

# **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

### **Antecedentes**

El ser humano, desde su aparición en la Era Cuaternaria o “Antropozoico”, observa los fenómenos físicos de la naturaleza y se familiariza con el trueno, el relámpago, la lluvia y los cambios climáticos y medioambientales.

El relámpago le llama poderosamente la atención porque expresado en una cinta gigante de color plateado que se dibuja en el cielo, al caer y chocar en la tierra, origina una llama de color rojizo que además genera calor y quema.

El hombre, que hasta entonces se alimentaba de toda especie animal y vegetal en su estado natural y crudo conforme lo cazaba y cosechaba, comienza a pensar en cómo conservar viva esa materia residual del relámpago.

Por un largo proceso de experimentación, se origina y descubre lo que hoy la humanidad y la ciencia entiende como “COMBUSTIÓN” y se origina el “COMBUSTIBLE” que significa “material cuya combustión produce energía calorífica”.

Es entonces cuando el ser humano evoluciona y cambia su manera existencial de alimentarse para vivir.

El largo proceso que origina el cómo y cuándo el ser humano atrapa al relámpago y su candela la adopta y utiliza al grado de que se constituye en uno de los principales elementos existenciales, hace posible su desarrollo, crecimiento y uso como experimentación para edificar su crecimiento social, cultural, inventivo y de perfeccionamiento que, indudablemente es una fabulosa historia que complementa a aquella que relata la historia misma del ser humano y que es propiamente la historia de la raza humana (Silva, y otros, 2017).

Las civilizaciones comienzan a requerir grandes cantidades de energía para satisfacer sus necesidades, conforme avanza la tecnología, especialmente en el área industrial y automotriz.

Bajo ese contexto, durante muchos siglos en la historia del mundo se han utilizado combustibles fósiles, para poner en marcha procesos industriales y tecnológicos necesarios para el desarrollo de las mismas.

Las nuevas tendencias en la producción y uso de combustibles fomentan los principios de sostenibilidad con el medio ambiente y, por esta razón, una de las alternativas energéticas actuales es utilizar biocombustibles que generen menos gases de efecto invernadero hacia la atmósfera (Ferrari, 2013).

El biocombustible es un carburante (combustible) de origen biológico obtenido de recursos naturales renovables, a partir de productos y restos orgánicos como ser: maíz, remolacha, girasol, caña de azúcar y bagazo de caña, también de residuos urbanos e industriales.

El uso de biocombustibles genera menor contaminación ambiental y son una alternativa viable y parcial al agotamiento de energías fósiles, como el gas natural y el petróleo.

Para el presente estudio, la caña de azúcar es la base referencial de la materia prima de la que se obtendrá el biocombustible, cuyo nombre químicamente genérico se lo denomina “etanol”.

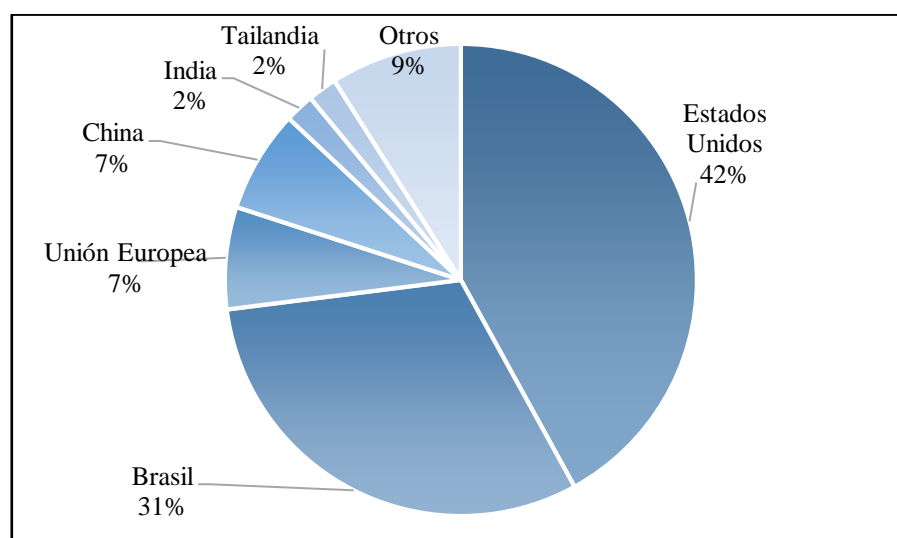
En el continente sudamericano, en la parte central y oriental, de manera progresiva se han ido ampliando y modernizando plantas industriales para la producción azucarera y alcoholera, complementándolas con otras actividades derivadas como lo son la de los alimentos balanceados para aves y ganado, hasta la de diversos abonos para la misma agroindustria alimentaria humana y animal (FAO, 2009).

Brasil, el mayor productor de caña de azúcar entre los principales países del mundo dedicados a esta actividad agroindustrial, ha estado comercializando etanol como combustible de consumo para el autotransporte desde la década de los 80 del siglo pasado, y desde el año 2003, su industria automotriz viene fabricando vehículos con un sistema de combustión denominado “flexible” o “Flex Fuel”, que logra que el automóvil funcione con más de un combustible, tanto gasolina como etanol o mezclas de estos en diferentes porcentajes.

Por los éxitos y resultados hasta ahora alcanzados, se conjetura que el objetivo de este país es aumentar el consumo interno de los biocombustibles que alcanzó un 9% el año 2017, y llegará al 18% para el año 2030 (Agencia Nacional del Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles de Brasil, 2019).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico “OCDE”, en el año 2024, muestra en sus estadísticas que la producción de etanol en el mundo estaría liderada por Estados Unidos y Brasil, países que en la actualidad son los mayores productores de etanol a nivel mundial.

**Figura 1. Distribución Regional de Producción de Etanol en 2024**



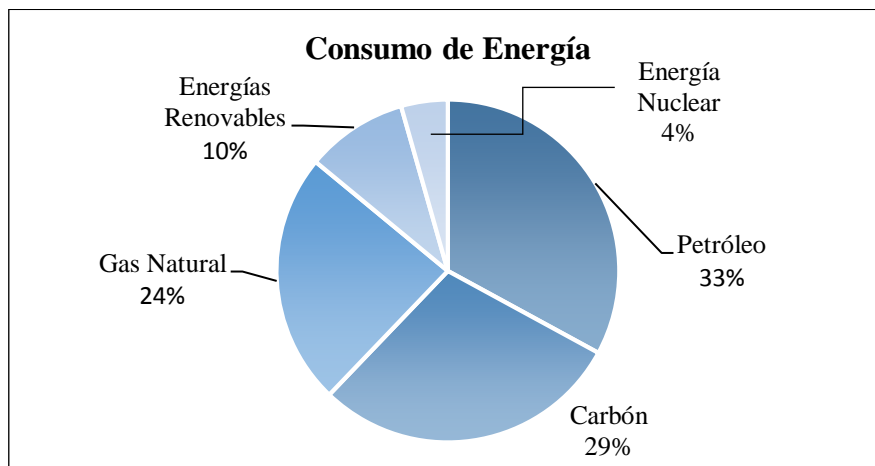
**Fuente:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, (2021)

A partir del año 1979, se empezó a comercializar etanol como carburante; en el año 2007, los automóviles “Flex Fuel”, que están diseñados para funcionar tanto con gasolina como con etanol, ingresaron en el mercado brasileiro.

Las estadísticas del “Anuario de la Industria Automovilística Brasileira del año 2018” reflejan que la cantidad de automóviles consumidores de biocombustible producidos con el sistema “Flex Fuel”, supera la cantidad de automóviles producidos y consumidores de gasolina o diésel (Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores de Brasil, 2018).

La mayor parte de la energía que se utiliza en el mundo proviene del petróleo y sólo un 10% del total del consumo proviene de fuentes renovables.

**Figura 2. Consumo de Energía Primaria en el mundo**



**Fuente:** Statistical Review of World Energy, (2021)

Una de las alternativas más innovadoras de la última década ha sido la implementación de tecnologías que permitan procesar las materias orgánicas para obtener etanol carburante, principalmente, y de esta manera diversificar la matriz energética en los países productores y consumidores.

Entre los productos químicos orgánicos empleados y producidos por el hombre, el etanol es el más antiguo, constituyéndose en uno de los más importantes.

La industria mundial como nacional emplea de manera más extensa y amplia el alcohol etílico como disolvente para lacas, barnices, colorantes, perfumes, ambientadores; como medio para reacciones químicas; como antiséptico; en las bebidas alcohólicas; en el sector farmacéutico, como excipiente de medicamentos y cosméticos; como anticongelante, desinfectante; como compuesto de partida en la síntesis de diversos productos (Morrison & Boyd, 1990).

De toda esa evolución progresiva alcanzada por la ciencia sobre el alcohol en el mundo, Bolivia como país sufre serias limitaciones, tecnológicamente carente de mucha disponibilidad, del equipamiento de laboratorios con equipos y aparatos de tecnología

avanzada, especialmente por lo económico, por el alto costo de dichos equipos para la economía nacional.

Bajo esas limitaciones, Bolivia, desde los años 50-60 del pasado siglo XX, profundiza y revoluciona la instalación de los primeros ingenios azucareros para desterrar el aprovisionamiento del azúcar para consumo familiar e industrial que por entonces, por vía de la importación, se obtenía azúcar de origen peruano de la marca “CARTAVIO” y alcohol, hasta que el ingenio azucarero de GUABIRÁ comienza a producir ambos productos que benefician al Estado y pueblo boliviano; luego, de manera secuencial, se constituye el ingenio azucarero de Bermejo en Tarija y, recientemente, el ingenio de San Buenaventura en el departamento de La Paz.

La existencia de ingenios azucareros de propiedad estatal y privada que manejan dichas plantas permiten que instancias superiores del Estado Boliviano promulguen leyes y otras disposiciones públicas con las que se regulan el manejo, uso y comercialización de este producto a partir de su definición como materia prima para satisfacer las demandas de las industrias y actividades líneas atrás ya indicadas.

Bajo ese contexto y proceso evolutivo, Bolivia como Estado y conforme a sus prerrogativas constitucionales, en el año 2018, reformula la “Ley del Etanol 1098”, misma que describe la nueva orientación de Bolivia hacia la producción y consumo de biocombustibles, etanol anhidro y biodiesel.

El departamento de Santa Cruz de la Sierra Bolivia, a la fecha, es el de mayor cantidad y número de ingenios azucareros que representan a la industria que procesa la caña de azúcar para obtener un subproducto de importancia como es el etanol.

Consecuentemente, los ingenios azucareros cruceños, de manera progresiva anualizada, muestran cifras de una disminución de gasolina importada del 14% con la producción actual de etanol anhidro que están generando, además que las proyecciones estimadas para el año 2021 indican una disminución del 19% y para el año 2025 se tendría una disminución del 21% de gasolina importada (Unión Agroindustrial de Cañeros Santa Cruz de la Sierra Bolivia, 2020).

## **TARIJA**

La soberanía territorial con la que actualmente cuenta el Estado Plurinacional de Bolivia está políticamente dividida en nueve departamentos; de ese número, a la fecha, tres son los que tienen instalados en su departamento plantas industrializadoras de la caña de azúcar y sus derivados comúnmente llamados Ingenios Azucareros.

El total de ingenios azucareros existentes en Bolivia son ocho, seis en Santa Cruz de la Sierra, uno en La Paz situado en la localidad norteña de San Buenaventura, y uno en el departamento de Tarija e instalado en la localidad sureña de Bermejo.

Todos los ingenios azucareros instalados en Bolivia son plantas industriales que además de la suficiente maquinaria y equipos con que cuentan para producir azúcar granulada, también cuentan con la necesaria instalación de maquinaria para la producción de alcohol etílico. Existen también instalaciones privadas, en Santa Cruz, que sólo producen alcohol, como Santa Cecilia, que aunque es un productor pequeño es una industria a tener en cuenta (Autoridad de Fiscalización de Empresas de Bolivia, 2019).

El departamento de Tarija cuenta con un ingenio azucarero instalado en la ciudad de Bermejo, capital de la segunda sección de la provincia Aniceto Arce, en el cual se destila etanol potable de alta calidad a partir de melaza. Esta se constituye en un líquido espeso y viscoso que es un subproducto de la producción de azúcar refinada de caña, y es de mucho interés de la empresa bermejeña producir el etanol anhidro para aprovechar el precio conveniente actual y la demanda, cada vez mayor, existente en Bolivia.

Mundialmente, los principales fabricantes de vehículos motorizados de pequeña, mediana y gran capacidad y tonelaje de arrastre que funcionan con motores a explosión de carburantes a base de gasolina y diésel que, por efecto de su masiva capacidad y de trabajo, originan una muy marcada contaminación medio ambiental por la producción de monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que ha originado el preocupante calentamiento del planeta, por lo que la ingeniería mecánica con la que se fabrican

dichos motores de explosión, experimenten nuevas técnicas en el proceso de su fabricación para que operen con etanol anhidro y mezclas necesarias, todo ello con la finalidad de disminuir la producción de monóxido y dióxido de carbono (CO y CO<sub>2</sub>) y, de esa manera, conservar la pureza del aire que es un elemento vital para la vida y existencia de la vida humana, animal y vegetal.



## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Realizar un estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta deshidratadora de etanol para Industrias Agrícolas Bermejo S.A.

### **Objetivos Específicos**

- Recopilar datos teóricos, en base a una investigación documental a partir de trabajos realizados en el área de investigaciones de la deshidratación de alcohol, así como de Industrias Agrícolas Bermejo Sociedad Anónima, sitios *web*, tesis, proyectos de grado, plataformas de estadística, revistas científicas, conferencias, para utilizarlos como referencia e información primaria o secundaria para la elaboración de la ingeniería de este proyecto que es una de las partes más importantes del mismo.

- Realizar el diagnóstico de la situación actual del proyecto para conocer el estado actual de la fábrica de alcohol de Industrias Agrícolas Bermejo Sociedad Anónima, a fin de saber qué instalaciones serán necesarias para la correcta elaboración de la ingeniería del proyecto.

- Realizar un estudio de mercado basado en información primaria e información secundaria a objeto identificar la demanda del producto, competencia, clientes en el mercado interno, preferencias, ventajas y desventajas para determinar el tamaño de la planta de alcohol deshidratado y proceder con el diseño de la ingeniería del proyecto.

- Seleccionar el proceso de deshidratación a emplear.

- Identificar y diseñar la implementación del equipamiento, maquinaria, vehículos, materiales y suministros necesarios para el proceso de deshidratación.

- Determinar los beneficios y costos de inversión y operación del proyecto.

## **Justificación**

### **Justificación tecnológica**

Actualmente, el Ingenio Azucarero de Bermejo cuenta con una fábrica destiladora de etanol de acero inoxidable con una capacidad instalada de 30 000 litros por día, además de contar con una nueva destilería de 120 000 litros por día, igualmente de acero inoxidable en fase de implementación.

Aproximadamente, 90% del alcohol que se produce es de 96 grados Gay Lussac, denominado alcohol de buen gusto y un 10% de alcohol de 90 a 93° grados Gay Lussac o etanol de mal gusto.

El etanol se obtiene mediante el proceso de fermentación que se somete a la melaza, la cual se constituye en un llamado subproducto derivado del proceso de elaboración de azúcar refinada (Industrias Agrícolas Bermejo Sociedad Anónima, 2019).

### **Justificación Económica**

Comercialmente, el precio económico del etanol tiene dos parámetros valorativos bien determinados que son el del llamado mercado interno para satisfacer la demanda nacional, y el llamado mercado de exportación para cubrir demandas internacionales de países con los que Bolivia sostiene relaciones diplomáticas y comerciales.

Actualmente, el precio por cada litro para ambos mercados es de 0,50 centavos de dólar, pero la empresa petrolera del Estado Boliviano que es Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) establece por cada litro de etanol el precio de 0,72 centavos de dólar, esa diferencia económica, por lo tanto, es beneficiosa y conveniente para Industrias Agrícolas Bermejo Sociedad Anónima (IABSA), al destinar un volumen de etanol para deshidratar y vender a ese precio a la petrolera nacional (Asamblea Legislativa Plurinacional de Bolivia, 2018).

Es ventajoso para Industrias Agrícolas Bermejo Sociedad Anónima “IABSA” en términos económicos, que se obtenga etanol anhidro en Bermejo, ya que el etanol anhidro es un producto que tiene un buen precio en los mercados interno y externo.

Además, existen posibles futuros mercados como lo son los departamentos de Chuquisaca y Potosí por la ubicación geográfica y territorial de Bermejo.

### **Justificación Social**

Actualmente, en el mercado del departamento de Tarija – como existe en otros del país – se tiene a la venta dos productos de combustión que expide YPFB, que contienen el aditivo de etanol anhidro, estos son: “*Diésel Oil Súper Etanol 92*” y “*Gasolina Súper Etanol 92*”.

La cadena departamental de las llamadas “Estaciones de Servicio” con las que cuenta el territorio, estratégicamente están instaladas sobre las vías carreteras principales que conectan al departamento con el interior del territorio y con los países que limitan su geografía, siendo que las mismas llegan al número de 20 y a mediano y largo plazo, ese número aumentará conforme al crecimiento demográfico departamental.

En la actualidad de esa cadena, en cinco estaciones de servicio en la ciudad de Tarija se encuentran estos productos, “*Diésel Oil Súper Etanol 92*” y “*Gasolina Súper Etanol 92*” (Agencia Nacional de Hidrocarburos “ANH”).

- Estación de Servicio “Don Daniel”
- Estación de Servicio “Moto Méndez”
- Estación de Servicio “Panamericano”
- Estación de Servicio “El Portillo”
- Estación de Servicio “SOINTA”

La política y *marketing* de YPFB y la ANH dejan percibir que a futuro mediato para todo el departamento se habiliten las veinte estaciones de servicio, actualmente existentes.

La construcción de nuevos caminos nacionales que de mejor manera vinculen a todo el país y sus departamentos, la visión empresarial de YPFB bajo una óptica geopolítica y de estrategia nacional Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), en coordinación con todos los ingenios azucareros existentes en Bolivia, están ampliando

la producción agrocañera para producir mayores cantidades de etanol anhidro para satisfacer la demanda del nuevo biocombustible que es consumido por vehículos de última generación existentes en todo el territorio nacional.

Industrias Agrícolas Bermejo tiene convenios firmados con Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos que, además de garantizar la producción de caña de azúcar, fomentan que las plantaciones de caña aumenten.

La incorporación de la gasolina Súper Etanol 92 es parte de la diversificación del sector hidrocarburífero, toda vez que sectores importantes del quehacer boliviano en materia de autotransporte es gran consumidor de este producto.

### **Justificación Ambiental**

Climatológicamente y en el aspecto que favorece a la atmósfera, se considera que el uso de biocombustibles es un aporte a la calidad del aire y al medio ambiente en general, debido a las menores emisiones de dióxido de carbono que se aportan al aire, entre otros gases que se producen en la reacción de combustión, de acuerdo a los aditivos sintéticos que son añadidos a las gasolinas para mejorar el octanaje de las mismas.