actualmente, es decir, entre el año de 1999 y el 2000, entonces al "mezclar" ambos precios, el del alcohol y el de la gasolina en los porcentajes del proyecto, el precio del producto final habría aumentado significativamente, debido a que el costo del alcohol era mucho mayor que el de la gasolina que de lo que es actualmente. Esta situación ha cambiado debido a que el precio de la gasolina actualmente es el doble de lo que era en 1999, y eso hace que al mezclarlo con el alcohol, el precio no varíe de manera significativa.

Si se hubiera pensado en un programa nacional de alcohol en aquellos años, entonces hubiera sido necesario la intervención estatal mediante subsidios para incentivar el consumo del alcohol con precio un atractivo.

No es difícil imaginarse un precio de la gasolina creciente como ha venido sucediendo, ya sea para financiar parte del presupuesto estatal, o para semi-indexarlo al precio internacional del petróleo. Si consideramos un crecimiento en el precio del alcohol menor al crecimiento del precio de la gasolina, esto resultará en que el precio de la gasolina alcanzará un punto en el que al mezclarlo con el alcohol no afecte al precio o haga que el precio sea menor.

d.- Mano de Obra Requerida

Para realizar las actividades de producción propiamente dichas, es necesario contratar Operadores de Molinos, que son los encargados del primer paso del proceso de producción. Para la segunda etapa del proceso, se requiere de un Operadores de Fermentación, que se encargan de las actividades de destilación, controlando el proceso mediante un sistema computarizado (DCS).

El Supervisor de la planta es el que dirige todo el proceso desde su inicio hasta el almacenamiento final.

Para poder proveerse de energía, se necesita de Calderistas que se encargan de quemar el bunker y el bagazo, que también es usado para producir energía.

Durante todo el proceso de producción, un Laboratorista toma muestras de los productos semi-finales en cada etapa del proceso, para asegurar así un producto final con las características deseadas.

En el cuadro 3.5 podemos observar el número de empleados con cada cargo, necesarios en la planta destiladora. Los costos de cada uno han sido estimados tomado en cuenta los salarios laborales actuales en las destilerías, según las entrevistas realizadas, que en su totalidad asciende a 12.120 dólares anuales.

Para realizar las actividades de administración, ventas y publicidad, se requiere de gerentes, contadores, vendedores, secretarias, choferes, conserje, y guardianes, lo que da un total de 13 personas, y un costo anual, calculado de la misma forma que el de la mano de obra directa, de 27.720 para la mano de obra indirecta. (Ver cuadro 3.6)

e.- Materiales Directos de Fabricación

En este proyecto se ha seleccionado desde el principio la utilización de caña de azúcar como materia prima principal. Para poder transformar el jugo de caña en alcohol, durante el proceso de producción, es necesario utilizar otros materiales tales como levadura, agua y energía eléctrica.

Las cantidades de estos elementos dependerán del tamaño de producción que se quiera alcanzar. La aplicación de cada material es controlada por un sistema electrónico que se maneja a través de un computador.

Para los años según el horizonte determinado para este proyecto, el costo de los materiales directos de fabricación se encuentran incluidos en el cuadro 3.7.

f.- Gastos Indirectos de Fabricación

En este rubro se incluyen todos las gastos que no están relacionados directamente al proceso productivo, en que una planta incurre. Esto se muestra en el cuadro 3.8, en donde se incluyen los pagos anuales de la mano de obra indirecta, los suministros y servicios, combustibles y lubricantes, los gastos en reparación y mantenimiento, etc.

g.- Activos Diferidos

Toda planta productiva o empresa en general, antes de realizar sus actividades productivas y comerciales, siempre incurre en gastos pre-operacionales como los de investigación, constitución de la compañía, instalación, etc.

Para una destilería de alcohol, se debe de incurrir en estos gastos mencionados en el párrafo anterior, y luego esperar un tiempo antes de empezar a operar. Esto se debe a que el periodo de instalación de una planta está entre siete y nueve meses.

Los valores de estos rubros se encuentran en el cuadro 3.9, cuyo total asciende a 203.900 dólares.

h.- Inversión en Activos Fijos

La inversión en activos fijos para la destilería asciende a 2´765.390 dólares, y esta incluye la maquinaria y equipos; el terreno (1,5 hectáreas); vehículos (dos tanqueros transportadores y un automóvil); y equipos de oficina en general.

El desglose de los activos fijos con sus costos se muestra en el cuadro 3.10.

i.- Equipos de Oficina

Dentro de la planta destiladora, debe de haber unas oficinas en donde todo el personal dedicado a actividades indirectas de producción de alcohol realice sus actividades. Estas oficinas requieren de los equipos básicos para la mejor administración. Estos equipos incluyen escritorios, mesas, sillas, archivadores, aires acondicionados, computadoras, etc.

Una lista completa junto a sus costos se encuentra en el cuadro 3.11, cuyo valor en dólares es de 12.390.

j.- Servicios Básicos

Estos incluyen la energía eléctrica, el agua potable, y el servicio telefónico necesario para el funcionamiento de las labores administrativas, de ventas, etc. El costo anual para este rubro es de 3.360 dólares, y se muestran en el cuadro 3.12.

k.- Depreciación Mantenimiento y Seguros

El método de depreciación de la maquinaria, equipos, vehículos y muebles y enseres que he utilizado es el de línea recta, con una vida útil de 30 años para la maquinaria y equipos, y el resto una vida útil de 10 años. El monto anual a que asciende este rubro es de 96.239 dólares. Al final de la vida útil de los muebles y enseres, y vehículos, se venden a un valor de realización igual al valor en libros, por lo que no hay utilidad neta por venta de activos fijos.

El mantenimiento que se le dará a estos activos fijos está expresado anualmente y como porcentaje de su costo total. Para la maquinaria y equipos es de 1% de su costo, el de los vehículos de 5%, y muebles y enseres de 2%.

Esto da un total de gastos de mantenimiento de 29.748.

El gasto en seguros se lo calcula igualmente como un porcentaje de su costo total, y para la maquinaria y equipos, y los vehículos, es de 8% y 5% respectivamente. La suma da un total anual de 218.500 dólares. (Ver cuadro 3.29)

l.- Gastos Administrativos, Ventas y Publicidad

Los gastos administrativos incluyen las remuneraciones a empleados que se dedican a las actividades de gerencia, contabilidad, entre otros. En este rubro también se incluyen los gastos publicitarios que en el primer año son los más altos durante todo el horizonte de estudio.

Los gastos de ventas incluyen las remuneraciones y comisiones de los vendedores.

El monto total anual de estos gastos es de 78.720 dólares, y se lo puede observar el cuadro 3.13.

m.- Capital de Trabajo

El capital de trabajo es una inversión a corto plazo que realiza la empresa para poder cubrir todos los gastos en que incurre la destilería, que van desde el pago de personal hasta los gastos administrativos, de ventas y publicidad.

El capital de trabajo para la planta es de 5´994983, y va a variar de año a año, dependiendo de los gastos en que la empresa deba de incurrir según sus actividades. (Ver cuadro 3.14)

n.- Ingresos por ventas Proyectadas

Estos se calculan tomando el Precio a Comercializadora antes de impuestos, y multiplicándolo por el número de galones vendidos según las estimaciones de demanda. (Cuadro 3.15)

Sus valores cambian de año a año debido a que se ha proyectado una demanda creciente en el tiempo, utilizando métodos econométricos básicos.

o.- Financiamiento

Planta:

Para poder determinar la posibilidad de financiar parte de la inversión que se requiere para la instalación de una planta que tenga las características de este proyecto, tuve que realizar visitas a diferentes bancos privados, y también a la Corporación Financiera Nacional. Sin embargo no es difícil predecir, dada la situación de crisis financiera por la que atraviesa la economía ecuatoriana, que los créditos internos son nulos para financiar la inversión que necesitaría para instalar la planta.

En la Corporación Financiera Nacional existe lo que se conoce como Línea de Crédito Multisectorial con un monto máximo de dos millones de dólares que sirven para financiar la compra de activos fijos y el capital de trabajo.

Este crédito se realiza a 12 años plazo con un periodo de gracia de 3 años en el cual sólo se paga intereses cuando se trata de la compra de activos fijos. Cuando se refiere al capital de trabajo, el periodo de gracia es de un año.

La tasa de interés se calcula tomando como base la tasa pasiva referencial del Banco Central del Ecuador en dólares, más la tasa activa del banco privado que otorgue el crédito.

Como el monto inicial de la inversión es un poco alto para las condiciones crediticias actuales y reales de Ecuador, considero que este proyecto podría ser adoptado por alguna empresa internacional con fuentes de financiamiento propias. Entre estas empresas que están dentro del sector energético se puede nombrar a las comercializadoras como Shell, Texaco, Mobil, Repsol YPF, y hasta Petrocomercial. También se pueden considerar empresas que en la actualidad estén produciendo alcohol combustible en otros países, u obtener créditos por medio de organismos o instituciones financieras internacionales.

Al realizar los cálculos de rentabilidad del proyecto, la rentabilidad financiando la inversión con recursos propios, no era muy alta comparada con las tasas mínimas que los inversionistas exigirían en un cualquier proyecto dada la situación en la que se encuentra la economía. Es por eso que he considerado un préstamo bancario con el cual la rentabilidad de los recursos propios invertidos aumente. Con cero financiamiento, la rentabilidad fue de 30,34%; y con un financiamiento del 50% de la inversión inicial, la rentabilidad aumentó a 47,83%.

Las condiciones del crédito están dadas por una tasa de interés anual del 17%, con un plazo de 10 años. El monto del préstamo es de 1´484.644, lo que corresponde al 50% de la inversión inicial. (Ver cuadro 3.30)

En los anexos 3.2, 3.3, 3.4, 3,5 y 3.6 se pueden observar los resultados financieros de una inversión con recursos propios.

Cultivo:

Otra línea de crédito que ofrece la CFN es la CrediMicro, que está dirigida a actividades agropecuarias. El aplicante al crédito debe de poseer no más de 10 hectáreas cultivadas, y su monto asciende a 10.000 dólares. El plazo es de 4 años con un periodo de gracia de un año, y el interés es calculado del mismo modo que para los créditos Multisectoriales.

Un detalle importante que es preciso señalar, es que en el crédito Multisectorial, los bancos privados no entregan dinero en efectivo, sino Certificados de Depósitos Reprogramables.

Actualmente, los bancos privados no están trabajando con las líneas que ofrece la CFN. Recordemos que esta funciona como banca de segundo piso, es decir que los créditos se hacen a través de los bancos privados.

En los cuadros 3.16 y 3.17 podemos ver la evolución de los créditos concedidos por el Banco Nacional de Fomento y la Corporación Financiera Nacional para el cultivo de la caña de azúcar.

Según el Ing. Astolfo Pincay Flores, actualmente y desde hace varios años, no existen suficientes créditos disponibles para los cañicultores, y con el tiempo estos han disminuido.

Eso sería una gran barrera para una planta productora de alcohol para el uso como carburante. Es por eso que es necesario que se estabilice la economía ecuatoriana y se supere la crisis bancaria, para que sea posible el otorgamiento de créditos que sustenten el crecimiento de los cultivos de caña de azúcar para satisfacer la demanda proyectada para el proyecto.

p.- Estado de Pérdidas y Ganancias

Las actividades totales de la destilería arrojan resultados positivos durante los diez años del horizonte de análisis. El resultado final para el primer año de operación asciende a 714.400 dólares, y en el último año a 747.767 dólares.

El estado de pérdidas y ganancias está desarrollado en el cuadro 3.18.

q.- Flujo de Caja

En el flujo de caja neto que resulta de las actividades operacionales y de inversión, al igual que en el estado de pérdidas y ganancias muestra resultados positivos durante los diez años de análisis. La tasa interna de retorno (TIR), es de 47,83% y el valor actual neto (VAN) es de 764.561.

En el cuadro 3.19 se muestra el flujo de caja proyectado.

r.- Balance General

El balance general es un estado financiero que refleja la situación de la empresa al finalizar el periodo contable en un determinado momento en el tiempo. El balance general del proyecto revela la acumulación del activo de la empresa, y su patrimonio.

Para este estudio he realizado sólo el balance inicial del proyecto debido a que para poder proyectarlo se deberían de tomar en cuenta muchos factores y determinar supuestos a través del tiempo, que considero por el mometno irrelevantes.

En el cuadro 3.20 podemos observar el balance inicial de la destilería.

Basados en este balance y en el estado de pérdidas y ganancias, podemos determinar las razones financieras del proyecto en su primer año de operación.

La razón de liquidéz y solvencia mide cuantas veces se tiene el activo sobre el pasivo para hacer frente a sus obligaciones a corto plazo. Es importante destacar que el nivel varía entre industrias, por lo que es necesario hacer una comparación. Sin embargo, no se tienen datos sobre las razones financieras de la industria alcoholera ni de combustibles en el Ecuador, por lo que solamente se presentan los datos. La destilería tiene 86,45 veces el activo sobre sus obligaciones a corto plazo, lo que de manera general es un indice alto.

La razón de utilización de activos mide la cantidad de dólares en ventas por cada dólar de activo tangible (maquinaria, equipos, etc.). Para la planta alcoholera corresponde a 2.77 dólares.

El resto de las razones financieras se muestran en el anexo 3.7, y en el cuadro 3.32.

s.- Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio se basa en la relación entre los ingresos totales de la empresa y su costo total, según va cambiando la producción. El punto de equilibrio para este proyecto expresa la cantidad de galones producidos y vendidos con los cuales se compensan exactamente los costos totales, que son la suma de los costos fijos y los costos variables.

En el cuadro 3.21 se muestra la distribución entre costos fijos y variables, y la situación de equilibrio para cada año de operación, utilizando el siguiente criterio:

Punto de Equilibrio= Costo Fijo/ 1-(Costo Variable/Ventas)

t.- Periodo de recuperación de la Inversión

El periodo de recuperación de la inversión es una medida de la rapidez con que el proyecto reembolsará el desembolso inicial de capital, mediante las entradas de efectivo que produce el proyecto. Para este proyecto no se ha tomado una política de recuperación de la inversión con el fin de evaluar si el proyecto debe aceptarse o no. Se realizó el cuadro de recuperación de la inversión para poder determinar en qué año los inversionistas recuperarán su inversión inicial.

En el cuadro del cuadro 3.22 se muestran los porcentajes de recuperación de la inversión a lo largo del horizonte de análisis de diez años. Se puede observar que entre el segundo y tercer año de operación, los accionistas ya han recuperado el total de su inversión inicial (1´484.646 dólares). Al final del tercer año ya se habrá recuperado el 145% de la inversión.

u.- Análisis de Sensibilidad

Sin Deuda

Se deben de tomar en cuenta ciertos factores externos que pueden llegar a cambiar la situación financiera de la empresa. Entre estas variables podemos mencionar el incremento del costo de la caña de azúcar. Si el precio esta materia prima aumenta en un 10% vemos que la rentabilidad de la destilería cae de 30,34% a 16,29%. Esto nos indica que los flujos futuros son muy sensibles a las variaciones en el precio de la caña. Ahora si este precio aumenta en un 15%, la rentabilidad alcanza el 8%. Esto se debe a que la caña de azúcar representa un muy alto porcentaje del total de costo de producción de la caña de azúcar. Si se aumentara en gran porcentaje el costo de otros insumos, no afectaría casi en nada en la rentabilidad del proyecto.

En el caso de una disminución del precio de venta del alcohol anhidro, podemos observar que el proyecto también es muy sensible a este factor. Si el precio de venta disminuye un 10%, la rentabilidad cae bruscamente a 10,75%. Esta sensibilidad es provocada por el bajo margen de utilidad (18%) que obtiene la destilería sobre el costo de producción. La empresa está limitada en este aspecto debido a que si eleva el margen de utilidad, eso afectaría directamente al precio de venta al público, y las ventas caerían según las encuestas realizadas.

Como se puede observar, tanto en el punto de equilibrio como en el análisis de sensibilidad, el proyecto no es tan sensible a las variaciones en la demanda como lo es a la disminución del precio de venta, debido a que posee una estimación de ventas relativamente altas. Si las ventas disminuyen en un 10%, la rentabilidad es de 25,96%. Es decir que por vender un 10% menos, la empresa pierde un 14% de la rentabilidad sobre la inversión.

En el cuadro 3.24 podemos observar estos cambios en la rentabilidad, y también los cambios cuando aumentan las ventas.

Con Deuda

En los cuadros 3.23 y 3.24 podemos notar que la rentabilidad ha aumentado de 30,34% a 47,83%. Sin embargo los flujos de efectivo disminuyeron.

La sensibilidad ha aumentado con respecto al precio de la caña de azúcar y con el precio del alcohol. Es decir que si el precio de la caña de azúcar sube entre el 10% y el 15%, la rentabilidad se vuelve negativa. Esto es un alto riesgo para la empresa debido a que depende mucho de la volatilidad del precio de la caña de azúcar. Sin embargo, la historia de los precios de caña de azúcar es estable, y se espera que el precio de la gasolina suba con mayor rapidez que el precio de la caña de azúcar, como ha venido sucediendo durante muchos años.

Con respecto a la demanda, de igual manera la pérdida de del 10% de las ventas hace que la empresa pierda un 18% de la rentabilidad. Es decir que se ha vuelto más vulnerable a las variaciones en la demanda. Esto se debe a que el pago de intereses y de capital es bastante elevado, y provoca una disminución substancial en el flujo neto generado.

De igual manera, cuando aumentan las ventas en un 10%, la rentabilidad de la empresa aumenta en un 17%, de 47,83% a 59,36%. Este aumento porcentual es mayor que el de el aumento de la rentabilidad en la inversión sin deuda, debido a que ahora la empresa es más sensible a estos cambios.

3.3.4 Impactos y Beneficios del Alcohol Carburante

a.- Impactos

- Petrocomercial

Hay que tomar en cuenta que la entrada de este producto al mercado puede traer ciertos impactos al Estado, de tal manera que si la demanda de este producto satisface las expectativas, entonces Petrocomercial dejará de percibir el 10% de las ventas de gasolinas correspondientes a los consumidores de alcohol-gasolina, debido a que han sido sustituidas por alcohol. Eso significa que a futuro Petrocomercial podrá importar menos naftas o gasolinas. Puede ser que esta cantidad no sea muy significativa, pero todo dependerá de la tendencia del consumidor y de la capacidad instalada de producción de alcohol para satisfacer una posible acogida por parte de los consumidores.

En lo que respecta a los impuestos, el estado podrá seguir cobrando el IVA por venta de alcohol de la destilería a las comercializadoras, y sobre el margen que se llevan las comercializadoras. También es posible que el estado en algún momento decida subsidiar (vía impuestos) el consumo de la mezcla alcohol-gasolina como parte de un programa de protección ambiental.

- Cañicultores

En una entrevista que realicé al Ingeniero Astolfo Pincay me dijo que él pensaba que los cañicultores independientes estarían de acuerdo con la instalación de una planta productora de alcohol a partir de la caña de azúcar, debido a que esto conllevaría a la creación de más empleos en el área rural, y al mismo tiempo les daría a los cañicultores otros mercados para colocar la caña de azúcar producida. (Ver cuadro 3.31)

De parte de los ingenios, hay que tomar en cuenta que ellos también son cañicultores, y que eso les daría otros mercados, pero como el mercado de caña de azúcar está cubierto por la producción de azúcar, entonces, solamente tomaría la función de un mercado alternativo para colocar su caña en casos en los que no se vaya a utilizar toda la caña producida. Ahora hay que anotar que la caña de azúcar no se almacena ni se deja en los campos, sino que se la corta y se la procesa para producir azúcar, y si la demanda de azúcar en el mercado no supera ni iguala la oferta, entonces ella se almacena o se exporta conforme al cupo. Es decir que todo depende de las perspectivas de demanda de azúcar.

También es verdad, según mi punto de vista, que una vez que se decida instalar una plata productora de alcohol, es necesario que existan nuevos cultivos (de caña de azúcar) para satisfacer la demanda de caña de azúcar de la planta, caso contrario ambas industrias (azúcar y alcohol) entrarían a competir por la caña de azúcar. Eso podría traer varios impactos que se interrelacionan entre sí:

- Aumento en el precio de mercado del azúcar debido a la poca producción.
- Mayores ingresos para cañicultores debido a que el precio de la caña está indexada al precio de mercado del azúcar.
- Que se utilicen más hectáreas para que se cultiven mayores cantidades de caña de azúcar para satisfacer su demanda, lo que toma tiempo (13 meses hasta la cosecha, sin contar labores antes de la siembra).
- Aumento en los costos para la producción de alcohol debido al aumento en el precio de la caña de azúcar.
- Disminución de la demanda de la mezcla acohol-gasolina, debido a mayor costo de producción de alcohol y por ende el alza del precio de mercado.

Es necesario que exista caña de azúcar suficiente para satisfacer ambas industrias debido a que eso conllevaría a un equilibrio en el mercado de la caña sin repercusiones en el mercado del azúcar y del alcohol. En caso contrario, la planta productora de alcohol sería la más perjudicada debido a la disminución de la demanda.

b.- Beneficio

- Generación de Empleo y Áreas Utilizadas

Uno de los beneficios que trae una planta productora de etanol a partir de fuentes renovables, como es la caña de azúcar, es que incrementa los ingresos de la población rural que trabaja en áreas de agricultura. En este caso, traería beneficios económicos, creando nuevos trabajos a los cañicultores y nuevos ingresos para el área rural.

El aumento acelerado de la población urbana se debe al proceso de migración campesina sustentado en la crisis en el campo por falta de recursos financieros para invertir, y de escasos puestos de trabajo. Las ciudades de mayor destino son Quito y Guayaquil.

La población se concentra principalmente en la Costa y Sierra. Hasta la década de los 40, la población residía en la Sierra, sin embargo debido a los cambios económicos que se han dado durante nuestra historia económica, como el auge bananero, impulsaron procesos migratorios masivos hacia la Costa, la cual es ahora la región más poblada.

El 55% de toda la población se encuentra concentrada en las provincias de Guayas, Pichincha y Manabí.

Aunque la generación de empleo estimada en este proyecto no cubre la necesidad de puestos de trabajo necesarios para emplear a la mayor parte de la población rural del de la Provincia del Guayas desempleada, igual considero que es un gran aporte, y forma parte de una potencial fuente laboral a largo plazo. (Ver cuadros 3.25 y 3.26)

En promedio se utilizan dos hombres por hectárea para realizar las labores agrícolas de la caña de azúcar. Si consideramos en nuetros cálculos que se necesitaran alrededor de 4.576 hectáreas para satisfacer la demanda de la mezcla alcohol gasolina, entonces tenemos que se crearan alrededor de 9.152 empleos en el área rural para que realicen labores agrícolas.

- Rentabilidad de los Cañicultores

Utilizando el monto de inversión por hectárea, los costos de mantenimiento (presentados en el capítulo I), y las estimaciones de ingresos, según proyecciones de demanda, he llegado a determinar que los cañicultores que provean de caña de azúcar a la destilería en proyecto tendrán una rentabilidad de entre 8,20% y 8,82%. Ese cálculo no difiere mucho de las estimaciones de rentabilidad que han calculado los Ingenios Azucareros Nacionales, que está entre 8 y 10 por ciento.

En el cuadro 3.27 podemos observar los ingresos de los cañicultores que proveen de caña de azúcar a la destilería, y las rentabilidades de las inversiones hechas cada seis años.

- Sustitución de Importaciones

Ecuador es un país eminentemente importador de gasolina, lo que significa que tiene que dedicar gran parte de sus ingresos por venta de petróleo al exterior a la importación de gasolina. (Ver cuadro 3.28)

Si se sustituyese el número de galones de importación de gasolina, correspondiente a la demanda efectiva estimada de alcohol anhidro, entonces se tendría un ahorro de 84´834.399 galones en 10 años. Si consideramos un precio internacional igual al precio de venta de la mezcla alcohol/gasolina en el mercado interno, se tiene un ahorro de 93´315.639 dólares.

- Reducción de Emisiones

Como explicaremos en el capítulo IV, la combustión de gasolina produce la emisión de monóxido de carbono y de dióxido de carbono, y deja en el motor residuos de carbono. Esto se debe a la poca habilidad de la gasolina de combustionar limpiamente. Cuando se le agrega alcohol a la gasolina, no solamente se está elevando su capacidad para quemarse uniformemente, sino que también se le agregan moléculas de oxígeno, lo que provoca una combustión completa, sin dejar residuos de carbono en el motor.

Por falta de información, no se ha podido calcular cual sería la reducción de emisiones de gases tipo invernadero a la atmósfera en la provincia del Guayas, pero se ha calculado en otros países, que se deja de emitir entre el 30% y 40%.

Es decir que los vehículos que utilicen esta mezcla, dejarán de emitir entre esos porcentajes. Esto es un gran aporte al medio ambiente, en especial en la ciudad de Guayaquil, considerando que es una de las ciudades con mayor contaminación ambiental provocado por la población vehicular según informes de la Comisión de Tránsito del Guayas, y Fundación Natura.

CAPÍTULO IV

SALUD Y MEDIO AMBIENTE

La pobreza, principal enemigo del medio ambiente, gravita en la falta de capacidad de la mayoría de los países latinoamericanos en formular, planificar, poner en práctica y administrar programas ambientales e incorporar esos programas en sus actividades generales de desarrollo humano. Su preocupación más priorizada en cuestiones básicas de la supervivencia a corto plazo de sus habitantes limita el desarrollo de estas actividades. He considerado que estos aspectos son muy importantes en el desarrollo de mi tema, y por esto, a continuación hago algunos análisis y expongo algunas explicaciones en lo que respecta a los combustibles de fuentes fósiles y el alcohol, y sus repercusiones en la salud humana y el medio ambiente.

4.1 COMPORTAMIENTO DEL ALCOHOL Y LA GASOLINA EN EL AMBIENTE

El etanol ha sido conocido como combustible durante muchas décadas. Cuando Henry Ford diseñó el Modelo T, lo diseño para que utilice etanol, y pensó que el etanol debería de ser el combustible que acapare el mercado.

Sin embargo la gasolina se convirtió en el combustible dominante en el transporte desde principios del siglo veinte, debido a la facilidad en las operaciones de gasolina en motores, con materiales en ese entonces disponibles para la construcción de dichos motores, y también debido a una creciente oferta de petróleo por nuevos yacimientos descubiertos. (Ver Anexo 4.1)

Pero la gasolina tiene muchas desventajas en comparación con el alcohol. Esta tiene un menor nivel de octanaje que el alcohol, es mucho más tóxica (en especial cuando se la mezcla con plomo, y otros componentes para aumentar el octanaje), y contiene compuestos que crean polución.

El petróleo y la gasolina consisten en mezclas de más de 250 hidrocarburos. Muchos de éstos son tóxicos, y otros, como el benceno, son cancerígenos. Los hidrocarburos escapan al aire cuando los autos se surten de gasolina, y del carburador durante el funcionamiento normal del vehículo, y también por el tubo de escape.

El transporte aporta entre el treinta y el cincuenta por ciento de toda la emisión de hidrocarburos en la atmósfera.

El petróleo tiene mayor riesgo de explosionar y de quemarse accidentalmente, crea una especie de goma en las superficies en donde se lo almacena y también crea depósitos de carbón en las cámaras de combustión de los motores.

Es necesario instalar oleoductos para distribuirlos a las áreas de refinación. El petróleo es físicamente y químicamente más diverso que el alcohol, lo cual hace que se necesite procesos complejos de refinación para asegurar la producción de una gasolina consistente. Debido a su bajo nivel de octanaje relativo al alcohol, se necesitan motores de baja compresión, o adicionar aromáticos como reemplazo del plomo.

La tecnología de los motores a diesel, la cual se desarrollo poco después de que la gasolina empezó a dominar el mercado de combustibles para el transporte, también resultó creadora de polución.

A pesar de estas desventajas ambientales, el petróleo ha dominado el mercado por los últimos tres cuartos de siglo.
Para esto existen dos razones principales: En primer lugar, el costo por kilometraje recorrido ha sido el criterio de selección. Y en segundo lugar, porque las compañías de la industria petrolera y automovilística, han realizado multimillonarias inversiones en capital físico, en entrenamiento de personal, en tecnología, lo que hace muy difícil que otros productos entren a competir.

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos la mezcla de un 10% de alcohol con la gasolina reduce las emisiones de monóxido de carbono en un 25% o más.

Hasta hace poco, no se le había dado mucha importancia a los grandes problemas ambientales que causa la industria petrolera. Pero todo eso está cambiando como también la preferencia de combustibles de los consumidores. Se ha demostrado en algunos estudios, que los conductores sí estarían dispuestos a pagar un poco más en el uso de combustibles que ayuden a conservar el medio ambiente y la salud humana.

4.2 EMISIONES

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 (CO2) y vapor de agua (H2O), 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.

En investigaciones realizadas en algunas ciudades de Europa, se ha estimado que el 80% de la contaminación atmosférica causada por el hombre, se debe a la combustión de carburantes fósiles y que de esta porción, el 50% lo aporta el transporte, con una participación del 73.7% de CO, 53% de HC y 47% de NOx de los totales emitidos en atmósferas urbanas.

4.2.1 Dióxido de Carbono

La mayoría de los combustibles líquidos (gasolina, diesel, gas natural, propano) vienen de hidrocarburos fósiles. A diferencia de ellos, el alcohol es producido de materiales biológicos renovables, como subproductos forestales y cultivos agrícolas.

No es tóxico, y no contribuye al efecto invernadero (calentamiento global). Todos lo combustibles provenientes del petróleo, aumentan los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, porque ellos representan la combustión de carbono fosilizado. En contraste con esto, usando los combustibles renovables, como el alcohol, no se incrementa el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera.

El dióxido de carbono formado durante la combustión, queda en balance cuando este es absorbido por las plantas en crecimiento usadas para producir etanol. En este caso estamos hablando de los cultivos de caña de azúcar. Estas plantaciones absorben el dióxido de carbono producido por la combustión del alcohol en los vehículos que lo utilicen.

Como es fácil notar que de hecho, la tecnología de los combustibles renovables puede resultar en una reducción neta en los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, mediante la transformación de este a materia orgánica que regresa a la tierra, incrementando su fertilidad y reduciendo su erosión.

El dióxido de carbono es liberado a la atmósfera cuando el alcohol (como otros combustibles) es quemado en los motores de los automóviles. Sin embargo el dióxido de carbono es reciclado en el crecimiento de las plantas en los cultivos. Alrededor del cuarenta por ciento o menos de la materia orgánica es actualmente removida de los campos para la producción de alcohol en el mundo.

El uso de alcohol en mezcla con la gasolina, tiene un gran potencial para una reducción neta en los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera.

Los organismos medioambientales en Canadá, estiman que el reemplazo de un litro de gasolina por un litro de alcohol, significa una reducción del cuarenta por ciento de las emisiones netas de dióxido de carbono. Estos resultados se asemejan mucho a los obtenidos en los Estados Unidos.

Si tomamos en cuenta el uso de mezclas altas de alcohol, por ejemplo "E85" (85 por ciento etanol y 15 por ciento gasolina), vemos que eso significa una gran reducción neta de dióxido de carbono, como resultado del uso en vehículos.

4.2.2 Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono es un gas venenoso, incoloro, inodoro e insípido, que se produce por la combustión incompleta de los combustibles. Generalmente se produce en la combustión de los combustibles provenientes del petróleo, los cuales no contienen oxigeno en su estructura molecular.

Debido a que el alcohol contiene oxigeno, su combustión es más completa. El resultado es una reducción substancial en las emisiones de monóxido de carbono. Investigaciones han demostrado que la reducción es del orden del treinta por ciento, dependiendo del tipo de automóvil y su edad, del sistema de emisión usado en del auto, y de las condiciones atmosféricas en las que el automóvil opera.

Cuando los vehículos operan en ambientes con bajas temperaturas, producen cantidades significantes de este polutante mientras los automóviles se están calentando y mientras estos se encuentran estacionados pero encendidos, lo que es de gran importancia en su impacto en las áreas urbanas.

En Estados Unidos se ha comprobado que el transporte aporta con más de dos tercios de la totalidad de la polución. Debido a esto, se ha establecido que en muchas ciudades de este país, se utilicen combustibles oxigenados, tal como la gasolina mezclada con alcohol, lo cual reduce la emisión de monóxido de carbono.

Se acumula en las urbes metropolitanas por ausencia de corrientes de aire, por alta concentración de fuentes emisoras y por la baja densidad de vegetación y suelo descubierto. El CO puede ocasionar la muerte a los humanos cuando son expuestos a concentraciones mayores a 750 ppm, ya que la sangre tiene una afinidad por el CO de 210 a 240 veces mayor que por el oxígeno.

4.2.3 Hidrocarburos no Quemados

Son una gran cantidad de compuestos diferentes, dentro de éstos, según estudios hechos por el Instituto de Oncología en el Castelo Bentivoglio en Italia, se ha demostrado que el benceno es un agente carcinógeno causante de tumores, tanto cuando es ingerido como inhalado en todas las especies de animales estudiadas, producen irritación de ojos, cansancio y tos. Reaccionan con otras sustancias en el aire y en presencia de luz producen oxidantes fotoquímicos, responsables de neblina y disminución de la visibilidad en las urbes metropolitanas. Se producen por combustión incompleta, evaporación y problemas de encendido.

4.2.4 Óxidos de Nitrógeno

Son producidos por combustión a elevadas temperaturas. Son agentes irritantes de ojos, nariz, garganta y propician bronquitis en niños. En unión con el SO2 (formado por combustión de combustibles con contenidos de azufre), provocan lluvia ácida con daños a bosques, sistemas acuáticos, agricultura y obras civiles.

4.3 EFECTOS AMBIENTALES

4.3.1 El efecto invernadero: (Greenhouse Gas Emissions)

Es el fenómeno mediante el cual gases (el dióxido de carbono, vapor de agua y metano) en la atmósfera de la tierra atrapan la radiación solar. Estos gases permiten la entrada de la luz solar, pero absorben el calor radiado por la superficie de la tierra.

En la atmósfera, una capa de gases atrapa el calor de la luz solar. Este calor se forma cuando el sol calienta la superficie terrestre la cual devuelve este calor de regreso a la atmósfera. Estos gases que atrapan el calor se combinan con los gases emitidos por las actividades industriales del hombre. Estos gases hacen que el calor se regrese a la superficie terrestre intensifican el calor en la atmósfera, causando un mayor calentamiento de la tierra, llamado efecto de calentamiento (warming effect).

Este calentamiento hace que la capa de hielo polar se derrita, lo que causa que el nivel del mar suba.

4.3.2 Formación de Ozono

El ozono es formado en el aire cuando los hidrocarburos, monóxido de carbono u óxidos de nitrógeno reaccionan en la presencia de la luz solar y el calor.

Altos niveles de ozono causan problemas respiratorios en los humanos y daños en muchas plantas, reduciendo significativamente campos de cultivos y la salud de los árboles y otras vegetaciones.

Sin embargo, los niveles de ozono en la tierra, no incrementan la concentración de ozono en la estratosfera, que es la que protege a la tierra de las dañinas radiaciones ultravioleta del sol. La quema de gasolina, emite grandes cantidades de una inmensa gama de hidrocarburos.

4.3.3 Lluvia Ácida

Los combustibles fósiles, dependiendo del proceso de mezcla, contienen cantidades variantes de sulfuro. Cuando estos combustibles son quemados en los motores, este sulfuro es emitido a la atmósfera en forma de dióxido de sulfuro (SO2).

Este sulfuro se oxida y se transforma en un aerosol de ácido sulfúrico, que es depositado en la tierra en forma de gotas diminutas cundo llueve. Este tipo de lluvias se las conoce como "lluvias ácidas".

Cuando el SO2 se encuentra en altas concentraciones en la lluvia, este puede causar daños respiratorios severos a los humanos, y daños substanciales a los edificios.

Afortunadamente para los humanos, la mayoría del sulfuro cae en las zonas de muy baja población. Sin embargo cuando esto pasa, los cultivos, los bosques y los lagos sufren un daño tremendo.

En los Estados Unidos, la lluvia ácida daña un estimado de dos mil a tres mil millones anuales de hectáreas de cultivos. Los bosques naturales pierden gran parte de su biodiversidad de especies. Depósitos metálicos en la tierra debido a las formaciones de lluvia ácida, van luego a los lagos y arroyos, y son tóxicos para los peces. Miles de lagos en los Estados Unidos y Canadá han sufrido serias pérdidas de vida acuática debido a las lluvias ácidas.

Reemplazando los combustibles del petróleo con biocombustibles, puede reducir en gran medida las emisiones de dióxido de sulfuro en la atmósfera causadas por el sector de transportes. Usando cualquier porcentaje de alcohol en mezcla con la gasolina o el diesel, se desplaza el correspondiente nivel de sulfuro en el petróleo, lo que hace decrecer las emisiones de sulfuro.

4.3.4 Aldehídos

Es un líquido (compuesto orgánico) volátil que se obtiene deshidrogenando u oxidando un alcohol. Las emisiones de aldehídos de las mezclas con alcohol, son generalmente mayores que los de la gasolina. El formaldehído (aldehído fórmico), es el más simple de los aldehídos, y es un compuesto gaseoso, se sospecha que es cancerígeno. Sin embargo, los convertores catalíticos utilizados en los vehículos (post-1987 vehículos), redujeron la emisión de aldehídos a niveles producidos por la gasolina (no mezclada).

Unos estudios realizados por organismos canadienses, probaron que las emisiones son muy pequeñas, y son eficientemente removidas por los sistemas catalizadores, lo que hace que las posibilidades de efectos negativos a la salud humana sean remotas.

4.4 GASOLINAS

4.4.1 Plomo en las gasolinas

Desde los años 20, se ha utilizado el plomo como aditivo para aumentar la calidad de la combustión (antidetonante) de la gasolina, medida por su índice de octano, ya que el plomo ha sido la forma menos costosa desde el punto de vista económico y energético para obtener calidad octanal en una refinería. 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 de los mismos. La combustión del carburante en un motor de combustión interna genera una serie de emisiones contaminantes, las cuales dependerán del tipo y calidad del combustible utilizado, de la relación aire/combustible, del sistema de suministro del combustible, del sistema y tiempo de encendido, de la energía del encendido, de la relación de compresión, de la temperatura de combustión, del régimen de carga y del tratamiento ulterior de los gases de escape. Sin embargo, un estricto programa de inspección y mantenimiento del motor puede lograr disminuciones de las emisiones contaminantes hasta en un 40%; aún así, esta disminución no es suficiente en las grandes ciudades, caracterizadas por enormes flotas vehiculares; fue así, como surgió la idea del diseño de vehículos con control de emisiones, caracterizados por un dispositivo denominado convertidor catalítico, cuya función básica es la transformación de HC, CO y NOx en CO2, vapor de agua, N2 y O2, sin embargo, este dispositivo no puede operar en presencia de plomo, por lo que surgió la necesidad de eliminar el plomo de las gasolinas.

4.4.2 Efectos de la presencia de plomo sobre la salud

En el organismo humano son cuatro los principales sistemas sensitivos al plomo, éstos son:

a.- Sistema Hemopoyético

El plomo afecta la producción de hemoglobina en diversas etapas de su síntesis. Cuando el nivel de plomo en la sangre alcanza los 50 ug/dl, los niveles de producción de hemoglobina son mínimos y se presentan casos de anemia.

b.- Sistema Renal

Se pueden presentar daños en los riñones como consecuencia de la exposición a niveles de plomo muy altos.

c.- Sistema Cardiovascular

Algunos estudios han mostrado posibles relaciones estadísticas entre la presencia de plomo en la sangre y la alta presión sanguínea; sin embargo, otros estudios realizados en el Reino Unido, no han encontrado evidencia alguna para apoyar la creencia de que moderados aumentos en la carga corporal de plomo tienen relevancia en los riesgos de enfermedad cardiovascular.

d.- Efectos Neurocomportamentales

Se piensa que afecta el desarrollo intelectual y el comportamiento de los niños. Puede causar daños neurológicos. Sin embargo, estudios hechos en Inglaterra han concluido que no existen pruebas evidentes lo suficientemente significantes sobre la relación causal entre diferentes niveles de presencia de plomo y el desarrollo intelectual o comportamental en niños.

4.4.3 Efectos de la combustión de la gasolina sobre la salud y el ambiente

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 medio 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.

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 recirculado 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). Existen diferentes formas de obtener gasolina sin plomo, cada una de ellas presenta características tóxicas y formas diferentes de obtención:

a.- Sustancias Aromáticas

Investigaciones realizadas han indicado que el benceno es una peligrosa sustancia cancerígena y causa una variedad de desordenes sanguíneos tales como la leucemia. En orden de peligrosidad le siguen el tolueno y el xileno; Todos estas sustancias están presentes en las gasolinas sin plomo "aromáticas", en composiciones que oscilan, en el caso de Europa, entre 29 y 55% por volumen, en donde el contenido de benceno es de 5%. Sin embargo, aún cuando la cantidad de benceno fuese muy baja, este se produce también durante la combustión a través de procesos de demetilación de otras substancias aromáticas tales como el tolueno y el xileno encontrados en mayor proporción. En experimentos de carcinogenicidad en ratas, realizados por el Instituto de Oncología y Ciencias Ambientales de Bolonia, Italia, se demostró que la exposición a gasolinas con alto contenido aromático conduce a la formación de tumores generalmente malignos, especialmente tumores del útero.

b.- Isoparafinas

Investigaciones apoyadas por el American Petroleum Institute (API) demostraron que la exposición de inhalación de 344 ratas Fischer machos a los vapores de gasolina con alto contenido de isoparafina produce tumores renales benignos y malignos; además, un aumento de los tumores del hígado en ratones femeninos expuestos a inhalación del mismo tipo de gasolina.

c.- Compuestos Oxigenados

Para mejorar la calidad octanal de la gasolina sin plomo, se puede añadir también oxigenados, tales como alcoholes (metanol y etanol) y éteres (MTBE y ETBE). En el proceso de combustión, estas substancias pueden producir formaldehído, el cual es un irritante y cancerígeno. Experimentos en ratas han demostrado que la exposición por inhalación de formaldehído, ocasiona el comienzo de carcinoma de las cavidades nasales. En un estudio hecho por los fabricantes del MTBE "Task Force in the USA", se sometieron a prueba 344 ratas Fischer y ratones CD-1, machos y hembras, con varias dosis por inhalación; y los resultados indicaron que la exposición de inhalación de ratas y ratones a elevadas concentraciones de MTBE resulta en un aumento en la incidencia de tumores de los riñones en las ratas macho, y tumores del hígado en las ratas hembras.

4.5 EFECTOS DEL ALCOHOL EN LA SALUD HUMANA

Como sabemos, el etanol es el principal ingrediente de las bebidas alcohólicas, y ha sido parte de la dieta humana por muchos siglos. Se produce de la fermentación por hongos y otros microorganismos, y es encontrado en bajos niveles en la sangre y en el aliento de personas que no beben alcohol. Las exposiciones biológicas y las respuestas con alcohol son evaluadas en términos de la concentración en la sangre, en donde se lo mide en miligramos de alcohol por decilitro de sangre (mg/dl).

Una bebida alcohólica típica contiene 12 grados de alcohol, lo que corresponde a una dosis de 170 mg/kg para un adulto de 70 Kg (154 libras), y produce un pico en la concentración de alcohol en la sangre del orden de 25 mg/dl. Los límites legales en Estados Unidos son de 80 a 100 mg/dl. El etanol es ingerido en las bebidas alcohólicas, generalmente con efectos leves, aunque en altas dosis causa efectos tóxicos en los humanos tanto en el corto plazo (embriaguez), como en el largo plazo (corrosis del hígado).

Si el etanol llega a ser un alcohol comúnmente usado como combustible, es muy posible que las personas estén expuestas a él por la inhalación (el etanol puede ser inhalado en las estaciones de gasolina, en el auto, etc.). Por eso sí se le ha dado la importancia necesaria en las investigaciones.

En las literaturas científicas no se puede encontrar reportes de efectos sobre humanos expuestos a la inhalación de etanol. Pero se puede inferir que causa poco o nada de daño debido al rápido metabolismo del alcohol y a la dificultad en el aumento de la concentración de este en la sangre por inhalación, lo que mantiene a las dosis internas muy bajas.

Para hacer un análisis un poco más profundo sobre este tema, es importante destacar que el estándar ocupacional del alcohol en el aire es de 1000 ppm (1900 mg/m3) en una base de ocho horas. Según los expertos en estos temas, la experiencia con etanol parece ser favorable debido a que no se presentan síntomas a niveles por debajo de los 1000 ppm. Pero es importante decir que a niveles superiores o iguales a esta medida, el vapor de alcohol causa irritación en los ojos y en las vías respiratorias, dolor de cabeza y sueño. A pesar de eso nunca se han registrado casos crónicos debido a la exposición al vapor de alcohol.

Animales de laboratorio, han sido sujetos a la inhalación de vapor de alcohol en una variedad de experimentos dirigidos en su general para monitorear los efectos sobre el sistema nervioso y en especial los niveles de etanol en la sangre. De estos experimentos realizados con animales, se observó que la concentración en la sangre era un poco menor a 100 mg/dl., y que no causó ningún efecto en el sistema nervioso.

De esto podemos decir que en las exposiciones a la inhalación de alcohol no son comunes los efectos adversos.

Uno de los temas también que interesa mucho a los investigadores es el efecto o efectos que puede causar la inhalación del vapor de etanol en los fetos mientras la mujer está en estado de embarazo. Lamentablemente no me fue posible encontrar información acerca de ese tema aunque solo encontré el interés de los investigadores.
Para que la toxicidad del alcohol surta efecto en los humanos, primero se requiere que el material entre en la sangre vía inhalación. Para esto se debe considerar varios factores tales como la concentración de alcohol en el aire, el tiempo de exposición de la persona, la tasa de respiración y la tasa en que el organismo elimina el alcohol.
Los experimentos en los humanos muestran que entre el 55% al 60% del vapor inhalado es absorbido al flujo sanguíneo. La tasa de eliminación del alcohol es de 15 mg/dl/hr, y puede llegar hasta 23 mg/dl/hr. Esto corresponde a una eliminación de 6 a 9 grados de alcohol por hora para un adulto que pese alrededor de 70 kg.
Mientras la tasa de inhalación de etanol no sea mayor a la tasa de eliminación del etanol, los niveles de alcohol en la sangre van a permanecer bajos. Si la tasa de eliminación es menor, entonces esto llevaría a una acumulación de alcohol en la sangre, lo que haría que el este llegue a niveles en los que causa toxicidad.

Ahora veamos el caso en que el etanol sea usado en la industria del transporte en la forma de combustible. La primera exposición de la persona a la inhalación del vapor del alcohol es cuando vaya a la estación de servicio a abastecerse de este. Esta exposición durará no más de cinco minutos, mientras que la segunda exposición puede durar horas.

Un estudio realizado en 1997 acerca de la concentración de alcohol en la sangre, en donde se hicieron pruebas a diferentes niveles de etanol inhalado, sugiere que los niveles de alcohol inhalados durante la llenada del tanque, no va a resultar en efectos tóxicos en los humanos.

Existe muy poca información acerca de las concentraciones de alcohol en el aire. El promedio de concentración de alcohol en el aire es de 12ppb (0,023 mg/m^3) en la ciudad de Porto Alegre en Brasil. Una persona generalmente recibirá medio miligramo de alcohol por día, si está expuesto a un ambiente que contiene 12ppb de alcohol, es decir, una mínima dosis.

Algunos efectos tóxicos conocidos o de los que se sospecha sobre el etanol en la salud humana, no pueden ser cuantificados en términos de la concentración de etanol en la sangre. Por ejemplo, "el síndrome de alcohol fetal", es una constelación de deficiencias físicas y mentales en los niños, ligados la ingestión de alcohol durante el embarazo.

El riesgo es una función directa del consumo de alcohol durante el embarazo. La frecuencia de este síndrome es el doble en los niños de personas que lo consumen mucho alcohol, que para los de personas moderadas en el consumo de este o que no consumen.

Mientras es prudente abstenerse del alcohol durante el embarazo, un riesgo en el consumo diario de 30 g de alcohol, no ha sido probado.

Se ha observado que en muchos tomadores de alcohol, se produce cáncer en la cavidad oral, la faringe, esófago, laringe y el hígado. Estos riegos de cáncer aumentan mientras mayor sea el consumo de alcohol.

Hemos visto algunos efectos negativos que se producen con el consumo de alcohol, pero también debemos mirar los posibles beneficios en el consumo de este.

Numerosos estudios epidemiológicos han observado que las personas con un consumo moderado de alcohol, tienen índices de mortalidad más bajos que los que nunca toman o los que toman en exceso.

La reducción en la mortalidad se debe al decremento de los índices de enfermedades al corazón y enfermedades cardiovasculares. El cuadro es un poco complicado debido a que estos efectos varían según la edad, el sexo, entre otros.

Con estos argumentos no estamos diciendo que las exposiciones a bajos niveles de alcohol son deseadas, pero que se debe reconocer que sí puede traer beneficios. Sin embargo se deben hacer estudios para determinar si estos beneficios realmente existen, y cual es balance en comparación con los detrimentos.

4.6 RESIDUOS EN LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL

El proceso de producción de alcohol trae como resultado la creación de un residuo llamado Vinaza, que es un líquido espeso que se produce luego de la fermentación y destilación. Este líquido es muy contaminante si se lo elimina en los ríos. Esto ha sido un gran problema en Brasil, el cual ha encontrado soluciones utilizando las vinzas como fertilizante.

4.7 SITUACIÓN AMBIENTAL EN GUAYAQUIL

Antes de que Petroindustrial empezara la producción de gasolinas sin plomo, la situación en Guayaquil era sumamente alarmante. Los niveles de contaminación iban de 12 hasta 28 microgramos de plomo por decilitro de sangre, cuando lo aceptable es de 10 microgramos por decilitro.

En la ciudad de Guayaquil el 40% de los niños que nacían presentaban niveles de contaminación plúmbica (contaminación por plomo). Ellos la adquieren a través del cordón umbilical durante el embarazo.

Se ha calculado que al menos el 50% de los habitantes contiene algo de plomo en la sangre. También se encontró que en el aire de la ciudad existen 0,49 microgramos de plomo por metro cúbico cuando el nivel máximo aceptable internacionalmente es de 0,5 por metro cúbico, y en el suelo se hacen una relación aproximada de 132 libras de plomo por tonelada de tierra.

Junto con el plomo, también se emanan gases como el monóxido de carbono, que perjudican la salud humana.

En Guayaquil y en la provincia del Guayas se han realizado operativos para impedir la contaminación ambiental, en los cuales se detienen los vehículos que expulsan exceso de monóxido de carbono.

En 1996 se realizó un operativo llamado "Monóxido de Carbono" en el cual se detuvieron 172 vehículos en las primeras 48 horas.

La Comisión de Tránsito del Guayas también establece que a la hora de matricular un vehículo, se debe exigir al propietario el certificado de revisión técnica, mecánica y de emisión de gases contaminantes, pero en realidad esto no se cumple.

CONCLUSIONES

Lo que he encontrado interesante del proyecto, son los beneficios no sólo en términos de ganancias para los accionistas de la empresa productora de alcohol anhidro, sino los beneficios sociales que vendrían inherentes a la realización del proyecto.

Durante mi investigación me pude dar cuenta de las posibilidades que un proyecto de esta naturaleza ofrece para el desarrollo del área rural. No hablemos solamente de la provincia del Guayas, hablemos de un programa Nacional de producción de alcohol para el uso como carburante. Eso generaría alrededor de 69.000 puestos de trabajo directos e indirectos alrededor del país (área rural), y al mismo tiempo se reducirían las emisiones que contribuyen al efecto invernadero, todo esto sin considerar los beneficios para el consumidor.

Veamos de manera breve los beneficios:

- No incrementan los niveles de CO2 en la atmósfera, con lo que se reduce el peligro del Efecto Invernadero.
- Proporcionan una fuente de energía reciclable y, por lo tanto, inagotable.

- Revitalizan las economías rurales, y generan empleo al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola.
- Mejoran el aprovechamiento de tierras con poco valor agrícola y que, en ocasiones, se abandonan por su escasa rentabilidad.
- Mejora la competitividad al no tener que importar fuentes de energía tradicionales.
- Creación de mercado para camiones, traileres, equipo de llenado, etc.
- Creación de mercado para vendedores de abonos.

También es importante mencionar los posibles impactos negativos que podrían suscitarse:

- Transformación de cultivos de subsistencia en cañaverales, lo que se reflejaría en la reducción del suministro de alimentos y en el alza de los precios.
- Venta de parcelas de terreno de pequeños agricultores debido a precios atractivos que podrían ofrecer los grandes cultivadores de caña, lo que produciría migraciones significativas hacia las ciudades o en su defecto la creación de cinturones pobres alrededor de las grandes plantaciones.

Si el Gobierno decidiera crear un programa nacional o provincial de alcohol, podría incentivar a los agricultores con bajas tasas de interés para préstamos agrícolas con el fin de iniciar el cultivo de caña de azúcar o del cultivo óptimo para cada provincia considerando el precio, el rendimiento de alcohol por tonelada métrica del producto.

Debemos de tomar en consideración varios aspectos del proyecto propiamente dicho tales como la sensibilidad a los cambios del precio de la caña de azúcar y del precio de venta al público, la tasa de crecimiento del precio del alcohol versus la tasa de crecimiento del precio de la gasolina, y el respaldo gubernamental.

- Sensibilidad

Como pudimos darnos cuenta en el análisis de sensibilidad del capítulo III, el proyecto se vuelve más vulnerable a las variaciones del precio de la caña de azúcar cuando se tiene deuda. Sin embargo la utilización de recursos prestados hace que la rentabilidad, bajo condiciones normales, aumente.

Considero este punto de alta relevancia para la toma de decisión sobre la instalación de una planta productora de alcohol anhidro a partir de la caña de azúcar. Es una inversión riesgosa debido a la volatilidad de rentabilidad.

- Tasa de crecimiento del precio de la caña de azúcar

Esto es un punto muy importante que hay que analizar, y va muy relacionado con los riesgos con respecto a la sensibilidad. Una forma de medir que tan riegos es el proyecto, es a través de las tasas de crecimiento de los precios tanto de la gasolina como del alcohol. Cómo el precio de la caña de azúcar está indexado al precio del azúcar, entonces se toma como referencia de crecimiento, los precios del azúcar desde 1990 hasta el año 2000. Si analizamos esto, podemos observar que el precio de la gasolina ha aumentado a tasas muy superiores que las de el precio de la caña de azúcar. Esto nos dá una idea de que aunque el proyecto es sensible a las variaciones en el precio de la caña de azúcar, con el tiempo el precio del alcohol va a igualar al de la gasolina e inclusive ser menor, lo que aumenta las estimaciones de demanda, y hace que el proyecto sea más atractivo. Además, según la encuesta, el precio de la mezcla podría tener un precio de hasta 10% superior al de la gasolina extra, lo que le da un margen moyor sobre el costo, y hace que el proyecto sea menos sensible a las variaciones del precio de la caña de azúcar.

- Respaldo Estatal

Es importante anotar que todos los programas alrededor del mundo de uso de alcohol como combustible, ha sido iniciados y están actualmente respaldados por los gobiernos de cada país. Estos programas nacieron de la necesidad ya sea de regular el mercado de la caña de azúcar (Argentina), como el de sustituir importación de energía (Brasil), hasta por razones medioambientales (México). Es decir que han sido creados con la finalidad de resolver un problema nacional.

Los gobiernos de estos países subsidian esta industria con el fin de incentivar el consumo de alcohol carburante, debido a que su costo de producción es elevado. Esto se debe a que los factores de producción son caros, y en especial la materia prima principal.

Este proyecto requiere de la intervención estatal por varios factores:

1.- La disponibilidad de créditos para el sector agrícola cañicultor:

Los créditos para le sector cañicultor han ido disminuyendo como mencionamos en el capítulo III. Es necesario que los cañicultores tengan acceso a créditos con intereses bajos con el fin de incentivar el cultivo de la caña de azúcar 13 meses antes de que el proyecto empiece a operar. Antes de que la planta se instale (de 7 a 9 meses de instalación), se tiene que empezar a sembrar caña de azúcar con el fin de que haya caña disponible para ser usada por la destilería. Recordemos que la caña de azúcar cuando se siembra por primera vez, requiere de 13 meses antes de que pueda ser zafrada. Es por eso que un programa de alcohol requiere de temprana planificación.

2.- La creación de la legislación adecuada que haga viable la entrada de este producto al mercado nacional:

En todos los países se han creado leyes y decretos para que la mezcla de alcohol con gasolina se venda al público. Es necesario que también existan controles en la venta, distribución y mezcla del producto, cuyo organismo de control debe de ser seleccionado por el estado.

3.- Un posible subsidio vía exoneración de impuestos al consumo de alcohol carburante.

Como la mezcla de alcohol y gasolina tiene un precio por encima del de la gasolina extra al 100%, y a pesar de que según las encuestas el proyecto tendrá una buena acogida inicial, pienso que si el estado pudiera subsidiar el consumo de alcohol carburante vía el no cobro del IVA, el precio disminuiría, y haría que las proyecciones de demanda sean aún más favorables, y el proyecto más atractivo. Ahora si consideramos que va a haber un punto en el tiempo en que los precios (de la gasolina y del alcohol) van a igualarse, el subsidio podría aplicarse a los primeros años del proyecto, sabiendo el gobierno de antemano las alzas en el precio de la gasolina que decretará en el futuro.

RECOMENDACIONES

- Subsidios a la producción de Caña de Azúcar o Alcohol Combustible

En muchos países del mundo se subsidia el consumo de alcohol para de esta forma poder estimular su demanda. Los subsidios pueden tener diferentes formas, por ejemplo, cuando el gobierno decide no cobrar impuestos al consumo de alcohol combustible. El estado está dejando de percibir ese ingreso y por lo tanto tendrá que financiar esa brecha de alguna otra manera.

Otra forma de subsidio es al de la producción, en el cual el gobierno dá incentivos por medio de bajos intereses en los préstamos, o subsidios directos para producir determinado producto.

En Estados Unidos se ha subsidiado desde hace muchos años a las industrias que transforman el maíz en alcohol. Cómo resultado, se ha incentivado la demanda de maíz, alcohol como carburante, y se han mantenido precios estables. Estos subsidios tienen el fin de reducir la dependencia de las fuentes de energía fósiles. Estas medidas son criticadas y no benefician en nada a las compañías petroleras, quienes se oponen a estos subsidios que en Estados Unidos alcanzan alrededor de 600 millones de dólares anuales.

- Programa Nacional de Alcohol en Ecuador

La implementación de un programa nacional de alcohol traería al Ecuador muchos beneficios, que para poder estimarlo necesitamos primero determinar un mercado potencial.

Si nos basamos en las encuestas que he realizado, podemos decir entonces que el 64,33% del consumo nacional de gasolina extra corresponderían a las ventas estimadas de la mezcla alcohol-gasolina. El consumo de gasolina en el país fue de 400´000.000 de galones aproximadamente. El 91% del consumo corresponde a la gasolina extra; Es decir 364´000.000.

Tomando como base las encuestas realizadas, podemos decir que la demanda de la mezcla alcohol/gasolina alcanzaría los 234´161.200 galones.

No en todas las provincias del Ecuador se puede producir caña de azúcar, y en las que se puede, no se tienen los mismos rendimientos que se tiene en la costa ecuatoriana. Para poder determinar el área sembrada, y la mano de obra creada es necesario determinar la materia prima principal para cada producto tomando como criterio de decisión los tomados para la caña de azúcar en el capítulo I. Sin embargo vamos a tomar como base la caña de azúcar a pesar de sus limitaciones en otras provincias, simplemente para tener una idea del impacto.

Una demanda de alcohol de esa magnitud requeriría un área sembrada (de caña de azúcar) de 13´035 hectáreas. Esto le daría empleo a alrededor de 26.070 personas desempleadas del área rural.

En lo que respecta a la sustitución de importaciones, debemos considerar que para satisfacer la demanda de combustibles, se importaron en 1999 cerca de ocho millones de barriles por un valor de 191 millones de dólares. Con el nivel de demanda esperado con base en la demanda total de combustible, se tendría una producción de 23´416.120 galones de alcohol anhidro, lo que aun precio de compra (internacional) igual al interno, el país tendría un ahorro de 25´757.732 dólares al año. Si consideramos una demanda igual, y todos los factores constantes, entonces en 10 años se habrán sustituido alrededor de 257´577.320 millones de dólares.

- Precio Internacional

El Ecuador tiene un cupo limitado para exportar sus excedentes de azúcar, y en muchos países las barreara para proteger el mercado interno hace muy difícil encontrar mercados donde colocar dicha producción, y por eso no podemos exportar todo nuestro excedente. No importa cuanto nos sobre, no podemos exportarlo todo a la vez debido al cupo. Si el precio internacional del azúcar sube, solo nos beneficia en el cupo que podemos exportar, y no tiene por qué afectar a la producción de alcohol. Lo que sí puede afectarnos es si el precio interno del azúcar sube, entonces los cañicultores prefieren vender su caña a los ingenios (caña indexada al precio del azúcar), siempre y cuando los ingenios necesiten más caña de la que ya tienen, y si su capacidad instalada aumentase. Todo esto debe de ir de la mano del incremento de la demanda de azúcar, y no de un simple aumento en los precios de esta. Pienso que una forma para regular la venta de caña a la destilería de alcohol, es en forma de contratos a largo plazo, en donde se indexe el precio de la caña al precio de la gasolina o del alcohol, así como en el caso del azúcar. Otra solución es simplemente indexar el precio de la caña con el precio del azúcar, es decir que se aplique el mismo criterio para los contratos con la destilería.

- Importación de Naftas

Es posible que en lugar de importar naftas de alto octanaje (96) o aromáticos para poder elevar el octanaje de la gasolina que producimos (70-75 octanos), se mezcle en las refinerías ecuatorianas las gasolinas de bajo octanaje (70) con alcohol anhidro a un mayor porcentaje en la mezcla (24-26% como en Brasil), y así poder obtener los siguientes beneficios:

- Sustitución de importaciones de naftas (menos salida de divisas).
- Ahorro si el alcohol es más barato que la nafta importada. Es claro que así será debido a que la nafta se importa a precio internacional.
- Creación de fuentes de empleo (nuevas plantas alcoholeras) en el sector industrial alcoholero.
- Creación de nuevos empleos en el área rural para la cosecha de caña de azúcar o de otros cultivos (rentables) que se desarrollen para la producción de alcohol.
- Reducción de emisiones.

Una alternativa que podría ser viable es la de importar residuos alcohólicos para de ahí obtener alcohol anhidro. Entonces se montaría solo la parte de la planta para producir alcohol anhidro, como se hace en Costa Rica, El Salvador, cuyo producto final exportan a Estados Unidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN COALITION FOR ETHANOL. Ethanol Information. Internet. 2000.
2. ARÁUZ, Luis Alberto. Visión Histórica Petrolera Ecuatoriana. Editorial Universitaria. Primera Edición. Quito-Ecuador, 2000. 68p.
3. ARIAS, Hugo. Normas Básicas de Presentación de Trabajos Universitarios, Monografías y Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Instituto de Ciencias Humanisticas y Económicas. Guayaquil-Ecuador, 1997.
4. BANCO DENTRAL DEL ECUADOR. Información Estadística mensual. No. 1786. Dirección General de estudios. Quito-Ecuador, Diciembre 31 del 2000.
5. BOLTEN, Steven. Manual de Administración Financiera. Volumen 1. Editorial Limusa S.A. Cuarta Edición. México D.F. 1992. 238p.
6. BOLTEN, Steven. Manual de Administración Financiera. Volumen 2. Editorial Limusa S.A. Cuarta Edición. México D.F. 1992. 223p.

7. BOLTEN, Steven. Manual de Administración Financiera. Volumen 3. Editorial Limusa S.A. Cuarta Edición. México D.F. 1992. 227p.
8. BOLTEN, Steven. Manual de Administración Financiera. Volumen 4. Editorial Limusa S.A. Cuarta Edición. México D.F. 1992. 1999p.
9. CANADIAN RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. Fuel Ethanol. Internet. 1999.
10. COMISIÓN DE TRÁNSITO DEL GUAYAS. Anuarios Estadísticos desde 1980 a 1999.
11. COPERSUCAR. Azúcar para Utilización Industrial. Internet. 1999.
12. DARTON, Mike y CLARK, John. The Macmillan Dictionary of Measurement. Macmillan Publishing Company. Nueva York-Estados Unidos, 1994.
13. DIARIO EL TELÉGRAFO. Importación de Azúcar. Jueves primero de febrero del 2001.
14. DIARIO EXPRESO. Azúcar de la CAN. Domingo cuatro de febrero del 2001.
15. DIARIO EXPRESO. Producción de Azúcar. Sábado dos de junio del 2001.
16. DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS. Registro de Comercializadoras hasta el año 2000. División: Control de Derivados. Quito-Ecuador.
17. ENERGY. Commonly Asked Questions About California Gasoline & Gasoline Prices. Internet. 2000.
18. HORNGREN, Charles y HARRISON, Walter. Contabilidad. Prentice-Hall Hispanoamérica S.A. Priemera Edición. México D.F, 1991. 641p.
19. INEC. Estadísticas sobre el uso de la Tierra en el Ecuador. 1995.

20. LADISCH, Michael y DYCH, Karen. Dehydration of Ethanol: New Approach Gives Positive Energy Balance. Internet. 2000.
21. LOU, Joel. Weekly Retail Premium Gasoline Prices (Including Taxes). Internet. 2001.
22. MANCHENO, Janet, y ULLOA, Elsa. Los Ingenios Azucareros en el Ecuador. Contribución a la Generación de Empleo, Valor Agregado y Valor Bruto de la Producción, Período 1980-1988, y Posibilidades de Exportación del Producto Final. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador, 1990.
23. MARTÍNEZ, Gina y PARRALES, Mónica. Influencia del Medio Ambiente en la Conducta del Consumidor Ecuatoriano. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador, 1990.
24. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Producción Agrícola 1996, 1997, 1998, 1999.
25. MOLINA, Orlado y CALDERÓN, Eduardo. El Ecuador Antes y Después de la Reforma Agraria: Análisis Económico y Social. Universidas Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador, 1993.
26. PETROECUADOR. Informe Anual 1998.
27. PETROECUADOR. Informe Anual 1999.
28. PETROECUADOR. Banda de Precios del Petróleo y Gasolinas.
29. PROYECTO SICA - BIRF/MAG. Estadictica de Precios del Azúcar y Caña de Azúcar. Internet. 2000.

30. PURDUE UNIVERSITY. Alcohol Destillation: Basic Principles., Equipment, Performance Relationships and Safety. Cooperative Extension Service. Internet. 1999.
31. ROMERO, Gabriel. Cultivo de la Caña de Azúcar. Editores Nacionales. Primera Edición. Colombia, Febrero 1999.
32. UNIVERSITY OF NEBRASKA. Ethanol Production and Utilization for Fuel. Cooperative Extension Service. Internet. 2000.
33. VÁZQUEZ, Lola y SALTOS, Napoleón. Ecuador: Su Realidad. Fundación José Peralta. Octava Edición. Quito-Ecuador, Septiembre 2000, 338p.
34. VELARDE, Luis y VILLAVICENCIO, Roberto. La Intervención del Banco Nacional de Fomento como Institución Estatal de Crétido en el Sector Agrícola, Provincia del Guayas. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas. Guayaquil-Ecuador, 1990.

VISITAS

Corporación Financiera Nacional: Céditos Empresariales.

Banco de Guayaquil. Créditos Empresariales.

Banco del Pichincha. Créditos Empresariales.

Banco del Pacífico. Créditos Empresariales.

Centro de Investigaciones de la Unión Nacional de Cañicultores

Planta Productora de Alcohol. Soderal.

Ingenio Valdéz

Plantaciones de Caña de Azúcar del Ingenio San Carlos.

Plantaciones de Caña de Azúcar del Ingenio La Troncal.

ENTREVISTAS

Ing. Luis Román. Ex Gerente General de Petroecuador. Quito, Julio 2000.

Ing. Carlos Izurieta. CEDEGE. Guayaquil, Enero 2001.

Ing. Mario Aguilera. Destilería Soderal. Jefe de Planta. Marceliño Maridueña, Marzo 2001.

Ing. Miguel Jara. Jefe Taller Equinorte. Guayaquil, Mayo 2001.

Ing. Astolfo Pincay Flores. Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador. Presidente. El Triunfo, Junio 2001.

Ing. Carlos López Salazar. Destilería Producargo. Gerente. La Troncal, Junio 2001.

Ing. Hans Palacios. Lyteca Texaco. Guayaquil, Julio 2001.

Ing. Juan Javier Luzuriaga. Lyteca Texaco. Guayaquil, Julio 2001.

Ing. Rafael Merizalde. Lyteca Texaco. Guayaquil, Julio 2001.