



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

TESIS

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCION
INDUSTRIAL DE BIOETANOL ANHIDRO A PARTIR DE
RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS EN LA CIUDAD DE LIMA-
2018**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

Autor:

Br. David Daniel Ludeña Castro

Asesor:

Mg. Barandiaran Gamarra, José Manuel

Línea de investigación:

Diseño y Desarrollo de Nuevos Productos

Pimentel –Perú

2019

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCION
INDUSTRIAL DE BIOETANOL ANHIDRO A PARTIR DE RESIDUOS
LIGNOCELULÓSICOS EN LA CIUDAD DE LIMA-2018**

Aprobación del Jurado

Mg. Barandiaran Gamarra, José Manuel

Asesor

Mg. Arrascue Becerra Manuel Alberto

Presidente del Jurado de Tesis

Mg. Puyen Farias Nelson Alejandro

Secretario del jurado de tesis

Mg. Purihuamán Leonardo Celso Nazario

Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

A mi esposa

A mis hijas

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su apoyo constante e incondicional.

A Dios por estar siempre a mi lado.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCION
INDUSTRIAL DE BIOETANOL ANHIDRO A PARTIR DE RESIDUOS
LIGNOCELULÓSICOS EN LA CIUDAD DE LIMA-2018**

**PREFACTIBILITY STUDY FOR THE INDUSTRIAL PRODUCTION OF
BIOETHANOL ANHYDRO FROM LIGNOCELLULOSIC RESIDUES IN THE
CITY OF LIMA-2018**

David Daniel Ludeña Castro¹

Resumen

El presente trabajo de investigación, tiene por objetivo principal, determinar la factibilidad para la producción industrial de Bioetanol Anhidro a partir de residuos lignocelulosicos en la ciudad de Lima. La investigación es de carácter cuantitativa, descriptiva y aplicada; además presenta un diseño de investigación no experimental propositivo; por su parte la técnica predominante para la recolección de datos fue el análisis documentario. Los resultados en cuanto al estudio de mercado muestran que, si bien la demanda en el mercado interno queda cubierta con la producción nacional, en el mercado externo existe un gran déficit por ello la producción del bioetanol anhidro, se destina para exportación. La tecnología empleada para la deshidratación del bioetanol, fue la de los tamices moleculares por sus bajos costos y facilidad de operación. La capacidad de planta se determinó en 80m³/d de bioetanol anhidro por día y el estudio económico es favorable pues los indicadores económicos muestran valores de \$1,637,267.21, 30% y 4 años para el valor actual neto, la tasa interna de retorno y el tiempo de recuperación de la inversión respectivamente.

Palabras clave: Prefactibilidad, Bioetanol Anhidro y Residuos lignocelulósicos.

¹ Adscrito a la Escuela Académica de Ingeniería Industrial Pregrado, Universidad Señor de Sipan, Pimentel, Perú, email: lcastrodavidan@crece.uss.edu.pe. Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4589-7988>

Abstract

The main objective of this research work is to determine the feasibility for the industrial production of Anhydrous Bioethanol from lignocellulosic waste in the city of Lima. The research is quantitative, descriptive and applied; it also presents a non-experimental proactive research design; On the other hand, the predominant technique for data collection was documentary analysis.

The results regarding the market study show that, although the demand in the domestic market is covered with the national production, in the external market there is a great deficit for that reason the production of the anhydrous bioethanol is destined for export.

The technology used for the dehydration of bioethanol was that of molecular sieves due to its low costs and ease of operation.

The plant capacity is set at 80 m³ / d, of anhydrous bioethanol per day and the economic study is favorable since the economic indicators show values of \$1,637,267.21, 30% y 4 years for the net present value, the internal rate of return and recovery time respectively.

Key words: *Prefeasibility, Anhydrous Bioethanol and Lignocellulosic residues.*

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| <i>Resumen</i> | 5 |
| <i>Palabras clave: Prefactibilidad, Bioetanol Anhidro y Residuos lignocelulósicos.</i> | 5 |
| Abstract | vi |
| <i>Key words: Prefeasibility, Anhydrous Bioethanol and Lignocellulosic residues.</i> | vi |
| ÍNDICE GENERAL | vii |
| ÍNDICE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xi |
| I. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.1 Realidad Problemática | 12 |
| 1.2 Trabajos previos: | 13 |
| 1.3 Teorías relacionadas al tema | 17 |
| 1.3.1 Referido al estudio de Prefactibilidad | 17 |
| 1.3.2 Referidas al Bioetanol Anhidro | 25 |
| 1.4 Formulación del problema | 35 |
| 1.5 Justificación e importancia del estudio. | 35 |
| 1.5.1 Justificación Social | 35 |
| 1.5.2 Justificación Económica | 35 |
| 1.5.3 Justificación Ambiental | 35 |
| 1.5.4 Justificación Teórica | 35 |
| 1.6 Hipótesis | 36 |
| 1.7 Objetivos. | 36 |
| 1.7.1. Objetivos General | 36 |
| 1.7.2. Objetivos Específicos: | 36 |
| II. MATERIAL Y MÉTODO | 37 |
| 2.1 Tipo y Diseño de Investigación. | 37 |
| 2.1.1 Tipo de investigación | 37 |
| 2.2 Población y muestra | 38 |
| 2.2.1 Población | 38 |
| 2.2.2 Muestra | 38 |
| 2.3 Variables, Operacionalización. | 38 |
| 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. | 40 |

| | | |
|-------|---|-------------------------------|
| 2.4.1 | Técnicas de recolección de datos:..... | 40 |
| 2.4.2 | Instrumentos de recolección de datos:..... | 40 |
| 2.5. | Procedimientos de análisis de datos..... | 40 |
| 2.6. | Aspectos éticos | 41 |
| 2.6.1 | Originalidad:..... | 41 |
| 2.6.2 | Veracidad:..... | 41 |
| 2.6.3 | Confidencialidad: | 41 |
| 2.7 | Criterios de rigor científico | 41 |
| 2.7.1 | Confiabilidad: | 41 |
| 2.7.2 | Validez:..... | 41 |
| III. | RESULTADOS..... | 42 |
| 3.1. | Diagnóstico del mercado interno y externo para el etanol | 42 |
| 3.1.1 | Estudio de Mercado | 42 |
| 3.1.2 | Estudio Técnico del Proyecto | 48 |
| 3.2 | Propuesta de investigación | 95 |
| | Análisis Beneficio Costo de la propuesta de investigación | 95 |
| 3.2.1 | Proyecciones de los Costos..... | 95 |
| 3.2.2 | Flujo de Caja económico..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.2.3 | Rentabilidad Económica del proyecto | 117 |
| 3.2.4 | Financiamiento | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.2.5 | Flujo de Caja Financiero | 120 |
| 3.2.6 | Determinación de la Rentabilidad para el proyecto financiado..... | 122 |
| 3.2.7 | Análisis del Riesgo asociado al proyecto | 124 |
| 3.3 | Discusión de resultados..... | 127 |
| IV. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 128 |
| 4.1 | Conclusiones | 128 |
| 4.2 | Recomendaciones | 129 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 130 |
| | ANEXOS | 133 |

ÍNDICE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Operacionalización de variables..... | 39 |
| Tabla 2: Proyección demanda de etanol..... | 43 |
| Tabla 3 Proyección de la demanda de etanol a nivel mundial | 45 |
| Tabla 4 Proyecciones para la oferta de etanol en el mundo | 47 |
| Tabla 5 Oferta de etanol en el mercado interno | 48 |
| Tabla 6 Fracción demandada a cubrir en función al riesgo del negocio | 49 |
| Tabla 7 Guía para elegir el porcentaje de participación..... | 50 |
| Tabla 8 Cuota a cubrir según el porcentaje adoptado | 52 |
| Tabla 9 Requerimiento de residuo según cuota de producto..... | 53 |
| Tabla 10 Residuo vs. energía liberada en combustión. | 55 |
| Tabla 11 Energía y Masa de Residuos lignocelulósicos disponibles | 56 |
| Tabla 12: Descripción de las principales tecnologías | 58 |
| Tabla 13 Total de operaciones e inspecciones a realizar..... | 66 |
| Tabla 14: Eficiencias típicas en plantas de alcohol..... | 70 |
| Tabla 15: Cantidad de equipos sanitarios NTP-IS 010 | 73 |
| Tabla 16 : Cantidad de equipos sanitarios..... | 73 |
| Tabla 17: Dotación de agua por persona..... | 73 |
| Tabla 18: Capacidad de cisterna y tanque elevado..... | 74 |
| Tabla 19 : Determinación del área requerida para el procesos productivo | 80 |
| Tabla 20: Descripción de áreas de la planta..... | 82 |
| Tabla 21 Escala de proximidad y codificación entre actividades..... | 83 |
| Tabla 22 Tabla relacional para la planta de etanol..... | 83 |
| Tabla 23: Programa anual de producción..... | 86 |
| Tabla 24 Tiempos de ciclo para las operaciones productivas | 92 |
| Tabla 25 TMAR según nivel de riesgo del negocio..... | 97 |
| Tabla 26: Costo totales de tanques..... | 102 |
| Tabla 27: Costo total de fermentadores..... | 102 |
| Tabla 28: Costo total de bombas | 103 |
| Tabla 29: Costo total de columnas de destilación | 105 |
| Tabla 30: Costo total de calentadores | 106 |
| Tabla 31: Costo total de tanques de almacenamiento | 106 |
| Tabla 32: Costo total de equipos de proceso..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 33: Resumen de inversión en bienes inmuebles | 108 |
| Tabla 34: Gastos de arranque de planta | 108 |
| Tabla 35: Costo anual de materia prima..... | 109 |
| Tabla 36: Costos de mano de obra | 110 |
| Tabla 37 Costo mano de obra indirecta..... | 111 |
| Tabla 38: Costo de insumos químicos..... | 112 |
| Tabla 39: Otros gastos indirectos | 113 |
| Tabla 40: Gastos administrativos | 114 |
| Tabla 41: Calculo de la cuota de pago, interés y amortización | 120 |
| Tabla 42: Impacto de la reducción del precio de venta sobre la rentabilidad | 124 |
| Tabla 43: Impacto del incremento del costo variable sobre la rentabilidad | 125 |
| Tabla 44: Impacto del incremento de la tasa de interés sobre la rentabilidad | 125 |
| Tabla 45: Composición típica para los residuos agrícolas | 133 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----------------|
| Figura 1 Comportamiento de demanda frente a cambios en el precio | 18 |
| Figura 2 Diagrama de bloques para la producción de etanol anhidro | 22 |
| Figura 3 Simbología para el diagrama de recorrido | 23 |
| Figura 4 Estructura general de un flujo de caja..... | 24 |
| Figura 5: Composición promedio para distintos tipos de residuos agrícolas | 29 |
| Figura 6: Rutas tecnológicas para bioetanol anhidro | 30 |
| Figura 7 Demanda interna de etanol anhidro | 44 |
| Figura 8 Proyección de la demanda de etanol en el mundo | 46 |
| Figura 9 Oferta de residuo celulósico en Lima | 54 |
| Figura 10: Diagrama de bloques para la producción de etanol anhidro | 64 |
| Figura 11: Diagrama de equipos para la obtención de bioetanol anhidro | 65 |
| Figura 12 Diagrama de operaciones para la producción de etanol anhidro | 67 |
| Figura 13 Diagrama de análisis de operaciones | 68 |
| Figura 14 Balance Teórico-Inicial..... | 69 |
| Figura 15 : Balance de materiales global para la planta de etanol anhidro: | 71 |
| Figura 16 Diagrama de hilos para la planta de etanol anhidro | 84 |
| Figura 17: Propuesta de la estructura organizativa de la planta | 88 |
| Figura 18 Balance de líneas para la producción de etanol anhidro | 94 |
| Figura 19: Valores referenciales por kilómetro para el transporte de bienes por carretera..... | ¡Error! |
| Marcador no definido. | |
| Figura 20 Capacidad vs. costo de tanque de almacenamiento | 101 |
| Figura 21: Grafica para estimación de costos para bomba centrifuga..... | 103 |
| Figura 22: Gráfica por estimación de costos para columnas de platos: | 104 |
| Figura 23: Flujo de caja económico | 116 |
| Figura 24. Evaluación de la rentabilidad para el flujo de caja económico..... | 118 |
| Figura 25: Flujo de caja financiero | 121 |
| Figura 26: Rentabilidad del proyecto con deuda..... | 123 |
| Figura 27: Balance global de materiales para la planta de bioetanol | 141 |

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

La búsqueda de combustibles alternativos, de origen biológico, renovable y biodegradables, capaces de incrementar el rendimiento en motores de combustión interna, y la imperiosa necesidad de reducir la emanación de los gases de efecto invernadero han contribuido a usar al etanol anhidro como combustible o aditivo para gasolinas comerciales, a nivel mundial. Sin embargo, las materias primas usadas para su producción son diversas y discutibles.

En Latinoamérica se utiliza la caña de azúcar, en Estados Unidos suelen emplear los granos de maíz y trigo, etc.; sin embargo, la utilización de la materia prima idónea debe analizarse desde varios puntos de vista, como el energético, el ambiental el económico, pero también desde el punto de vista ético.

Así, por ejemplo, el empleo de granos en la producción de etanol, es inaceptable, desde el punto de vista ético, en un mundo donde una gran parte de la población pasa hambre. Además, está demostrada la ineficiencia energética de estos procesos (Abril y Navarro 2012). Bajo esta perspectiva, el uso de la biomasa lignocelulósica, parece tener más perspectivas como fuente de materias primas para la obtención de etanol, aunque debe analizarse con gran profundidad y con un enfoque objetivo y holístico, que incluya todas las implicaciones actuales y futuras de estas tecnologías, sin caer en un falso optimismo, incluyendo las limitaciones cada vez mayores de la tierra disponible en el mundo para la agricultura, que ya es escasa en muchos lugares y es necesario darle el uso más racional y eficiente (Abril y Navarro 2012).

Además, en nuestro país, todo el alcohol producido a nivel industrial es obtenido por vía fermentativa, tanto por fermentación directa del jugo de caña de azúcar o a partir de la melaza, dejando de lado otras posibles materias primas como los residuos lignocelulósicos que abundan en nuestro territorio y que, además, al ser residuos suponen un costo económico bajo, referido básicamente a su recolección, clasificación y transporte.

Finalmente, en la ciudad de Lima no existe la producción industrial de etanol, pues la planta de alcohol más cercana se encuentra cerca en la localidad de Paramonga, ubicada a 200 Km de la ciudad de Lima y además produce alcohol rectificado a partir de las mieles agotadas de la caña de azúcar.

1.2 Trabajos previos:

Cuba. -

Díaz y Herrera (2012) “Producción de etanol combustible a partir de lignocelulosas”.

Los altos costos de producción del etanol elaborado de materias primas tales como la caña de azúcar y el maíz, obliga a buscar en los residuos agrícolas otras fuentes mucho más baratas. El uso de las lignocelulosas es un reto tecnológico que demanda la aplicación de nuevos conceptos y métodos en los pasos de hidrólisis y fermentación durante el proceso de producción del etanol. En particular, la complejidad de los fenómenos involucrados en los bioprocesos requiere el desarrollo de nuevos paradigmas en los sistemas de control de procesos. Algunos países del tercer mundo con extensas áreas de tierra cultivadas podrían ventajosamente reducir sus importaciones de petróleo en el futuro, si inician desde ahora un programa concertado, investigación, industria y gobierno, para la producción a gran escala de etanol a partir de residuos agrícolas, pero tal decisión precisa de un análisis detallado de las consecuencias económicas y ambientales. Concluye que:

Al considerar la tecnología de la producción de etanol combustible de lignocelulosas, es posible identificar áreas de investigación en diversos campos de la ciencia y la tecnología. El indudable valor estratégico del desarrollo de una industria rentable con altos volúmenes de producción, justifica la aplicación de un sostenido esfuerzo del sector científico e industrial, bajo el apoyo integrador del estado.

Chile. -

Martínez (2012) “Estudio del proceso productivo de bioetanol a partir de residuos de eucaliptus pre-tratados con distintos líquidos iónicos”

Este trabajo de memoria consistió en estudiar distintas condiciones del proceso productivo del bioetanol, a partir de residuos de *Eucalyptus globulus* Labill (eucalipto) como material lignocelulósico. La primera parte de este estudio consistió en utilizar líquidos iónicos protonados (PILs) en la etapa de pretratamiento, con condiciones de operación de 30 o 60 minutos a 60, 70, 80 y 90°C. En este caso, se obtuvo pequeños aumentos en el rendimiento de la sacarificación al utilizar acetato de 2-hidroxydietilamonio (2-HDEAA) y lactato de 2-hidroxyetilamonio (2-HEAL) en el pre-tratamiento. El mejor resultado se obtuvo con 2-HEAL a 70°C, durante 30 minutos, aunque este rendimiento no supera el 4%.

La última etapa de este estudio correspondió a la sacarificación y fermentación simultáneas, en las cuales se analizaron distintas cargas de biomasa, LI en el pre-tratamiento y distintos métodos de obtención del inóculo de levaduras. Los mejores rendimientos se obtuvieron con una carga de biomasa del 5%, con el material pre-tratado con [EMIM][Ac] y con el inóculo obtenido sin propagación, equivalentes a un rendimiento de 412 litros de etanol por tonelada de material pre-tratado. Al comparar estos resultados con los mejores obtenidos en estudios previos, se observó un aumento de un 182% en el rendimiento.

Como conclusión al trabajo realizado, se estima conveniente continuar este estudio, con el fin de aumentar el rendimiento del proceso productivo del bioetanol. Para esto se recomienda realizar más estudios con 2-HDEAA, 2-HEAL y con [EMIM][Ac], ya que estos presentaron los mejores resultados.

Por otro lado, se recomienda estudiar el reciclaje de líquidos iónicos, ya que se deben reducir los costos de este proceso productivo.

Colombia. -

Montaño (2014) “Producción de Bioetanol a partir de material Lignocelulósico de Moringa Oleífera”

Moringa oleífera es una planta de origen asiático que puede ser utilizada como materia prima en la producción de bioetanol. Con este fin se estudió el proceso necesario (pretratamiento e hidrólisis enzimática). A partir de tres pretratamientos (agua caliente líquida, ácido diluido y alcalino) se seleccionó el pretratamiento con ácido por presentar la mayor producción de glucosa en el prehidrolizado y el hidrolisis enzimático. Posteriormente se optimizó el proceso por medio de un diseño experimental Box-Behnken, pretratando moringa con temperaturas entre 175 y 195 °C, concentraciones de ácido sulfúrico entre 2 y 4% p/p, tiempos de 5 a 15 minutos y una relación sólido-líquido 1 a 11. Se determinó que las condiciones en las cuales se obtiene la mayor cantidad de glucosa total es a 181 °C, concentración de ácido igual a 2% y 5 minutos de reacción, además que la temperatura, la concentración y su interacción afectan directamente la producción de azúcares fermentables.

Concluye que:

Para todos los pretratamientos la producción de azúcares (glucosa y otros) en el prehidrolizado tiene una relación directa con la severidad de estos. Cuanto más severo es el pretratamiento menor es la cantidad de azúcares obtenida en el prehidrolizado.

Es posible fermentar los prehidrolizados de los tres tipos de pretratamientos en cualquier nivel de severidad con *Saccharomyces cerevisiae* a pesar del contenido de inhibidores presentes en cada uno de ellos.

Es posible obtener etanol a partir de moringa oleifera con un rendimiento de 0,13 g de etanol por cada gramo de biomasa pretratada.

Loreto, Perú.

Según la investigación realizada por Spanser, López y Celis, (2010) “Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de una Planta de Producción de Alcohol Carburante a partir de la Caña de azúcar en la región Loreto”. Cuyo objetivo es determinar la viabilidad técnica y Económica a nivel de pre-factibilidad para la instalación de una planta Industrial de producción de Alcohol Carburante (Etanol Anhidro) a partir de la caña de Azúcar, en la Región Loreto. Obtuvo como resultados: VANE: US\$ 612.489; TIRE: 79.16% Y B/C: 1.73. En la evaluación Financiera se obtuvo un VANF: US\$ 713.517; TIRF: 227.52%; B/CF: 1.85. Además, el periodo de Reocupación de la Inversión del Proyecto será de 2.38 años. Concluye que el proyecto, tendrá una capacidad Instalada de 2 030 670 L, de producto por año y estará ubicada en la ciudad de Iquitos, así mismo se utilizará la tecnología de separación por membranas; por otro lado, el proyecto requiere una inversión de \$ 838.400,50 y su financiamiento será cubierto en un 90% por COFIDE y Banco Continental y el 10% será aportado por los accionistas.

Chiclayo, Perú

Díaz y Silupú (2017), realizaron la investigación denominada “Estudio De Pre Factibilidad Para La Instalación De Una Planta Productora De Bioetanol De Segunda Generación, A Partir De Cascarilla De Arroz”, la cual tiene por objetivo determinar la prefactibilidad para la instalación de una planta Productora de Bioetanol de segunda generación a partir de la cascarilla de arroz. Obtuvieron como resultados que el mercado potencial de alcohol rectificado asciende a 45 millones de litros por año, además el rendimiento obtenido es de 0.25 litros de alcohol por Kg de cascarilla de arroz.

En dicho trabajo se concluye que el proyecto es factible tanto técnica como económicamente, pues las tecnologías para fermentación y destilación son ampliamente conocidas y están a disposición; económicamente también es factible puesto que la tasa interna de retorno antes y después de impuestos es de 38% y 19% respectivamente, así mismo el periodo de recuperación es de 2.53 años.

Lima, Perú

Godínez, (2013). En su investigación denominada “Estudio de Prefactibilidad para la implementación de una planta de Biodiesel a base de aceites usados en Lima”. Tuvo como objetivo determinar la prefactibilidad para la implementación de una planta de biodiesel a base de aceites usados en Lima. Como resultados de su investigación obtuvo que la ubicación más conveniente de la planta es en el distrito de Surco, presenta valores positivos de tasa interna de retorno y de valor actual neto de 23.99% y 2.6 millones de dólares, respectivamente.

Finalmente concluye que la estrategia competitiva es la diferenciación ya que elaborar biodiesel a partir de aceite usado está poco difundido en el Perú y el mundo, lo cual favorece poner en práctica este estudio. Asimismo, el proyecto es factible pues económicamente es viable puesto que lo valores de los indicadores económicos son favorables.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Referido al estudio de Prefactibilidad

1.3.1.1 Estudio de Mercado

Los aspectos económicos fundamentales que explican el comportamiento de los mercados vinculados con el proyecto a desarrollar corresponden al comportamiento de la demanda, de la oferta y de los costos, y a la maximización de los beneficios económicos para los accionistas (Sapag, 2011).

Aunque la cuantificación de la oferta y la demanda puede obtenerse fácilmente a través de fuentes de información secundarias, es recomendable recurrir a fuentes primarias a fin de obtener información directa y actualizada la cual es mucho más confiable (Baca,2013).

Por otro lado, los principales objetivos del estudio de mercado son ratificar la existencia de una necesidad insatisfecha en el mercado, determinar la cantidad de bienes y servicios que la comunidad estaría dispuesta a adquirir a determinados precios y proporcionar una idea al inversionista del riesgo que el producto ofrecido corre de ser aceptado o no en el mercado (Baca, 2013).

Comportamiento de la demanda

La búsqueda de la satisfacción de un requerimiento o necesidad que realizan los consumidores, se conoce como demanda del mercado. Los bienes y servicios que los productores ofertan para responder a esta demanda se denominan oferta del mercado. En el mercado, donde se vinculan esta oferta y esta demanda, se determina un equilibrio de mercado, representado por una relación entre un precio y una cantidad que motiva a los productores a fabricarla y a los consumidores a adquirirla (Sapag. 2011).

Debido a la infinidad de necesidades y a la limitación de recursos para poder satisfacer todas, el consumidor deberá priorizar definiendo una relación entre la cantidad que está dispuesto a comprar y los diferentes precios que podría pagar. Esta cantidad, cantidad demandada, representa cuánto el consumidor está dispuesto a comprar un producto, dado un precio determinado, y no lo que desearía comprar (Sapag. 2011)

Al subir el precio los consumidores tienden a disminuir la cantidad demandada de ese producto y viceversa. La cantidad entre el precio y la cantidad demandada se puede observar en la figura n°1, mostrando líneas abajo.

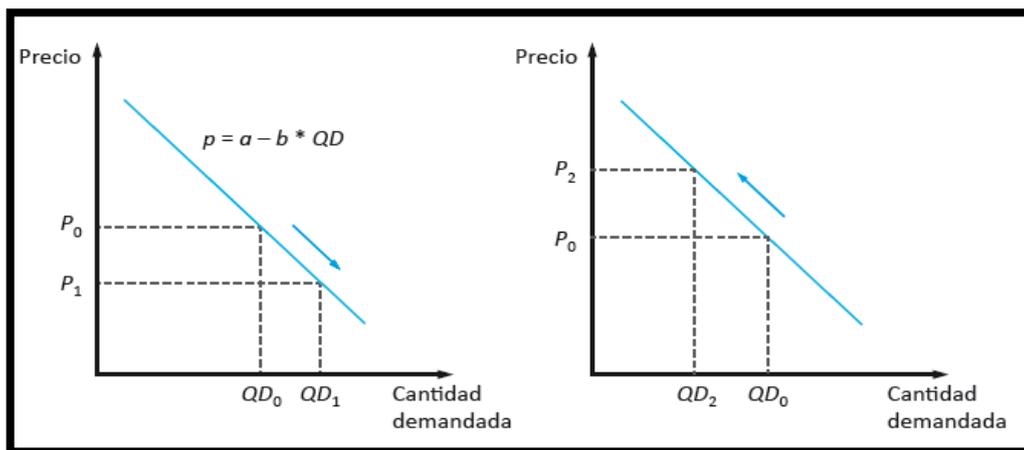


Figura 1 Comportamiento de demanda frente a cambios en el precio

Fuente (Sapag, 2011)

En el gráfico de la izquierda, se observa que si el precio original (P_0) baja a P_1 , la cantidad demandada original (QD_0) aumenta a QD_1 . El gráfico de la derecha muestra que, al subir el precio de P_0 a P_2 , la cantidad demandada cae de QD_0 a QD_2 .

1.3.1.2 Estudio Técnico

Los aspectos relacionados con la parte técnica o de ingeniería del proyecto son probablemente los que tienen mayor incidencia sobre la magnitud de los costos e inversiones que deberán efectuarse si se implementa el proyecto; por ende, su correcta estimación es un aspecto crítico para el proyecto. (Sapag, 2008).

Los principales objetivos del análisis técnico de un estudio de prefactibilidad es verificar la posibilidad técnica de la fabricación del producto; esto se

relacionada con la existencia y disponibilidad de la tecnología que permita la obtención del producto; también se busca analizar y determinar el tamaño y la localización, seleccionar o diseñar el proceso productivo, estimar la cantidad y capacidad de los equipos y maquinaria necesaria, de las instalaciones físicas y de la organización óptima requerida para la producción del bien o el servicio (Baca,2013).

Determinación del tamaño o capacidad de la Planta

Tamaño o Capacidad productiva de la Planta industrial

Según Baca (2013), el tamaño de un proyecto es su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año y se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica.

El estudio del tamaño de un proyecto es fundamental para determinar el monto de las inversiones y el nivel de operación que, a su vez, permitirá cuantificar los costos de funcionamiento y los ingresos proyectados (Sapag, 2011).

Se presentan tres tipos de capacidad de planta:

Capacidad de Diseño

Es la máxima capacidad de producción para la cual se diseñó el sistema; expresa teóricamente la máxima capacidad que se puede alcanzar (Sapag, 2011).

Capacidad Instalada o del sistema

Nivel máximo de producción que los trabajadores con la maquinaria, equipos e infraestructura disponible pueden generar permanentemente e integrada (Sapag, 2011).

Capacidad Real

Porcentaje de la capacidad instalada que en promedio se está utilizando, teniendo en cuenta las contingencias de producción y ventas, durante un tiempo determinado (Sapag, 2011).

Para evaluar un proyecto, tanto la estimación de los costos de funcionamiento como la de los beneficios se deben calcular con base a la capacidad real (Sapag, 2011).

Determinación del tamaño de Planta

El estudio del tamaño de un proyecto es fundamental para determinar el monto de las inversiones y el nivel de operación que, a su vez, permitirá cuantificar los costos de funcionamiento y los ingresos proyectados. Varios elementos se conjugan para la definición del tamaño: la demanda esperada, la disponibilidad de los insumos, la localización del proyecto, el valor de los equipos, etcétera (Sapag, 2011).

Las especificaciones técnicas de los equipos que cumplen con los requerimientos para la producción pueden presentar tres características respecto del tamaño:

Que la cantidad demandada total sea menor que la capacidad de producción de la tecnología más pequeña existente en el mercado.

Que la cantidad demandada sea similar a la capacidad de producción de alguna tecnología.

Que la cantidad demandada sea mayor que la capacidad de producción de la tecnología disponible (Sapag, 2011).

El tamaño de un proyecto corresponde a su capacidad instalada y se expresa en número de unidades de producción por año. Se distinguen tres tipos de capacidad instalada.

La determinación del tamaño de planta está en función a varias variables, dentro de las principales tenemos: demanda insatisfecha, disponibilidad de materia prima e insumos, disponibilidad de la tecnología a usar, cantidad de inversión, disponibilidad de recursos varios como mano de obra, servicios, etc. (Baca, 2013).

Ingeniería del Proyecto

El objetivo del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta, implica la descripción detallada del proceso, los balances de materiales y de insumos para determinar los requerimientos tanto de materia prima como de insumos, diseño del equipo principal de proceso, simulación del proceso, distribución de la planta y definición del organigrama funcional de la administración (Baca,2013).

Proceso Productivo.

Es el procedimiento técnico que se utiliza en el proyecto para obtener el producto ya sea un bien o un servicio, se identifica como la transformación de una serie de materias primas para convertirlas en productos mediante un determinado proceso productivo (Baca,2013).

Aquí es donde se seleccionada la tecnología de fabricación a utilizar; la cual deberá de tener en cuenta los resultados del estudio de mercado pues éste dictará la cantidad y calidad que se requieren para la realización del producto (Baca,2013).

Cualquier proceso productivo por complejo que sea puede representarse por un diagrama para una mejor comprensión y análisis.

Diagrama de Bloques de proceso

Es el método más sencillo empleado para representar un proceso. Consiste en que cada etapa del proceso se encierra en un rectángulo el cual se une mediante flechas con el anterior y el posterior según sea la secuencia productiva, se puede completar la información incluyendo las condiciones de la operación tales como flujo, temperatura y presión.

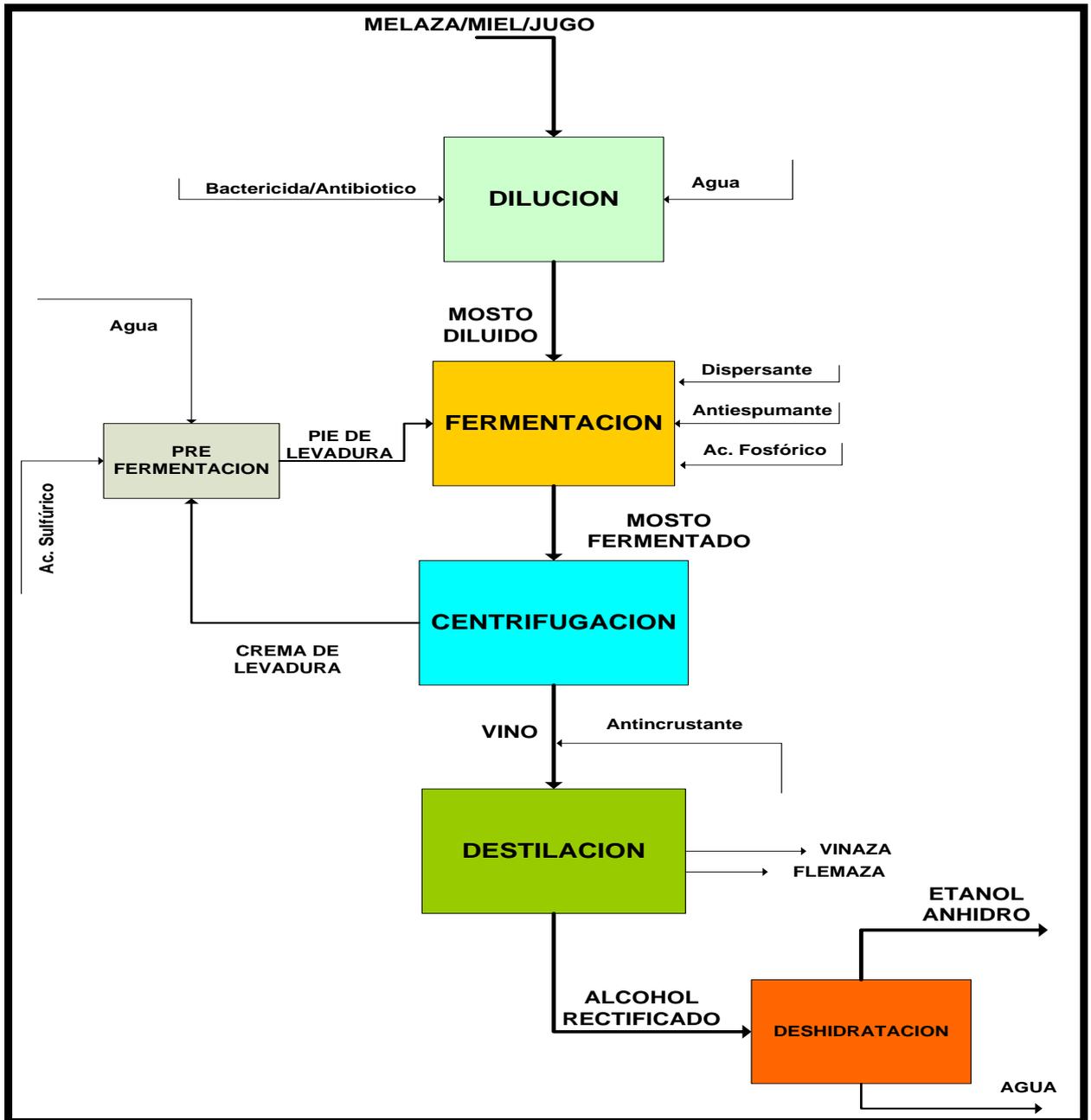


Figura 2 Diagrama de bloques para la producción de etanol anhidro

Fuente: (Díaz, Jarufe y Noriega, 2003)

Diagrama de Flujo de procesos

El diagrama de flujo de procesos es un diagrama con más detalle que el e información técnica que el diagrama de bloques, en éste se utiliza una simbología internacional aceptada para representar las operaciones efectuadas.

| Significado | Símbolo |
|---------------------|---|
| Operación |  |
| Inspección |  |
| Actividad combinada |  |
| Transporte |  |
| Almacenamiento |  |
| Demora |  |

Figura 3 Simbología para el diagrama de recorrido

Fuente: (Díaz, Jarufe y Noriega, 2003).

1.3.1.3 Estudio Económico

El objetivo del estudio económico, radica en determinar cuál es el monto necesario de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de la operación de la planta (Arranque, producción, administración y ventas), así como determinar la rentabilidad del proyecto mediante la utilización de indicadores económicos tales como la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y el tiempo de recuperación de la inversión (TR); empleando para ello la herramienta conocida como flujo de caja (Baca,2013).

Flujo de caja

Un flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los momentos en que se generan los costos y beneficios de un proyecto. Cada momento refleja dos cosas: los movimientos de caja ocurridos durante un

periodo, generalmente de un año, y los desembolsos que deben estar realizados para que los eventos del periodo siguiente puedan ocurrir. (Sapag, 2011).

Cabe resaltar que en el análisis económico no se contempla el financiamiento que pudiera darse, pues se asume que el capital es propio (Sapag, 2011).

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ingreso | | \$100.000 | \$120.000 | \$126.000 | \$141.372 | \$144.199 | \$147.083 | \$150.025 | \$153.026 | \$156.086 | \$159.208 |
| Venta de activos | | | | | | | \$50.000 | | | | |
| Costos variables | | -\$30.000 | -\$36.000 | -\$37.800 | -\$38.556 | -\$39.327 | -\$40.114 | -\$40.916 | -\$41.734 | -\$42.569 | -\$43.420 |
| Costos fijos | | -\$20.000 | -\$20.000 | -\$20.000 | -\$20.000 | -\$20.000 | -\$20.000 | -\$20.000 | -\$20.000 | -\$20.000 | -\$20.000 |
| Depreciación construcción | | -\$5.000 | -\$5.000 | -\$5.000 | -\$5.000 | -\$5.000 | -\$5.000 | -\$5.000 | -\$5.000 | -\$5.000 | -\$5.000 |
| Depreciación maquinaria | | -\$10.000 | -\$10.000 | -\$10.000 | -\$10.000 | -\$10.000 | -\$10.000 | -\$10.000 | -\$10.000 | -\$10.000 | -\$10.000 |
| Valor libro | | | | | | | -\$40.000 | | | | |
| Utilidad | | \$35.000 | \$49.000 | \$53.200 | \$67.816 | \$69.872 | \$81.970 | \$74.109 | \$76.291 | \$78.517 | 80.788 |
| Impuesto | | -\$5.950 | -\$8.330 | -\$9.044 | -\$11.529 | -\$11.878 | -\$13.935 | -\$12.599 | -\$12.970 | -\$13.348 | -\$13.734 |
| Utilidad neta | | \$29.050 | \$40.670 | \$44.156 | \$56.287 | \$57.994 | \$68.035 | \$61.511 | \$63.322 | \$65.169 | \$67.054 |
| Depreciación construcción | | \$5.000 | \$5.000 | \$5.000 | \$5.000 | \$5.000 | \$5.000 | \$5.000 | \$5.000 | \$5.000 | \$5.000 |
| Depreciación maquinaria | | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 |
| Valor libro | | | | | | | \$40.000 | | | | |
| Terreno | -\$80.000 | | | | | | | | | | |
| Construcción | -\$200.000 | | | | | | | | | | |
| Maquinaria | -\$100.000 | | | | | | -\$100.000 | | | | |
| Capital de trabajo | -\$25.000 | -\$3.000 | -\$900 | -\$378 | -\$386 | -\$393 | -\$401 | -\$409 | -\$417 | -\$426 | \$31.710 |
| Valor de desecho | | | | | | | | | | | \$290.000 |
| Flujo del proyecto | -\$405.000 | \$41.050 | \$54.770 | \$58.778 | \$70.902 | \$72.601 | \$22.634 | \$76.101 | \$77.904 | \$79.744 | \$403.764 |

Figura 4 Estructura general de un flujo de caja.

Fuente (Sapag, 2011).

1.3.1.4 Estudio Financiero

Al recurrir a un préstamo bancario para financiar el proyecto, la empresa debe asumir el costo financiero que está asociado a todo proceso de otorgamiento de créditos, el cual, como se explicó anteriormente, tiene un efecto negativo sobre las utilidades y, por lo tanto, positivo sobre el impuesto. Es decir, genera un ahorro tributario al reducir las utilidades contables sobre las cuales se calcula el impuesto (Sapag, 2011).

Por otra parte, incorporar el préstamo como un ingreso en el flujo de caja del inversionista en el momento 0 hace que la inversión se reduzca de manera tal, que el valor resultante corresponde al monto de la inversión que debe ser financiada con recursos propios (Sapag, 2011).

La rentabilidad del inversionista se calculará comparando la inversión que él deberá financiar con el remanente del flujo de caja que queda después de servir el crédito; es decir, después de pagar los intereses y de amortizar la deuda (Sapag, 2011).

1.3.2 Referidas al Bioetanol Anhidro

1.3.2.1 Materias primas para la obtención de Bioetanol Anhidro

Producción de etanol a partir de azúcares

La principal materia prima para la producción de alcohol a nivel industrial es la caña de azúcar, se suele utilizar de forma directa a través de la fermentación directa del jugo de caña o también utilizando la dilución de las mieles agotadas producto de la fabricación de azúcar.

Según Moreira (2000), se pueden obtener aproximadamente 70 Litros de Etanol por tonelada de caña procesada y nueve litros por tonelada de melaza, también cerca de 100 kg de azúcar por tonelada de caña molida. El microorganismo más utilizado es la *Sacheromyces cerevisiae* por su capacidad de hidrolizar la sacarosa de la caña de azúcar para su conversión hasta glucosa y fructosa, dos hexosas fácilmente asimilables.

La fermentación alcohólica puede llevarse a cabo por lotes, o de forma continua. El proceso típico de producción de alcohol por lotes a partir de melazas o jugo de caña (denominado proceso Melle-Boinot), comprende la esterilización de la materia prima seguida del ajuste del potencial hidrogeno (pH) con ácido Sulfúrico (H_2SO_4) y de los grados Brix a valores de 14-22°. El mosto obtenido se somete a fermentación. El vino resultante se decanta y centrifuga para recuperar el etanol, mientras la levadura se recircula a los fermentadores (Kosaric y Velikonja 1995). La fermentación por lotes

alimentados implica bajos niveles de concentración de sustrato en el transcurso de la fermentación, mientras el alcohol se va acumulando en el medio.

Producción de etanol a partir de almidón

Para obtener etanol a partir de almidón es necesario romper las cadenas de este polisacárido para obtener jarabe de glucosa, el cual se puede convertir en alcohol etílico mediante levaduras. Por ello, se debe incluir una etapa adicional de hidrólisis (rompimiento, degradación) de este biopolímero. De cada 100 g de almidón se pueden obtener teóricamente 111 g de glucosa lo que implica una relación estequiométrica de 9:10. En EUA el alcohol se obtiene en mayor medida a partir del almidón contenido en el maíz. El almidón fue tradicionalmente hidrolizado mediante ácidos, pero la especificidad de las enzimas, sus condiciones suaves de reacción y la ausencia de reacciones secundarias han hecho que las amilasas sean los catalizadores usados para esta tarea. Para la hidrólisis del almidón se usa la α -amilasa obtenida de bacterias termorresistentes como *Bacillus licheniformis* o *B. amyloliquefaciens* o de cepas modificadas genéticamente de *Escherichia coli* o *Bacillus subtilis*. El carácter termorresistente de esta enzima la hace ideal para la primera etapa de la hidrólisis de las suspensiones de almidón, las cuales tienen que ser llevadas a altas temperaturas (90-110°C) para el rompimiento de los gránulos de almidón, condición necesaria para el tratamiento enzimático. En los últimos años se está estudiando la posibilidad de hidrolizar el almidón a bajas temperaturas con el fin de lograr ahorros energéticos significativos. El producto de esta etapa o licuefacción es una solución de almidón que contiene dextrinas (oligosacáridos compuestos por varias unidades de glucosa) y pequeñas cantidades de glucosa. El almidón se sacarifica a menores temperaturas (60-70°C) con glucoamilasa obtenida de *Aspergillus niger* o de especies de *Rhizopus* (Nigam y Singh, 1995). la cual hidroliza las dextrinas hasta obtener glucosa.

Para extraer el almidón de los granos de maíz existen dos tipos de molienda en la industria: húmeda y seca. En la molienda húmeda se obtiene del grano, además de almidón, fibra, gluten, germen y aceite, que son subproductos de

alto valor y los rendimientos pueden llegar a 403,1 Litros por tonelada (Gulati, Kohlman, Ladish, Hespell y Bothast, 1996). En la molienda en seco no se fracciona el grano en sus componentes por lo que todos sus nutrientes entran al proceso y son concentrados en un subproducto de destilación empleado para alimentación animal llamado granos secos de destilería (DDG, por sus siglas en inglés), lo que compensa en cierta medida los costos del proceso. Cuando los DDG se mezclan con solubles concentrados provenientes de la evaporación de las vinazas ligeras se obtienen los granos secos de destilería con solubles (DDGS). Los rendimientos de alcohol para la molienda en seco son de 419,4 a 460,6 L/ton (Gulati, et al, 1996).

Producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica

En el mundo se llevan a cabo gran cantidad de estudios para desarrollar la producción a gran escala de alcohol a partir de biomasa lignocelulósica considerando su gran disponibilidad (es el biopolímero más abundante en la Tierra) y su bajo costo. Los materiales que más se han investigado con este propósito se pueden dividir en seis grandes grupos: residuos agrícolas y agroindustriales (bagazo de caña y de sorgo dulce, rastrojo de maíz, pajas de trigo, cebada y arroz, cascarilla de arroz, hueso y pulpa de aceituna, entre otros), maderas duras o leñosas (álamo, eucalipto, aspen, roble, arce, abedul, haya, palo de rosa, caoba), maderas blandas (pino, abeto, píceas, alerce, cedro), biomasa herbácea (pasto de pradera, heno de alfalfa, alpiste rosado, pasto Bermuda de la variedad costera, fleo de los prados), desechos celulósicos (papel periódico, papel de desecho de oficina, lodo de papel), y la fracción celulósica de los residuos sólidos urbanos (papel, cartón, cáscaras de frutas y verduras, residuos de jardinería y artículos de madera, entre otros). La composición de la mayoría de estos materiales se puede encontrar fácilmente en la literatura (por ejemplo, en el trabajo de Sun y Cheng (2002)). Se ha estimado un valor de 6,0 para la relación salida/entrada de energía en el caso de la producción de etanol a partir de biomasa es decir, la relación entre la energía liberada durante la combustión de alcohol y la energía necesaria para su producción considerando todo el ciclo de vida del producto desde la

extracción de las materias primas y los insumos requeridos, pasando por su transporte, hasta el proceso de transformación hasta bioetanol. Lo anterior hace a esta materia prima muy atractiva, en especial en países que no cuentan con la facilidad de producir grandes cantidades de caña de azúcar.

Caracterización de Subproductos de Biomasa Lignocelulósica

Composición de materiales lignocelulósicos

La composición de materiales lignocelulósicos se basan en tres componentes, celulosa, hemicelulosa y lignina (Fengel y Wegener, 1984), envueltos en una compleja estructura. Este tipo de materiales son los más abundantes en la naturaleza.

Celulosa

Está conformada por subunidades de D-glucosa, unidas por b-1,4 glicosídicos (Fengel y Wegener, 1984), monosacárido de gran importancia en la fermentación. La celulosa tiene dos estructuras una cristalina y otra amorfa. Las cepas de celulosa son “empaquetados” denominados fibrillas de celulosa las cuales generalmente son independientes y débilmente vinculados a través de uniones de hidrógeno (Laureano et al., 2005).

Hemicelulosa

La Hemicelulosa es un hidrato de carbono heterogéneo y amorfo ya que su estructura posee diferentes polímeros como pentosas, hexosas, azúcar y ácidos, entrelazadas entre sí glucosídicamente. Muchas de ellas, en la degradación hidrolítica, dan, junto a glucosa, galactosa, etc (Palacio, 1956). La hemicelulosa sirve de conexión entre la lignina y las fibras de celulosa y brinda la rigidez a la red de celulosa, hemicelulosa y lignina (Laureano et al., 2005).

Lignina

Heteropolímero amorfo que consta de tres diferentes unidades de fenilpropano (pcoumaril, coniferil y sinapil alcohol) que se mantienen unidos por diferentes enlaces. El heteropolímero amorfo es insoluble en agua y

ópticamente inactivo; todo esto hace que la degradación de la lignina sea muy complicada (Fengel y Wegener, 1984).

Composición de las diversas materias primas

Las propiedades fisicoquímicas de las diversas materias primas se detallan a continuación:

| Material lignoceluloso | %(w/w) BS Celulosa | %(w/w) BS Hemicelulosa | %(w/w) BS Lignina | Referencias |
|---|---------------------|------------------------|-----------------------|--|
| Cascarilla de arroz | 39.05 25.89-35.5 | 18.1 – 21.35 | 22.80 18.20 – 24.6 | (Valverde <i>et al.</i> , 2007) |
| Bagazo de Caña | 48,81 | 24.42 | 25,82 | (Area, 2002) |
| Desechos cítricos (Bagazo y cáscara) | 20.63 16.2 ± 0.5 | 10.86 13.8 ± 0.3 | 2.62 1.0 ± 0.3 | (Sánchez, M. <i>et al.</i> , 1996) Limón – Citrus limón L. (Mamma <i>et al.</i> , 2008) Naranja |
| Subproductos de Plátano (Cáscara de Banano) | 13.2 | 14.8 | 14.00 | (Monsalve <i>et al.</i> , 2006) |

Figura 5: Composición promedio para distintos tipos de residuos agrícolas

Fuente: Los autores

Producción mundial de materiales originales y residuos para la producción de alcohol.

Según la Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), la cascarilla de arroz, a nivel mundial reporta una producción de 607.000.000 Tm (Méndez, 2005). Tomando en cuenta que la cascarilla representa un valor promedio del 20% del peso del grano (Ahumada y Rodríguez, 2006), se tendría una generación de residuo de 134.000.000Tm.

Por su parte la producción d bagazo de caña alcanzó los 1267 millones de toneladas.

En cuanto a los subproductos de la industria de jugos cítricos (bagazo y cáscara), la FAO reporta que para el 2004 se tuvo una producción mundial que asciende a 102,239,670 Tm (Bruno, 2008).

Por último, los subproductos del plátano alcanzaron 6246 miles de toneladas.

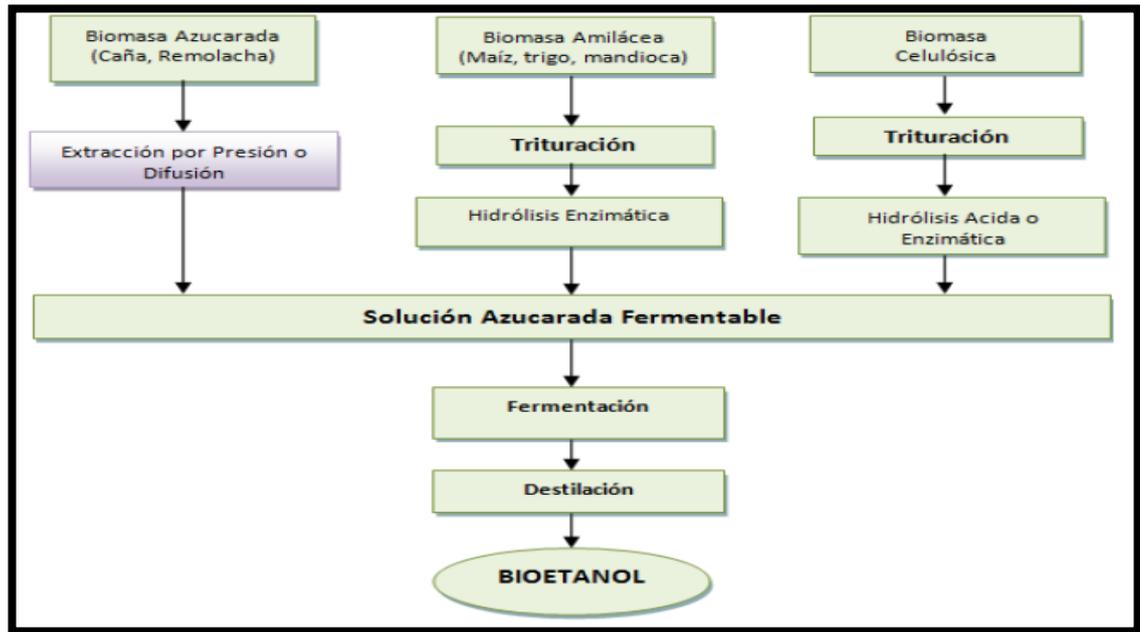


Figura 6. Rutas tecnológicas para bioetanol anhidro

Fuente: (Quintero, 2009)

1.3.2.2 Procesos de Obtención de Bioetanol Anhidro

La principal dificultad técnica para obtener el etanol del agua, es el azeotropo que forman estos compuestos al llegar en promedio a una concentración de 96% v/v, para superar éste impase, existen diversas y variadas tecnologías, dentro de las que resaltan: La Destilación Azeotrópica, Destilación a Vacío, Destilación Salina, Destilación Extractiva, Extracción con Fluidos Supercríticos y la Adsorción con Tamices Moleculares.

Destilación Azeotrópica:

El principio fundamental consiste en la adición de un compuesto químico, llamado “modificador”, como por ejemplo el benceno, pentano o dietil éter; el cual se inyecta a la mezcla azeotrópica en una columna de destilación fraccionada, heterogénea (ATH) con uno de los componentes de la alimentación. Luego, este ATH es removido como destilado en la columna (Wasykiewicz, Kobyłka y Satyro, 1999).

La destilación azeotrópica puede ser utilizada en operaciones discontinuas o de laboratorio debido a que es posible cargar todo el solvente al comienzo de la operación. Se utiliza en gran escala y en operaciones continuas cuando la proporción de productos de cabeza a productos de fondos es pequeña. Esto se debe a que en este caso el calor requerido para volatilizar el solvente es una fracción despreciable del calor total necesario para el proceso (Perry, 2005).

La proporción del solvente es fijada por la composición azeotrópica que existe en la columna.

El agente de separación debe tener un punto de ebullición tal que forme un azeótropo que contenga de 50 a 80% del agente. Siendo el agente de separación la base para un buen rendimiento debe cumplir los siguientes requerimientos:

- a) No debe corroer el equipo.
- b) No debe reaccionar con los componentes de la alimentación.
- c) No debe ser toxico.
- d) Debe ser térmicamente estable.
- e) Debe ser de fácil obtención
- f) Debe tener bajo costo.
- g) De preferencia debe tener bajo calor latente molar (Perry, 2005).

Para separar un azeótropo homogéneo de mínimo punto de ebullición tal como el etanol-agua, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El agente puede formar otro azeótropo mínimo binario, con uno de los componentes, el cual debe tener un punto de ebullición suficientemente más bajo que el azeótropo original.
- El agente puede formar otro azeótropo mínimo ternario, el cual tenga un punto de ebullición suficientemente más bajo que cualquier otro azeótropo formado y que el original.

- Debe ser insoluble en agua a temperatura ambiente; así el agente será más fácilmente recuperado por medio de una separación de fases (Perry, 2005).

Destilación a Vacío:

El sistema para obtener etanol anhidro por este método consta de dos columnas consecutivas; en la primera columna de destilación se alimenta la solución diluida para llevarla hasta una composición cercana a la azeotrópica y posteriormente ésta solución se hace ingresar a una segunda columna de destilación donde se aplica el vacío para deshidratar el etanol y obtener una composición por encima del 99%. Por debajo de los 6 kPa el azeótropo agua-etanol desaparece y la separación de los componentes se hace teóricamente posible. El sistema para obtener etanol anhidro por destilación a vacío consta de dos columnas consecutivas, en la primera se alimenta la solución diluida para llevarla hasta una composición cercana a la azeotrópica, el producto de esta columna es llevado a la segunda, que opera a vacío, para deshidratar el etanol y obtener una composición por encima del 99% en volumen.

Para obtener un producto de alta pureza es necesario utilizar columnas de deshidratación con un gran número de etapas (por encima de 40) y con altas relaciones de reflujo, incurriéndose así en elevados consumos energéticos y altos costos de capital (Uyazán, 2003).

Destilación Salina:

Los procesos de destilación convencionales para la obtención de etanol proveniente de un caldo de fermentación requieren normalmente de tres etapas, (1) destilación del etanol acuoso diluido hasta la composición azeotrópica, (2) destilación azeotrópica o extractiva usando un tercer componente que rompa el azeótropo para obtener alcohol etílico puro, y (3)

columna de destilación para recuperar el solvente y poder recircularlo (Llano y Aguilar 2003).

Entre las ventajas de la destilación salina se encuentran las siguientes:

Disminución del número de equipos requeridos para la destilación, ya que con una sola columna se puede reconcentrar el alcohol proveniente de la fermentación y obtenerlo totalmente puro (99,8-99,99% molar).

La operación requiere de pequeñas cantidades de agente salino.

El producto obtenido está totalmente libre del electrolito, debido a la baja volatilidad de éste.

Se requieren bajos costos energéticos y de equipos.

Pero el proceso como tal, también tiene sus desventajas

La recuperación de la sal sólida del agua, la cual esta disuelta

Corrosión en los equipos de recuperación de la sal para su posterior recirculación a la torre (Llano y Aguilar 2003).

Destilación Extractiva:

La destilación extractiva es una técnica utilizada para separar mezclas binarias azeotrópicas, en la que se inyecta un agente de separación cuya peculiaridad es que no forma azeótropos con ninguno de los componentes de la mezcla a separar; asimismo, el solvente tiene un punto de ebullición alto y generalmente no es volátil.

Según Uyazán et al (2003), un aspecto clave en el proceso de destilación extractiva es la correcta elección del solvente a utilizar. Los principales aspectos que hay que evaluar son: capacidad para modificar considerablemente las volatilidades relativas de los componentes a separar, su costo, disponibilidad y también su inocuidad, además debe tener la facilidad para separarse fácilmente de los fondos de la columna de destilación, debe ser inerte y no debe ser corrosivo. Se han evaluado diversos solventes para ello, y dentro de los principales se recomiendan: aminas, compuestos fenólicos, parafinas, tiofenos, glicerol, etc.

Extracción con fluidos supercríticos

La extracción con fluidos supercríticos, que se basa en la gran capacidad de solubilización de un fluido a temperatura y presión superiores a las de su punto crítico líquido-vapor. De esta manera se utilizan las ventajas tanto de la destilación como de la extracción líquida con la mejoría adicional de que pequeños cambios en temperatura y/o presión en la región crítica causan grandes cambios en la densidad del solvente y por lo tanto en su poder de disolución (Cardona y Sanchez 2004).

Budich y Brunner (2003) han utilizado CO₂ supercrítico (333,2 K y 10 MPa) en contracorriente para la recuperación de etanol de mezclas acuosas, siendo regenerado el disolvente mediante un sistema de destilación multietapa y obteniendo una concentración de etanol en el extracto de 99,5% en peso.

Adsorción con Tamices Moleculares

Los tamices moleculares se componen dentro de su interior de sustancias granulares, compactas, esféricas o cilíndricas fabricadas a partir de diversos materiales a base de aluminosilicatos. Se clasifican de acuerdo al diámetro nominal del poro interno, que provee el acceso al volumen intersticial libre encontrado en la estructura microcristalina. (Guan y Hub, 2003).

Para la deshidratación del etanol se utiliza un tamiz tipo 3Å, lo que significa que el diámetro medio de los caminos intersticiales es de 3Å, o sea tres angstroms, lo cual permite que el agua quede alijada en su interior debido a la diferencia de masas moleculares entre el agua y etanol; (el diámetro de las moléculas de agua es inferior a las de etanol). Además, las moléculas de agua pueden ser adsorbidas sobre la superficie interna de los poros del tamiz. (Guan y Hub, 2003).

En cuanto a la operación de éste sistema se sabe que consta por lo menos de dos lechos de deshidratación, mientras uno opera a presión produciendo etanol anhidro, el otro es regenerado con el reciclo de una porción de etanol anhidro sobrecalentado y presiones de vacío; de esta manera el tiempo de vida medio se prolonga por varios años y además su operación es sencilla y fácil de automatizar.

1.4 Formulación del problema

¿Será factible la producción Industrial de Bioetanol Anhidro a partir de residuos lignocelulosicos en la ciudad de lima?

1.5 Justificación e importancia del estudio.

1.5.1 Justificación Social

Los combustibles fósiles son recursos no renovables y están destinados a extinguirse con el pasar de los años por lo que urge buscar nuevas fuentes de energía, para ponerlas al servicio de la sociedad, y los biocombustibles como el bioetanol son una excelente opción. (Chávez, 2007).

1.5.2 Justificación Económica

La economía, está ligada a la utilización eficiente de los recursos, para el caso de nuestra investigación, el proceso de producción de bioetanol anhidro a partir de residuos lignocelulósicos tiene una gran ventaja desde el punto de vista económica, pues se emplea como materia prima residuos lignocelulósicos y como consecuencia de ello los costos de producción serán competitivos, brindando así una ventaja competitiva para la comercialización y venta del producto.

1.5.3 Justificación Ambiental

El empleo de bioetanol anhidro como combustible en el parque automotor supone una serie de ventajas ambientales, pues su combustión es más limpia que la que se obtiene del empleo de combustibles fósiles tradicionales como el petróleo y la gasolina; por ello al utilizar el etanol anhidro como combustible se está contribuyendo con la disminución del efecto invernadero del medio ambiente.

1.5.4 Justificación Teórica

Actualmente se dispone de una serie de herramientas que nos brinda la ingeniería industrial para determinar la prefactibilidad para la producción industrial de bioetanol anhidro, como por ejemplo técnicas para predecir la demanda futura en el estudio de mercado, técnicas para determinar la óptima ubicación de la planta industrial, para el estudio técnico; así también herramientas como el flujo de caja

y la utilización de indicadores económicos que se emplean para la determinación de la rentabilidad del proyecto, realizado en el estudio económico.

1.6 Hipótesis

Es factible la Producción Industrial de Bioetanol Anhidro a partir de Residuos lignocelulosicos en la ciudad de Lima.2018

1.7 Objetivos.

1.7.1. Objetivos General

Determinar la prefactibilidad para la producción Industrial de Bioetanol Anhidro a partir de residuos lignocelulósicos en la ciudad de lima.

1.7.2. Objetivos Específicos:

Desarrollar un estudio de mercado básico para determinar la oferta, demanda y el precio del producto.

Realizar el estudio técnico del proyecto, para determinar la capacidad y ubicación de la planta, la elección de la tecnología industrial a utilizar, los requerimientos de materiales, mano de obra, insumos y energía.

Realizar el estudio económico y financiero del proyecto.

Evaluar el riesgo del proyecto a partir de un análisis de sensibilidad que nos permita conocer las variables económicas y financieras más sensibles.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación.

2.1.1 Tipo de investigación

2.1.1.1 Cuantitativa

La investigación es de carácter cuantitativa por ser de ingeniería; empleando valores numéricos diversos así por ejemplo en el capítulo correspondiente al estudio técnico se emplean valores numéricos de rendimiento, ratios de consumo; así también en el capítulo referido a la evaluación económica se trabaja con valores porcentuales como rentabilidad, tasa de interés, etc.

2.1.1.2 Descriptiva

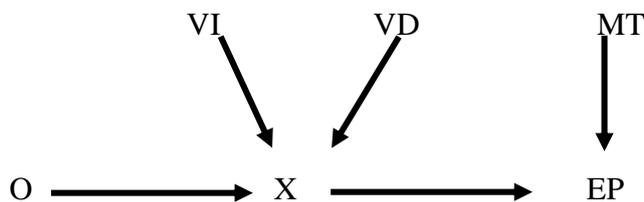
Es descriptiva porque realiza la descripción detallada para determinar la prefactibilidad para la obtención industrial de bioetanol anhidro a partir de residuos lignocelulósicos en la ciudad de lima.

2.1.1.3 Aplicada

Porque se aplica diversos conocimientos como el estudio de mercado, balance de materiales, y el análisis de rentabilidad a un caso práctico de estudio de prefactibilidad industrial.

2.1.2 Diseño de la investigación:

El diseño de nuestra investigación es no experimental propositiva.



Donde:

O: Observación

X: Realidad Actual

EP: Estudio de Prefactibilidad

VI: Variable Independiente

VD: Variable Dependiente

MT: Marco Teórico.

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población

La población estaría conformada por todas las plantas industriales de Bioetanol Anhidro que operan en el Perú. En el Perú operan actualmente solo dos plantas industriales: Agroaurora, y Sucroalcolera del Chira; ambas ubicadas en la zona norte en el departamento de Piura.

2.2.2 Muestra

Debido a que la población es pequeña y accesible (dos plantas de etanol) nuestra muestra sería igual a la población es decir a las dos plantas industriales:

-Agroaurora

-Sucroalcolera del Chira.

2.3 Variables, Operacionalización.

Variable Independiente: Estudio de Prefactibilidad

Variable Dependiente: Producción Industrial de Bioetanol Anhidro.

Tabla 1.-

Operacionalización de variables

| Variable | Dimensión | Sub-Dimensión | Indicador | Técnica | Instrumento | Ítem |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------|------|
| Dependiente: Producción Industrial de Bioetanol Anhidro a partir de R. Lignocelulósicos | Materias primas | Residuos lignocelulósicos | Rendimiento-bioetanol/TN. Mp | Análisis Documentario | Hoja de análisis | 1 |
| | Tecnologías para la producción de bioetanol | Tamices Moleculares. | Consumo energía/volumen producido | Análisis Documentario | Hoja de análisis | 2 |
| | | Destilación A Vacío | Consumo energía/volumen producido | | | 3 |
| | | Fluidos Supercríticos. | Consumo energía/volumen producido | | | 4 |
| Independiente: Estudio de prefactibilidad | E. Mercado | Oferta | volumen bioetanol y biodiesel/día | Análisis Documentario | Hoja de análisis | 5 |
| | | Demanda | volumen bioetanol y biodiesel/día | | | 6 |
| | | Ubicación Planta | Nº puntos (Vogel) | | | 7 |
| | E. Técnico | Capacidad planta | Volumen de producción/día | Análisis Documentario | Hoja de análisis | 8 |
| | | Diseño equipo proceso | Potencia, área, dimensiones | Análisis Documentario | Hoja de análisis | 9 |
| | | Balance Materiales | Consumo mat prima/día | Análisis Documentario | | 10 |
| | E. Econó. y financ. | Rentabilidad del Proyecto | VPN-económico. Y financiero | Análisis Documentario | Hoja de análisis | 11 |
| | | | TIR-económico. Y financiero. | | | 12 |
| | | | PR-económico. Y financiero.. | | | 13 |

Fuente: Propia

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1 Técnicas de recolección de datos:

La técnica predominante para la investigación fue el análisis documentario.

2.4.1.1 Análisis documentario:

El análisis documentario se realizó a partir de la revisión y síntesis de la literatura especializada para este tema, básicamente se usaron fuentes secundarias, tal como: libros, tesis y artículos científicos.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos:

2.4.2.1 Hoja de análisis

Este instrumento corresponde a la técnica de análisis documentario y se emplea a lo largo del desarrollo del trabajo.

Para la parte del estudio de mercado, se utiliza para recopilar datos sobre oferta, demanda, precios, la cual se recopila de fuentes secundarias tales como artículos, estadísticas, etc.

Para el estudio técnico, referido al proceso productivo, se recopilan los datos de los parámetros de operación referidos al flujo másico y volumétrico, a las temperaturas de operación, etc.

Para el estudio económico, se emplea para recopilar información contable referida al total de costos en que se incurre en una planta industrial típica de bioetanol.

2.5. Procedimientos de análisis de datos

El análisis de datos para esta investigación se divide en tres etapas, en primer lugar, se realizó la recolección de los datos utilizando los instrumentos necesarios para recopilar la información de los distintos procesos referidas a plantas industriales de Bioetanol, posteriormente se tabulan los resultados mediante el programa Microsoft Excel 2010 y por último se grafican y discuten dichos resultados.

2.6. Aspectos éticos

2.6.1 Originalidad:

En la realización del presente trabajo de investigación se respetó el derecho de autor, para ello se consignaron todas las citas y referencias bibliográficas según la norma APA.

2.6.2 Veracidad:

La información obtenida se basó en información técnica real obtenida de fuentes fidedignas y verificables, tal como los son libros, artículos, tesis, páginas web, etc.

2.6.3 Confidencialidad:

Durante el desarrollo de la investigación, no se divulgaron datos personales ni datos confidenciales de ninguna persona implicada directa o indirectamente en el trabajo.

2.7 Criterios de rigor científico

2.7.1 Confiabilidad:

Para determinar la confiabilidad empleamos el método de Kuder-Richarson, que permite obtener la confiabilidad a partir de los datos obtenidos en una sola aplicación del test.

Emplearemos también el coeficiente de consistencia interna que puede ser usada en cuestionarios de ítems dicotómicos y cuando existen alternativas dicotómicas con respuestas correctas e incorrectas.

2.7.2 Validez:

Para determinar la validación de los instrumentos empleados en el presente trabajo de investigación se recurre al juicio de expertos en la materia, para nuestro caso serán profesionales con experiencia en la producción industrial de etanol anhidro.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico del mercado interno y externo para el etanol

3.1.1 Estudio de Mercado

3.1.1.1 Marco regulatorio para la mezcla de etanol y gasolina

El 31 de marzo de 2005 se aprobó el Reglamento de Ley No. 28054, de promoción de biocombustibles, que señala que el porcentaje de alcohol carburante en las gasolinas que se comercialicen en el país será de 7,8%.

El mismo reglamento advierte que las gasolinas ecológicas (mezcla de gasolina y alcohol carburante) serán producidas y comercializadas en las regiones de la costa, desde Piura hasta Lima; a partir del 1 de enero del 2008 en la selva, y a partir del 1 de enero de 2010, en todo el país (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura- (IICA), 2007).

3.1.1.2 Comportamiento de la Demanda en el mercado interno.

Teniendo como punto de partida la ley 28054 “Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles”, que nos dice que a partir de este se tendrá que utilizar Gasohol como combustible (92% gasolina y 7.8% de etanol anhidro), se presenta la proyección de la demanda de etanol anhidro en el Perú, tal como lo muestra la tabla 2 (Chávez, 2007).

Tabla 2.-

Proyección demanda de etanol

| Ítem | Año | Demanda Etanol (millones de litros) |
|------|------|-------------------------------------|
| 1 | 2006 | 92.63 |
| 2 | 2007 | 95.35 |
| 3 | 2008 | 91.78 |
| 4 | 2009 | 87.33 |
| 5 | 2010 | 85.41 |
| 6 | 2011 | 84.27 |
| 7 | 2012 | 83.37 |
| 8 | 2013 | 81.99 |
| 9 | 2014 | 81.01 |
| 10 | 2015 | 79.96 |
| 11 | 2016 | 79.01 |
| 12 | 2017 | 76.1 |
| 13 | 2018 | 74.5 |
| 14 | 2019 | 72.9 |
| 15 | 2020 | 71.3 |

Datos extrapolados

Fuente: Petroperú 2016

Atendiendo a la tabla anterior, se tiene que para el año 2018 se tendrá una demanda de 74.5 millones de litros lo que equivale a 204 110 L/d , de manera tal que con solo la producción de la Sucroalcolera del Chira (Caña Brava) se cubre tal demanda en el mercado interno; sin embargo la realización del proyecto no se ve afectada en tanto que la producción estaría orientada básicamente a la exportación, es oportuno también mencionar que la demanda interna irá creciendo paulatinamente en la medida que vaya aumentando el porcentaje de mezcla del etanol anhidro en la gasolina, y también según vaya creciendo el parque automotor.

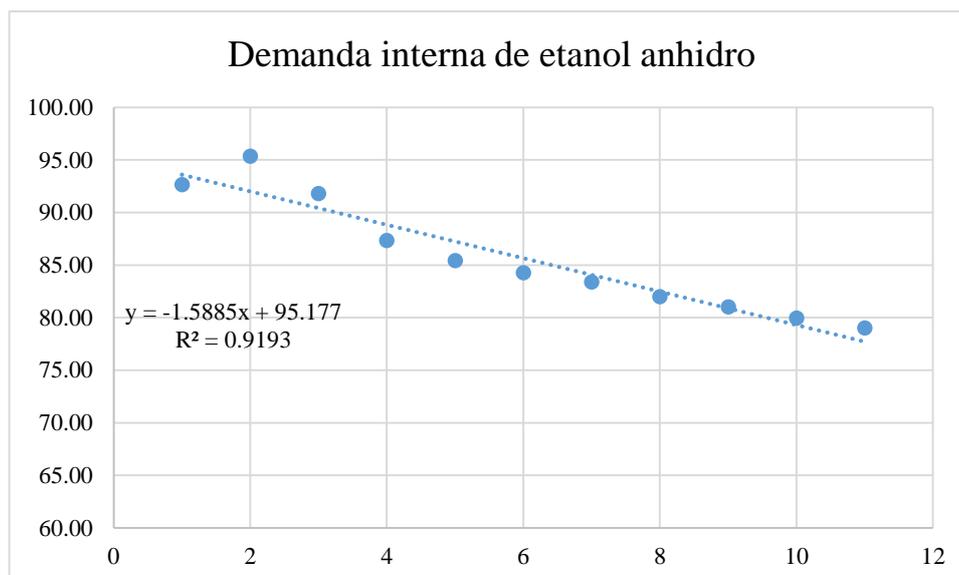


Figura 7 Demanda interna de etanol anhidro

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de PETROPERU

Según se puede observar la demanda de etanol anhidro ha ido decayendo linealmente en los últimos años, sin embargo, este hecho se cree se revertirá con el incremento del parque automotor peruano y con las políticas medioambientales orientadas a migrar hacia el uso de biocombustibles como el bioetanol y el biodiesel.

3.1.1.3 Comportamiento de Demanda de Etanol Anhidro en el mercado externo

Según los bases de datos de la FAO, del año 2015, se realiza la extrapolación para determinar la demanda esperada para los años 2018, 2019 y 2020.

Tabla 3 Proyección de la demanda de etanol a nivel mundial

| Ítem | Año | Demanda Etanol (millones de litros) |
|------|--------------------|---|
| 1 | 2008 | 231.6 |
| 2 | 2009 | 237.5 |
| 3 | 2010 | 244.9 |
| 4 | 2011 | 245.1 |
| 5 | 2012 | 244.9 |
| 6 | 2013 | 251.1 |
| 7 | 2014 | 259.3 |
| 8 | 2015 | 260.1 |
| 9 | 2016 | 260.8 |
| 10 | 2017 | 262.3 |
| 11 | 2018 | 268.6 |
| 12 | 2019 | 272.0 |
| 13 | 2020 | 275.4 |
| | Datos extrapolados | |

Fuente: OECD/FAO (2015), “OECD-FAO Agricultural Outlook”, OECD Agriculture Statistics (database)

Según la tabla n°3, se estima que para el año 2018 la demanda mundial de etanol anhidro alcance los 268.6 millones de litros.

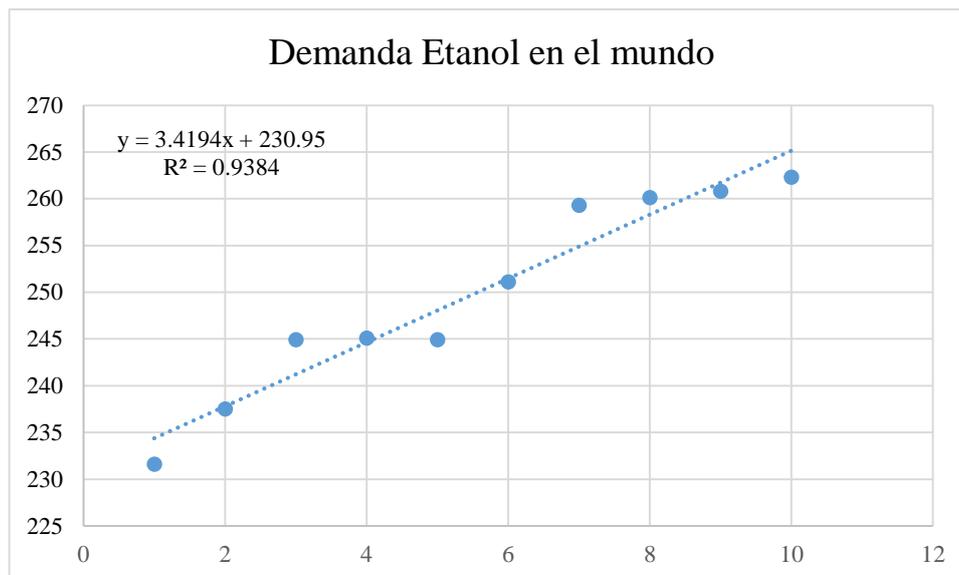


Figura 8 Proyección de la demanda de etanol en el mundo

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de la FAO 2015

La figura n°7, muestra la gráfica de proyección de la demanda de etanol, dicha proyección se realizó mediante una regresión lineal en la que se obtuvo un factor de correlación de 0.9384; por lo cual se acepta el modelo de regresión.

3.1.1.4 Comportamiento de la Oferta en el mercado externo.

De forma similar al caso anterior se emplea los datos registrados en la base de datos de la FAO, del año 2015, y se realiza la proyección para determinar la oferta de etanol a nivel mundial en los años 2018, 2019 y 2020. Empleamos para ello la técnica de regresión lineal.

Tabla 4.-

Proyecciones para la oferta de etanol en el mundo

| Ítem | Año | Producción Etanol (millones de litros) |
|------|------|---|
| 1 | 2008 | 84.1 |
| 2 | 2009 | 90.1 |
| 3 | 2010 | 104.2 |
| 4 | 2011 | 103.1 |
| 5 | 2012 | 102.9 |
| 6 | 2013 | 109.1 |
| 7 | 2014 | 117.3 |
| 8 | 2015 | 118.1 |
| 9 | 2016 | 119.0 |
| 10 | 2017 | 120.3 |
| 11 | 2018 | 128.4 |
| 12 | 2019 | 132.3 |
| 13 | 2020 | 136.2 |

Datos extrapolados

Fuente: OECD/FAO (2015), “OECD-FAO Agricultural Outlook”, OECD Agriculture Statistics (database).

Tal como se muestra en la tabla n°4, se espera para el año 2018 una oferta aproximada de 128.4 millones de litros de etanol.

3.1.1.5 Comportamiento de la Oferta en el mercado interno.

La oferta de etanol anhidro en el mercado interno, está dada solo por dos empresas productoras de etanol, Sucroalcolera del Chira, perteneciente al grupo Romero y Agroaurora SAC, perteneciente al grupo Gloria las cuales tienen una producción según se detalla en la tabla mostrada líneas abajo.

Tabla 5.-

Oferta de etanol en el mercado interno

| Ítem | Empresa | Capacidad Instalada (m3/d) | Capacidad real (m3/d) |
|------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | Sucroalcolera del Chira | 300 | 350 |
| 2 | Agroaurora SAC | 400 | 300 |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla n°5, la oferta de etanol anhidro a nivel nacional asciende a 650 m3/d.

3.1.1.6 Estimación del precio de venta.

Para estimar el precio de venta del Etanol Anhidro es necesario tener como referencia el precio internacional, puesto que la producción apunta hacia el mercado internacional. Actualmente el precio del alcohol anhidro en el mercado exterior fluctúa alrededor de \$ 0.60 /L. para el etanol anhidro y \$0.1/L para el óleo fusell (Departamento de ventas de Sucroalcolera del Chira, último semestre del 2017).

3.1.2 Estudio Técnico del Proyecto

3.1.2.1 Determinación de la capacidad de la Planta.

La capacidad de planta está en función, a varios factores como demanda del mercado, disponibilidad de materia prima, disponibilidad de energía y financiamiento.

Para determinar la capacidad de planta en nuestra investigación, se considerará a dos variables principalmente: la demanda del producto en el exterior y la disponibilidad de materia prima para producción de Bioetanol Anhidro.

Capacidad de planta en función a la demanda del mercado externo.

En nuestro país solo dos empresas producen a la fecha bioetanol anhidro: El Grupo Gloria con su planta de Agroaurora y el grupo Romero con su planta de Sucroalcolera del Chira; ambas plantas ubicadas en el norte del Perú, en el departamento de Piura; sin embargo, ambas plantas productoras, utilizan

como materia prima la caña de azúcar empleando la fermentación directa del jugo de caña, seguido de la operación de destilación y la deshidratación.

A partir del estudio de mercado, realizado anteriormente, se puede concluir que en nuestro país existe un superávit de producción de bioetanol anhidro. Debido a éste superávit, la producción de bioetanol anhidro se tendría que destinar hacia la exportación, pues a nivel internacional existe déficit del producto pues para el año 2018, se estima una demanda de 268.6 millones de litros de etanol, frente a una oferta de solo 128.4 millones de litros; teniéndose un déficit de 140.2 millones de litros de etanol.

Para determinar la capacidad de planta de nuestro proyecto, es conveniente tener en cuenta algunas variables externas, es decir aquellas que escapan de nuestro dominio, tales como fenómenos naturales, crisis política, superinflación o un posible producto sustituto; cualquiera de estos escenarios incrementaría considerablemente el riesgo del proyecto. Para nuestro caso emplearemos el concepto de fracción demandada en función al riesgo. (Baca, 2011).

Tabla 6.-

Fracción demandada a cubrir en función al riesgo del negocio

| Capacidad a cubrir | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| % | Calificación |
| 100% de la capacidad estimada | Máximo riesgo (no se recomienda) |
| 70 – 80% de la capacidad estimada | Alto riesgo |
| 50% de la capacidad estimada | Poco riesgo |
| 30 – 15% de la capacidad estimada | Seguridad |
| < 15% de la capacidad estimada | Máxima seguridad |

Fuente: (Baca, 2011).

Es de suma importancia realizar un análisis al entorno del negocio donde en el que se realice un análisis de las fortalezas y debilidades de la empresa, así también es preciso tener en cuenta el comportamiento del desarrollo del sector en cuestión, las tendencias del mercado, competencia y los posibles clientes potenciales. (Entrepener Media, Inc. 2016).

Por ello empleamos la guía de porcentajes de participación de mercado recomendada por Entrepener Media, Inc. (2016). La cual se detalla líneas abajo.

Tabla 7.-

Guía para elegir el porcentaje de participación

| N° | ¿Qué tan grandes son tus competidores? | ¿Qué tantos competidores tienes? | ¿Qué tan similares son sus productos a los tuyos? | ¿Cuál parece ser su porcentaje de participación de mercado? |
|----|--|----------------------------------|---|---|
| 1 | Grandes | Muchos | Similares | 0 – 0,5% |
| 2 | Grandes | Algunos | Similares | 0 – 0,5% |
| 3 | Grandes | Uno | Similares | 0,5 – 5% |
| 4 | Grandes | Muchos | Similares | 0,5 – 5% |
| 5 | Grandes | Algunos | Diferentes | 0,5 – 5% |
| 6 | Grandes | Uno | Diferentes | 10 - 15% |
| 7 | Pequeños | Muchos | Similares | 5 – 10% |
| 8 | Pequeños | Algunos | Similares | 10 – 15% |
| 9 | Pequeños | Muchos | Diferentes | 10 – 15% |
| 10 | Pequeños | Algunos | Diferentes | 20 – 30% |
| 11 | Pequeños | Uno | Similares | 30 – 50% |
| 12 | Pequeños | Uno | Diferentes | 40 – 80% |
| 13 | Sin competencia | Sin competencia | Sin competencia | 80 – 100% |

(Entrepener Media, Inc. 2016).

Para determinar el porcentaje de participación de mercado a cubrir, es necesario responder las interrogantes referidas a la cantidad y al tamaño de los competidores y también acerca de la similitud de sus productos con el producto de nuestro proyecto.

Para el caso de que tan grandes son los competidores; se tiene que la respuesta es que *son pequeños* pues ambas plantas (Agroaurora S.A y Sucroalcolera

del Chira S.A), tienen una capacidad de 400 y 350 m³/d, comparada con la demanda insatisfecha ésta cantidad es poco significativa.

Para el caso del número de competidores que se tiene, puesto que la planta se ubicará en el Perú, y además teniendo en cuenta que en nuestro país solo operan dos plantas de etanol anhidro, la respuesta es que se ***tiene pocos competidores***.

Respecto a la similitud de los productos, de la competencia, se puede decir que son ***bastante similares***, pues las exigencias de calidad para productos tales como los biocombustible se están estandarizadas a nivel mundial; sin embargo cabe resaltar que existe diferencias considerables en el tipo de materia prima a utilizar, así por ejemplo en nuestro país solo se produce etanol anhidro a partir de los subproductos de la fabricación de azúcar y de la caña de azúcar en forma directa, no se utilizan otras materias primas, como los residuos lignocelulósicos.

En conclusión, se tiene la combinación pequeños-algunos y similares; con estas respuestas nos ubicamos en la tabla n°7 y obtenemos que el porcentaje de participación en el mercado estaría en el rango de 10 a 15%; además teniendo en cuenta que solo se trabajaría 335 días al año dejando 30 días para los periodos de parada de planta por tema de mantenimiento y reparaciones, por lo cual evaluamos los resultados que nos arroja en términos de producción por día (L/d); obteniendo los siguientes resultados mostrados líneas abajo en la tabla n°8.

Tabla 8.-

Cuota a cubrir según el porcentaje adoptado

| Ítem | Deficit anual (Millones L. etanol./año) | % Cuota a cubrir | Cuota al año (ML. etanol/año) | Cuota Diaria (L. etanol/d) |
|------|---|------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | 140.2 | 1% | 1.402 | 4185.07 |
| 2 | 140.2 | 2% | 2.804 | 8370.15 |
| 3 | 140.2 | 3% | 4.206 | 12555.22 |
| 4 | 140.2 | 4% | 5.608 | 16740.30 |
| 5 | 140.2 | 5% | 7.01 | 20925.37 |
| 6 | 140.2 | 6% | 8.412 | 25110.45 |
| 7 | 140.2 | 7% | 9.814 | 29295.52 |
| 8 | 140.2 | 8% | 11.216 | 33480.60 |
| 9 | 140.2 | 9% | 12.618 | 37665.67 |
| 10 | 140.2 | 10% | 14.02 | 41850.75 |
| 11 | 140.2 | 11% | 15.422 | 46035.82 |
| 12 | 140.2 | 12% | 16.824 | 50220.90 |
| 13 | 140.2 | 13% | 18.226 | 54405.97 |
| 14 | 140.2 | 14% | 19.628 | 58591.04 |
| 15 | 140.2 | 15% | 21.03 | 62776.12 |

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos mostrados en la tabla n° 8, para cubrir una cuota de 15%, se necesitan producir 62 776 L. Etanol por día.

Según la investigación de Velásquez y López, 2016, denominado “Estudio de prefactibilidad para el diseño de una planta de etanol a partir de residuos de cosecha de caña de azúcar” se obtuvo un rendimiento de 120.8 Litros de etanol anhidro a partir de una tonelada de residuos de caña de azúcar como hojas y bagazo.

Con este rendimiento calculamos el requerimiento teórico de materia prima lignocelulósica para la producción de la cantidad deseada de etanol anhidro.

Tabla 9.-

Requerimiento de residuo según cuota de producto

| Ítem | % Cuota a cubrir | Cuota Diaria (m3. etanol/d) | Requerimiento de Materia prima (TN/d) |
|------|------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 1% | 4.19 | 34.64 |
| 2 | 2% | 8.37 | 69.29 |
| 3 | 3% | 12.56 | 103.97 |
| 4 | 4% | 16.74 | 138.58 |
| 5 | 5% | 20.93 | 173.22 |
| 6 | 6% | 25.11 | 207.87 |
| 7 | 7% | 29.30 | 242.51 |
| 8 | 8% | 33.48 | 277.16 |
| 9 | 9% | 37.67 | 311.8 |
| 10 | 10% | 41.85 | 346.45 |
| 11 | 11% | 46.04 | 381.09 |
| 12 | 12% | 50.22 | 415.74 |
| 13 | 13% | 54.41 | 450.38 |
| 14 | 14% | 58.59 | 485.03 |
| 15 | 15% | 62.78 | 519.67 |

Fuente: Elaboración propia

Así por ejemplo para una cuota de producción del 15% de la demanda insatisfecha, se debe producir 62.78 m3 de etanol y se requiere una cantidad de materia prima equivalente a:

$62.78 \text{ m}^3 \times (1000 \text{ L. etanol/m}^3) \times (1 \text{ TN. M.P./120.8 L. etanol}) = 519.70 \text{ TN/d}$
de residuos de caña de azúcar.

Según la tabla n° 9, se tienen que para una cuota a cubrir de 15% de demanda a cubrir, se deberá producir 62.78 m3/día, con un requerimiento de materia prima de 519.67 TN/día.

Capacidad de planta en función a la disponibilidad de materia prima.

A la fecha en nuestro país, se producen una gran cantidad de residuos lignocelulósicos por año el cual no es aprovechado a nivel industrial y por el contrario tiene una disposición final inadecuada, muchas veces siendo

quemada y eliminado al medio ambiente, contribuyendo con la contaminación ambiental y el deterioro del medio ambiente.

Oferta de Residuo celulósico en Lima

Según el grupo de investigación Carbón Biomasa de la Pontificia Universidad Católica del Perú (BIOMAP PUCP) el cual a partir de diversas estadísticas de producción agrícola y forestales; ensayos de laboratorio de materias primas e información brindada por las diversas empresas productoras muestra el potencial energético de las diversas materias primas lignocelulósicas con que cuenta nuestro país. Para el caso específico de Lima, los residuos lignocelulósicos que se producen en mayor cuantía son: los residuos de caña de azúcar, el bagazo de caña de azúcar, los residuos de pajilla, la broza de algodón y la broza de espárrago. (BIOMAP PUCP 2018).

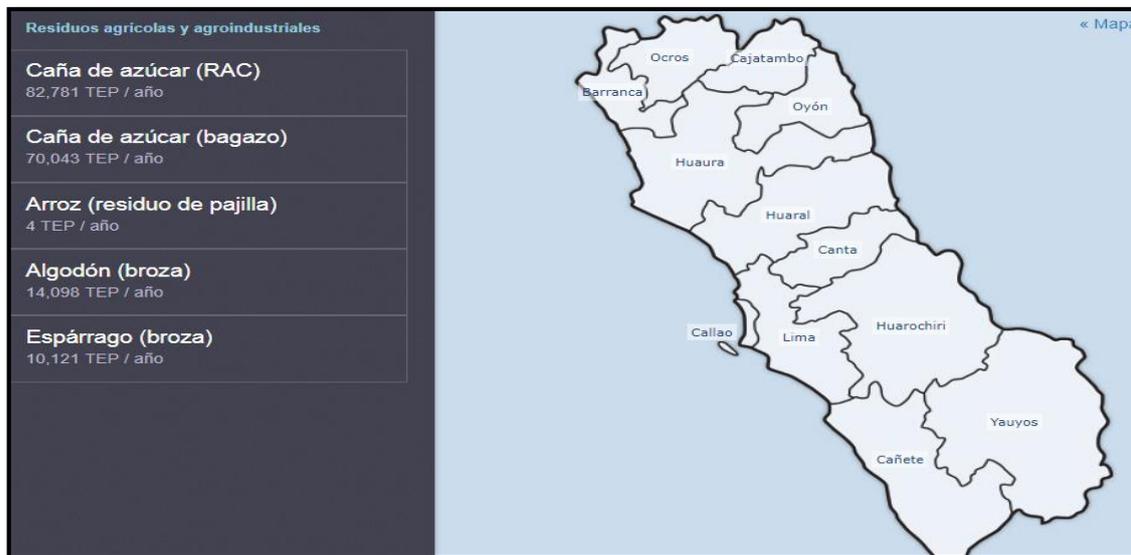


Figura 9 Oferta de residuo celulósico en Lima

Fuente: (BIOMAP PUCP 2018).

Según la información brindada por la imagen mostrada líneas arriba se tiene que la cantidad de residuos lignocelulósicos para el departamento de Lima son:

Tabla 10.-

Residuo vs. energía liberada en combustión.

| Ítem | Residuo | Tonelada equiv. De petróleo /año(TEP/año) |
|-------------|-----------------------------------|--|
| 1 | Residuo de caña de azúcar (hojas) | 82781 |
| 2 | Bagazo de caña de azúcar | 70043 |
| 3 | Residuo pajilla de arroz | 4 |
| 4 | Broza de algodón | 14098 |
| 5 | Broza de esparrago | 10121 |

Fuente: (BIOMAP PUCP 2018).

Según la tabla n° 10, se tiene que la mayor oferta de residuo lignocelulósico lo brindan dos residuos, ambos provenientes de la caña de azúcar, los residuos provenientes de las hojas y los provenientes del bagazo, por ello se elige éstos dos residuos provenientes de la caña de azúcar como materias primas a emplearse para la producción de etanol anhidro debido a su mayor disponibilidad en el departamento de Lima.

Para realizar la determinación de la cantidad de toneladas de residuos de caña de azúcar con los que se cuenta en el Departamento de Lima, se emplea el concepto de calor específico inferior para, es decir la cantidad de energía liberada en combustión por un kilogramo de material lignocelulósico.

Tabla 11.-

Energía y Masa de Residuos lignocelulósicos disponibles

| Ítem | Residuo | TN Equiv. De petróleo /año(TEP/año) | Energía disponible (Kcal/año) | Energía disponible (KJ/año) | Poder calorífico (KJ/Kg) | Masa disponible (Tn/año) |
|------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Residuo de caña de azúcar (hojas) | 82781 | 8.2781E+11 | 3.44921E+12 | 4600 | 749827.90 |
| 2 | Bagazo de caña de azúcar | 70043 | 7.0043E+11 | 2.91846E+12 | 19200 | 152003.04 |
| 3 | Residuo pajilla de arroz | 4 | 40000000 | 166666666.7 | 13800 | 12.08 |
| 4 | Broza de algodón | 14098 | 1.4098E+11 | 5.87417E+11 | 16667 | 35244.30 |
| 5 | Broza de esparrago | 10121 | 1.0121E+11 | 4.21708E+11 | 14584 | 28915.82 |

Fuente: Adaptado a partir de los datos de Debernardi y Ortiz, (2016)

Según la tabla n° 10, el total de materia prima lignocelulosica disponible proveniente de la caña de azúcar está dada por la suma de los residuos de las hojas y del bagazo, es decir 749827.90 y 152003.04 Tn, lo que en suma da 901830 TN/año de residuos lignocelulósicos, lo que equivale a 2470.77 TN/día; ésta cantidad ofertada en el departamento de Lima garantiza la cuota de producción de 62.78 m3/d; puesto que para esta producción solo se requieren 519.67 TN/d; representando el 21% de la oferta total.

Capacidad de planta considerando el mercado externo y la disponibilidad de materia prima

Puesto que existe gran disponibilidad de materia prima, la cual nos permite cubrir el rango máximo de la cuota de producción (15%), se fija como cuota de producción el rango superior correspondiente a 15%; de modo tal que el tamaño nominal de la planta deberá ser capaz de producir 62.78 m³/d, a una molienda de 519.67 TN/d; lo cual es completamente factible, pues las plantas existentes de etanol anhidro tienen capacidades de alrededor de 350 m³ /d.

Sin embargo, a fin de garantizar la holgura operacional se cree conveniente fijar la Capacidad de la planta en un 30% más de la requerida teóricamente; es decir 1.30 x 62.78 m³/d, fijando así la capacidad de diseño en **80 m³/d**.

3.1.2.2 Selección del tipo de tecnología a usar.

Después de haber comparado las diversas tecnologías, expuestas en el capítulo referido al marco teórico, se elabora un resumen con las principales ventajas y desventajas de cada una de éstas tecnologías, en éstas se consideran aspectos estructurales, la utilización de agentes externos, el costo, la antigüedad de la tecnología y el consumo energético que demanda cada una de ellas.

Tabla 12.-

Descripción de las principales tecnologías

| Destilación azeotrópica | Destilación al vacío | Fluidos Supercríticos |
|--|---|---|
| Consta de tres columnas y un decantador. | Se necesita una sola columna. | Se necesita dos columnas y un extractor. |
| Uso de químicos tóxicos. | Poco utilizado a nivel industrial. | Opera a altas presiones |
| Altos requerimientos energéticos | Alto consumo energético. | Bajo consumo energético |
| Tecnología anticuada | Alto costo de capital. | Se ha estudiado solo a nivel de laboratorio |
| 2958.6 Kcal/Kg etanol | 3682.7 Kcal/Kg etanol | 3280.5 Kcal/Kg etanol |
| Destilación extractiva | Tamices moleculares | |
| Se necesita dos columnas como mínimo. | Se necesita dos tamices moleculares | |
| Debe tener una etapa adicional | No utiliza sustancias ajenas al proceso | |
| Tecnología anticuada | El proceso es simple y fácil de manejo | |
| Alto costo de capital | Bajo requerimiento energético. | |
| 2555.3 Kcal/Kg etanol | 2325.5 Kcal/Kg etanol | |

Fuente: elaboración propia a partir de Quintero 2007.

Tal como se observa en la tabla mostrada línea arriba, por varias razones entre las que resaltan que no utiliza sustancias ajenas al proceso, facilidad en la operación y su bajo consumo energético es que se decide emplear los tamices moleculares.

3.1.2.3 Descripción del Proceso

Recepción y pesaje

Los residuos de caña de azúcar, hacen su ingreso a la planta en camiones de volteo lateral, una vez ingresados, se realiza el respectivo pesaje del camión para cuantificar la cantidad de materia prima que está ingresando al proceso productivo.

Descargue y lavado

Una vez realizado el pesaje se procede a descargar los residuos de caña de azúcar en la mesa de recepción en donde se aplica un lavado con agua caliente a 90°C.

Reducción de tamaño

Inmediatamente después del descargue y lavado se procede a realizar la reducción de tamaño mediante unas picadoras metálicas accionadas por motores eléctricos.

Pretratamiento de Materia Prima por ruptura con vapor

Antes de iniciar el pretratamiento por ruptura con vapor la materia prima lignocelulósica es lavado con agua de imbibición a una temperatura de 90°C y a 1 bar de presión, luego se realiza la reducción de tamaño y el desfibrado para facilitar el pretratamiento.

El pretratamiento por explosión con vapor es uno de los métodos de pretratamiento más efectivos para una variedad de materiales lignocelulosicos en la producción de alcohol (el bagazo de la caña de azúcar, la caña del maíz, paja de trigo, algodón, palma de aceite, herbáceas y árboles como el sauce, el abeto, y el roble rojo). Este proceso se realiza dentro de una cámara a alta presión (típicamente de 200 a 450 psig), con temperaturas cercanas a los 200 °C y tiempos de residencia de alrededor de unos 10 minutos. Súbitamente, la presión en la cámara se lleva a la presión

atmosférica, causando una explosión de la biomasa que provoca el rompimiento químico-mecánico de las microestructuras.

El objetivo principal de este pretratamiento, radica en el acondicionamiento para el hidrolisis de la hemicelulosa y celulosa a glucosa.

En el proceso, la biomasa es picada a un tamaño apropiado y alimentado a un cilindro de alta presión. Los sólidos son movidos continuamente y empujados con un tornillo sinfín a través de un orificio hacia el reactor a vapor donde el material es explotado.

Cuando la biomasa sale del tanque de recuperación, puede ser evaporada, fermentada, destilada y finalmente deshidratada para producir etanol.

Concentración del Jugo

La concentración del jugo, se realiza mediante la operación de evaporación la cual tiene por finalidad concentrar el jugo proveniente del pretratamiento, dicho jugo, sale a una temperatura promedio de 95°C, y a una concentración alcohólica de 9° Brix, primero debe calentarse hasta una temperatura de 105°C, para asegurarse que en los evaporadores, se realice solo la operación de evaporación, de no ingresar a esta temperatura el evaporador primero tendrá que funcionar como un calentador para en una segunda instancia funcionar como evaporador.

En el evaporador, se elimina agua por la parte superior, obteniéndose como consecuencia el incremento de su concentración de azúcares de 9° Brix hasta 18° Brix y a una temperatura de salida de 105°C, cabe resaltar que como sale a una elevada temperatura éste flujo podría aprovecharse como fluido de calentamiento para aprovechar la energía térmica que contiene.

Fermentación Alcohólica del jugo.

El proceso de fermentación alcohólica, tiene por objeto transformar los azúcares contenidos en el jugo evaporado en etanol y dióxido de carbono principalmente; así mismo la reacción química es exotérmica es decir libera energía en forma de calor hacia el ambiente; la conversión de los azúcares en

alcohol se realiza de manera microbiológico empleando una levadura de uso industrial conocida con el nombre de *saccharomyces cerevisiae*; la cual se alimenta de los azúcares y segrega etanol y dióxido de carbono producto de su metabolismo.

El jugo evaporado proveniente de los evaporadores a una temperatura de 105°C, debe ser enfriado empleando una batería de intercambiadores de calor que bien pueden ser del tipo placas o de casco y tubos, hasta una temperatura promedio de 30 a 32°C, como fluido de enfriamiento se puede utilizar agua u otro fluido con menor temperatura.

El jugo evaporado y enfriado finalmente hace su ingreso al tanque de fermentación donde se lleva a cabo la reacción de fermentación; cabe señalar también que, al momento de llevar a cabo la alimentación a los tanques fermentadores, se adiciona antiespumante para evitar la formación de espuma excesiva y así evitar derrames.

Operación de Centrifugado

El jugo fermentado obtenido en los fermentadores permanece con la levadura utilizada para la fermentación; por ello es necesario despojarlo de ésta; para tal fin se recurre a la operación de centrifugación en la cual se despoja al jugo evaporado de la levadura, empleando unas centrifugas, las cuales son equipos rotatorios que empleando la fuerza centrífuga separan a la levadura del jugo fermentado.

Operación de Destilación

Comprende la obtención del alcohol hidratado a partir del vino obtenido como producto de la fermentación, para dicha operación el vino pasa por una batería de columnas de destilación en donde paulatinamente va incrementando su grado alcohólico de 9°GL hasta llegar a 95° GL, cabe resaltar que como subproductos de la destilación se obtiene el aceite fusell y la vinaza.

La operación de destilación utiliza como fuerza motriz el vapor de agua de baja presión (20 lb/pulg²), también emplea agua de enfriamiento para los condensadores, que son los equipos donde se condensa el etanol y hacen posible su recuperación en fase líquida.

Deshidratación

La deshidratación es la etapa que corresponde a la purificación del producto, en esta etapa el alcohol hidratado con concentración de 95°GL, procedente de la etapa de destilación, eleva su concentración hasta 99.9°GL, haciendo uso del principio basado en la diferencia de diámetros moleculares.

El etanol hidratado (95° GL), es precalentado en un intercambiador de calor de casco y tubos que utiliza como fluido de calentamiento, etanol anhidro vaporizado, luego de ser sometido a este precalentamiento pasa a un tanque donde se vaporiza con ayuda de vapor a baja presión (20 lb/pulg²), para luego ingresar a un segundo intercambiador donde se sobrecalienta haciendo uso de vapor de presión media (55 lb/pulg²), para finalmente hacer su ingreso por la parte superior a los tamices, aquí las moléculas de agua quedan adheridas, al lecho del tamiz, mientras que el etanol debido al menor diámetro de sus moléculas, atraviesa el tamiz y sale por el fondo del mismo con una concentración volumétrica de 99.9°GL, lo cual lo convierte en alcohol anhidro.

La forma en que operan los tamices es en ciclos de 5 minutos; es decir mientras uno de ellos realiza la operación de deshidratación, el otro se regenera, es decir elimina los restos de agua que queda en el lecho, empleando una pequeña porción del etanol anhidro que sale por los fondos del equipo.

Finalmente, el etanol anhidro obtenido se condensa y enfría en un intercambiador de calor para luego ser bombeado a la zona de almacenamiento.

Almacenamiento del Producto.

El almacenamiento del etanol se realiza en unos tanques de acero inoxidable de forma cilíndrica y hermética pues el etanol anhidro es altamente higroscópico por lo que fácilmente puede captar agua del ambiente y reducir su concentración.

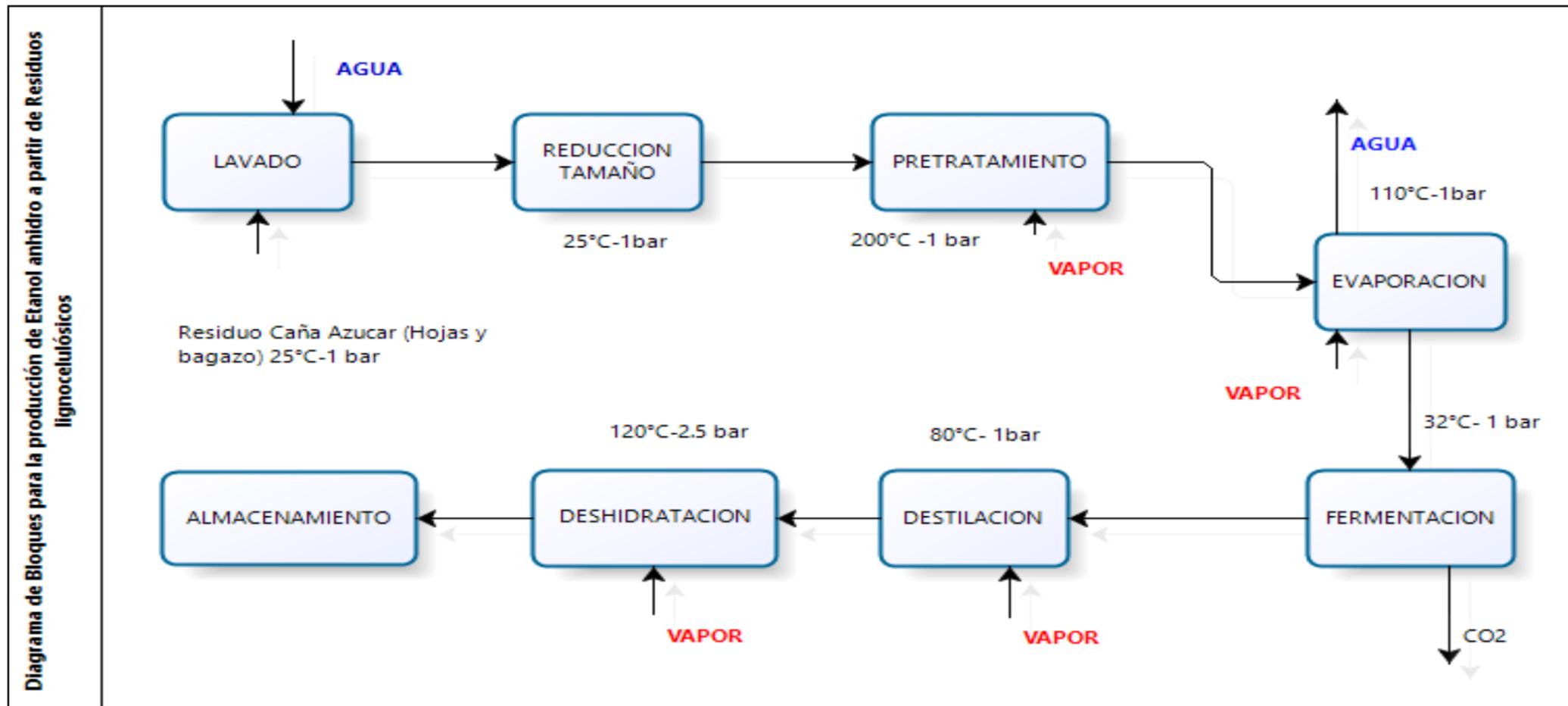


Figura 10: Diagrama de bloques para la producción de etanol anhidro

Fuente: Adaptado de Shleser, 1994

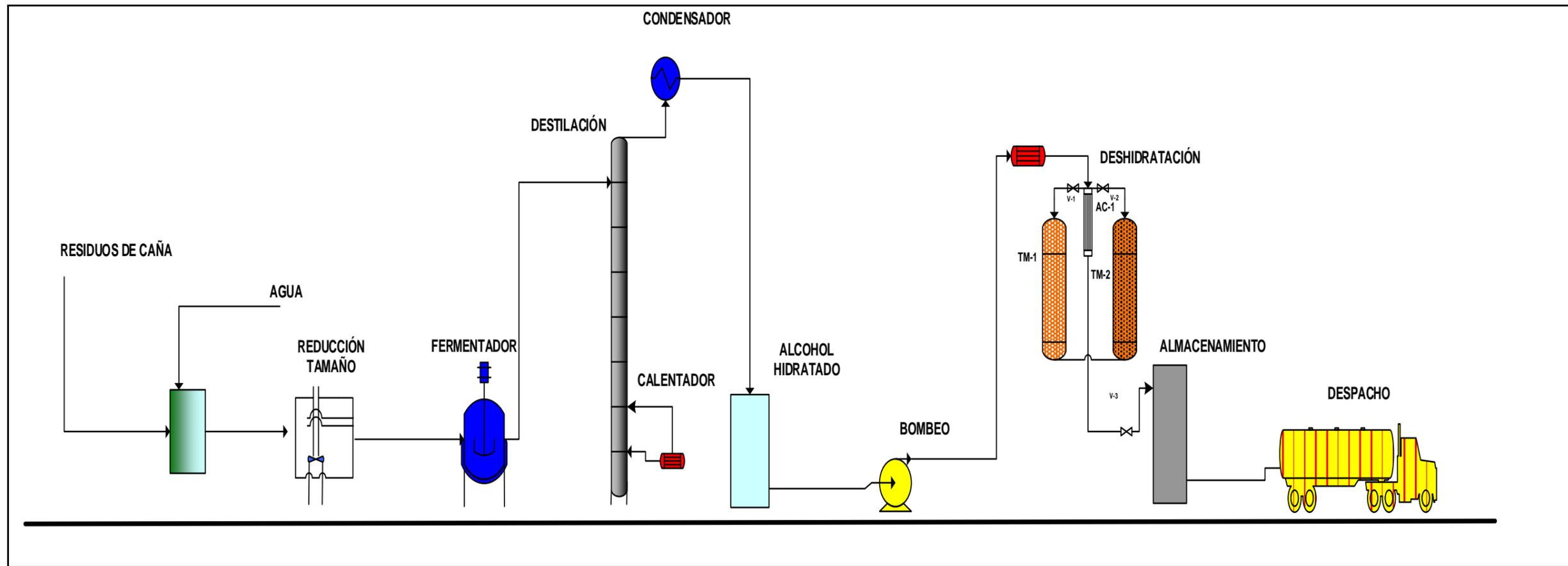


Figura 11: Diagrama de equipos para la obtención de bioetanol anhidro

Fuente: Propia

3.1.2.4 Diagrama de Operaciones (DOP)

Se realiza en base a lo descrito en el proceso productivo, adicionando los controles de calidad necesarios para garantizar la calidad del producto final.

Tabla 13.-

Total, de operaciones e inspecciones a realizar

| N° | Operaciones | Clasificación |
|----|--|----------------|
| 1 | Recepción de residuos de caña | Operación |
| 2 | Control de calidad del residuo | Inspección |
| 3 | Pesado de los residuos de caña | Operación |
| 4 | Descarga de residuo en mesa de recepción | Operación |
| 5 | Lavado de los residuos de caña | Operación |
| 6 | Reducción de tamaño | Operación |
| 7 | Control de calidad a las fibras | Inspección |
| 8 | Pretratamiento | Operación |
| 9 | Control de calidad del jugo mixto | Inspección |
| 10 | Evaporación | Operación |
| 11 | Control de calidad del jugo evaporado | Inspección |
| 12 | Fermentación | Operación |
| 13 | Control calidad del vino fermentado | Inspección |
| 14 | Destilación | Operación |
| 15 | Control de calidad del alcohol rectificado | Inspección |
| 16 | Deshidratación | Operación |
| 17 | Control calidad del etanol anhidro | Inspección |
| 18 | Almacenamiento de etanol anhidro | Almacenamiento |
| 19 | Certificado de calidad antes del despacho | Inspección |
| 20 | Despacho de etanol anhidro | Operación |

Fuente: Elaboración propia

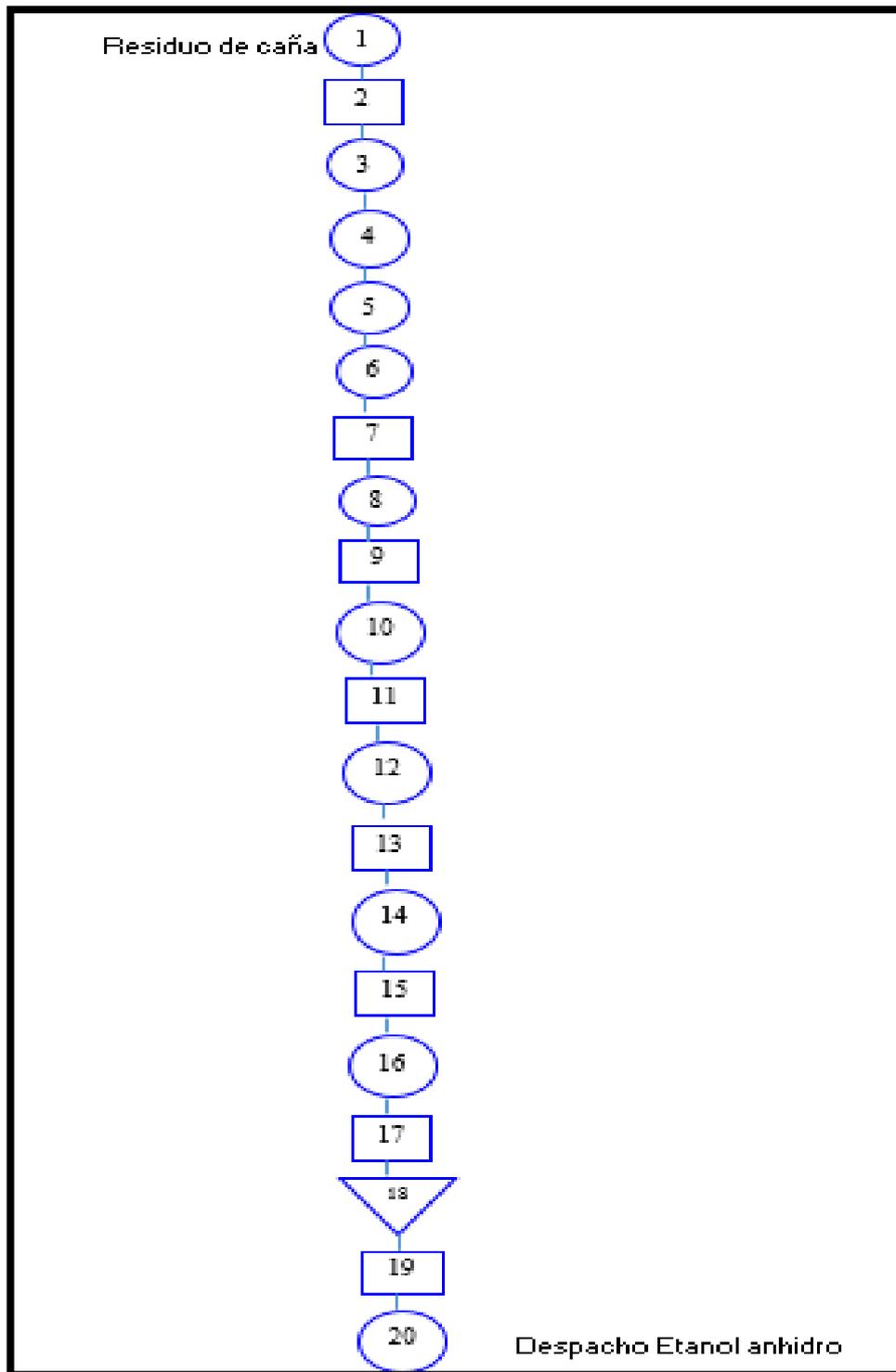


Figura 12 Diagrama de operaciones para la producción de etanol anhidro

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5 Diagrama de análisis de Operaciones (DAP)

| Bioetanol a partir de residuos de caña de azúcar | | Actividad | Simbolo | Cantidad | | |
|--|---|------------|---------|----------|---|---|
| OBJETIVO | Elaborar el diagrama de análisis de operaciones | Operación | ○ | 11 | | |
| PROCESO | Productivo a nivel industrial | Transporte | ➔ | 1 | | |
| DESCRIPCIÓN | Todo el proceso productivo | Espera | D | 0 | | |
| ELABORADO POR | David Ludeña Castro | Inspección | □ | 8 | | |
| INSTITUCIÓN | USS | Almacen | ▽ | 1 | | |
| Descripción del tren de actividades | | ○ | ➔ | D | □ | ▽ |
| Recepción de residuos de caña | ● | | | | | |
| Control de calidad del residuo | | | | | | ● |
| Pesado de los residuos de caña | | ● | | | | |
| Descarga de residuo en mesa de recepción | ● | | | | | |
| Lavado de los residuos de caña | ● | | | | | |
| Reducción de tamaño | ● | | | | | |
| Control de calidad a las fibras | | | | | | ● |
| Pretratamineto | ● | | | | | |
| Control de calidad del jugo mixto | | | | | | ● |
| Evaporación | ● | | | | | |
| Control de calidad del jugo evaporado | | | | | | ● |
| Fermentación | ● | | | | | |
| Control calidad del vino fermentado | | | | | | ● |
| Destilación | ● | | | | | |
| Control de calidad del alcohol rectificado | | | | | | ● |
| Deshidratación | ● | | | | | |
| Control calidad del etanol anhidro | | | | | | ● |
| Almacenamiento de etanol anhidro | | | | | | ● |
| Certificado de calidad antes del despacho | | | | | | ● |
| Despacho de etanol anhidro | ● | | | | | ● |

Figura 13 Diagrama de análisis de operaciones

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.6 Balance de Materiales

Para realizar el balance de materiales, tenemos en cuenta la capacidad nominal de la planta, determinada anteriormente y fijada en 80m³/día.

Para realizar el balance de materiales emplearemos el concepto de ART (azúcares reductores totales), para ello encontramos una equivalencia entre el rendimiento teórico empleado, es decir 120.8 L etanol por tonelada de residuos de caña de azúcar y el % de ART, que permite obtener dicho rendimiento.

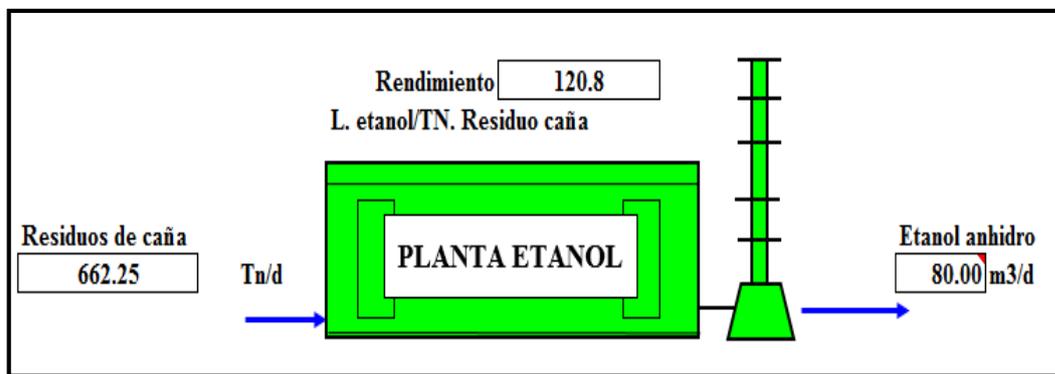


Figura 14 Balance Teórico-Inicial

Fuente: Elaboración propia

La figura n° 11 nos muestra que para producir 80 m³/d. de etanol anhidro se requiere moler 662.25 Tn/d. de residuos lignocelulósicos de caña de azúcar. Obteniéndose de la siguiente manera:

$$662.25 \text{ TN/d} \times 0.1208 \text{ m}^3/\text{TN} = 80 \text{ m}^3/\text{d. de etanol anhidro.}$$

Teniendo en cuenta que la etapa de fermentación es en donde se obtiene el etanol a través de la reacción de fermentación, en donde los azúcares totales se convierten en etanol con desprendimiento de Dióxido de carbono y energía, producto del metabolismo de la levadura empleada en la fermentación.

Glucosa + levadura = Etanol + Dióxido de Carbono + Energía



1TN + Lev. = 647.5 L + 489 Kg + 23.5cal/mol + Lev.

Es decir 1000 Kg de Azúcares reductores totales (ART) producen 647.5 L de etanol, 489 Kg de Dióxido de carbono y 130.6 cal.

Por otro lado, el balance de materiales se realiza unidad por unidad y los cálculos detallados se encuentran en el anexo correspondiente.

Eficiencias de Operación:

Ahora para obtener un valor más cercano a la realidad emplearemos las eficiencias industriales para cada etapa del proceso, tal como la evaporación, fermentación, destilación y deshidratación.

Para efecto de las eficiencias emplearemos las eficiencias obtenidas en el área de producción de Agroindustrial Aurora.

Tabla 14.-

Eficiencias típicas en plantas de alcohol

| | |
|-------------------------------|--------|
| Eficiencia del Pretratamiento | 90.00% |
| Eficiencia de Evaporación | 99.00% |
| Eficiencia de Fermentación | 92.00% |
| Eficiencia de Destilería | 98.00% |
| Eficiencia de Deshidratación | 99.00% |

Fuente: Área de Control de Calidad de la empresa Agroaurora.

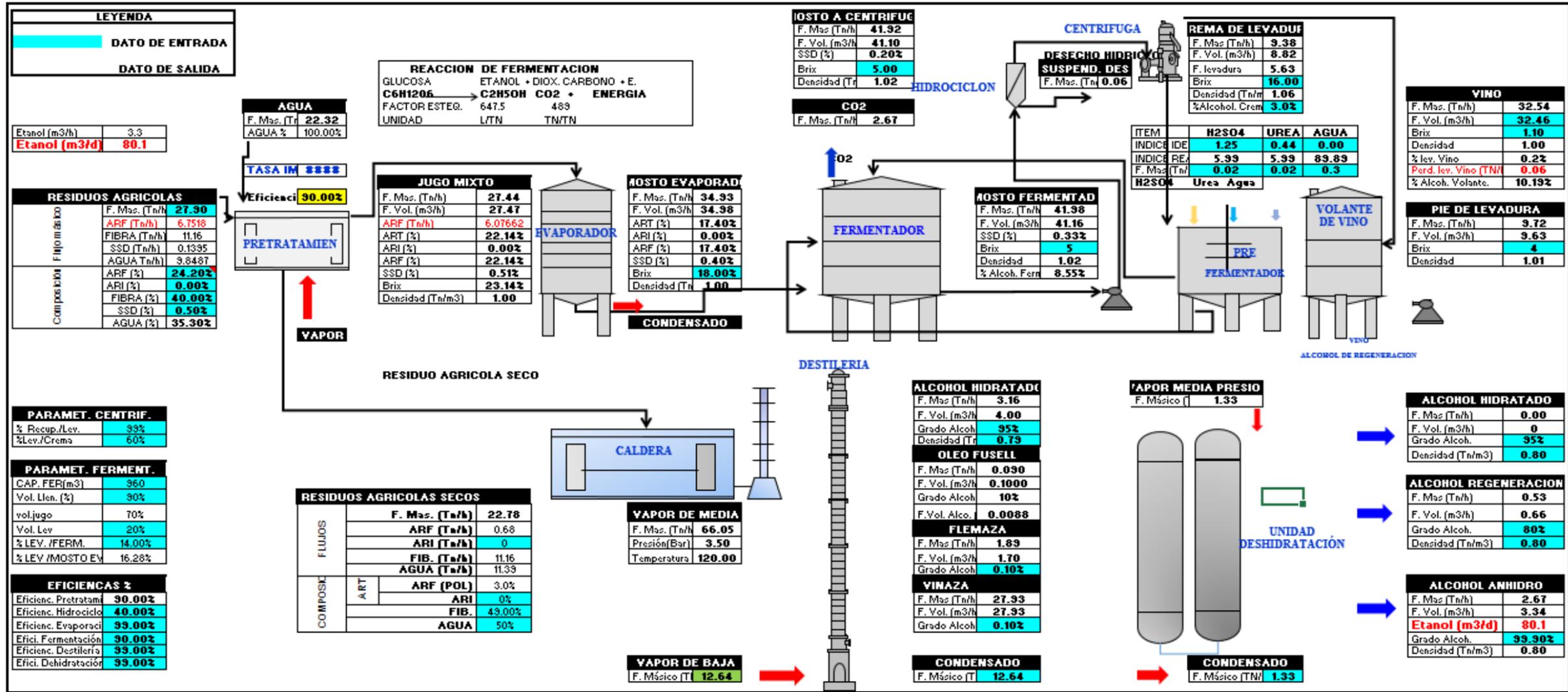


Figura 15 : Balance de materiales global para la planta de etanol anhidro:

Fuente: Propia

3.1.2.6 Auxiliares de Proceso

En el presente apartado se trata la especificación de los auxiliares de proceso necesarios para la correcta funcionalidad de la Planta. Se consideran: agua, vapor de agua, combustible y electricidad.

Suministro de Agua

La planta requiere de cuatro tipos de agua: agua de enfriamiento, agua de proceso, agua para usos sanitarios y agua contra incendios.

Agua de Enfriamiento

El agua de enfriamiento se utiliza en los equipos de intercambio de calor y tiene como objetivo servir como fluido de enfriamiento, por ende, debe cumplir con ciertos requisitos mínimos para su correcto funcionamiento en planta. De ser limpia, con una dureza máxima de 600 ppm, para evitar incrustamientos excesivos en los equipos de proceso; así mismo libre de material extraño

Tanto el agua de proceso como el agua de enfriamiento es recirculada a través de una torre de enfriamiento, a fin de bajar la temperatura de 50 a 28°C y proviene una piscina de enfriamiento ubicada en el interior de la planta.

Agua de proceso.

El agua de proceso debe cumplir unas exigencias mayores que el agua de proceso pues éste tipo de agua entrara en contacto con la levadura y de no tener las condiciones adecuadas podría ocasionar complicaciones en la operación como la baja en la viabilidad de la levadura.

Equipos Sanitarios

Para estimar la cantidad de equipos sanitarios para las instalaciones de la planta, se recurre al Reglamento Nacional de Edificaciones en su apartado de instalaciones Sanitarias.

La relación mínima que debe existir entre el número de trabajadores y el de servicios sanitarios se señala en la tabla mostrada líneas abajo.

Tabla 15.-

Cantidad de equipos sanitarios NTP-IS 010

| Trabajadores | Inod. | Lav. | Duch. | Urin. | Beb. |
|-------------------------|-------|------|-------|-------|------|
| 1 a 9 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 10 a 24 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| 25 a 49 | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 |
| 50 a 100 | 5 | 10 | 6 | 4 | 2 |
| Por cada 30 adicionales | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente: (NTP –IS 010)

De modo tal que la cantidad de equipos sanitarios se obtendrá en función a la cantidad de personas que laboren en la planta.

Para nuestro caso en el que se cuenta con 90 personas se tendrá:

Tabla 16.-

Cantidad de equipos sanitarios

| Cantidad de Personal | Inodoro | Lavacara | Ducha | Urinario | Bide |
|----------------------|---------|----------|-------|----------|------|
| 90 | 5 | 10 | 6 | 4 | 2 |

Fuente: Propia

Dotación

En los locales industriales la dotación de agua para consumo humano en cualquier tipo de industria será de 80 litros por trabajador por cada turno de trabajo de 8 horas o fracción.

Para nuestro caso en el que se cuenta con 90 personas se tendrá:

Tabla 17.-

Dotación de agua por persona

| Cantidad de Personal | Factor | Unidad | Parcial (Ld) |
|----------------------|--------|-----------|--------------|
| 90 | 80 | L/persona | 7200 |

Fuente: Propia

Agua contra Incendios:

Para determinar la cantidad de agua contra incendio también hacemos uso de las recomendaciones dadas la norma de Instalaciones sanitarias (IS.010) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Las que señalan que se debe contemplar un mínimo de 25 m³ de agua contra incendio para uso interno y 40 m³ para uso externo (uso de bomberos en caso de siniestro); lo que hace un total de 65 m³.

Capacidad de Cisterna y Tanque elevado:

Hacemos el recuento del total de agua tanto como de uso para consumo humano como para uso del sistema contra incendios.

Tabla 18.-

Capacidad de cisterna y tanque elevado

| Ítem | Consumo | N° Personas | Factor | Unidad | Fuente | Parcial (Lpd) |
|--------------|-----------------|----------------|--------|---------|----------------|------------------|
| 1 | Consumo humano | 90 | 80 | L/pers. | RNE-IS. 010 | 7200 |
| 2 | Contra incendio | - | 65000 | Lpd | RNE-IS. 010 | 65000 |
| Total | | | | | | 72200 |

Fuente: Propia

-Capacidad de tanque elevado (VTK-e):

$$VTK-e = 1/3x (\text{Vol. Total})$$

$$VTK-e = 1/3x (72200) /1000 = 24.07 \text{ m}^3$$

-Dimensiones del tanque elevado

Forma: Rectangular

Largo: 5m

Ancho: $L \times 0.5 = 5 \times 0.5 = 2.5 \text{ m}$

Altura libre: 0.5 m

Tirante de agua: $VTK-e/(Largo \times ancho) = 24.07/(5 \times 2.5) = 1.93 \text{ m}$

Altura total: Tirante + altura libre = $1.93 + 0.5 = 2.43 \text{ m}$

-Capacidad de cisterna (Vci):

$Vci = 3/4 \times (\text{Vol. Total})$

$Vci = 3/4 \times (72200)/1000 = 24.07 \text{ m}^3 = 54.15 \text{ m}^3$

-Dimensiones de cisterna:

Forma: Rectangular

Largo: 8 m

Ancho: $L \times 0.5 = 8 \times 0.5 = 4 \text{ m}$

Altura libre: 0.5 m

Tirante de agua: $VTK-e/(Largo \times ancho) = 54.15/(8 \times 4) = 1.69 \text{ m}$

Altura total: Tirante + altura libre = $1.69 + 0.5 = 2.19 \text{ m}$

-Suministro eléctrico:

Para plantas industriales se suele utilizar energía eléctrica trifásica de 380 o 440 Voltios, con una frecuencia de 50 o 60 Hz, trifásica, para nuestro caso estos requerimientos energéticos serán proporcionados por la red pública estatal.

-Insumos:

Se consideran solo para la etapa de tratamiento de agua y son anti incrustante para minimizar las incrustaciones en los condensadores y en las columnas, así como bactericida para evitar la formación de algas o cualquier otro microorganismo.

3.1.2.7 Localización de la Planta de Bioetanol Anhidro.

La localización que se determine para la instalación de la planta industrial de Bioetanol Anhidro, puede ser determinante para el éxito o el fracaso del proyecto; puesto que de ello dependerá la aceptación o el rechazo tanto de los clientes como del personal que trabajará en la planta (Sapag, 2011).

Las dos localidades a evaluar son “Huaral” y “Cañete”, se elige éstas localidades porque según el Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI-2014) presentan la mayor superficie sembrada; lo cual supone mayor disponibilidad de materia prima; adicionalmente a ello su ubicación es colindante a la Ciudad de Lima, lo cual brinda una serie de beneficios como disponibilidad de mano de obra calificada, acceso al aeropuerto, etc. y además porque ambas localidades tienen acceso a la carretera panamericana, lo cual reduce los costos de transporte.

Tabla 19.-

Superficie sembrada, por campaña agrícola, según provincia, 2007-2014 (Lima)

| Provincia | Campaña Agrícola | | | | | | |
|--------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2007_08 | 2008_09 | 2009_10 | 2010_11 | 2011_12 | 2012_13 P/ | 2013_14 P/ |
| Total | 88 730 | 92 428 | 99 358 | 95 131 | 97 429 | 93 633 | 93 655 |
| Barranca | 15 565 | 16 248 | 19 294 | 17 365 | 18 965 | 17 618 | 19 285 |
| Cajatambo | 1 414 | 1 442 | 1 384 | 1 265 | 675 | 828 | 681 |
| Canta | 4 245 | 4 733 | 4 785 | 4 978 | 5 733 | 6 119 | 6 330 |
| Cañete | 23 261 | 28 179 | 30 496 | 29 759 | 28 789 | 23 332 | 22 976 |
| Huaral | 20 955 | 18 925 | 20 241 | 20 575 | 22 587 | 25 306 | 27 131 |
| Huarocharí | 2 351 | 2 416 | 2 840 | 2 114 | 1 355 | 1 480 | 1 625 |
| Huaura | 18 366 | 17 870 | 18 182 | 17 342 | 17 485 | 17 210 | 14 174 |
| Oyón | 1 377 | 1 440 | 1 167 | 693 | 766 | 786 | 779 |
| Yauyos | 1 196 | 1 175 | 969 | 1 040 | 1 074 | 954 | 674 |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura –Lima.

La técnica empleada para la determinación de la localización de la planta fue los factores ponderados, la cual consiste en atribuirle pesos en porcentaje a cada factor en función de su importancia. Se consideran los siguientes factores para el análisis:

Disponibilidad de Materia Prima.

Teniendo en cuenta que la mayor extensión de superficie sembrada lo tiene la localidad de “Huaral”, ésta provincia tiene mayor ventaja sobre la provincia de “Cañete”.

Cercanía al Mercado.

Para efectos de exportación ambas localidades tienen salida al mar con la diferencia que “Huaral” se encuentra más cerca al puerto del “Callao” que Cañete.

Disponibilidad de Energía Eléctrica.

Ambas localidades cuentan con suministro eléctrico de Hidrandina, así que este factor es indistinto para nuestro análisis.

Suministro de Agua.

“Huaral” está más cerca al río Rimac, el cual es una fuente tentativa para captar agua para el proceso, previo tratamiento; por ello sería más conveniente dicha localidad.

Mano de Obra.

En ambas localidades se cuenta con mano de obra no calificada para la planta industrial, pero para la mano de obra calificada, se tendría que traer de Lima y puesto que ambas localidades son colindantes con la ciudad de Lima no existe diferencia.

Leyes Regulatorias.

La normativa legal referida con el rubro industrial rige a nivel nacional así que no hay distinción para dichas localidades.

Transporte.

Las dos provincias están conectadas por la carretera panamericana que a su vez une gran parte de las ciudades del país, por lo que al igual que el apartado anterior no es determinante.

Clima.

Las dos provincias debido a su cercanía presentan casi el mismo clima, por lo que tampoco es determinante.

Factores Comunitarios.

Cañete tiene mejores condiciones en este aspecto pues en ésta localidad existe una mayor cantidad de centros de salud, clínicas, centros de estudios, así como centros recreacionales.

Tabla 20.-

Selección de la localización de planta

| Factor | Ponderación | Puntaje | | Recuento | |
|---------------|-------------|---------|--------|-------------|-------------|
| | | Huaral | Cañete | Huaral | Cañete |
| Materia Prima | 30% | 10 | 9 | 3 | 2.7 |
| Mercado | 20% | 10 | 8 | 2 | 1.6 |
| Energía | 10% | 10 | 10 | 1 | 1 |
| Agua | 10% | 8 | 6 | 0.8 | 0.6 |
| Mano de obra | 10% | 5 | 5 | 0.5 | 0.5 |
| Regulaciones | 5% | 5 | 5 | 0.25 | 0.25 |
| Transporte | 5% | 5 | 5 | 0.25 | 0.25 |
| Clima | 5% | 5 | 5 | 0.25 | 0.25 |
| Comunitarios | 5% | 6 | 8 | 0.3 | 0.4 |
| Total | 100% | | | 8.35 | 7.55 |

Fuente: Propia.

Según la tabla n° 20, se demuestra que la localización más conveniente para la instalación de la Planta de Bioetanol Anhidro es la localidad de Huaral.

3.1.2.8 Distribución de la Planta

Para la distribución de la planta se determinará el área de proceso y a partir de ésta área se podrá determinar el resto de áreas asumiendo porcentajes razonables.

Para determinar el área de proceso, se utiliza el método de Guerchet, para ello se hace necesario identificar el número total de maquinaria y equipo llamados elementos estáticos y también el número total de operarios y el equipo de acarreo, llamados elementos móviles (Díaz, Zedán y Noriega, 2003).

Para cada elemento a distribuir, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales:

$$ST = S_s + S_g + S_e$$

Donde:

ST = superficie total

S_s = superficie estática (largo x ancho)

S_g = superficie de gravitación (S_s x N)

S_e = superficie de evolución (S_e = (S_s + S_g) x K)

Además:

N = número de lados

h = altura del elemento móvil y estático

n = número ele. M_{poviles} o estáticos

K = $h_{em} / (2 \times h_{ee})$

H_{em} = $\sum S_{sxn} \times h / \sum S_{sxn}$ (Σ de 0 a r)

H_{ee} = $\sum S_{sxn} \times h / \sum S_{sxn}$ (Σ de 0 a t)

Según Díaz, Zedán y Noriega, (2003), se han estimado algunos valores de K para diferentes tipos de industria, para el caso de la gran industria el valor de

“K” se estima entre 0.05 y 0.15, para nuestro caso emplearemos el mayor valor ósea 0.15.

Tabla 21.-

Determinación del área requerida para el proceso productivo

| Ítem | Equipo | n | N | L | a | h | Ss | Sg | Se | St |
|------|---------------------------|----|---|----|----|----|------|------|-------|-------|
| 1 | Bombas de proceso | 12 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0.6 | 1.2 | 0.3 | 41.4 |
| 2 | Tanques de almacenamiento | 4 | 2 | 5 | 5 | 7 | 25 | 50 | 11.3 | 345.0 |
| 3 | Tanque fermentador | 6 | 2 | 5 | 5 | 7 | 25 | 50 | 11.3 | 517.5 |
| 4 | Tanque de vino | 1 | 2 | 5 | 5 | 7 | 25 | 50 | 11.3 | 86.3 |
| 5 | Tanque prefermentador | 2 | 2 | 3 | 3 | 5 | 9 | 18 | 4.1 | 62.1 |
| 6 | Tanque de agua | 2 | 2 | 3 | 3 | 5 | 9 | 18 | 4.1 | 62.1 |
| 7 | Tanque ácido sulfúrico | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 8 | 1.8 | 13.8 |
| 8 | Cabina de pretratamiento | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 8 | 16 | 3.6 | 27.6 |
| 9 | Caldera | 1 | 2 | 12 | 6 | 15 | 72 | 144 | 32.4 | 248.4 |
| 10 | Chimenea de caldera | 1 | 2 | 5 | 5 | 18 | 25 | 50 | 11.3 | 86.3 |
| 11 | Torre de enfriamiento | 1 | 2 | 20 | 12 | 2 | 240 | 480 | 108.0 | 828.0 |
| 12 | Centrifugas | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1.5 | 3 | 0.7 | 15.5 |
| 13 | Tanque de jugo | 1 | 2 | 7 | 5 | 5 | 35 | 70 | 15.8 | 120.8 |
| 14 | Evaporadores | 2 | 2 | 15 | 5 | 15 | 75 | 150 | 33.8 | 517.5 |
| 15 | Columnas de destilación | 4 | 2 | 18 | 2 | 18 | 36 | 72 | 16.2 | 496.8 |
| 16 | Tamices moleculares | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2.25 | 4.5 | 1.0 | 15.5 |
| 17 | Condensadores | 8 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1.4 | 82.8 |
| 18 | Enfriadores | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1.4 | 41.4 |
| 19 | Calentadores | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1.4 | 41.4 |
| 20 | Fajas transportadoras | 6 | 1 | 12 | 1 | 4 | 12 | 12 | 3.6 | 165.6 |
| 21 | Grúa Hilo | 1 | 1 | 4 | 3 | 12 | 12 | 12 | 3.6 | 27.6 |
| 22 | Desfibrador | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0.6 | 4.6 |
| 23 | Picadoras | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 3.5 |
| 24 | Molino | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3.75 | 3.75 | 1.1 | 8.6 |
| 25 | Rolo Desaguador | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0.6 | 4.6 |

Área req. Total (m2) 3864.6

Fuente: Propia

Según la tabla observada líneas arriba se requiere un área de 3865 m² por lo que se trabajará con un área de 4000 m² como área del proceso productivo.

-Área de proceso

El área de proceso se considera el área principal y la que ocupa el mayor porcentaje de área del total, es aquí en donde se elabora el producto y donde están ubicados todos los equipos de proceso y según la estimación mostrada líneas arriba, se necesita un área de 4000 m².

Por otro lado, al asignar un porcentaje de 40% del total a ésta área, se obtiene que el área total requerida es de $4000/0.40 = 10000$ m² por lo que asumimos un total 10 000 m² como área total requerida.

-Área de expansión:

Se considera un área para posibles expansiones futuras del área de proceso, por ello le asignamos un 30% del área total.

-Almacenamiento:

Es el área destinada para efectos del almacenamiento del producto terminado, por ello creemos conveniente asignar un porcentaje del 6%.

-Edificio

El edificio se cree conveniente que tenga cinco niveles, el laboratorio se piensa ubicar en el primer nivel, mientras que las oficinas se ubicaran del segundo al quinto nivel, todo en un solo edificio.

Para este edificio se asigna un área de 2% del total del área.

-Disposición de efluentes:

Para la correcta disposición del efluente obtenido en el proceso, se cree conveniente tener una poza de 5000 m³ en la cual se llevará a cabo la dilución antes de ser usada como abono, y permitirá un almacenamiento continuo de hasta 36 horas de bombeo continuo de vinaza.

El porcentaje asignado es del 10%

-Áreas Verdes

Se contempla también el uso de áreas verdes por tema estético y por un tema de contribución con el medio ambiente (1 % del total).

-Áreas Recreativas

Se cree conveniente la habilitación de un área de esparcimiento provista de una cancha de futbol, implementada con sus vestuarios y respectivos baños (1% del total).

Tabla 22.-

Descripción de áreas de la planta

| Ítem | Descripción del Área | Porcentaje | Área (m2) |
|------|-----------------------|------------|-----------|
| 1 | Proceso | 40% | 4000 |
| 2 | Expansión | 30% | 3000 |
| 3 | Almacenamiento | 6% | 600 |
| 4 | Edificio | 2% | 200 |
| 5 | Taller mantenimiento | 10% | 1000 |
| 6 | Disposición efluentes | 10% | 1000 |
| 7 | Áreas Verdes | 1% | 100 |
| 8 | Áreas Recreativas | 1% | 100 |
| | | 100% | 10000 |

Fuente: Propia

3.1.2.9 Disposición general para la planta de etanol

Una vez obtenido el requerimiento espacial para la planta industrial de etanol anhidro, se determina la mejor disposición de las diferentes áreas empleando la herramienta conocida como tabla relacional. En la tabla relacional se muestran las distintas relaciones de cercanía entre cada actividad, en función a la necesidad de la proximidad que debe existir entre éstas. (Díaz, 2007).

Procedimiento para la construcción de la tabla relacional

Para la construcción de la tabla relacional empelada para determinar las necesidades de proximidad entre las diversas áreas de la planta, se requiere primero definir una correcta escala de proximidad y codificación de colores para luego emplear el diagrama de hilos para representar los resultados obtenidos en la tabla relacional.

Tabla 23.-

Escala de proximidad y codificación entre actividades

| Letra | Número | Color | Nivel de proximidad |
|-------|--------|---|-------------------------|
| A | 4 |  | Absolutamente necesario |
| E | 3 |  | Muy importante |
| I | 2 |  | Importante |
| O | 1 |  | Medianamente importante |
| U | |  | No es importante |
| X | | | No es conveniente |

Fuente (Adaptado de Díaz, 2007)

La tabla n°21, nos muestra una escala de proximidad, codificada con letras y colores, de modo tal que la letra “A” y color rojo, nos indica que el nivel de proximidad requerido entre las áreas evaluadas es absolutamente necesario; así también la letra “X”, nos indica que no es conveniente que exista una proximidad entre las áreas evaluadas.

Tabla 24.-

Tabla relacional para la planta de etanol

una vez recepcionada y pesada tiene que entrar al área de producción donde será procesada para obtener etanol anhidro; de igual modo entre las áreas de almacenamiento y despacho es absolutamente necesaria la proximidad pues el despacho se realiza de los tanques de almacenamiento de etanol anhidro. Por otro lado, entre las oficinas administrativas y el área de mantenimiento no es importante que exista proximidad pues el mantenimiento se realiza básicamente en el área de producción de la planta de etanol anhidro.

3.1.2.10 Régimen de Trabajo

El régimen de trabajo propuesto para la planta industrial de bioetanol anhidro, está en función a los días de operación de la planta de acuerdo con las siguientes consideraciones:

Se cree conveniente fijar una parada de planta larga de 65 días al año para efectos de mantenimiento, de modo tal que solo se contarían con 300 días al año, para operación de la planta

Se trabajará en tres turnos de 8 horas de trabajo al día, durante los 300 días de operación de la planta.

Se asume una capacidad de planta creciente los tres primeros años, debido a posibles problemas, tanto de operación como de mantenimiento que pudieran surgir y afectar la operación normal de la planta.

3.1.2.11 Programa Anual de Producción

El programa de producción anual, se elabora a partir del balance de materiales realizado anteriormente y considera un aprovechamiento de la capacidad de la planta de 90%, 95% y 100%, el primer, segundo y tercer año de producción, respectivamente; debido a que en los primeros años de una planta de producción nueva, se desarrollan las correspondientes curvas de aprendizaje del personal, aparte de ello se verifican una serie de problemas tanto operativos como de mantenimiento, entre otros.

Tabla 25.-

Programa anual de producción

| Programa de Producción | Unid. | Valor | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|------------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Capacidad Instalada | m3/d | 80 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Empleo de Capacidad | % | 90-100% | 90% | 95% | 100% | 100% | 100% |
| Días de Molienda | d. | 335 | 301.50 | 318.25 | 335.00 | 335.00 | 335.00 |
| Residuos de Caña de azúcar | Tn/h | 27.90 | 201884.40 | 213100.2 | 224316 | 224316 | 224316 |
| Producción Bagazo | Tn/h | 22.78 | 164803.59 | 173959.35 | 183115.10 | 183115.10 | 183115.10 |
| Producción Vapor de baja (1.5 bar) | Tn/h | 66.05 | 477930.42 | 504482.11 | 531033.80 | 531033.80 | 531033.80 |
| Producción. de jugo crudo | Tn/h | 27.44 | 198588.33 | 209621.01 | 220653.70 | 220653.70 | 220653.70 |
| Producción de jugo evaporado | Tn/h | 34.93 | 252759.68 | 266801.89 | 280844.09 | 280844.09 | 280844.09 |
| Producción Vino | Tn/h | 41.98 | 303760.96 | 320636.57 | 337512.18 | 337512.18 | 337512.18 |
| Producción Vino centrifugado | Tn/h | 32.54 | 235464.77 | 248546.15 | 261627.52 | 261627.52 | 261627.52 |
| Producción. Etanol Hidratado | Tn/h | 3.16 | 22864.78 | 24135.05 | 25405.31 | 25405.31 | 25405.31 |
| Producción Flegmasa | Tn/h | 1.89 | 13683.26 | 14443.44 | 15203.63 | 15203.63 | 15203.63 |
| Producción Vinazas | Tn/h | 27.93 | 202099.63 | 213327.38 | 224555.14 | 224555.14 | 224555.14 |
| Producción Etanol Anhidro | Tn/h | 2.67 | 19320.10 | 20393.43 | 21466.77 | 21466.77 | 21466.77 |
| Producción Etanol Anhidro | m3/h | 3.34 | 24150.12 | 25491.79 | 26833.47 | 26833.47 | 26833.47 |
| Oleo Fusell | Tn/h | 0.089996 | 651.21 | 687.39 | 723.57 | 723.57 | 723.57 |

Fuente: Propia

3.1.2.12 *Organigrama de la Planta*

Se compone de gerencias, y jefaturas, el liderazgo principal lo tiene por el gerente general y éste tiene bajo su supervisión a dos gerencias: la gerencia de Planta y la gerencia de administración; a su vez la gerencia de planta se compone de tres áreas de trabajo, producción mantenimiento y caldera; por su parte la gerencia administrativa se compone de tres áreas que son contabilidad, logística y Seguridad

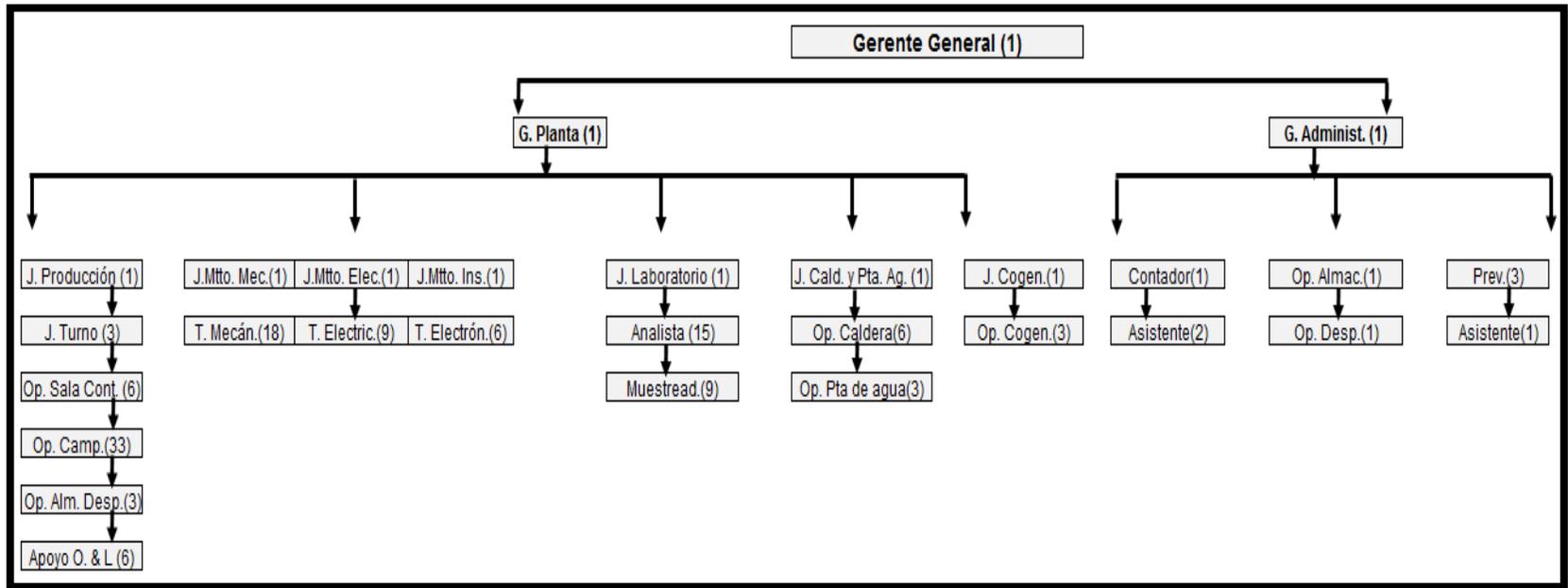


Figura 17: Propuesta de la estructura organizativa de la planta

Fuente: Propia

3.1.2.13 *Indicadores de la Producción*

El empleo de indicadores de producción es importante pues nos brinda información necesaria que permite evaluar la eficiencia y productividad de la planta industrial; para a partir de estos resultados poder implementar mejoras si es necesario.

Productividad de la materia prima (residuos de caña de azúcar)

La productividad de la materia prima nos indica el rendimiento en la producción de etanol anhidro que se obtiene al procesar los residuos de caña de azúcar

Productividad M.P = Producción de etanol /Cantidad de residuos procesados

Productividad M.P = 2.67 Tn/h/27.90 Tn/h

Productividad M.P = 9.57 %

Productividad de la mano de obra directa

La productividad de la mano de obra nos indica la cantidad de etanol anhidro obtenido por cada operario que labora en el área de producción de la planta industrial.

Productividad M.O = Producción de etanol /Cantidad de operarios involucrados

Productividad M.O = 2.67 Tn/h

Cantidad de operarios por día = 52 operarios/día

Cantidad operarios por hora = 52/24 =2.17

Productividad M.O = 2.67 Tn/h/2.17 Tn/h

Productividad M.O = 1232.31 Kg etanol/operario.

Rendimiento de la Materia prima

El rendimiento de la materia prima es un indicador que nos muestra la relación entre la cantidad de producto obtenido y la materia prima consumida.

Para nuestro caso se tiene del balance de materiales:

Producción de etanol: 3.34 m³/h.

Consumo de residuos agrícolas: 27.90 Tn/h

Rendimiento de materia prima: 3.3m³/h/27.90 Tn/h

Rendimiento de materia prima: 119.62 L/Tn

Es decir que por cada tonelada de residuos agrícola procesadas se obtienen 119.62 litros de etanol.

Balance de líneas de proceso

En la etapa de producción es necesario conocer el número mínimo de estaciones requeridas para alcanzar la capacidad productiva de la planta industrial; así mismo es necesario estimar la eficiencia productiva a fin de evaluar el proceso productivo y poder mejorar la productividad de la planta de etanol anhidro.

Para realizar el balance de líneas se requiere conocer tiempos de cada una de las operaciones realizadas en el área de producción; así mismo las capacidades de los equipos industriales; éstos datos se obtienen de forma teórica del balance de materiales.

Tiempos de ciclo productivo de cada operación

Tiempo de ciclo (C) = Tiempo base (tb)/Capacidad productiva del equipo

Operación de Pretratamiento de materia prima

Tiempo base (tb) =60 minutos.

Capacidad productiva del equipo = 27.44 TN/h

Tiempo ciclo (C) = 60 min/h/27.44x1000Kg/h

Tiempo ciclo (C) = 0.0022 min/kg

Operación de Evaporación

Tiempo base (tb) =60 minutos.

Capacidad productiva del equipo = 34.93 TN/h

Tiempo ciclo (C) = 60 min/h/34.93x1000Kg/h

Tiempo ciclo (C) = 0.0017 min/kg

Operación de Fermentación

Tiempo base (tb) =60 minutos.

Capacidad productiva del equipo = 41.98 TN/h

Tiempo ciclo (C) = 60 min/h/41.98x1000Kg/h

Tiempo ciclo (C) = 0.0014 min/kg

Operación de Centrifugación

Tiempo base (tb) =60 minutos.

Capacidad productiva del equipo = 32.54 TN/h

Tiempo ciclo (C) = 60 min/h/32.54x1000Kg/h

Tiempo ciclo (C) = 0.0018 min/kg

Operación de Destilación

Tiempo base (tb) =60 minutos.

Capacidad productiva del equipo = 3.16 TN/h

Tiempo ciclo (C) = 60 min/h/3.16x1000Kg/h

Tiempo ciclo (C) = 0.019 min/kg

Operación de Deshidratación

Tiempo base (tb) =60 minutos.

Capacidad productiva del equipo = 2.67 TN/h

Tiempo ciclo (C) = 60 min/h/2.67x1000Kg/h

Tiempo ciclo (C) = 0.0225 min/kg

A continuación, se enlistan de forma resumida todos los tiempos de ciclo de las operaciones productivas que se realizan a lo largo del proceso de obtención de etanol anhidro.

Tabla 26.-

Tiempos de ciclo para las operaciones productivas

| Operación | Código | Tiempo base (m/h) | Producción maquina (Tn/h) | Tiempo ciclo (Kg/min.) |
|----------------|--------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| Pretratamiento | P | 60 | 27.44 | 0.0022 |
| Evaporación | E | 60 | 34.93 | 0.0017 |
| Fermentación | F | 60 | 41.98 | 0.0014 |
| Centrifugación | C | 60 | 32.54 | 0.0018 |
| Destilación | D | 60 | 3.16 | 0.0190 |
| Deshidratación | De | 60 | 2.67 | 0.0225 |
| Tiempo Total | | | m/Kg | 0.0486 |

Fuente: Elaboración propia

A partir del balance de líneas realizado y representado en la figura n°16, se determina el número de estaciones mínimas necesarias y también la eficiencia de la planta industrial de etanol anhidro.

Determinación del número mínimo de estaciones

N° de estaciones = Σ Tiempos de cada operación/Tiempo de ciclo

N° de estaciones = 0.0486/0.0225

N° estaciones = 2.16

Por ello redondeamos el resultado a 3.0

Calculo de la eficiencia productiva

Eficiencia productiva (%) =

Σ Tiempos de cada operación/ (N° estaciones de trabajo x Tiempo de ciclo)

Eficiencia productiva (%) = $0.0486 / (3 \times 0.0225)$

Eficiencia productiva (%) = 72.14 %

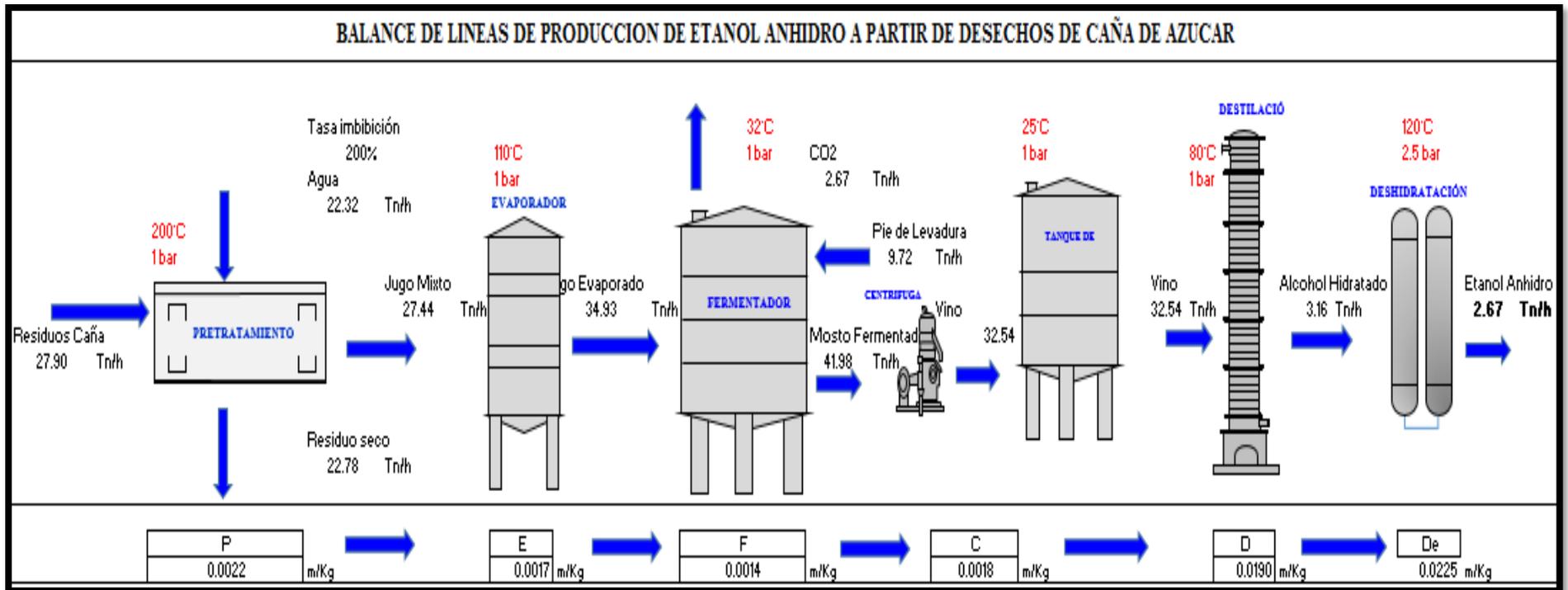


Figura 18 Balance de líneas para la producción de etanol anhidro

Fuente: elaboración propia.

3.2 Propuesta de investigación

Análisis Beneficio Costo de la propuesta de investigación

En este capítulo se determinó la inversión total, de proyecto, la rentabilidad, y el financiamiento del proyecto; utilizando para ello como herramienta la hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010.

3.2.1 Proyecciones de los Costos

Se basa en el programa anual de producción y en él se consideran todos los costos ordenados de forma contable en estado de resultados y balance general.

3.2.1.1 Pronostico de Ingresos

Para elaborar el pronóstico de ingresos, hacemos uso del programa anual de producción, establecido previamente en función al balance de materiales y se consideran como producto principal el bioetanol anhidro y como producto secundario se considera el aceite Fusell.

De modo tal que las ventas de éstos productos componen los ingresos del proyecto para ello se asume un precio para el bioetanol anhidro de a \$600/m³ y \$ 50/m³ para el aceite del fusell.

3.2.1.2 Consideraciones para el estudio Costo-Beneficio

El tiempo de evaluación del proyecto se fija en cinco años.

La fuente de financiamiento proviene de un préstamo bancario a una tasa de interés de 9% anual a un plazo de 5 años.

La cantidad a financiar se considera como el 60% del total de la inversión requerida.

La moneda utilizada para el análisis económico es el dólar americano (\$).

Según AGRODATA PERÚ, el precio promedio puesto en puerto del etanol anhidro bordeó ochocientos dólares americanos por metro cúbico de etanol anhidro (\$800.00/m³); por ello fijaremos éste precio como precio de venta de etanol anhidro.

Para el caso del aceite fusell, se asume un precio de venta de cien dólares americanos por metro cúbico de etanol anhidro. (\$100.00/m3)

Los impuestos se consideran como 28% que es el impuesto que fija nuestra legislación por concepto de impuesto a la renta.

Se permite la deducción de los intereses antes de aplicar el porcentaje de impuestos.

La tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR), se estima en función a la tasa de inflación anual del 2018 y también en función al riesgo asociado al negocio.

3.2.1.3 Calculo de la TMAR en función a la inflación y al riesgo del negocio

Para calcular la tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR), aplicamos la siguiente ecuación:

$$\text{TMAR} = \text{Tasa inflación} + \text{Tasa según el riesgo}$$

Elegimos por seguridad los valores más altos de riesgo y para nuestro caso, como es una inversión considerable puesto que se trata de una planta industrial consideramos riesgo alto; por ende, según la tabla n°21, le corresponde un valor mayor al 10%; por ello lo fijamos en 15%.

Por otro lado, según el reporte de inflación del Banco Central de Reservas del Perú (BCRP), para el año 2018, se tuvo una inflación promedio anual de 2.5%.

Reemplazando valores obtenemos:

$$\text{TMAR} = 2.5\% + 15\%$$

$$\text{TMAR} = 17.5\%$$

Tabla 27.-

TMAR según nivel de riesgo del negocio

| Ítem | Nivel de Riesgo | Rango de Tasa |
|------|-----------------|---------------|
| 1 | Bajo | 3-6% |
| 2 | Medio | 6-10% |
| 3 | Alto | > 10% |

Fuente: (Sapag, 2011).

Puesto que el valor obtenido para la TMAR fue de 17.5%, lo redondeamos a 20%. Para fines de cálculo.

Los indicadores económicos utilizados para la determinación de la rentabilidad fueron el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y el tiempo de recuperación (TR) en años.

Como depreciación se asume un monto fijo anual de \$ 30 000.00 dólares para las construcciones y \$50 000.00 dólares para el total de equipos.

3.2.1.4 *Cálculo de la depreciación*

Para el cálculo de la depreciación emplearemos la fórmula de depreciación lineal; tanto para el caso de los equipos industriales como para el caso de las construcciones.

Cálculo de la depreciación para equipos industriales.

Para los equipos industriales se considera un total de 10 años a depreciar y una vida útil de 20 años; de modo tal que la cuota de salvamento o valor de rescate será el costo del activo dividido entre la cantidad de años a depreciar.

Para el caso de la unidad de pretratamiento se tiene:

Valor del activo: \$ 103,722.37

Años a depreciar: 10 años.

Vida útil: 20 años.

Cuota de salvamento: $\$ 103,722.37 / 10 = \$ 10,372.24$

Depreciación: (Valor activo- Cuota salvamento) /vida útil

Depreciación: $(\$ 103,722.37 - \$ 10,372.24) / 20 = \$4,667.51$

De igual modo se calcula para el resto de las unidades operativas, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 28 Depreciación del equipo de proceso

| ITEM | DESCRIPCION | VALOR ACTIVO (\$) | AÑOS A DEPRECIAR | CUOTA SALVAMENTO | VIDA UTIL | DEPRECIACION |
|----------------|----------------------------|-------------------------|------------------|------------------------|-----------|----------------------|
| 1 | PRETRATAMIENTO | \$ 103,722.37 | 10 | \$ 10,372.24 | 20 | \$ 4,667.51 |
| 2 | ACONDICIONAMIENTO | \$ 4,356,339.55 | 10 | \$ 435,633.96 | 20 | \$ 196,035.28 |
| 3 | EVAPORADOR | \$ 414,889.48 | 10 | \$ 41,488.95 | 20 | \$ 18,670.03 |
| 4 | CALDERA | \$ 853,819.99 | 10 | \$ 85,382.00 | 20 | \$ 38,421.90 |
| 5 | PROCESO (FERMENT Y DESTIL) | \$ 3,281,058.23 | 10 | \$ 328,105.82 | 20 | \$ 147,647.62 |
| 6 | UNID. DESHIDRATAACION | \$ 2,000,000.00 | 10 | \$ 200,000.00 | 20 | \$ 90,000.00 |
| 7 | ALMACENAMIENTO | \$ 396,000.00 | 10 | \$ 39,600.00 | 20 | \$ 17,820.00 |
| TOTALES | | \$ 11,405,829.62 | | \$ 1,140,582.96 | | \$ 513,262.33 |

Fuente: Propia.

Cálculo de la depreciación para las construcciones.

El cálculo de la depreciación para las construcciones, contempla solo los cimientos para las estructuras y los edificios de concreto arado; puesto que los terrenos no se deprecian.

El cálculo es realizado de la misma manera que para los equipos industriales; obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 29 Depreciación de cimientos y edificios

| ITEM | DESCRIPCION | VALOR ACTIVO (\$) | AÑOS A DEPRECIAR | CUOTA SALVAMENTO | VIDA UTIL | DEPRECIACION |
|----------------|------------------------------|----------------------|------------------|---------------------|-----------|---------------------|
| 1 | CIMENTOS PARA ESTRUCTURAS | \$ 200,000.00 | 20 | \$ 10,000.00 | 50 | \$ 3,800.00 |
| 2 | EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO | \$ 400,000.00 | 20 | \$ 20,000.00 | 50 | \$ 7,600.00 |
| TOTALES | | \$ 600,000.00 | | \$ 30,000.00 | | \$ 11,400.00 |

Fuente: Propia.

3.2.1.5 *Determinación de la inversión*

Para llevar a cabo la estimación de la inversión necesaria para el correcto funcionamiento de la planta industrial, se utiliza información de primera fuente brindada por el área logística de la empresa Sucroalcolera del Chira, ésta información se utiliza para los casos en que se tenga equipos de procesos de características técnicas similares pero distintas capacidades función, en tal caso se empleara la técnica del factor exponencial.

Por otro lado, para los equipos de proceso tales como las bombas centrifugas y las columnas de destilación, se recurre a los gráficos propuestos por la National Energy Technology Center.

Para los costos de instalación se asume un 20% del precio total del equipo.

Todos los precios de compras son del tipo FOB (Free on board), lo que indica que el precio pagado es el precio puesto en puerto, por ende, se tiene que agregar un costo de flete, para movilizar los equipos hasta la planta; para ello usaremos la tabla de valores referenciales para el transporte de bienes por vía terrestre emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (D.S N° 10-2006 MTC).

-Equipo De Proceso

El costo de los equipos de proceso se estima a partir de la literatura especializada tal como National Energy Technology Center; también se emplean cotizaciones reales de unidades de proceso y para aquellos casos con que no se cuente con data en la literatura, se estima empleando el método del factor exponencial, en el cual depende de las capacidades de los equipos y de un factor exponencial.

-Unidad de Pretratamiento

Puesto que para el procesamiento de residuos lignocelulósicos se puede utilizar los mismos equipos que para el procesamiento de caña de azúcar, se

emplea la información proporcionada por la empresa Sucroalcolera del Chira, ésta unidad opera a una capacidad de 200 TN/h y su costo asciende a \$ 500 000.00 (quinientos mil dólares).

De modo tal que para nuestro caso se tendrá:

Capacidad n° 1: 200 Tn/h; Costo n° 1: \$500 000.00

Capacidad n° 2: 28 Tn/h; Costo n° 2: “X”

Costo n°2 = \$500 000.00*(28/200) ^0.8 = **\$ 103 722.37**

-Unidad de acondicionado de materia prima

Al igual que el caso anterior para el procesamiento de residuos lignocelulósicos se puede utilizar los mismos equipos que para el procesamiento de caña de azúcar, se emplea la información proporcionada por la empresa Sucroalcolera del Chira, sobre ésta unidad de operación, la cual tiene una capacidad de molienda de 200 TN/h asciende a \$21 000 000.00 (Veintiún millones de dólares), incluido la instalación, de modo tal que para una capacidad de molienda de 28 Tn/h, se tendrá:

Capacidad n° 1: 200 Tn/h; Costo n° 1: \$21 000 000.00

Capacidad n° 2: 28 Tn/h; Costo n° 2: “X”

Costo n°2 = \$21 000 000.00*(28/200) ^0.8 = **\$ 4 356 339.55**

-Evaporadores de doble efecto

De forma similar al caso anterior, se tiene:

Capacidad n° 1: 200 Tn/h; Costo n° 1: \$2 000 000.00

Capacidad n° 2: 28 Tn/h; Costo n° 2: “X”

Costo n°2 = \$2 000 000.00*(28/200) ^0.8 = **\$ 414 889.48**

-Unidad de Generación de vapor (incluye instalación y automatización)

De forma similar al caso anterior:

Capacidad n° 1: 65 bar; Costo n° 1: \$10 000 000.00

Capacidad n° 2: 3 bar; Costo n° 2: “X”

$$\text{Costo n}^\circ 2 = \$10\,000\,000.00 * (3/65) ^{0.8} = \$ 853819.99$$

-Tanques de Proceso

Para la estimación de los tanques de proceso, se recurre a los gráficos propuestos por la National Energy Technology Center.

Diseño básico:

Tipo material: A 515

Tipo de tanque: Cabeza flotante

Temperatura de diseño: 650°F

Presión de diseño: 15 psig

Diámetro: 2 – 14 ft

Longitud: 4.3 – 81 ft

Peso total: 1100 – 59400 libras.

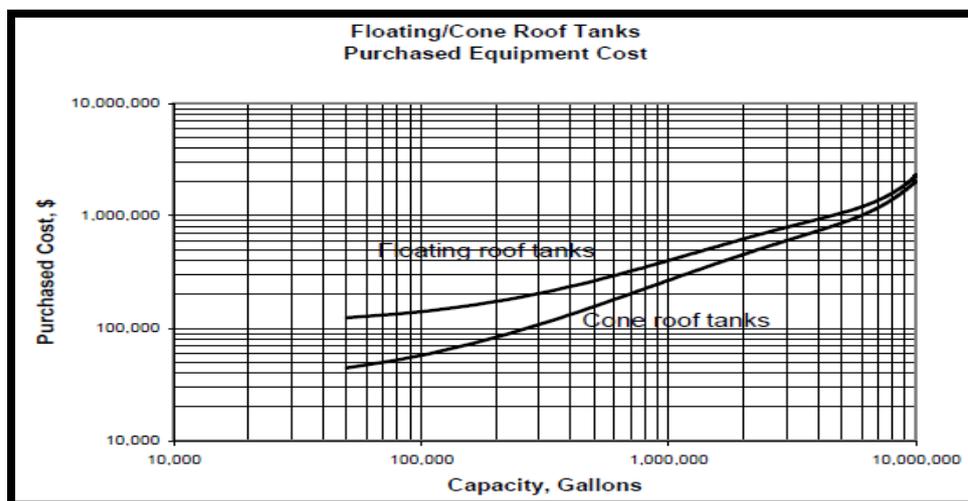


Figura 19 Capacidad vs. costo de tanque de almacenamiento

Fuente: National Energy Technology Center.

En virtud a la gráfica, mostrada en la figura n°9, se pueden observar los precios de los tanques de almacenamiento en función a tipo de tanque (cabeza

cónica o cabeza flotante); de modo tal que se tiene para nuestro caso se muestran en la tabla n°26.

Tabla 30.-

Costo total de tanques

| Ítem | Código | Cant. | Capacidad(m3) | Capacidad(ft3) | C.U (\$) | C. Inst.(\$) | C. Parcial \$ |
|------|--------|-------|---------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | T-1 | 1 | 100 | 26417 | \$ 110,000.00 | \$ 22,000.00 | \$ 132,000.00 |
| 2 | T-2 | 1 | 120 | 31701 | \$ 120,000.00 | \$ 24,000.00 | \$ 144,000.00 |
| 3 | T-3 | 1 | 120 | 31701 | \$ 120,000.00 | \$ 24,000.00 | \$ 144,000.00 |
| 4 | T-4 | 1 | 270 | 71326 | \$ 145,000.00 | \$ 29,000.00 | \$ 174,000.00 |
| 5 | T-5 | 1 | 270 | 71326 | \$ 145,000.00 | \$ 29,000.00 | \$ 174,000.00 |
| 6 | T-6 | 1 | 100 | 26417 | \$ 110,000.00 | \$ 22,000.00 | \$ 132,000.00 |
| 7 | T-7 | 1 | 1200 | 317007 | \$ 120,000.00 | \$ 24,000.00 | \$ 144,000.00 |
| 8 | T-8 | 1 | 800 | 211338 | \$ 100,000.00 | \$ 20,000.00 | \$ 120,000.00 |

| | |
|-------------------|----------------------------|
| Total (\$) | \$ 1,164,000.00 |
|-------------------|----------------------------|

Fuente: Propia

-Tanques Fermentadores.

Para el caso de los tanques fermentadores se estima de forma similar al caso de los tanques de almacenamiento, pero se le agrega un 30% más de costo del equipo debido a los instrumentos con que cuenta.

Tabla 31.-

Costo total de fermentadores

| Ítem | Código | Cant. | Capacidad(m3) | C.U (\$) | C. Inst.(\$) | Instrument. | C. Parcial \$ |
|------|---------------|-------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 1 | CSTR1... 9 | 8 | 100 | \$ 110,000.00 | \$ 22,000.00 | \$ 33,000.00 | \$ 1,320,000.00 |

| | |
|-------------------|----------------------------|
| Total (\$) | \$ 1,320,000.00 |
|-------------------|----------------------------|

Fuente: propia

-Bombas de proceso

Para el caso de las bombas se tiene utiliza información gráfica, proveniente de la National Energy Technology Center.

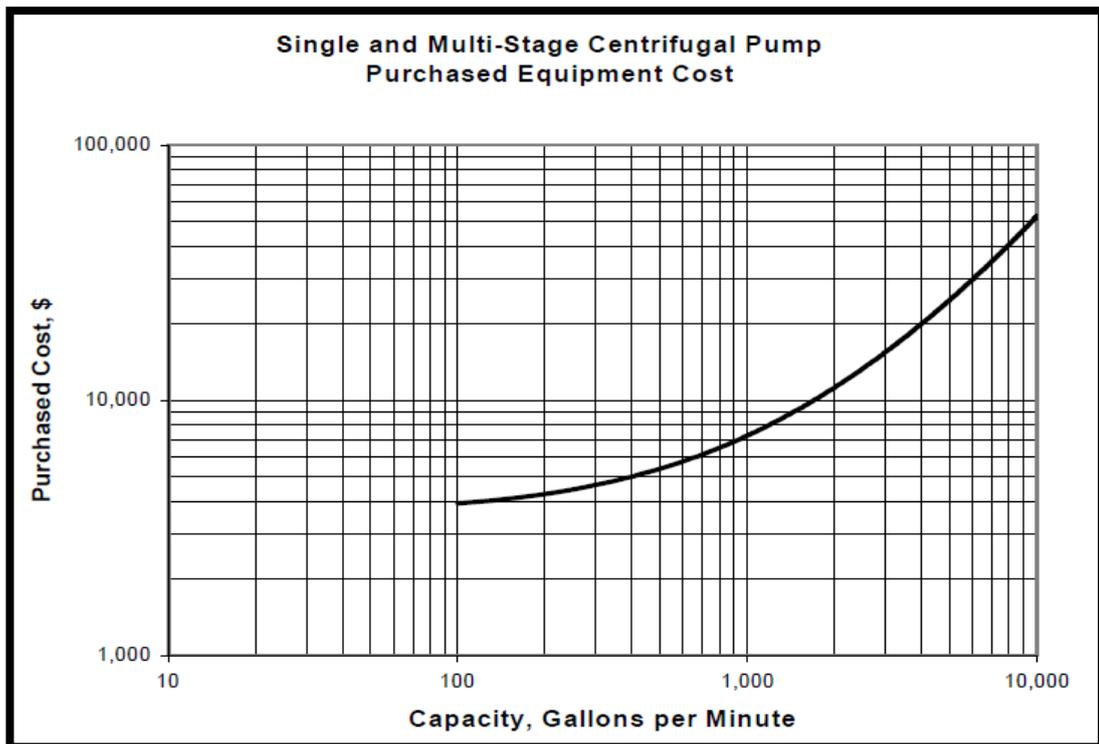


Figura 20: Grafica para estimación de costos para bomba centrífuga

Fuente: National Energy Technology Center.

Según las curvas mostradas en la figura n° 21, se tienen los siguientes valores mostrados en la tabla n°28.

Tabla 32.-

Costo total de bombas

| Ítem | Código | Cant. | Capacidad(gpm) | C.U (\$) | C. Inst.(\$) | C. Parcial \$ |
|------|--------|-------|----------------|-------------|--------------|---------------|
| 1 | B-1 | 2 | 75 | \$ 4,000.00 | \$ 800.00 | \$ 9,600.00 |
| 2 | B-2 | 2 | 506 | \$ 5,500.00 | \$ 1,100.00 | \$ 13,200.00 |
| 3 | B-3 | 2 | 506 | \$ 5,500.00 | \$ 1,100.00 | \$ 13,200.00 |

| | | | | | | |
|---|-----|---|-----|-------------|-------------|--------------|
| 4 | B-4 | 2 | 506 | \$ 5,500.00 | \$ 1,100.00 | \$ 13,200.00 |
| 5 | B-5 | 2 | 45 | \$ 3,800.00 | \$ 760.00 | \$ 9,120.00 |

| | |
|-------------------|---------------------|
| Total (\$) | \$ 58,320.00 |
|-------------------|---------------------|

Fuente: Propia

-Unidad de Destilación.

Para la estimación del costo de las columnas de destilación se emplea la gráfica propuesta por la National Energy Technology Center, en las que se estima el costo del equipo en función a la presión de operación, el tipo de columna y al diámetro de la columna, según la siguiente gráfica:

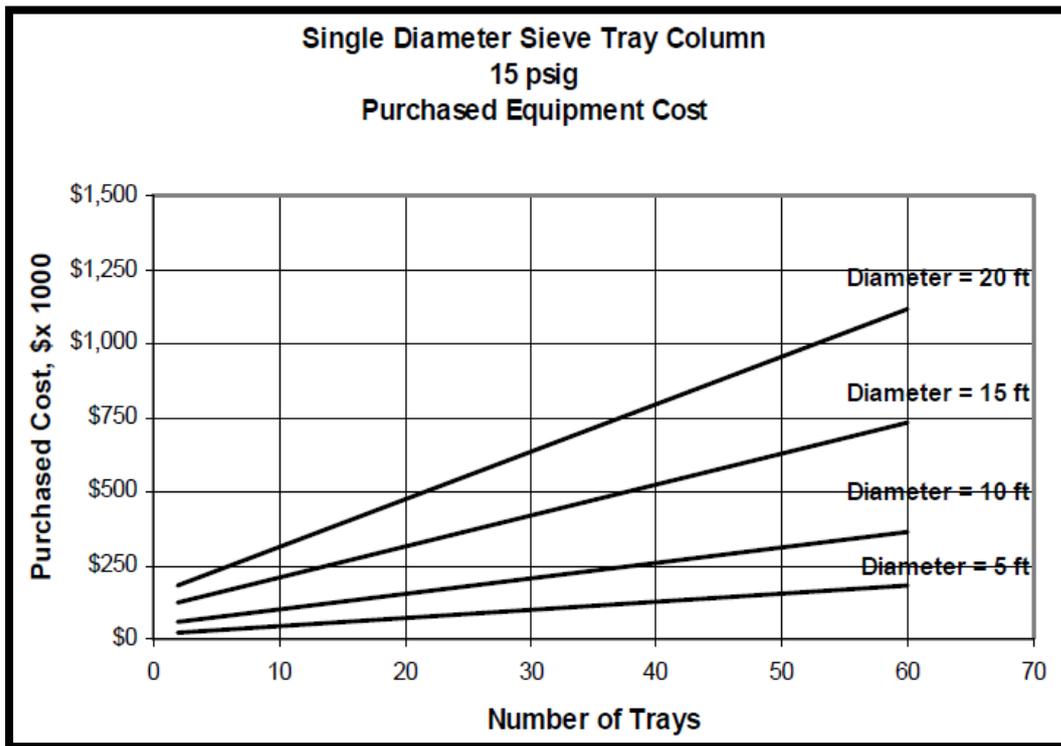


Figura 21: Gráfica por estimación de costos para columnas de platos:

Fuente: National Energy Technology Center.

Así por ejemplo para la columna mostera de 30 platos y 4.4 ft. Dediámetro se tiene un costo estimado de \$100 000.00

De la misma forma estimamos los costos para las demas columnas de destilación.

Tabla 33.-

Costo total de columnas de destilación

| Ítem | Código | Cant. | Diam. (ft) | N° Platos | C.U (\$) | C. Inst.(\$) | C. Parcial \$ |
|------|--------|-------|------------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| 1 | CM-1 | 1 | 4.4 | 30 | \$ 100,000.00 | \$ 20,000.00 | \$ 120,000.00 |
| 2 | CD-1 | 1 | 3.6 | 30 | \$ 100,000.00 | \$ 20,000.00 | \$ 120,000.00 |
| 3 | CR-1 | 1 | 5 | 74 | \$ 250,000.00 | \$ 50,000.00 | \$ 300,000.00 |
| 4 | TC-1 | 1 | 4 | 35 | \$ 100,000.00 | \$ 20,000.00 | \$ 120,000.00 |

| | |
|-------------------|----------------------|
| Total (\$) | \$ 660,000.00 |
|-------------------|----------------------|

Fuente: Propia

-Calentadores.

Se tiene información sobre el costo de un intercambiador de calor del tipo casco y tubos, de material acero inoxidable 316, que tiene la capacidad de calentar un caudal de 200 m³/h.

Datos de entrada para el cálculo.

Capacidad: 200 m³/h; Costo: \$80 000.00

Costo para el calentador I-1 = \$80 000.00*(140/200) ^0.6 = \$ 64587.51

Costo de instalación I-1 = 0.20*\$ 64587.51= \$12917.15

Costo total I-1 = \$ 77505.06

De manera análoga se obtiene el costo para el otro calentador.

Tabla 34.-

Costo total de calentadores

| Ítem | Código | Cant. | Capacidad(m3/h) | C.U (\$) | C. Inst.(\$) | C. Parcial \$ |
|------|--------|-------|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| 1 | C-1 | 1 | 140 | \$ 60,140.69 | \$ 12,028.14 | \$ 72,168.83 |
| 2 | C-2 | 1 | 7 | \$ 5,474.50 | \$ 1,094.90 | \$ 6,569.40 |

| | |
|-------------------|---------------------|
| Total (\$) | \$ 78,738.23 |
|-------------------|---------------------|

Fuente: Elaboración propia a partir del centro de costos de Sucroalcolera del Chira.

-Unidad De Deshidratación

Se cuenta con la cotización de PRAJ, en la cual una unidad de deshidratación para etanol anhidro asciende al monto de \$ 2 000 000.00.

-Almacenamiento

Se estima de forma similar al caso de los tanques de proceso.

Tabla 35.-

Costo total de tanques de almacenamiento

| Ítem | Código | Cant. | Capacidad(m3) | Capacidad(ft3) | C.U (\$) | C. Inst.(\$) | C. Parcial \$ |
|------|--------|-------|---------------|----------------|---------------|--------------|---------------|
| 1 | T-1 | 3 | 1000 | 264172 | \$ 110,000.00 | \$ 22,000.00 | \$ 396,000.00 |

| | |
|-------------------|----------------------|
| Total (\$) | \$ 396,000.00 |
|-------------------|----------------------|

Fuente: Propia

Resumen de la inversión en el total equipos de proceso:

En la tabla n°28, se resume el total de costos por concepto de equipos de proceso para hacer posible el funcionamiento de la planta de etanol anhidro.

Tabla 36.-

Costo total de equipos de proceso

| ITEM | DESCRIPCION | PARCIAL (\$) |
|------|----------------------------|-----------------|
| 1 | PRETRATAMIENTO | \$ 103,722.37 |
| 2 | ACONDICIONAMIENTO | \$ 4,356,339.55 |
| 3 | EVAPORADOR | \$ 414,889.48 |
| 4 | CALDERA | \$ 853,819.99 |
| 5 | PROCESO (FERMENT Y DESTIL) | \$ 3,281,058.23 |
| 6 | UNID. DESHIDRATAACION | \$ 2,000,000.00 |
| 7 | ALMACENAMIENTO | \$ 396,000.00 |

TOTAL EQUIPOS

\$11,405,829.62

Fuente: Propia

-Bienes Inmuebles:

Terreno.

Teniendo en cuenta el área (10 000 m²) y asumiendo un precio de \$150/m², se tiene: \$1 000 000 .00.

Movimiento de tierras

Se estima un costo de \$100 000.00 (cien mil dólares)

Cimientos y Estructuras.

Se estima alrededor de \$200,000 .00. (doscientos mil dólares)

Edificios de Concreto armado

Se estima alrededor de 4 00,000.00. (cuatrocientos mil dólares)

En resumen, el total de costo por concepto de bienes inmuebles es de:

Tabla 37.-

Resumen de inversión en bienes inmuebles

| ITEM | DESCRIPCION | PARCIAL (\$) |
|------|------------------------------|-----------------|
| 1 | TERRENO | \$ 1,500,000.00 |
| | MOVIMIENTO DE TIERRAS | \$ 100,000.00 |
| 2 | CIMIENTOS PARA ESTRUCTURAS | \$ 200,000.00 |
| 3 | EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO | \$ 400,000.00 |

Total \$ \$ 2,200,000.00

Fuente: propia

3.2.1.6 Costo de Auxiliares De Proceso.

Comprende el costo de la instrumentación, tuberías, cimentación para los equipos de proceso, etc. Se asume un 25% del costo total del equipo principal.

Obteniéndose:

$$25\%(\$11\,405\,829.62) = \$2\,851\,457.41$$

3.2.1.7 Gastos de arranque de Planta

Los gastos de arranque de planta se refieren a los gastos que necesariamente se tendrán que realizar para el arranque de la planta. Se considera la contratación del personal, permisos municipales, capacitación de personal, iniciación y puesta en marcha y los estudios de ingeniería del proyecto.

Tabla 38.-

Gastos de arranque de planta

| Ítem | Descripción | Cantidad | C.U (\$) | Parcial(\$) |
|------|-------------------------------------|----------|---------------|---------------|
| 1 | Contratación de personal | 1 | \$ 50,000.00 | \$ 50,000.00 |
| 2 | Permisos municipales | 1 | \$ 10,000.00 | \$ 10,000.00 |
| 3 | Capacitación del personal | 1 | \$ 10,000.00 | \$ 10,000.00 |
| 4 | Iniciación y puesta en marcha | 1 | \$ 100,000.00 | \$ 100,000.00 |
| 5 | Estudios de Ingeniería del proyecto | 1 | \$ 10,000.00 | \$ 10,000.00 |

TOTAL \$ 180,000.00

Fuente: Propia

3.2.1.8 Costos de Fabricación:

Para la determinación de los costos de fabricación, se estima los costos primos y los gastos indirectos. El costo primo se compone del Costo de la materia prima directa y el costo de mano de obra directa.

- *Costo Primo*

a) *Materia prima directa.*

Teniendo como base, un precio de costo de la caña de azúcar de \$ 12.32 (FAO, 2010) por tonelada de caña, se asume un valor de \$ 15.00 por tonelada de residuos lignocelulosicos puesto en planta.

Por otro lado, el costo de residuo por metro cúbico de etanol anhidro, se estima a partir de la razón obtenida del balance de materiales, donde se tiene que se necesitan 27.90 TN/h de residuos, para producir 3.3 m³/h, de etanol anhidro; lo que equivale a 8.45 TN residuos/m³ de etanol y considerando un precio de costo de quince dólares por tonelada de residuo agrícola (\$15/TN), y una producción de etanol anhidro al año es de 26 833.47 m³/año; se tiene un costo anual por m³ de \$126.75/m³ etanol anhidro.

Tabla 39.-

Costo anual de materia prima

| Ítem | Insumo | Unidad | Índice (Tn/m ³ . et) | m ³ ET/año | C. U \$/TN | C. Parcial \$ /año |
|------|----------------|--------|---------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------|
| 1 | Residuos Lign. | TN | 8.45 | 26833.47 | 15 | \$ 3,401,141.81 |
| | | | | | M.P.D | \$ 126.75 |

Fuente: Propia

b) *Mano de Obra directa*

Se considera al costo directo de producción, es decir el costo total generado debido a la mano de obra de producción menos el costo de la mano de obra del superintendente, jefe de producción y jefe de planta.

Tabla 40.-

Costos de mano de obra

| Ítem | Cargo | Cantidad | C. Parcial \$ /mes | Parcial \$/año |
|--------------|---------------|-----------|---------------------|----------------------|
| 1 | J. Producción | 1 | \$ 2,666.67 | \$ 26,666.67 |
| 2 | J. Turno | 3 | \$ 4,000.00 | \$ 40,000.00 |
| 3 | Op. Sala C. | 6 | \$ 4,800.00 | \$ 48,000.00 |
| 4 | Op. Campo | 33 | \$ 22,000.00 | \$ 220,000.00 |
| 5 | Op. Alm. & D. | 3 | \$ 1,200.00 | \$ 12,000.00 |
| 6 | Apoyo O & L | 6 | \$ 2,400.00 | \$ 24,000.00 |
| Total | | 52 | \$ 37,066.67 | \$ 370,666.67 |

Fuente: Propia

Del cuadro anterior, restando los sueldos de los profesionales (Superintendente, Jefe de producción y jefe de turno), se tiene 304 000.00; teniendo como base de cálculo que en un año se producen 26 833.47 m³ de etanol anhidro, se tiene un costo de mano de obra directa al año de \$ 11.33/año.

- Costos indirectos de fabricación (CIF)

Para determinar los costos indirectos de fabricación tenemos en cuenta el aporte de la mano de obra indirecta y de la materia prima indirecta.

Mano de Obra indirecta:

El costo de mano de obra indirecta lo conforman el costo de mano de obra del personal que no está relacionado directamente con la producción del producto, es decir el personal que labora en las áreas de mantenimiento, calidad y cogeneración.

Tabla 41.-

Costo mano de obra indirecta

| | | |
|---------------|-----------|----------------------|
| Mantenimiento | 36 | \$ 300,000.00 |
| Calidad | 25 | \$ 162,666.67 |
| Cogeneración | 14 | \$ 133,333.33 |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla n° 33, se tiene un total de \$ 596 000.00, por concepto de mano de obra indirecta.

Materia prima indirecta

Básicamente se constituyen por el costo de los insumos químicos, para ello utilizamos las ratios de consumo de la planta de alcohol carburante de Sucroalcolera el Chira.

Tabla 42.-

Costo de insumos químicos

| Ítem | Insumo | U. | Índice (g/L.) | C. U \$/Kg | Área | Base Calc.(m3/año) | Parcial \$/año |
|------|----------------------|----|------------------|------------|--------------|--------------------|------------------------|
| | | | | | | 26833.47 | |
| 1 | Antiespumante | Kg | 1.0 | 8 | Fermentación | 26833.47 | \$ 214,667.73 |
| 2 | Antincrustante | Kg | 0.9 | 10 | Ferm/Evapor. | 26833.47 | \$ 268,334.66 |
| 3 | Antibiotico | Kg | 0.0 | 25 | Fermentación | 26833.47 | \$ 670,836.65 |
| 4 | Bactericida | Kg | 0.1 | 12 | Fermentación | 26833.47 | \$ 322,001.59 |
| 5 | Ac.Sulfúrico | Kg | 6.0 | 0.8 | Fermentación | 26833.47 | \$ 21,466.77 |
| 6 | Ac. Fosfórico | Kg | 0.2 | 0.7 | Destilación | 26833.47 | \$ 18,783.43 |
| 7 | Urea | Kg | 0.2 | 1 | Fermentación | 26833.47 | \$ 26,833.47 |
| 9 | Soda Caustica | Kg | 0.1 | 1 | Limpieza | 26833.47 | \$ 26,833.47 |
| 10 | Hipoclorito de Sodio | Kg | 0.2 | 1.2 | Limpieza | 26833.47 | \$ 32,200.16 |
| | | | | | | Parcial | \$ 1,601,957.92 |

Fuente: Sucoalcolera del Chira

Otros gastos Indirectos

Se consideran otros gastos indirectos como el alquiler de vehículos, los costos de combustibles y los gastos de personal de seguridad.

Tabla 43.-

Otros gastos indirectos

| Ítem | Descripción | Unidad | Mensual | C. U (\$) | C. Parcial \$ /mes | Parcial \$/año |
|------|-----------------------|--------|---------|----------------|--------------------|----------------|
| 1 | Vehículos | u. | 3 | \$ 1,500.00 | \$ 4,500.00 | \$ 45,000.00 |
| 2 | Combustible | gln | 50 | \$ 4.00 | \$ 200.00 | \$ 2,000.00 |
| 3 | Personal de Seguridad | u. | 6 | \$ 600.00 | \$ 3,600.00 | \$ 36,000.00 |

| | |
|----------------|---------------------|
| Parcial | \$ 83,000.00 |
|----------------|---------------------|

Fuente: Propia

Según el análisis anterior se estima un total de \$ 83000.00 y teniendo como base la producción anual de etanol anhidro que es de \$ 26833.47 m3 de etanol anhidro anual, se tiene un costo indirecto de fabricación de \$ 85/m3 de etanol anhidro.

- *Gastos de Fabricación (Costo Fijo)*

- *Gastos de Ventas*

Par determinar el gasto por concepto de ventas, se asume un 10% del ingreso generado por las ventas, dos da un valor de \$1 613 625.80 dividido entre la producción anual de etanol anhidro que es de \$ 26833.47 m3, nos da un valor de \$ 60.13/m3 de etanol anhidro.

- *Gastos administrativos*

Los gastos administrativos se componen del costo de contratación de personal administrativo, el costo de mobiliario y el costo de material de escritorio, y para los dos últimos se utilizan asunciones razonables.

Tabla 44.-

Gastos administrativos

| Ítem | Descripción | Parcial \$/año |
|------|---------------------------|----------------|
| 1 | Personal Administrativo | \$ 366,666.67 |
| 2 | Mobiliario Administrativo | \$ 5,000.00 |
| 3 | Material de escritorio | \$ 1,000.00 |

| | |
|--------------------|----------------------|
| Parcial/año | \$ 372,666.67 |
|--------------------|----------------------|

Fuente: Elaboración propia

Según los datos obtenidos en la tabla n° 37 y aplicando el mismo análisis del caso anterior, se obtiene un valor de \$. 13.89/m³ de etanol anhidro.

3.2.2 Calculo del capital de trabajo

El cálculo del capital de trabajo para la planta de bioetanol anhidro, se realiza a partir de los ingreso y egresos proyectados que se originan del plan de producción para ello se asume que el total de la producción del primer año de operaciones se veda al termino del segundo año conjuntamente con la producción del año número dos; de modo tal que el capital de trabajo es la cantidad de dinero que se requiere para hacer producir a la planta por dos años continuos sin precepción de ingresos.

Tabla 45 Calculo del capital de trabajo para la planta de bioetanol anhidro.

| Descripción | 1 2020 | 2 2021 | 3 2022 | 4 2023 | 5 2024 |
|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| INGRESOS | | | | | |
| Por ventas | \$ - | \$ 20,462,173.16 | \$ 21,539,129.64 | \$ 21,539,129.64 | \$ 21,539,129.64 |
| EGRESOS | | | | | |
| C. Variables | \$ 5,502,842.78 | \$ 5,808,556.27 | \$ 6,114,269.75 | \$ 6,114,269.75 | \$ 6,114,269.75 |
| C. Fijos | \$ 2,526,579.63 | \$ 2,526,579.63 | \$ 2,526,579.63 | \$ 2,526,579.63 | \$ 2,526,579.63 |
| Total Egresos | \$ 8,029,422.41 | \$ 8,335,135.90 | \$ 8,640,849.38 | \$ 8,640,849.38 | \$ 8,640,849.38 |
| Flujo Ef. | \$ 8,029,422.41 | \$ 12,127,037.26 | \$ 12,898,280.25 | \$ 12,898,280.25 | \$ 12,898,280.25 |
| Flujo Ef. | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| Ac. | \$ 8,029,422.41 | \$ 4,097,614.85 | \$ 16,995,895.11 | \$ 29,894,175.36 | \$ 42,792,455.62 |
| Capital de trabajo | | \$ -8,029,422.41 | | | |

Fuente: Propia.

Según los datos mostrados en la tabla n° 45, se tiene que el capital de trabajo que nos permite hacer funcionar la planta por dos años consecutivos sin percepción de ingresos por ventas asciende a \$ -8,029,422.41.

3.2.3 Flujo de Caja económico

El flujo de caja económico, no tiene en cuenta el financiamiento y se elabora a partir de las proyecciones y supuestos anteriores.

| Item | Descripción | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|------------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| | | P. Venta | | | | | | |
| 1 | Prod. Etanol (m3) | \$ 800.00 | | 24150.12 | 25491.79 | 26833.47 | 26833.47 | 26833.47 |
| 2 | Prod. Oleo fusell (m3) | \$ 100.00 | | 651.21 | 687.39 | 723.57 | 723.57 | 723.57 |
| 3 | Ingreso x Ventas Totales | | | \$ - | \$ 20,462,173.16 | \$ 21,539,129.64 | \$ 21,539,129.64 | \$ 21,539,129.64 |
| 4 | Costos Variables | | | | | | | |
| 4.1 | C.V. Etanol (m3) | \$ 225.57 | | \$ -5,447,489.75 | \$ -5,750,128.07 | \$ -6,052,766.39 | \$ -6,052,766.39 | \$ -6,052,766.39 |
| 4.2 | C.V. Oleo fusell (m3) | \$ 85.00 | | \$ -55,353.03 | \$ -58,428.20 | \$ -61,503.37 | \$ -61,503.37 | \$ -61,503.37 |
| 5 | Costos Fijos(G. Ad. y Ven.) | \$ 2,526,579.63 | | \$ -2,526,579.63 | \$ -2,526,579.63 | \$ -2,526,579.63 | \$ -2,526,579.63 | \$ -2,526,579.63 |
| 6 | Intereses | 9% | | \$ -1,370,512.04 | \$ -1,141,509.82 | \$ -891,897.39 | \$ -619,819.85 | \$ -323,255.33 |
| 7 | Deprec. Construcc. | \$ 11,400.00 | | \$ -11,400.00 | \$ -11,400.00 | \$ -11,400.00 | \$ -11,400.00 | \$ -11,400.00 |
| 8 | Deprec. Maquin. Y Equipo | \$ 513,262.33 | | \$ -513,262.33 | \$ -513,262.33 | \$ -513,262.33 | \$ -513,262.33 | \$ -513,262.33 |
| 9 | Egresos Totales | | | \$ -9,924,596.78 | \$ -10,001,308.05 | \$ -10,057,409.11 | \$ -9,785,331.57 | \$ -9,488,767.05 |
| 10 | Utilidad Bruta | | | \$ 9,460,619.89 | \$ 10,460,865.11 | \$ 11,481,720.53 | \$ 11,753,798.07 | \$ 12,050,362.59 |
| 11 | Impuesto | 28% | | \$ 3,032,716.94 | \$ 3,248,664.98 | \$ 3,464,613.02 | \$ 3,464,613.02 | \$ 3,464,613.02 |
| 12 | Utilidad Neta | | | \$ 6,427,902.95 | \$ 7,212,200.13 | \$ 8,017,107.51 | \$ 8,289,185.05 | \$ 8,585,749.58 |
| 13 | Deprec. Construcc. | \$ 11,400.00 | | \$ 11,400.00 | \$ 11,400.00 | \$ 11,400.00 | \$ 11,400.00 | \$ 11,400.00 |
| 14 | Deprec. Maquin. Y Equipo | \$ 513,262.33 | | \$ 513,262.33 | \$ 513,262.33 | \$ 513,262.33 | \$ 513,262.33 | \$ 513,262.33 |
| 15 | Capacitac. Personal | | \$ -10,000.00 | - | - | - | - | - |
| 16 | Iniciación y puesta en marcha | | \$ -100,000.00 | - | - | - | - | - |
| 17 | Estudios de Ingeniería del proy. | | \$ -10,000.00 | - | - | - | - | - |
| 18 | Terreno y Edificios | | \$ -2,200,000.00 | - | - | - | - | - |
| 19 | Equipos y Maquinaria | | \$ -12,178,972.78 | - | - | - | - | - |
| 20 | Otros Costos | | \$ -2,851,457.41 | | | | | |
| 21 | Capital de trabajo | | \$ -8,029,422.41 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| 22 | Préstamo | 0% | \$ - | | | | | |
| 23 | Tasa interes Bancaria | 0% | | | | | | |
| 24 | Amortización de la deuda | | | \$ -2,544,469.16 | \$ -2,773,471.38 | \$ -3,023,083.81 | \$ -3,295,161.35 | \$ -3,591,725.87 |
| 25 | Flujo del Inversionista | | \$ -25,379,852.60 | \$ 4,408,096.13 | \$ 4,963,391.08 | \$ 5,518,686.04 | \$ 5,518,686.04 | \$ 5,518,686.04 |

Figura 22: Flujo de caja económico

Fuente: Propia

3.2.4 Rentabilidad Económica del proyecto

Para determinar la rentabilidad económica del proyecto, el cálculo se realiza sobre la base de lo presentado en el flujo de caja anterior y se evalúa en un horizonte de 5 años que se considera como vida útil del proyecto; para dicha evaluación se utilizan los indicadores económicos como el Valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y tiempo de recuperación (TR).

Para una tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR) de 20%, calculada previamente se obtienen los indicadores económicos:

$$\text{VPN} = - \$10,186,716.22$$

$$\text{TIR} = 1\%$$

$$\text{TR} = 20 \text{ años}$$

A partir de estos valores, se puede concluir que el proyecto no es rentable, pues se obtiene un valor negativo para el valor presente neto y una tasa interna de retorno menor a la TMAR, fijada en 20%.

| EVALUACION DEL PROY. | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|-----|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Factor Dcto. | 20% | 0.833 | 0.694 | 0.579 | 0.482 | 0.402 |
| Valor presente del FCI | | \$ 3,673,413.44 | \$ 3,446,799.36 | \$ 3,193,684.05 | \$ 2,661,403.38 | \$ 2,217,836.15 |
| Valor Presente Neto (VPN) | | \$ -10,186,716.22 | | | | |
| TIR | | 1% | | | | |
| Tiempo de recup. Con deuda | | 20.00 | | | | |

| Año | Saldo Inversión | Flujo anual | Rentab. Exigida | Rec. Inversión |
|-----|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | \$ 25,379,852.60 | \$ 4,408,096.13 | \$ 5,075,970.52 | \$ -667,874.39 |
| 2 | \$ 26,047,726.99 | \$ 4,963,391.08 | \$ 5,209,545.40 | \$ -246,154.31 |
| 3 | \$ 26,293,881.31 | \$ 5,518,686.04 | \$ 5,258,776.26 | \$ 259,909.78 |
| 4 | \$ 26,033,971.53 | \$ 5,518,686.04 | \$ 5,206,794.31 | \$ 311,891.73 |
| 5 | \$ 25,722,079.80 | \$ 5,518,686.04 | \$ 5,144,415.96 | \$ 374,270.08 |
| 6 | \$ 25,347,809.72 | \$ 5,518,686.04 | \$ 5,069,561.94 | \$ 449,124.10 |
| 7 | \$ 24,898,685.62 | \$ 5,518,686.04 | \$ 4,979,737.12 | \$ 538,948.92 |
| 8 | \$ 24,359,736.70 | \$ 5,518,686.04 | \$ 4,871,947.34 | \$ 646,738.70 |
| 9 | \$ 23,712,998.00 | \$ 5,518,686.04 | \$ 4,742,599.60 | \$ 776,086.44 |
| 10 | \$ 22,936,911.57 | \$ 5,518,686.04 | \$ 4,587,382.31 | \$ 931,303.73 |
| 11 | \$ 22,005,607.84 | \$ 5,518,686.04 | \$ 4,401,121.57 | \$ 1,117,564.47 |
| 12 | \$ 20,888,043.37 | \$ 5,518,686.04 | \$ 4,177,608.67 | \$ 1,341,077.37 |
| 13 | \$ 19,546,966.00 | \$ 5,518,686.04 | \$ 3,909,393.20 | \$ 1,609,292.84 |
| 14 | \$ 17,937,673.16 | \$ 5,518,686.04 | \$ 3,587,534.63 | \$ 1,931,151.41 |
| 15 | \$ 16,006,521.76 | \$ 5,518,686.04 | \$ 3,201,304.35 | \$ 2,317,381.69 |
| 16 | \$ 13,689,140.07 | \$ 5,518,686.04 | \$ 2,737,828.01 | \$ 2,780,858.03 |
| 17 | \$ 10,908,282.04 | \$ 5,518,686.04 | \$ 2,181,656.41 | \$ 3,337,029.63 |
| 18 | \$ 7,571,252.41 | \$ 5,518,686.04 | \$ 1,514,250.48 | \$ 4,004,435.56 |
| 19 | \$ 3,566,816.85 | \$ 5,518,686.04 | \$ 713,363.37 | \$ 4,805,322.67 |
| 20 | \$ -1,238,505.81 | | | \$ - |

Figura 23. Evaluación de la rentabilidad para el flujo de caja económico

Fuente: Propia.

3.2.5 Financiamiento

Para determinar el financiamiento, se fija como porcentaje en relación al monto total de inversión; inicialmente se fija en 60% de la inversión total, lo cual asciende a \$15,227,911.56, dicho monto será financiado a cinco años a una tasa de interés anual del 9%.

Calculo de la Cuota, interés y amortización a pagar.

a) Cuota de interés

Utilizamos la expresión:

$$C = P(i)(1+i)^n / ((1+i)^n - 1) \text{ (Nassir Sapag 2011)}$$

Donde:

C = Cuota a pagar

P = Cantidad a financiar

i = Tasa de interés

n = tiempo en años.

Reemplazando valores, se obtiene una cuota de interés anual de \$3,914,981.20

b) Interés

El interés, se calcula multiplicando la tasa de interés por el saldo adeudado.

Así por ejemplo para el primer año se tiene:

$$\$15,227,911.56 (9\%) = \$1,370,512.04$$

c) Amortización

Para determinar la amortización, restamos el interés de la cuota mensual, así por ejemplo para el primer año se tiene:

$$\$3,914,981.20 - \$1,370,512.04 = \$2,544,469.16$$

Tabla 46.-

Calculo de la cuota de pago, interés y amortización

| Año | Saldo Adeudado (\$) | Cuota (\$) | Interés (\$) | Amortización deuda (\$) |
|------------|----------------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------|
| 1 | \$ 15,227,911.56 | \$ 3,914,981.20 | \$ 1,370,512.04 | \$ 2,544,469.16 |
| 2 | \$ 12,683,442.40 | \$ 3,914,981.20 | \$ 1,141,509.82 | \$ 2,773,471.38 |
| 3 | \$ 9,909,971.02 | \$ 3,914,981.20 | \$ 891,897.39 | \$ 3,023,083.81 |
| 4 | \$ 6,886,887.22 | \$ 3,914,981.20 | \$ 619,819.85 | \$ 3,295,161.35 |
| 5 | \$ 3,591,725.87 | \$ 3,914,981.20 | \$ 323,255.33 | \$ 3,591,725.87 |

Fuente: Propia

3.2.6 Flujo de Caja Financiero

El flujo de caja del inversionista, contempla la deuda como consecuencia del financiamiento que se realizó con el banco y es una aproximación más real puesto que todo proyecto de gran envergadura como lo es la instalación de una planta industrial, requiere de financiamiento para poder desarrollarse.

| Item | Descripción | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| | | P. Venta | | | | | | |
| 1 | Prod. Etanol (m3) | \$ 800.00 | | 24150.12 | 25491.79 | 26833.47 | 26833.47 | 26833.47 |
| 2 | Prod. Oleo fusell | \$ 100.00 | | 651.21 | 687.39 | 723.57 | 723.57 | 723.57 |
| 3 | Ingreso x Ventas Totales | | | \$ - | \$ 39,847,389.83 | \$ 21,539,129.64 | \$ 21,539,129.64 | \$ 21,539,129.64 |
| 4 | Costos Variables | | | | | | | |
| 4.1 | C.V. Etanol (m3) | \$ 225.57 | | \$ -5,447,489.75 | \$ -5,750,128.07 | \$ -6,052,766.39 | \$ -6,052,766.39 | \$ -6,052,766.39 |
| 4.2 | C.V. Oleo fusell | \$ 85.00 | | \$ -55,353.03 | \$ -58,428.20 | \$ -61,503.37 | \$ -61,503.37 | \$ -61,503.37 |
| 5 | Costos Fijos(G | \$ 2,526,579.63 | | \$ -2,526,579.63 | \$ -2,526,579.63 | \$ -2,526,579.63 | \$ -2,526,579.63 | \$ -2,526,579.63 |
| 6 | Intereses | 9% | | \$ -1,370,512.04 | \$ -1,141,509.82 | \$ -891,897.39 | \$ -619,819.85 | \$ -323,255.33 |
| 7 | Deprec. Construc | \$ 11,400.00 | | \$ -11,400.00 | \$ -11,400.00 | \$ -11,400.00 | \$ -11,400.00 | \$ -11,400.00 |
| 8 | Deprec. Maquin. | \$ 513,262.33 | | \$ -513,262.33 | \$ -513,262.33 | \$ -513,262.33 | \$ -513,262.33 | \$ -513,262.33 |
| 9 | Egresos Totales | | | \$ -9,924,596.78 | \$ -10,001,308.05 | \$ -10,057,409.11 | \$ -9,785,331.57 | \$ -9,488,767.05 |
| 10 | Utilidad Bruta | | | \$ -9,924,596.78 | \$ 29,846,081.79 | \$ 11,481,720.53 | \$ 11,753,798.07 | \$ 12,050,362.59 |
| 11 | Impuesto | 28% | | \$ -2,395,143.73 | \$ 8,676,525.65 | \$ 3,464,613.02 | \$ 3,464,613.02 | \$ 3,464,613.02 |
| 12 | Utilidad Neta | | | \$ -7,529,453.05 | \$ 21,169,556.14 | \$ 8,017,107.51 | \$ 8,289,185.05 | \$ 8,585,749.58 |
| 13 | Deprec. Construc | \$ 11,400.00 | | \$ 11,400.00 | \$ 11,400.00 | \$ 11,400.00 | \$ 11,400.00 | \$ 11,400.00 |
| 14 | Deprec. Maquin. | \$ 513,262.33 | | \$ 513,262.33 | \$ 513,262.33 | \$ 513,262.33 | \$ 513,262.33 | \$ 513,262.33 |
| 15 | Capacitac. Personal | \$ -10,000.00 | | - | - | - | - | - |
| 16 | Iniciación y puesta en marcha | \$ -100,000.00 | | - | - | - | - | - |
| 17 | Estudios de Ingeniería del proy. | \$ -10,000.00 | | - | - | - | - | - |
| 18 | Terreno y Edificios | \$ -2,200,000.00 | | - | - | - | - | - |
| 19 | Equipos y Maquinaria | \$ -12,178,972.78 | | - | - | - | - | - |
| 20 | Otros Costos | \$ -2,851,457.41 | | - | - | - | - | - |
| 21 | Capital de trabajo | \$ -8,029,422.41 | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| 22 | Préstamo | 60% | \$ 15,227,911.56 | | | | | |
| 23 | Tasa interes Ban | 9% | | | | | | |
| 24 | Amortización de la deuda | | | \$ -2,544,469.16 | \$ -2,773,471.38 | \$ -3,023,083.81 | \$ -3,295,161.35 | \$ -3,591,725.87 |
| 25 | Flujo del Inversionista | | \$ -10,151,941.04 | \$ -9,549,259.88 | \$ 18,920,747.09 | \$ 5,518,686.04 | \$ 5,518,686.04 | \$ 5,518,686.04 |

Figura 24: Flujo de caja financiero

Fuente: Propia

3.2.7 Determinación de la Rentabilidad para el proyecto financiado

La determinación de la rentabilidad para el proyecto financiado, tiene en cuenta el financiamiento del proyecto, por ello se incorporan en el flujo de caja el monto del préstamo bancario, el pago del interés mensual y también la amortización, calculados anteriormente.

De forma similar, al caso del análisis financiero, para una tasa de descuento del 20%, se obtienen los indicadores financieros:

$$\text{VPN} = \mathbf{\$3,102,673.67}$$

$$\text{TIR} = \mathbf{29\%}$$

Recuperación: **5 años**

Los indicadores financieros muestran valores favorables por lo tanto es conveniente que se realice la inversión, puesto que el proyecto crea valor.

| EVALUACION DEL PROY. | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|-----|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Factor Dcto. | 20% | 0.833 | 0.694 | 0.579 | 0.482 | 0.402 |
| Valor presente del FCI | | \$ -7,957,716.57 | \$ 13,139,407.70 | \$ 3,193,684.05 | \$ 2,661,403.38 | \$ 2,217,836.15 |
| Valor Presente Neto (VPN) | | \$ 3,102,673.67 | | | | |
| TIR | | 29% | | | | |
| Tiempo de recup. Con deuda | | 5.00 | | | | |

| Año | Saldo Inversión | Flujo anual | Rentab. Exigida | Rec. Inversión |
|-----|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 1 | \$ 10,151,941.04 | \$ -9,549,259.88 | \$ 2,030,388.21 | \$ -11,579,648.09 |
| 2 | \$ 21,731,589.13 | \$ 18,920,747.09 | \$ 4,346,317.83 | \$ 14,574,429.26 |
| 3 | \$ 7,157,159.86 | \$ 5,518,686.04 | \$ 1,431,431.97 | \$ 4,087,254.07 |
| 4 | \$ 3,069,905.80 | \$ 5,518,686.04 | \$ 613,981.16 | \$ 4,904,704.88 |
| 5 | \$ -1,834,799.09 | \$ 5,518,686.04 | \$ -366,959.82 | \$ 5,885,645.86 |
| | \$ -7,720,444.94 | \$ 5,518,686.04 | \$ -1,544,088.99 | \$ 7,062,775.03 |

Figura 25: Rentabilidad del proyecto con deuda

Fuente: Propia

3.2.8 Análisis del Riesgo asociado al proyecto

El análisis de riesgo asociado al proyecto es de vital importancia pues la incertidumbre siempre está presente; este análisis tiene por finalidad determinar las variables más sensibles ante posibles cambios que pudieran surgir eventualmente. Por ello se analiza el impacto de tres variables precio de venta, del producto, el costo variable de producción y la tasa de interés del préstamo, sobre la rentabilidad del proyecto.

3.2.8.1 Impacto del precio de venta del bioetanol anhidro. sobre la rentabilidad del proyecto

Evaluamos el impacto de la reducción del precio de venta del bioetanol anhidro, para ello se efectúan reducciones en intervalos de 5%. Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 47.-

Impacto de la reducción del precio de venta sobre la rentabilidad

| Variable | Valor inicial | Variación 1 | Variación 2 | Variación 3 | Variación 4 | Variación 5 |
|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| % Variación | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% |
| Precio de venta | \$ 800.00 | \$ 760.00 | \$ 722.00 | \$ 685.90 | \$ 651.61 | \$ 619.02 |
| VPN | \$ 3,102,673.67 | \$ 979,351.45 | \$ - 1,037,804.66 | \$ - 2,954,102.96 | \$ - 4,774,320.94 | \$ - 6,504,297.72 |
| TIR | 29% | 23% | 17% | 11% | 4% | -3% |

Fuente: Propia

Según los resultados obtenidos en la tabla n° 47, se observa que para un precio de venta de setecientos veinte dos dólares por metro cúbico (\$ 722/m³), se obtiene una tasa de retorno del 17% y un valor presente neto negativo de \$ 1,037,804.66; lo cual nos indica que ésta variable es altamente sensible, pues una pequeña reducción pondría en serios problemas económicos al proyecto.

3.2.8.2 *Impacto del incremento del costo variable de producción sobre la rentabilidad del proyecto.*

De forma similar al caso anterior, procedemos a incrementar el precio variable del bioetanol en intervalos de 5%, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 48.-

Impacto del incremento del costo variable sobre la rentabilidad

| Variable | Valor inicial | Variación 1 | Variación 2 | Variación 3 | Variación 4 | Variación 5 |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|
| % Variación | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% |
| C. Variable | 225.57 | 236.85 | 248.69 | 261.13 | 274.18 | 287.89 |
| VPN | \$ 3,102,673.67 | \$ 2,476,617.68 | \$ 1,819,385.98 | \$ 1,129,292.69 | \$ 404,694.74 | \$ -356,133.11 |
| TIR | 29% | 27% | 25% | 23% | 21% | 19% |

Fuente: Propia

Según los datos mostrados en la tabla n° 48, se observa que para un incremento del 25% del costo variable, se obtiene una TIR de 19%, y un VPN de - \$356133.11, valores que indican la irrentabilidad del proyecto.

3.2.8.3 *Impacto del incremento de la tasa de interés del préstamo sobre la rentabilidad del proyecto.*

La tasa de interés, se evalúa también pues es variable y depende de la entidad bancaria, del monto y del periodo de financiamiento. De forma similar a los casos anteriores, se obtienen los siguientes valores:

Tabla 49.-

Impacto del incremento de la tasa de interés sobre la rentabilidad

| Variable | Valor inicial | Variación 1 | Variación 2 | Variación 3 | Variación 4 | Variación 5 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|
| % Variación | 0% | 1% | 2% | 3% | 4% | 5% |
| Interés préstamo | 9% | 11.00% | 13.00% | 15.00% | 17.00% | 19.00% |
| VPN | \$ 3,102,673.67 | \$ 2,488,760.75 | \$ 1,862,837.66 | \$ 1,225,220.83 | \$ 576,341.63 | \$ -83,375.83 |
| TIR | 29% | 27% | 25% | 24% | 22% | 20% |

Fuente: Propia

Según los datos mostrados en la tabla n° 49, se tiene que el proyecto es rentable hasta para una tasa de interés del 17%, para tasas mayores, el proyecto se vuelve irrentable; es preciso señalar también que ésta es la variable menos sensible pues se torna sensible para incrementos mayores al 100%. De su valor inicial (9%).

En conclusión, la variable más sensible es el precio de venta del bioetanol anhidro pues ante un decremento de solo el 10% del precio, hace que el proyecto se torne irrentable.

3.3 Discusión de resultados

En el Perú no se utiliza residuos lignocelulosicos actualmente como materia prima para la producción de etanol anhidro es por eso que el uso de las lignocelulosas es un reto tecnológico que demanda la aplicación de conceptos nuevos y métodos en los pasos de hidrólisis y fermentación durante el proceso de producción del etanol en el Perú.

Por otro lado, se tiene una gran ventaja competitiva al usar los residuos lignocelulosicos como materia prima para la producción de bioetanol anhidro; la cual radica en que los costos de producción serán más bajos que al utilizar otras materias primas; puesto que al tratarse de residuos los costos por materia prima serán mínimos.

Esto, se condice con los resultados obtenidos en nuestra investigación, referidos a la evaluación económica la cual arroja unos valores de valor presente neto (VPN) de \$3,102,552.63; una tasa interna de retorno (TIR) = 29% y un tiempo de recuperación 5 años; por su parte Spanser, López y Celis, (2010) “Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de una Planta de Producción de Alcohol Carburante a partir de la Caña de azúcar en la región Loreto”; obtuvieron un valor actual neto (VANE): de US\$ 612.489; y una tasa interna de retorno (TIRE): 79.16%; así mismo Díaz y Silupú (2017), en su investigación denominada “Estudio De Pre Factibilidad Para La Instalación De Una Planta Productora De Bioetanol De Segunda Generación, A Partir De Cascarilla De Arroz; obtuvieron una tasa interna de retorno antes y después de impuestos es de 38% y 19% respectivamente, así mismo el periodo de recuperación es de 2.53 años.

Por otro lado, Godínez, (2013). En su investigación denominada “Estudio de Prefactibilidad para la implementación de una planta de Biodiesel a base de aceites usados en Lima, obtuvo una tasa interna de retorno de 23.99% y un valor actual neto de 2.6 millones de dólares.

Se observa que nuestros resultados en los índices financieros son positivos debido básicamente al bajo costo que se tiene al emplear residuos lignocelulósico.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se concluye que la instalación y puesta en marcha de una planta para la producción de Bioetanol anhidro a partir de residuos lignocelulosicos en la ciudad de Lima, es factible ya que los indicadores tanto económicos como financieros obtenidos son favorables, tal como se muestra en la página 119.

Indicadores financieros: VPN = **\$3,102,552.63**; TIR = **29%** y tiempo de recuperación 5 años.

El estudio de mercado, indica que, a nivel internacional, existe un déficit de Bioetanol anhidro, puesto que al 2018 la demanda fue de alrededor de 268 millones de litros ante una oferta de 128 millones de litros, a diferencia del caso a nivel nacional en el cual la demanda interna es cubierta solo con la cuota de producción de la empresa Caña Brava; por ende, la producción de la planta de etanol estará orientada a la exportación.

Técnicamente también es factible pues existe y se dispone de la tecnología que hace posible la obtención industrial de Bioetanol anhidro, se dispone de mano de obra calificada, existe la materia prima disponible en la región Lima y otros insumos necesarios para tal producción.

Respecto a las variables más sensibles, se tiene que el precio de venta del producto es una variable altamente sensible, pues una pequeña reducción pondría en serios problemas económicos al proyecto; tal es el caso que ante un decremento de tan solo 10%, es decir si el precio de venta cae a \$ 722/m³ de etanol; el proyecto se torna irrentable.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda implementar una pequeña central eléctrica para la generación de energía eléctrica a partir del bagazo de los residuos lignocelulosicos, de esta manera se podrá incrementar la eficiencia energética de la planta.

Se recomienda ampliar el análisis de sensibilidad a otras variables tales como precio de costo de la materia prima, porcentaje de la inversión financiado y volumen de producción.

Se recomienda agregar un plan más detallado sobre manejo de efluentes, pues en la industria del etanol se generan subproductos como la vinaza y las flemasas que su incorrecta disposición final puede acarrear graves impactos ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abril A., & Navarro E., (2012). Etanol a partir de Biomasa Lignocelulósica. ISBN: 978-84-15225-50-8. Recuperado de <https://www.Researchgate.net/publication/241216642>
- Congreso del Perú (07 de agosto 2005) Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles Ley 28054, DS- 13_2005_EM, Art. 6.
- Chávez, A. (2007). Uso del Bioetanol en el Perú, Dirección General de Promoción Agraria – Ministerio de Agricultura.
- Fengel, D. & Wegener, G. (1984). Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. Berlin.
- Gulati M., Kohlman K., Ladish M.R., Hespell R., Bothast R.J. (1996). Assessment of etanol production options for corn products. *Bioresource Technology*, 5: 253-264.
- Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar-(ICIDCA), 2016. Informe Final Producción de Etanol a partir de Sustratos Alternativos. La Habana Cuba.
- Kosaric N., & Velikonja J. (1995). Liquid and gaseous fuels from biotechnology: challenge and opportunities. *FEMS Microbiology Reviews*, 16: 111-142.
- Laureano, P.L., Teymouri, F., Alizadeh, H., & Dale, B.E. (2005). Understanding factors that limit enzymatic hydrolysis of biomass. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 124 (1-3): 1081–1099.

- Llano, R. & Aguilar, A. (2003). Modeling and simulation of saline extractive distillation columns for the production of absolute ethanol. *Computer and Chemical Engineering* 2003, 27: 527 -549
- Martínez, L., (2012). Estudio del proceso productivo de Bioetanol a partir de Residuos de Eucaliptus pre tratados con distintos líquidos iónicos (Tesis de pre Grado), Universidad de Chile, Santiago de Chile. Chile.
- Montaño, H., (2014). Producción de Bioetanol a Partir de Material Lignocelulósico de Moringa Oleifera. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Sun Y., & Cheng J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*, 83: 1-11
- Palacio, H. (1956). Fabricación del alcohol. Barcelona – España. Salvat Editores, S.A.. pp. 279-305.
- Perry, J., (2005), Manual Del Ingeniero Químico, 5° Edición, Hispano Americana, México.
- Nigam P., & Singh D. (1995). Enzyme and microbial systems involved in starch processing. *Enzyme and Microbial Technology*, 17: 770-778
- Quintero Dallos, V., (2009) Evaluación del Potencial de Producción de Etanol Combustible a partir de la Biomasa Secundaria Disponible en la Agroindustria Azucarera Colombiana. (Tesis de Maestría), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Colombia.

Wasylkiewicz, S.K. Kobyłka, L.C. and Satyro, M.A.(1999). Designing azeotropic distillation columns. Chem. Eng. 106, 8, 80-85.

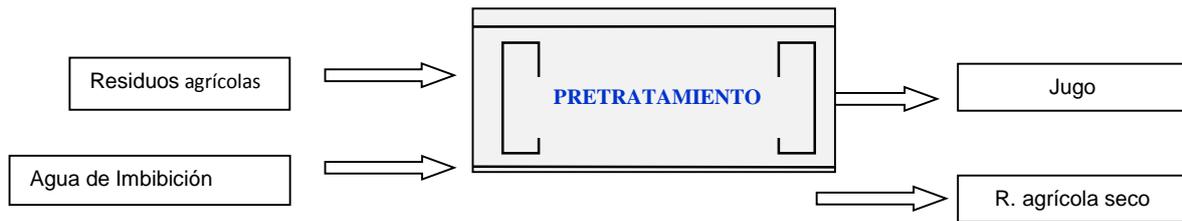
Uyazán, A., et al. (2003). Simulación De La Deshidratación De Etanol Azeotrópico Por Destilación Extractiva, Tesis Universidad Nacional de Colombia, Bogota.

ANEXOS

ANEXO-1

BALANCE DE MATERIALES

Balance en el difusor



Datos de entrada:

Tabla 50.-

Composición típica para los residuos agrícolas

| RESIDUOS AGRICOLAS | | |
|--------------------|----------------|---------------|
| Flujo másico | F. Mas. (Tn/h) | 27.90 |
| | ARF (Tn/h) | 6.7518 |
| | FIBRA (Tn/h) | 11.16 |
| | SSD (Tn/h) | 0.1395 |
| | AGUA Tn/h) | 9.8487 |
| Composición | ARF (%) | 24.20% |
| | ARI (%) | 0.00% |
| | FIBRA (%) | 40.00% |
| | SSD (%) | 0.50% |
| | AGUA (%) | 35.30% |

Fuente: Propia

Para el cálculo de la cantidad de agua utilizamos una tasa de imbibición de 200%

Balance parcial en la corriente de residuo seco

Consideraciones iniciales

- La eficiencia del pretratamiento es de 90%
- El agua de imbibición no contienen azucares
- Toda la fibra sale en la corriente de residuo seco
- el % de agua y de fibra es de 50 y 49% respectivamente en la corriente de residuo seco

Balance parcial de ART en el jugo mixto

ART Jugo mixto = ARTresiduosx%Eficiencia pretratamiento

ART Jugo mixto = 6.75×0.90

ART Jugo mixto = 6.07 Tn/h

Balance parcial de fibra en los residuos secos

Cantidad de fibra = $27.90 \times 0.40 = 11.16 \text{ Tn/h}$

Balance parcial de ART en los residuos secos

ART residuo seco = ARTresiduos agricolas –ARTjugo mixto

ART residuo seco = $6.75 - 6.07$

ART residuo seco = 0.68 Tn/h

Flujo másico residuo seco = Cantidad de fibra/% fibra

Flujo másico residuo seco = $11.16 / 0.49$

Flujo másico residuo seco = 22.78 (Tn/h) .

Balance de masa general en el pretratamiento (Tn/h)

R. agrícolas + Agua de imbibición. = Jugo mixto + R. agrícola seco

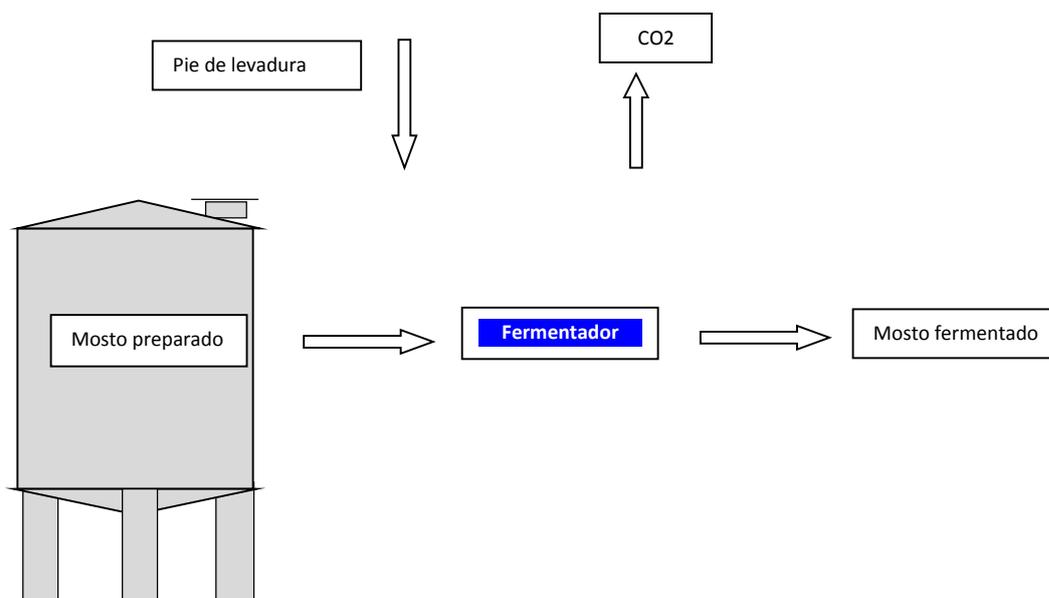
Agua de imbibición: $27.90 \times 0.40 \times 2 = 22.32$

Jugo mixto = R. agrícolas + Agua de imbibición - R. agrícola seco

Jugo mixto = $27.90 + 22.32 - 22.78$

Jugo mixto = 27.44 (Tn/h).

Balance en el Fermentador:



Eficiencia de fermentación: se fija en 90%

Producción de CO₂ producto de la fermentación

Toneladas de CO₂ = $(489) \times F_{\text{mas most evap}} \times (ARF) \times EF / 1000$

Toneladas de CO₂ = $489 \times 34.93 \times 0.1740 \times 0.92 / 1000 = 2.67$

Producción de Bioetanol Anhidro

Se obtiene utilizando los factores estequiométricos.

$$\text{Vol. ferm} \times \text{Vol. jugo} \times (\% \text{ARF jugo}) (\% \text{ARI jugo mixto}) / 1000 + \text{Cap. ferm} \times \text{Vol lev} (\% \text{Alccrema}) / (960 \times 90\%)$$

$$\text{Porcentaje de Alcohol} = 960 \times 0.70 \times 0.175 \times 647.5 / 1000 + 960 \times 0.20 \times 0.03 / (960 \times 0.90)$$

$$\text{Porcentaje de Alcohol} = 8.55\%$$

Determinamos la cantidad del pie de levadura según la cantidad de vino producido: Pie de levadura = 30% del total de volumen de vino en el fermentador.

$$\text{Volumen de pie} =: 0.30 \times (\text{vol. vino} + \text{vol. pie-de-levadura})$$

Despejando volumen de pie de levadura de la Ec., se tiene: $(3 \times \text{vol. mosto-fermentado}) / 7$.

$$\text{Reemplazando valores sería} = (3 \times 1950.89) / 7 = 836.10 \text{ m}^3/\text{d.}$$

El pie se corrige hasta un brix de 4°, de manera que le corresponde una densidad de 1.01 Kg/L.

$$\text{Por ende su flujo másico del pie de levadura será} = (\text{F-vol.}) \times (\text{densidad})$$

$$\text{Reemplazando valores en (5)} = 836.10 \times 1.01 = 844.46 \text{ Tn/d.}$$

Ahora conociendo el flujo másico de tres corrientes puedo determinar la cuarta corriente realizando un balance general en el fermentador:

$$\text{F-másico-mosto ferm.} = \text{F-másico-mosto preparado} + \text{F-masico-pie-levadura} - \text{F-masico-CO}_2$$

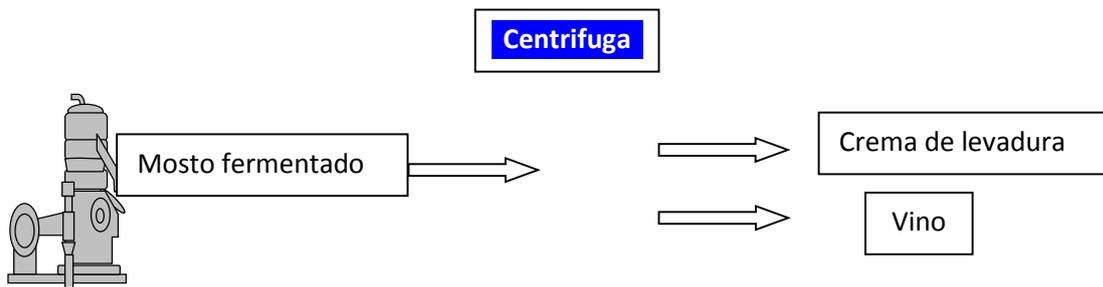
$$\text{Reemplazando valores en (6) se tiene: } 2119.27 + 844.46 - 156.43 = 2807.3 \text{ Tn/d}$$

Al mosto fermentado se le asigna un Brix de 7°, de manera que le corresponde una densidad de 1.03Kg/L.

Por ende, su flujo volumétrico será = (F-másico) / (densidad)

Reemplazando valores en = $2807.3/1.03 = 2725.54$.

Balance en la centrifuga



Balance general:

$$F\text{-másico-mosto-ferm.} = F\text{-másico-crema-levadura} + F\text{-másico-vino.}$$

Utilizando un porcentaje de retorno 10 % del mosto fermentado se tiene el flujo másico de la crema de levadura es: $0.10 * 2807.31 = 280.73 \text{ Tn/d}$

Despejando y reemplazando el flujo másico del vino de (8), se tiene = $2807.31 - 280.73 = 2526.58 \text{ Tn/d}$

Para el caso del vino se considera una densidad igual a 1 Kg/l, de manera que el flujo volumétrico será igual al flujo másico = $2526.58 \text{ m}^3/\text{d}$.

Determinación del porcentaje alcohólico en el vino:

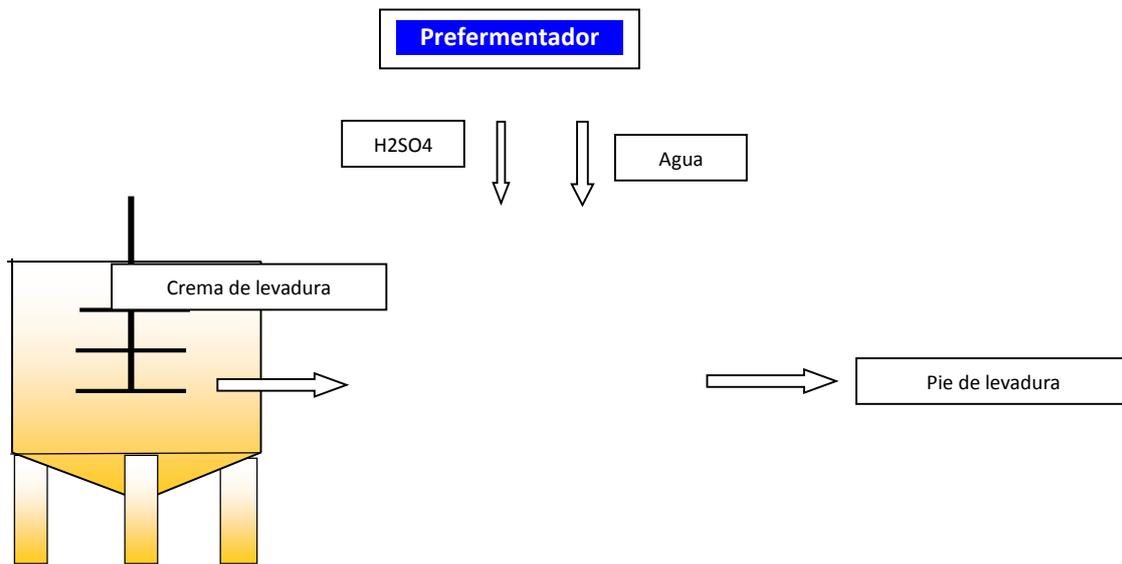
$$\%OH\text{-vino} = (\text{Alcohol-real-mosto-fermentado} / (F\text{-vol.}-\text{vino} * 1000)) * 100$$

Alcohol-real-mosto-fermentado = (%Ef.-ferm)*(647.5)*%(ARF-melaza)*(Flujo-másico-melaza)

Reemplazando valores en (10) se tiene = $0.93*647.5*0.61*564 = 207172.29$ (LAA)

Reemplazando en = $(207172.29/(2526.58*1000))*100 = 8.20 \%$.

Balance en el prefermentador



Primero se calcula la cantidad de Ac. Sulfúrico a emplear como medio de desfloculación de la levadura en función de los litros de alcohol obtenido, se asume un valor de 9.95g. de Ac. Por L. de alcohol hidratado obtenido (9.95g/L OH).

Determinación de la cantidad de Ac. Sulfúrico a utilizar:

$$F\text{-másico-Ac.} = (9.95) * (F\text{-másico de alcohol hidratado}) / (1000000)$$

Flujo másico de alcohol hidratado = $((\%OH\text{-vino}) * (F\text{-vol.-vino} * 10) * (\%Ef\text{-destilación}) / \text{factor conv LAA a LV})$

Reemplazando valores en (13) se tiene = $8.20*2526.58*10*0.985*1.0428 = 212806.14$ L

Luego = F-másico-Ac. = $9.95 * 212806.14 / 1000000 = 2.12 \text{ Tn/d}$

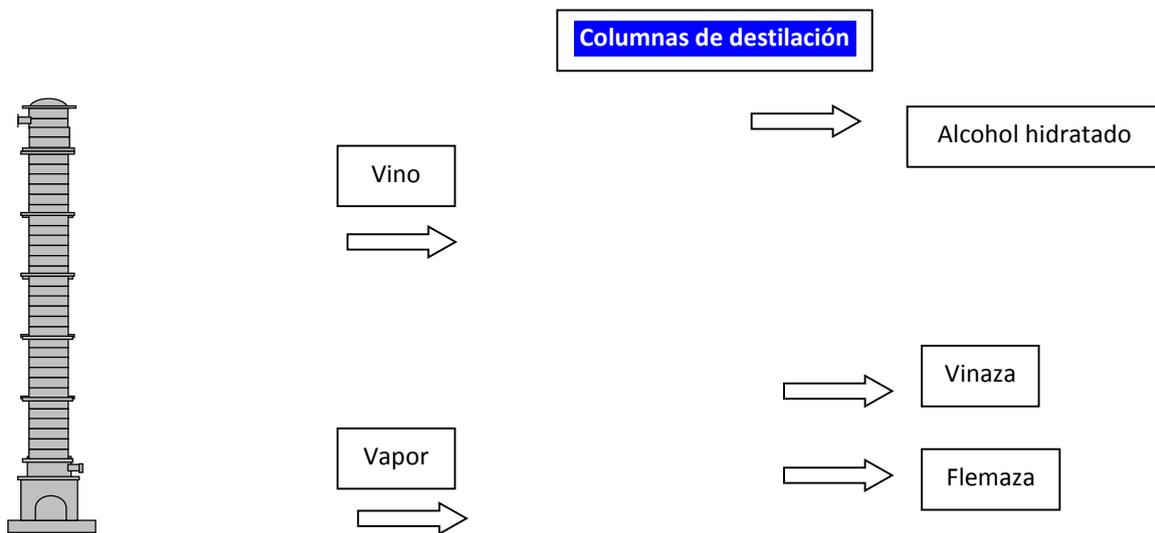
Agua para prefermentación:

F-másico -agua = F-másico-pie-levadura - F-másico-crema-levadura - F -másico Ac.

Sulfúrico... (15)

Reemplazando y se tiene: F-másico-agua = $844.46 - 280.73 - 2.12 = 561.61 \text{ Tn/d}$

Balance en la unidad de destilación:



Cantidad de vapor de baja presión:

Se utiliza el ratio: 2Kg de vapor por LV de alcohol (2 Kg/LV).

Consumo de vapor = $2 * 212806.14 / 1000 = 425.612 \text{ Tn/d}$.

Determinación del flujo másico de vinaza:

Se utiliza el ratio: 7.38 Kg de vapor por LV de alcohol (7.38 Kg/LV).

Flujo másico de vinaza = $7.38 * 212806.14 / 1000 = 1570.51 \text{ Tn/d}$.

Determinación del flujo másico de alcohol hidratado = F-vol.-alcohol-hidratado*densidad

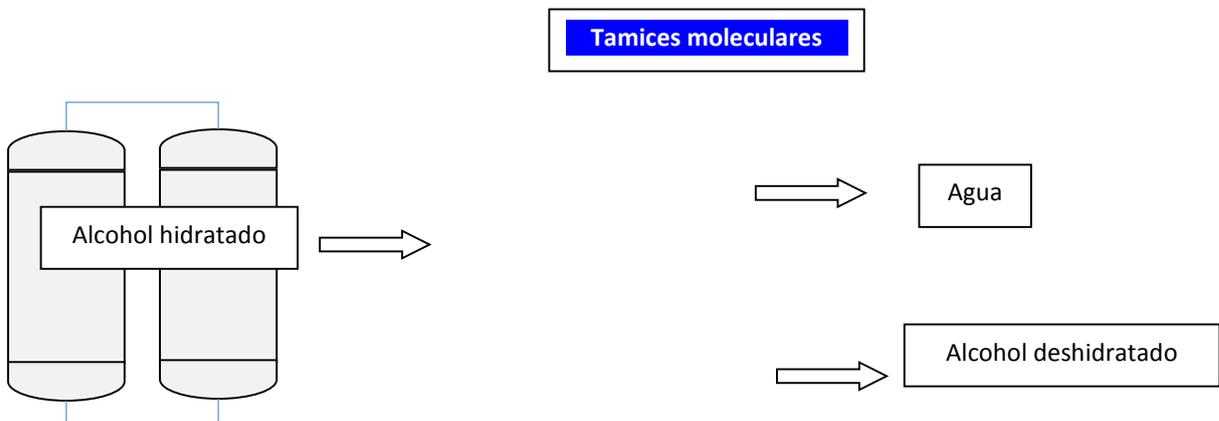
Reemplazando valores en (16) = $0.798 * 212806.14 = 167.90$ Tn/d.

Determinación del flujo másico de la flemaza = F-másico (Vino + vapor-alcohol hidratado-vinaza)

Reemplazando valores en se tiene: $2526.58 + 425.612 - 167.90 - 1570.51 = 1213.782$

Tn/d.

Balance para los tamices moleculares:



Se trabaja con una eficiencia de deshidratación del 98% se tiene:

Flujo volumétrico del etanol deshidratado:

F-vol.-alcohol-deshidratado = F-vol.-alcohol-hidratado*Grado-alcoholico-alcohol-hidratado*Ef-deshidratación

Reemplazando valores en (18) = $212806.14 * 0.96 * 0.98 = 200208.02$ L/d

F-masico-alcohol-deshidratado = F-vol.-alcohol-deshidratado*densidad

Reemplazando valores = $200208.02 * 0.8 = 240$ Tn/d

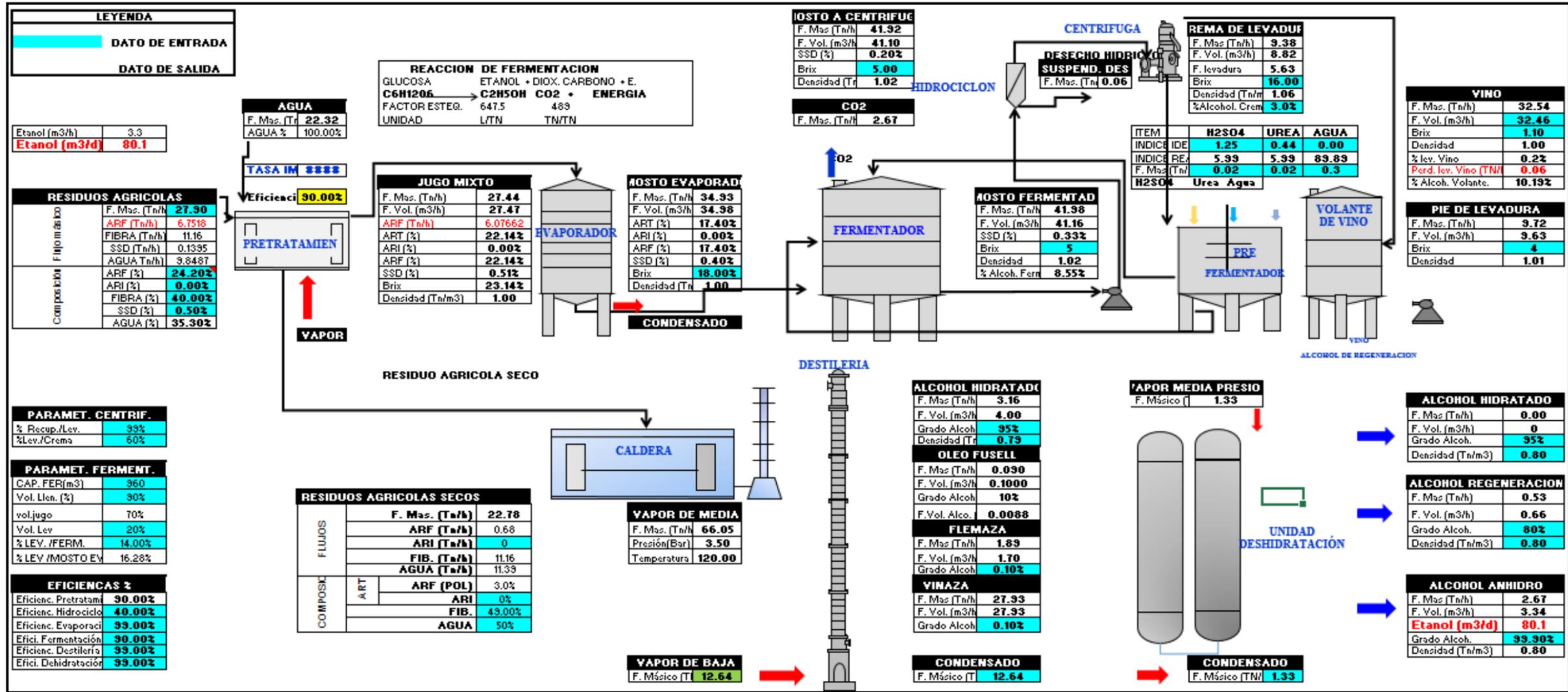


Figura 26: Balance global de materiales para la planta de bioetanol

Fuente:

ANEXO-2

CALCULO DE LOS INDICADORES ECONOMICOS

Calculo del Valor Presente Neto

Para calcular el valor presente neto de una inversión, aplicamos la siguiente expresión al flujo de caja neto.

$$VPN = -I + F1/(1+t)^1 + F2/(1+t)^2 \dots Fn/(1+t)^n$$

Dónde:

VPN = Valor presente neto

F1...n= flujos mensuales netos

I = Inversión inicial

T = tiempo

N = número de periodos

Cálculo de la Tasa interna de retorno (TIR)

La tir es aquella tasa de interés, a la cual el valor presente neto se torna cero y se calcula con la siguiente expresión:

$$VPN = -I_0 + F1/(1+t)^1 + F2/(1+t)^2 \dots Fn/(1+t)^n = 0$$

ANEXO-3

COTIZACIONES DE EQUIPOS DE PROCESO

| | | |
|--|-----------------------|---|
| <u>A.10211 re0a- CARTAVIO – GLORIA GROUP - PERU</u> | |  A Moret Industries Company |
| Distillation Unit Capacity: 65 000 litres/day | | |
| 12. BUDGET PRICES AND PAYMENT CONDITIONS | | |
| 12.1 PRICE BREAKDOWN 65 M³/D | | |
| MAGUIN equipment and services described in this offer: | | |
| 12.1.1 <u>Equipment, Engineering and Services</u> | | |
| Imported Part | | 485 000 EUROS |
| <ul style="list-style-type: none">- Engineering, commissioning assistance and services (including site work supervision),- Trays and Internals- Plates heat exchangers- Mechanical equipment (pumps)- Process control equipment- CIF transportation | | |
| *In case of order, Maguin will recheck if some more equipment can be recovered to reduce the Imported part | | |
| 12.1.2 <u>Equipment purchased directly by Cartavio under responsibility of Maguin</u> | | |
| Local part manufactured in Peru (or imported if necessary) | | |
| - Sheet Metal equipments | | 590 000 USD |
| This equipment is directly purchased by Cartavio with specification issued by Maguin. To pay for Maguin responsibility on these items, Maguin will receive from Cartavio: | | |
| <ul style="list-style-type: none">- 5% of the local purchase value if the purchasing cost is superior to the amount presented above for the local part-5%–10% of the local purchase value if the purchasing cost is inferior to the amount presented above for the local part | | |
| 12.1.3 <u>Total Imported part from Maguin + Direct local supply purchased by Cartavio</u> | | |
| Total PRICE..... | | 1 255 000 USD (One million two hundred fifty five thousand USD) |
| For an exchange rate: 1 Euros = 1,37 USD | | |
| 22/12/2010 | A10211-PR-D-0001-R00a | Page 26/27 |