

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS
ORGÁNICOS EN EL DISTRITO DE MÓRROPE**

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

AUTOR

JOSE MERCEDES BANCES CAJUSOL

ASESOR

MARÍA RAQUEL MAXE MALCA

<https://orcid.org/0000-0002-5371-9241>

Chiclayo, 2021

**PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS
ORGÁNICOS EN EL DISTRITO DE MÓRROPE**

PRESENTADA POR:
JOSE MERCEDES BANCES CAJUSOL

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Annie Mariella Vidarte Llaja
PRESIDENTE

Edith Anabelle Zegarra Gonzalez
SECRETARIO

María Raquel Maxe Malca
VOCAL

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado a Dios por ser mi guía y por brindarme salud, sabiduría y fortaleza para alcanzar una de mis primeras metas, a mis padres quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional y me incentivaron a seguir adelante y a mis profesores que me apoyaron durante todo el proceso.

Agradecimientos

A Dios, por darme la oportunidad de poder llegar a culminar esta importante etapa en el bien de mi desarrollo profesional y personal.

A mis padres, quienes son mi motivo para seguir adelante y sobre todo por su amor y apoyo incondicional.

A mi asesor, Mgtr. Ing. María Raquel Maxe Malca y a mis docentes por todas sus enseñanzas y conocimientos necesarios para el desarrollo de mi investigación.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura.....	8
Materiales y métodos	10
Resultados y discusión	11
Conclusiones	31
Recomendaciones	32
Referencias.....	32
Anexos	35

Resumen

Actualmente el etanol es producido por materias primas como la caña de azúcar, almidón de maíz, entre otros, el cual su uso puede afectar a la sostenibilidad alimentaria, por ello es de vital importancia acudir a nuevas fuentes que no dañen al medio ambiente. Como fuente alternativa a ello es la producción de etanol a partir de residuos orgánicos, que tanto en el distrito de Mórrope y en la región Lambayeque estos no tienen un tratamiento específico y son arrojados al aire libre generando de esta manera contaminación a los alrededores. Por ende en este trabajo de investigación se plantea darles un valor agregado a los residuos orgánicos, teniendo como objetivo elaborar una propuesta de producción de bioetanol a partir de residuos en el Distrito de Mórrope, para ello se realizó un estudio de mercado para determinar la demanda y oferta en la región Lambayeque donde se determinó que existe una demanda insatisfecha por cubrir para los cinco próximos años, de ello se decidió tomar una participación de mercado del 12%. Una vez determinado la demanda insatisfecha y el mercado objetivo, se realizó un estudio para determinar la ubicación de la planta de bioetanol, ubicándose en el km 8 de la carretera Mórrope-Lambayeque, así mismo se realizó un diseño ingenieril para la instalación de la planta. Por último, se efectuó un estudio económico financiero del proyecto obteniéndose de esta manera un Valor actual neto positivo de S/ 266 410,61 con una Tasa interna de retorno del 25%.

Palabras claves: Etanol, residuos orgánicos, planta industrial.

Abstract

Currently ethanol is produced by raw materials such as sugar cane, corn starch, among others, which its use can affect food sustainability, so it is vitally important to go to new sources that do not harm the environment. As an alternative source to this is the production of ethanol from organic waste, which both in the district of Mórrope and in the Lambayeque region do not have a specific treatment and are thrown into the open air, thus generating pollution to the surroundings. Therefore, in this research work, it is proposed to give added value to organic waste, aiming to develop a proposal for the production of bioethanol from waste in the District of Mórrope, for this a market study was carried out to determine the demand and supply in the Lambayeque region where it was determined that there is an unsatisfied demand to cover for the next five years, from which it was decided to take a market share of 12%. Once the unsatisfied demand and the target market had been determined, a study was carried out to determine the location of the bioethanol plant, located at km 8 of the Mórrope -Lambayeque highway, as well as an engineering design for the installation of the plant . Finally, an economic and financial study of the project was carried out, thus obtaining a positive net present value of S / 266 410.61 with an internal rate of return of 25%.

Keywords: Ethanol, organic waste, industrial plant.

Introducción

Actualmente la disposición que se les otorga a los residuos sólidos es uno de los problemas más lamentables que afectan a la sociedad [1]. A nivel mundial en los años 2012-2017 la humanidad originó más de 9 000 millones de toneladas, de ello aproximadamente el 50% permanece inalterable, es decir quedan tal cual como fue arrojada, sin ser reciclada, recogida o reprocesada [2]. En lo que va de América latina, el manejo y la gestión adecuada de los residuos sólidos es uno de los mayores desafíos que la región enfrenta para su sostenibilidad en la actualidad y en las generaciones venideras. En lo que corresponde a cifras cada latinoamericano genera alrededor de un kilogramo por día y la región en conjunto 541 mil toneladas, que equivale aproximadamente el 10 % del total de la basura a nivel mundial [3].

En 2014, Sáez y Urdaneta [4], en su investigación manifiestan que, en los países de América Latina el tema de manejo de residuos sólidos es una preocupación debido a la alta generación en volumen de residuos sólidos generados por la población, el cual el manejo inadecuado puede afectar a la salud de la ciudadanía y al entorno ambiental. Así mismo en el 2018 según el INEI el 22,30 % de residuos sólidos Municipales son destinados al relleno sanitario, el 63,90 % al botadero, 6% son reciclados, 5,20% son quemados, y 0,5 % son tratados para la elaboración de compostaje [5]. Es por ello, por lo que se debe dar una mayor atención en la reducción del porcentaje de residuos con destino al botadero mediante un tratamiento que permita reducir tanto el volumen como la contaminación ambiental, generando de esta manera ingresos económicos para las municipalidades.

En el departamento de Lambayeque la generación de residuos sólidos domiciliarios ha ido en constante crecimiento, en el año 2013 la generación per cápita fue de 0,51 kg/hab-día y en el 2017 aumentó a 0,57 kg/Hab-día [6]. No obstante, en el Distrito de Mórrope en lo que corresponde a la generación de residuos sólidos en el año 2015 tuvo una generación per cápita (GPC) de 0,38 kg/Hab-día, con una generación estimada de 14,40 t/día, según el reporte de SIGERSOL. De esto el 32,97% se compone de materia orgánica, seguido por el 6,44% de madera y follaje, y el resto por ciento constituido por otro material [7]. Así mismo Mórrope no cuenta con un adecuado manejo debido a que no dispone de un destino final apropiado siendo este un botadero a campo abierto el cual se encuentra ubicado en el km 33 de dicho distrito, de la misma manera la población no está aprovechando los residuos y cada vez estos están en constante crecimiento, el cual su casi nulo aprovechamiento trae consigo la contaminación ambiental. Ante esto la municipalidad ha gestionado el programa de segregación en la fuente que es participe toda la población, y que para la producción de bioetanol se tomó esta parte de residuos orgánicos. Y de esta manera aprovechar las 4,75 t/día de los residuos que son destinados al botadero. Vista la problemática se plantea la siguiente pregunta, ¿cuál será el impacto económico de la producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos en el distrito de Mórrope?

A partir de ello se planteó el siguiente objetivo elaborar una propuesta de producción de bioetanol a partir de residuos en el Distrito de Mórrope; teniendo como objetivos específicos realizar un estudio de mercado para determinar la demanda del bioetanol, realizar el estudio técnico y de ingeniería para la producción de bioetanol, y determinar la viabilidad económica-ambiental de la propuesta.

El desarrollo de esta investigación busca prevalecer el bienestar de la sociedad y del ambiente, así como también el desarrollo económico, y la respuesta a la demanda energética que requiere una solución que atienda las exigencias del mercado. Esto se puede lograr dándoles

un valor agregado a los residuos sólidos como es en la producción de biocombustibles con el fin de reducir la cantidad de estos, a la vez minimizar impactos ambientales desde dos perspectivas, una por los residuos y otro por los combustibles.

El uso del etanol permitirá el incremento del índice de octano lo que conlleva a disminuir la contaminación en 10 a 15% de CO e hidrocarburos. En lo que corresponde al Petróleo, su producción en el Perú en los últimos años ha tenido un alto decrecimiento, lo que significa el agotamiento de estos recursos y una preocupación por la búsqueda de nuevas alternativas. Pero a la vez el consumo de los biocombustibles se incrementó rápidamente desde 556 MBPD en el 2002 a 2 557 MBPD en el 2015, símbolo de que cada vez hay mayor mercado para los biocombustibles.

En tal motivo la producción de etanol mediante los residuos orgánicos del distrito de Mórrope la cual está represando por el 32,97 % del total de los residuos es una cifra atractiva para su aprovechamiento, a la vez es una alternativa que amplía las posibilidades de abarcar parte del mercado de los biocombustibles. En el cual el principal beneficiario de esta investigación se encuentra la municipalidad con la población en conjunto, pero también podría ser utilizada por otras municipalidades. El aprovechamiento de los RSU permitirá generar ingresos para la municipalidad, reducir los costos operativos, generación de empleo, y dar cumplimiento con la ley de gestión integral de RS.

Revisión de literatura

El etanol anhidro es un producto químico que se obtiene a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en las materias primas tales como maíz, trigo, cebada, sorgo, remolacha, caña de azúcar, melaza, madera, residuos de podas y RSU, los cuales cada uno tiene un proceso adecuado para la obtención del etanol o también llamado alcohol hidratado, conteniendo aproximadamente 5% de agua, que tras ser deshidratado su uso se puede dar como combustible [8]. El etanol es un alcohol que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C [9].

Para la producción de este producto se empleará los residuos orgánicos, que están conformados aquella parte de los residuos que son susceptibles a descomposición por microorganismos, entre ellos se encuentran los desechos de alimentos, desechos de jardín, cartón y otros productos de papel, desechos de madera y desechos de mascotas [10]

El etanol anhidro obtenido de biomasa lignocelulósica (presentes en todos los vegetales en una estructura compuesta fundamentalmente de celulosa, hemicelulosas y lignina), consiste en la hidrólisis de la celulosa (a glucosa) y de las hemicelulosas a xilosa y otros azúcares y posterior fermentación a etanol. La composición de los materiales lignocelulósicos, constituidos por celulosa (con zonas cristalinas y amorfas), hemicelulosas y lignina, en una estructura compleja y difícil de penetrar y atacar por agentes químicos, requieren de un pretratamiento para “romper” esa estructura y facilitar los procesos posteriores y de esa manera el proceso está dado por un pretratamiento, seguido del proceso de hidrólisis, fermentación y destilación [11].

El estudio de mercado dentro de un proyecto es primordial, este estudio consiste en la definición y cuantificación de la demanda y oferta, con el fin de determinar el mercado a participar, así mismo en esta parte se realiza el análisis de los precios y el estudio de la

comercialización. Todo con el fin de dar respuesta a la pregunta: ¿Existe un mercado factible para el producto que se desea elaborar? [12].

El Diseño y distribución de planta se entiende como el ordenamiento físico de los factores de la producción, en el cual cada uno de ellos está ubicado con el fin de que las operaciones sean seguras, eficientes, confortables y económicas en el logro de sus objetivos [13].

Para el diseño es necesario calcular el área que se requiere para planta y uno de los métodos para calcular los espacios de manera general es el método de Guerchet, para el cual es necesario tener como dato el número total de maquinaria y equipo, también el número total de operarios y equipo de acarreo. Mediante este método se determinará el área para los operarios, la materia prima, los pasillos para el traslado de materiales y otras consideraciones necesarias para la buena operatividad. Para ello se considera tres áreas para determinar el área total [14]. (Ver *Anexo 1*).

Durante el transcurso de los años se han ido realizando investigaciones con el fin de darle un valor agregado a los residuos que se generan día a día, los cuales se reflejan en los siguiente:

En 2013, Martínez y Montoya [15] en su estudio titulado: “*Análisis preliminar de la viabilidad de obtención de bioetanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos*”, tuvo como objeto de investigación examinar de manera previa la obtención de bioetanol a partir de la parte orgánica de los desechos sólidos urbanos, con el propósito de compensar la demanda de este producto como biocombustible y a la vez como insumo para determinados procesos industriales. Como resultado se obtuvo una productividad con respecto al contenido de glucosa de 0,5 gr etanol / gr de glucosa para el periodo de prueba de cerca de 35 horas, así mismo al hidrolizar la materia orgánica en el reactor, se obtuvo un contenido idóneo de materia orgánica para posteriormente mediante la fermentativa anaerobia obtener bioetanol de segunda generación. Así mismo concluyo que este producto posee un amplio mercado, actualmente está siendo producido de la caña de azúcar, almidón de maíz, los cuales pueden afectar la sostenibilidad alimentaria y el precio de los alimentos.

En 2018, Peyman, Keikhosro, Mohammad [16], en su investigación titulada: “*Hydrothermal processing as pretreatment for efficient production of ethanol and biogas from municipal solid waste*”, tuvo como objetivo evaluar la producción máxima de etanol de la fracción orgánica de residuos sólidos (OFMSW), seguido de la producción de biogás a partir de los residuos del proceso. Para ello realizó un pretratamiento hidrotermal a 100-160 °C durante 0-60 min. Después los hidrolizados fueron sometidos a fermentación etanólica por *Mucor indicus*. Pasando luego por una destilación obteniendo como resultado un rendimiento de glucosa de 520 g/kg de OFMSW seco, correspondiendo un aumento del 131% en comparación con el no tratado.

En 2016, Araujo [17], en su investigación “*Uso de residuos de materia orgánica del mercado Santa Rosa para la producción de bioetanol en el laboratorio de calidad, UCV – SJJ, 2015*”, tuvo como objetivo el aprovechamiento de los residuos orgánicos del mercado Santa Rosa para producir bioetanol. Para ello tomo una muestra de 10 kg de estos residuos y se homogenizaron, de estos 1 kg se utilizó para determinar sus parámetros fisicoquímicos y los 9 kg restantes se utilizó en la fermentación. Luego se procedió a la obtención del bioetanol, se inició acondicionando la materia orgánica inoculando levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), se dejó durante 7 días y luego se realizó una destilación para obtención de alcohol. Se experimentó diversas muestras: en blanco, sin hidrolizado y con hidrolizado. Los resultados denotan que de

las 3 muestras la muestra hidrolizada es la más eficiente, obteniéndose por cada kg 339,66 ml de etanol con un grado alcohólico de 87°.

En 2018, Peyman, Keikhosro, Mohammad [18] en su investigación titulada: “*Efficient conversion of municipal solid waste to biofuel by simultaneous dilute-acid hydrolysis of starch and pretreatment of lignocelluloses*”, su estudio tuvo como objetivo la producción eficiente de etanol a partir de OFMSW y biogás a partir de los residuos. La metodología realizada fue un tratamiento con ácido diluido para la hidrólisis de materiales con almidón, eliminando el requisito de enzimas amilasas. Además, el tratamiento con ácido actuó como un pretratamiento para la mejora de las fracciones de lignocelulosas antes de la hidrólisis enzimática de las lignocelulosas. Este tratamiento se realizó con ácido sulfúrico al 0,5 y 1% (p / p) a 130 y 160 ° C durante 0, 30 y 60 min. El tratamiento con ácido al 1% a 130 ° C durante 60 minutos dio como resultado el hidrolizado con la concentración de glucosa más alta de 43,2 g / L, originada principalmente a partir de materiales amiláceos. Estos hidrolizados, que contienen diferentes azúcares e inhibidores, fueron sometidos a fermentación etanólica utilizando una cepa altamente tolerante a los inhibidores de hongos *Zygomycetes*, *Mucor indicus*. Usando el tratamiento con ácido al 1% a 130 ° C durante 60 min, sin desintoxicación, se obtuvo el rendimiento de etanol de 44,6g por 100g de glucosa a partir de hidrolizado.

En 2019, Thapa, Patidar, Khatiwada, y Ghimire [19], en su investigación “*Production of Ethanol from Municipal Solid Waste of India and Nepal*”, tuvo como objetivo estudiar la viabilidad de la producción de etanol a escala de laboratorio utilizando el desperdicio de alimentos generado en Greater Noida, India. La metodología empleada fue experimental, para ello se realizaron dos experimentos en serie (hidrolisis y fermentación). Para ello se determinó las características de la muestra, y en el proceso de hidrolisis se determinó el rendimiento de azúcar en comparación con la temperatura y la concentración de ácido. El rendimiento se usó para estudiar la fermentación que se llevó a cabo a una temperatura de 3 ° c y un pH de 4,5, respectivamente. La muestra utilizada fue 10% p / v y los inóculos fueron 2% p / v. El proceso se ejecutó durante 5 días y cada día se analizaba 30 ml. Se obtuvo como resultado que el rendimiento máximo de azúcar reductor obtenido fue de 32,63 g / 100 g de residuos de alimentos secos a una concentración de ácido del 7,5% a 135 ° C. El rendimiento de etanol fue de 13,78 g / 100 g de residuos de alimentos secos.

Materiales y métodos

Primeramente, se procedió realizando un estudio de mercado para determinar la demanda insatisfecha en el departamento de Lambayeque con respecto al bioetanol y el porcentaje que el proyecto cubriría. Para el cual se procedió a tomar datos estadísticos sobre la demanda de Gasohol, y teniendo en cuenta el contenido del 7,8 % de etanol se estimó la demanda total del mismo, con ello se procedió a proyectar para los próximos 5 años mediante el método de proyección de suavizamiento exponencial. Así mismo para determinar la oferta de etanol se obtuvieron datos de la producción nacional y basándose en el porcentaje de su consumo en el departamento de Lambayeque se calculó la oferta histórica, y se hizo uso del método de suavizamiento exponencial para su proyección. El porcentaje de demanda del proyecto se determinó teniendo en cuenta que tan grandes son nuestros competidores, cuántos son y cuál es su similitud de sus productos con el nuestro. Luego se determinó el precio del producto teniendo en cuenta el precio histórico del Gasohol en base a la proporción de 7,8% de etanol que contiene.

Para la determinación de la ubicación de la planta se analizaron diversos factores como son disponibilidad de materia prima, mano de obra calificada, vías de comunicación y transporte,

cercanía al mercado, costo por hectárea y disponibilidad de terreno, y servicios públicos, en tres respectivos lugares a nivel macro y micro, y usando factores ponderados se determinó el mejor lugar para la localización de la planta de producción de bioetanol.

Luego haciendo uso de datos bibliográficos se procedió elaborar el proceso de producción y los indicadores de producción respectivos. Se balanceo la línea y se determinó la capacidad requerida de cada una de las maquinas, después de ello se definieron las áreas con el cual contara la organización y mediante el método de Guerchet se definió el área total requerida.

Finalmente se presupuestó el monto de inversión requerida para la puesta en marcha de la planta, se calcularon los ingresos, costos de producción y operaciones, para luego de ello elaborar el flujo de caja y determinar el VAN y TIR de la inversión.

Resultados y discusión

➤ Estudio de mercado

El producto en el mercado:

El etanol anhidro es un tipo de alcohol etílico que principalmente se caracteriza por contener como máximo 0,5% de humedad, y a la vez por ser compatible con las gasolinas con las cuales se puede mezclar y obtener un combustible oxigenado para uso motor. Dicho producto debe cumplir con las especificaciones internacionales las cuales a la vez son oficializadas mediante la emisión de la norma técnica peruana [20].

El etanol no solo es empleado en la industria de bebidas alcohólicas, sino que a su vez es empleado en fármacos, productos de belleza y también como una alternativa de combustible ecológico. De acuerdo con ello se tiene los siguientes usos:

- **Biocombustibles:** es la mezcla del etanol con los combustibles derivados del petróleo. Así mismo el 66 % de la producción mundial se utiliza como biocombustible.
- **Insumo industrial:** su uso está representado por el 21 % de la producción mundial destinado para el rubro de detergentes, pinturas, cosméticos, aerosoles, jabones, perfumes, entre otros artículos.
- **Insumo en la producción de bebidas:** para este rubro es destinado el 13 % etanol en la producción de bebidas gaseosas, alcohólicas, y refrescantes.

Como subproducto se encuentra la vinaza, es un residuo liquido generado por el proceso de destilación del mosto fermentado para la obtención de alcohol, en el cual está incluido el bioetanol. Dicho residuo se caracteriza principalmente por su gran contenido de solidos suspendidos, con un calor característico marrón o café oscuro, con un sabor a malta y un olor a miel final.

Este subproducto tiene un excelente valor como fertilizante por su contenido alto en materia orgánica y micronutrientes. Sin embargo, su uso excesivo puede terminar deteriorando las tierras y contaminar las fuentes de agua [21].

Zona de influencia del proyecto:

Como mercado objetivo se ha seleccionado al departamento de Lambayeque. Por la cercanía, que repercute en el costo de transporte, y así mismo en la cantidad que se va a producir.

Lambayeque es una de las 10 regiones más importantes del país; concentra el 2,6% de la producción, el 4% de la población y el 1,2% de la exportación. Es una economía basada en el comercio y la agroindustria, actividades que concentran el 38% de su producción regional. Cabe destacar que Lambayeque es uno de los principales productores de caña de azúcar del país [22].

Su infraestructura vial permite la articulación e integración del sistema urbano, actividades económicas y la vinculación con espacios extrarregionales. En el departamento de Lambayeque la modalidad predominante de transporte es el terrestre. La red vial departamental tiene una longitud de 1 901,2 Km., de los cuales 502,3 Km., pertenecen a la red nacional, 103,9 Km. a la red departamental y 1 295 Km. a la red vecinal [23].

Análisis de la demanda

En el 2013 el Perú cumplió con el requisito E7,8 después de un retraso de tres años, así mismo desde que se comenzó la producción de etanol en el Perú en el año 2008, el país produjo etanol combustible suficiente para abastecer el consumo interno hasta 2014.

En el 2014 se cerró la planta Maple en Piura, el cual ocasiono que se redujera considerablemente la capacidad de producción por debajo del consumo, ocasionando que se aumente el déficit de la oferta del mercado interno.

Actualmente el Perú exporta etanol de alto valor basado en la caña de azúcar a la Unión Europea, lo que hace que aumente la demanda de importaciones para satisfacer el mercado nacional, que está representado en el 80 % de importaciones de etanol [24].

Se recopiló información sobre la demanda de etanol en base al consumo de Gasohol en el departamento y se encontró que durante los últimos años ha ido incrementando año tras año, como se muestra continuación:

Tabla 1: Demanda histórica de Etanol anhidro en el departamento de Lambayeque durante los años 2015 – 2019.

Año	Demanda de Etanol (gal US)
2015	1 722 907
2016	1 998 389
2017	1 955 140
2018	2 090 305
2019	2 110 483

Fuente: OSINERGMIN [25].

Análisis de la oferta:

Perú comenzó su producción de etanol en agosto de 2008. A fines de 2011, dos plantas de producción estaban en operación, ambas ubicadas en departamento de Piura. Coazucar, propiedad del Grupo Gloria (el procesador de lácteos más grande de Perú), compró una de las instalaciones de producción en 2015 de Maple Ethanol, renombrándola Aurora. La instalación produjo 110 millones de litros de etanol en 2014, alrededor del 60 por ciento de la producción total de etanol del Perú para ese año. Sin embargo, la empresa desmanteló la planta en 2015 y sus 6 000 hectáreas de campos de caña de azúcar ahora se utilizan para producir azúcar para consumo humano e industrial. Sin embargo, la instalación de Aurora conserva la capacidad de producción de etanol [24].

Con el cierre de la planta Aurora, la única planta de etanol que queda en Perú es Caña Brava, una instalación de \$ 210 millones propiedad del Grupo Romero. Caña Brava comenzó a operar en agosto de 2009 y mantiene aproximadamente 7 000 hectáreas de campos de caña de azúcar plantados con una capacidad de producción de 127 millones de litros por año [24].

Se recopiló información de la oferta histórica del Etanol teniendo en cuenta el porcentaje promedio de consumo de Gasohol en el departamento de Lambayeque durante los años 2012-2019, y se determinó que durante estos años ha tenido leves caídas sin embargo ha ido en constante aumento como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: Oferta de etanol anhidro (Gal) en el Departamento de Lambayeque durante los años 2012-2019.

AÑO	Etanol (gal/año)	80% se exporta	oferta nacional (gal)	Oferta en el Dpto. de Lambayeque (%)	Oferta en el Dpto. de Lambayeque (Gal)
2012	29 484 000	23 587 200	5 896 800	4,64%	273 410
2013	31 752 000	25 401 600	6 350 400	4,24%	268 952
2014	30 618 000	24 494 400	6 123 600	4,14%	253 626
2015	34 020 000	27 216 000	6 804 000	4,11%	279 783
2016	34 020 000	27 216 000	6 804 000	4,20%	285 842
2017	34 100 500	27 280 400	6 820 100	4,02%	274 337
2018	35 300 500	28 240 400	7 060 100	4,44%	313 575
2019	36 475 000	29 180 000	7 295 000	4,33%	315 909

Fuente: Energy Information Administration (eia)/ Osinergmin [25].

Proyección de oferta y demanda:

A partir de la demanda y oferta histórica se realizó una proyección para los próximos 5 años haciendo uso del método de regresión lineal y el método de suavizamiento exponencial respectivamente (*Ver anexo 2*), y se tuvo como resultado que tanto la proyección de la demanda y la oferta se mantienen constantes, lo cual representa una gran oportunidad producir este producto.

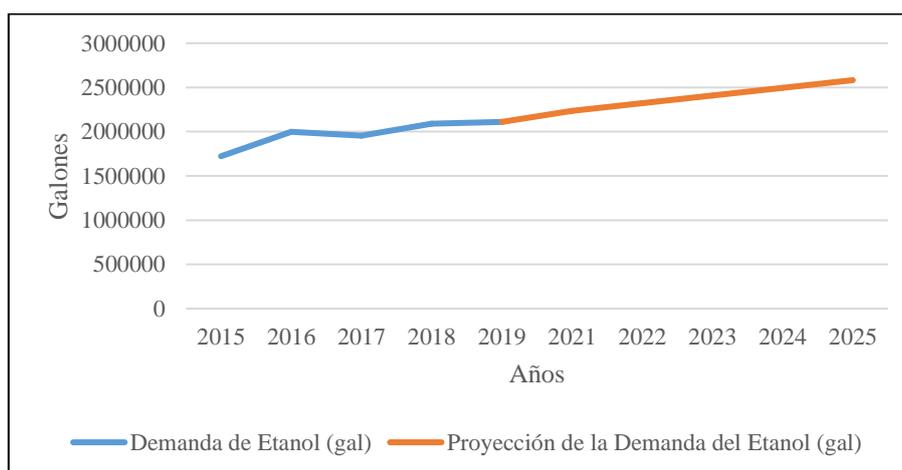


Figura 1: Proyección de la demanda del Etanol anhidro, año 2021 – 2025.

Fuente: Elaboración propia.

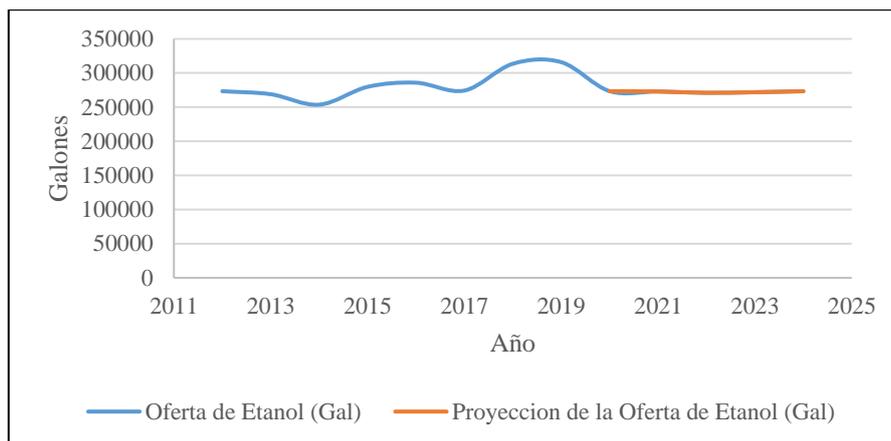


Figura 2: Proyección de la Oferta de Etanol anhidro, año 2021 – 2025.

Fuente: Elaboración Propia.

Balance Oferta-Demanda:

De la demanda y oferta proyectada se realizó un balance para determinar la demanda insatisfecha, y a partir de ello determinar el porcentaje del mercado que se va a cubrir (*Ver Anexo 3*), que de acuerdo al autor Baca en su libro evaluación de proyectos [12] para tener una mayor seguridad en la participación de mercado se debe optar por un porcentaje de participación menor al 15%, en tanto de acuerdo al autor y a la disponibilidad de materia prima proyectada se optó por una participación del 12%.

Tabla 3: Demanda del proyecto.

AÑO	Proyección de la demanda insatisfecha (Gal)	Porcentaje de participación	Demanda del proyecto (Gal)
2021	1 962 155	12%	235 459
2022	2 049 308	12%	245 917
2023	2 137 948	12%	256 554
2024	2 223 780	12%	266 854
2025	2 309 093	12%	277 091

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de precios:

A partir de los precios históricos se proyectó el precio de venta a 5 años teniendo como resultado el precio de alrededor de 14 soles por cada galón de etanol, con este precio se determinó los ingresos percibidos para el número de años mencionado (*Ver anexo 4*).

Cadena de comercialización:

Los principales consumidores de etanol, las refinerías de petróleo mezclan la gasolina con el etanol carburante para comercializarlo como Gasohol. En el Perú existen actualmente 2 refinerías que producen Gasohol [26]:

- Repsol: a través de su refinería la Pampilla es la principal productora de Gasohol del país, sus instalaciones se ubican en la provincia constitucional del Callao.
- Petroperú: a través de su refinería en Talara fue la primera refinería en comercializar Gasohol, sus instalaciones se ubican en la localidad de Talara, departamento de Piura.

Por tanto, nuestra cadena de comercialización sería de la planta de etanol es transportada hasta las refinerías.

➤ Estudio técnico y de ingeniería

Definición del producto

El producto objeto de estudio es el etanol anhidro de 99,98 % de pureza, este es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los residuos orgánicos. Por sus características fisicoquímicas, puede sustituir la gasolina en los motores de ciclo otto. Entre las características que presenta es un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 79 °C, con sabor a quemado y un olor característico, es conocido sencillamente con el nombre de alcohol. A continuación se presenta la ficha técnica del producto a comercializar:

Tabla 4: Ficha técnica del producto Etanol Anhidro

Denominación del Producto	ETANOL ANHIDRO
Marca	
Presentación	Galón de 3,78 litros
Materia prima	Residuos orgánicos
Grado de alcohol	99,98 GL
Características físicas	
Aspecto	Líquido claro
Tipo de material	Inflamable
Características químicas	
Punto de ebullición	79 °C
Punto de fusión	-117 °C
Solubilidad en el agua	100 %
Presión crítica	63,116 atm
Calor latente de vaporización	850 kJ/kg

Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad de materia prima:

Para la elaboración de etanol, se necesita como materia prima a los residuos sólidos orgánicos, por tanto, para la determinación de su disponibilidad se utilizó los reportes por parte de la Municipalidad Distrital de Mórrope en el Sistema de información de gestión de residuos sólidos (SIGERSOL), durante los años 2015 – 2019.

Tabla 5: Disponibilidad de materia prima.

Año	Cantidad (kg/día)
2021	2 141
2022	2 209
2023	2 153
2024	2 106
2025	2 354

Fuente: Elaboración propia.

De ello se determinó la disponibilidad de materia prima (residuos orgánicos) en el distrito de Mórrope para los 5 próximos años, teniendo como resultado que la cantidad disponible no abastecerá para producir lo que se requiere por el cual también se abastecerá de los lugares cercanos.

Dicha materia prima que se dispone diariamente será recolectada diariamente en un camión para ser trasladada a planta y ser procesada para la obtención de etanol.

Plan de producción:

El plan de producción para la obtención de etanol anhidro se pronosticará para los 5 próximos años proyectados de la demanda del proyecto, siendo el año 2021 el primer año de la producción de la planta y acabando en el año 2025. Se estima que la producción anual estará dada por los 12 meses del año, cabe recalcar que la cantidad de residuos del Distrito de Mórrope no abastece para el plan de producción por tanto se optará por abastecerse de materia prima de otros lugares. Así mismo se tendrá un inventario del 10% de las ventas.

Tabla 6: Plan de Producción de Etanol anhidro, año 2021 – 2025.

Año	Mes	Demanda (gal/año)	Venta (gal/mes)	Inv. inicial	Producción (gal/mes)	Inv. final
2021	Enero	235 459	19 621,58	0	20 275,58	654
	Febrero		19 621,58	654	20 275,58	1 308
	Marzo		19 621,58	1 308	20 275,58	1962
	Abril		19 621,58	1 962	19 621,58	1962
	Mayo		19 621,58	1 962	19 621,58	1 962
	Junio		19 621,58	1 962	19 621,58	1 962
	Julio		19 621,58	1 962	19 621,58	1 962
	Agosto		19 621,58	1 962	19 621,58	1 962
	Setiembre		19 621,58	1 962	19 621,58	1 962
	Octubre		19 621,58	1 962	19 621,58	1 962
	Noviembre		19 621,58	1 962	19 621,58	1 962
	Diciembre		19 621,58	1 962	19 621,58	1 962
2022	Año 2	245 917	245 917	2 049	20 493,08	2 049
2023	Año 3	256 554	256 554	2 137	21 379,50	2 137
2024	Año 4	266 854	266 854	2 224	22 237,83	2 224
2025	Año 5	277 091	277 091	2309	23 090,92	2 309

Fuente: Elaboración propia

Requerimiento de materia prima e insumos:

Teniendo en cuenta que un Gal de combustible líquido es igual a la multiplicación de litros por el factor 0,26417. De la misma manera teniendo en cuenta la relación que por cada 100 g de residuos se obtiene 13,78 g de etanol, siendo su densidad de 0,789 g/cm³. Y teniendo una humedad promedio de los residuos de 67,9%. Se procedió a calcular rendimiento por cada tonelada de residuos sólidos orgánicos.

Peso total en seco = % humedad en seco * total de residuos orgánicos.

Peso total en seco = (100-67,9) % *(1 tonelada) = 0,321 toneladas.

Generación de etanol (toneladas)= (13,78 g/100g) * peso en seco.

Generación de etanol (toneladas)= 0,1378* 0,321 t = 0,044 toneladas de etanol.

Total de etanol generado= (0,044 t) *(1000 kg) / 0,789 = 56 l/t.

En el caso de la cantidad de levadura esta será en una proporción de 2 % p/v. Y una cantidad de agua de 0,023 m³ por galón (ver Anexo 5).

Macro localización:

Para determinar la ubicación de la planta de etanol a partir de los residuos sólidos orgánicos, los lugares alternativos que se han considerado para la instalación son los departamentos de Piura, Lambayeque y La libertad, dado que uno de sus principales factores favorables es la cercanía hacia nuestros clientes que son las refinerías. Para ello se usó el método de ranking de factores, y se tuvo en cuenta los siguientes factores: disponibilidad de materia prima, mano de obra calificada, vías de comunicación y transporte, cercanía al mercado, costo por hectárea, servicios públicos, y disponibilidad de terreno.

Con relación a los resultados obtenidos al comparar los diferentes factores en los departamentos de Piura, Lambayeque y La Libertad, el lugar que obtuvo la mayor ponderación fue Lambayeque con un puntaje de 3,55. (Ver *Anexo 6*).

Micro localización:

Después de haber determinado la ubicación a nivel macro se determinó la ubicación de la planta a nivel micro, el cual nos indicara cuál de las alternativas es la mejor dentro de la zona que se ha elegido anteriormente, dentro de la zona se consideró las siguientes alternativas de ubicación de la planta industrial: Mórrope, Olmos, Lambayeque debido a que se tienen cercanía al mercado. Para determinar la ubicación a nivel micro se optó por usar el método de ranking de factores.

Con relación a los resultados obtenidos al comparar los diferentes factores en las ciudades de Lambayeque, Mórrope y Olmos, el lugar que obtuvo la mayor ponderación fue Mórrope con un puntaje de 3,40. (Ver *Anexo 7*)

Proceso de producción:

Debido a que el objetivo del proyecto es producir Etanol a base del tratamiento de los residuos orgánicos Municipales, por tanto, el proceso tendría como entradas principales de materia prima a los residuos orgánicos y como producto final sería el Etanol. Producto que puede ser utilizado con productos como la gasolina, con un fin específico de reducir la contaminación atmosférica, cuanto dicho producto es usado en los diferentes vehículos.

De acuerdo estudios del proyecto español de una planta productora de Etanol a partir de desechos, PERSEO, la FORSU (fracción orgánica de residuos sólidos urbanos) cuya composición está dada por vegetales, alimentos y madera; por dicha composición se considera similar a un material Lignocelulósico. Este material posee un alto contenido de polisacáridos de origen celulósico y hemicelulósico, además de una considerable proporción de lignina. El material lignocelulósico se encuentra específicamente en la materia orgánica, como son en los residuos vegetales, de alimentos, madera, y urbanos. En este caso el contenido de polisacáridos varía de acuerdo con la composición de este. En su mayor parte están compuestos por dos polímeros de carbohidratos, celulosa (35-50%), hemicelulosa (15-25%), y lignina (20-25%). En tanto el proceso está centrado en el tratamiento de un material lignocelulósico, el cual comprende las siguientes etapas [27]:

- Recepción: disposición de la FORSU en la planta de procesamiento.
- Pesado: la materia prima que ingresa es pesada en una balanza por ejes, ubicada en el área de pesado.

- Almacenamiento: una vez ingresada la materia prima esta es almacenada en silo para su posterior tratamiento.
- Secado: la materia prima es secada en una maquina a vapor en el cual se elimina la humedad contenida en los residuos, y de esta manera en la siguiente operación estos puedan ser triturados.
- Triturado: los residuos ya secos pasan al proceso en el cual son molidos con el fin de romper las cadenas de celulosa y facilitar el posterior acceso de las enzimas.
- Hidrolisis acida: la mezcla anterior pasa a un reactor en el cual se agrega acido diluido y agua, con el fin de hidrolizar la celulosa y hemicelulosa a azucares monoméricos. El proceso se da a una temperatura de 135°C.
- Fermentación: el jarabe obtenido pasa a un fermentador en el cual se agrega levadura *Saccharomyces cerevisiae* y se regula el pH a 4,5, a una temperatura de 3°C. En este proceso las levaduras toman estos azucares y van generando alcohol.
- Destilación: ya obtenida la mezcla alcohólica, es pasada por tres columnas de destilación, la primera columna conocida como columna de vinos separa los vapores alcohólicos del mosto fermentado teniéndose como residuo la vinaza, luego pasa a una columna purificadora donde se reduce las impurezas del alcohol extrayendo los productos más volátiles que el alcohol etílico, obteniéndose un alcohol entre 75% y 85% de pureza, y finalmente pasa a una torre de rectificación y enfriamiento donde se concentra el alcohol hasta obtener una pureza entre 95,7% a 96,5%.
- Deshidratación: el etanol al 96,5% se lleva a un tanque de deshidratación con tamices moleculares, donde se obtiene Etanol de pureza al 99,98 %, el proceso de separación opera en fase vapor y está conformado por dos lechos de tamiz molecular, en un primer lecho se lleva a cabo la deshidratación, y de manera paralela, en un segundo tamiz se lleva a cabo la operación de regeneración. Esta se logra recirculando parte de los vapores de etanol anhidro con el fin de retirar la humedad acumulada. Además, integran el sistema un vaporizador, que hace pasar vapores de etanol azeotrópico a alta presión, dos condensadores, un separador y una bomba [28].

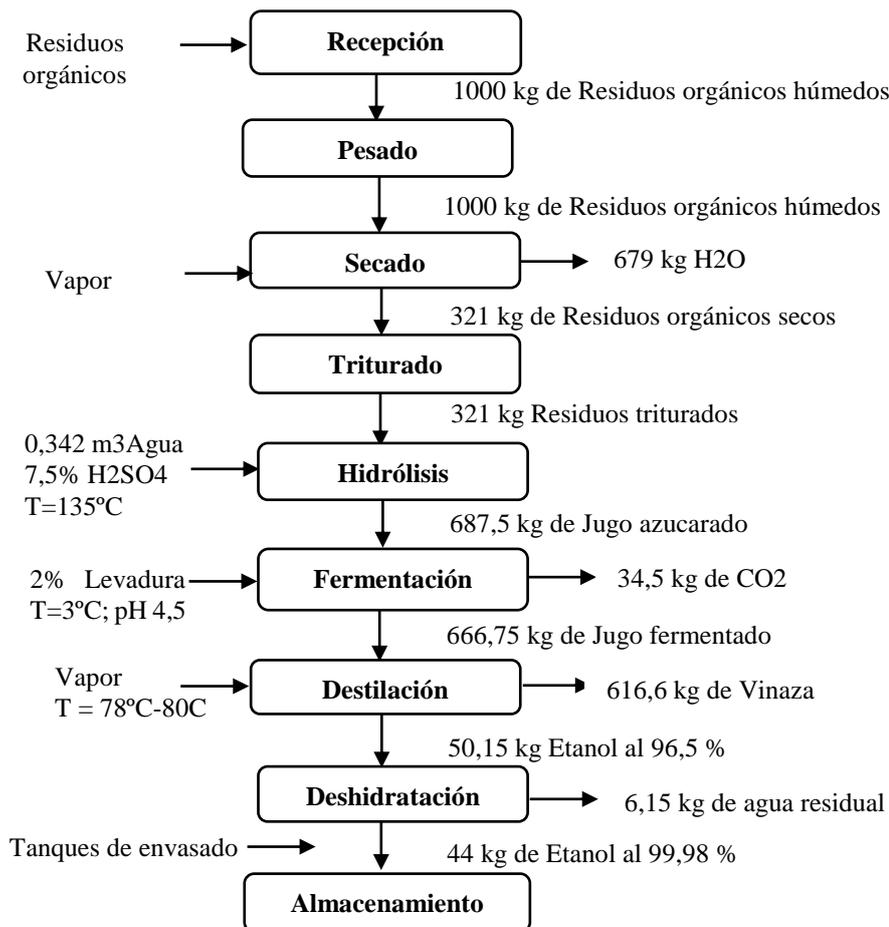


Figura 3: Balance de materiales del proceso de producción.

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad de planta

Para la capacidad de diseño de este proyecto se consideró la capacidad de producción del año 2025 debido a que esta es la más alta en el cual se llegara a producir 277 108 galones de etanol. Para este proyecto se trabajará 24 días/mes durante los 12 meses del año. Así mismo en post de que la demanda tienda en aumento, en la capacidad de diseño se adiciono 5% más. Teniendo de esta manera los siguientes resultados:

$$\text{Capacidad diseñada} = \frac{277\,108 \text{ galones}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} * \frac{1 \text{ mes}}{24 \text{ días}} * 1,05$$

$$\text{Capacidad diseñada} = \frac{1\,010,29 \text{ galones}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ litro}}{0,26417 \text{ galones}}$$

$$\text{Capacidad diseñada} = \frac{3\,824,39 \text{ litros}}{\text{día}}$$

Por tanto, la planta tendrá una capacidad de diseño para la producción de 1 010 galones, siendo 3 824,39 litros de etanol por día.

En cuanto a la capacidad real se entiende como a la capacidad que la planta efectivamente llega a producir. Para el cálculo se tuvo en cuenta la capacidad de producción del primer año que es de 235 851 galones de etanol. Para este proyecto se trabajará 24 días/mes durante los 12 meses del año.

$$\text{Capacidad real} = \frac{235\,851 \text{ galones}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} * \frac{1 \text{ mes}}{24 \text{ días}}$$

$$\text{Capacidad real} = \frac{818,93 \text{ galones}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ litro}}{0,26417 \text{ galones}}$$

$$\text{Capacidad real} = \frac{3\,100 \text{ litros}}{\text{día}}$$

La capacidad real para el primer año de producción la planta producirá 818,93 galones, siendo 3 100 litros de etanol por día.

A partir de los datos anteriores de capacidad de diseño y capacidad real se procedió a calcular la capacidad utilizada para el primer año de operación.

$$\text{Capacidad utilizada} = \frac{\text{capacidad real}}{\text{capacidad diseñada}}$$

$$\text{Capacidad utilizada} = \frac{\frac{3\,100 \text{ litros}}{\text{día}}}{\frac{3\,824,39 \text{ litros}}{\text{día}}}$$

$$\text{Capacidad utilizada} = 81\%$$

Por tanto, para el primer año de producción se tendrá una capacidad utilizada del 81%.

Indicadores de producción:

Como primer indicador se tiene la productividad, este se calculó con respecto a la materia prima que son los residuos orgánicos, teniendo en cuenta que ingresan 321 kg de residuos orgánicos en seco y de esta proporción se obtiene 56 litros de etanol que en peso son 44 kg.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{producción obtenida}}{\text{cantidad de recursos necesarios}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{44 \text{ kg de etanol}}{321 \text{ kg de residuos orgánicos en seco}}$$

$$\text{Productividad} = 13,71\% \frac{\text{kg de etanol}}{\text{kg de residuos orgánicos en seco}}$$

Es decir que la planta industrial de etanol tendrá una productividad con respecto a materia prima del 13,71%

Luego Para realizar el balance de línea es primordial conocer la cantidad de estaciones y la eficiencia de la planta. Así mismo se debe conocer los tiempos de cada operación y las capacidades de la maquinaria.

$$\text{Tiempo de ciclo (C)} = \frac{\text{tiempo base (tb)}}{\text{producción de cada máquina (P)}}$$

$$\text{A. Secado} = \frac{60 \text{ min}}{2\,720 \text{ kg/h}} = 0,022 \text{ min/kg}$$

$$\text{B. Triturado} = \frac{60 \text{ min}}{874 \text{ kg/h}} = 0,069 \text{ min/kg}$$

$$\text{C. Hidrólisis} = \frac{60 \text{ min}}{1\,870 \text{ kg/h}} = 0,032 \text{ min/kg}$$

$$\text{D. Fermentación} = \frac{60 \text{ min}}{1\,964 \text{ kg/h}} = 0,031 \text{ min/kg}$$

$$\text{E. Destilación y deshidratación} = \frac{60 \text{ min}}{1\,814 \text{ kg/h}} = 0,033 \text{ min/kg}$$

Teniendo en cuenta el tiempo del proceso y tiempo de ciclo de 0,069 min/kg se determinó un número de estaciones arrojando como resultado un total de 3:

$$\text{N}^\circ \text{ estaciones} = \frac{\sum \text{tiempo de cada área}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ estaciones} = \frac{0,187 \text{ min/kg}}{0,069 \text{ min/kg}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ estaciones} \cong 3 \text{ estaciones}$$

En cuanto a la eficiencia, la planta de etanol laborará a una eficiencia de 90%.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{tiempos de cada área}}{\text{N}^\circ \text{ estaciones} * \text{tiempo de ciclo}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{0,187}{(3) * (0,069)}$$

$$\text{Eficiencia} = 90\%$$

A partir del número de estaciones se obtuvo el siguiente balance para el proceso de producción:

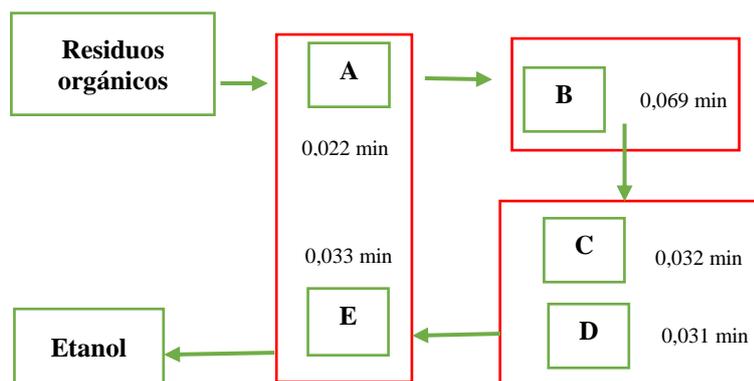


Figura 4: Balance de línea del proceso.

Fuente: Elaboración propia

En tanto la productividad de mano de obra se tuvo como resultado que cada operario debe procesar 294,15 litros por día. Para el cual en el proceso productivo se consideró 3 operarios cada turno, además en la etapa de recepción y pesado 1 operario, y en la etapa de almacén de materia prima y producto terminado 1 operario por cada turno. Por tanto, la planta industrial cuenta con 13 operarios.

$$\text{productividad de MO} = \frac{\text{producción obtenida}}{\text{mano de obra}}$$

$$\text{Productividad de MO} = \frac{3\,824 \text{ litros de etanol}}{13 \text{ operarios}}$$

$$\text{Productividad de MO} = \frac{294,15 \text{ litros}}{\text{operario}}$$

Requerimiento de maquinaria y/o equipos:

Para la producción se requiere maquinaria, la cotización de estas se obtuvieron de catálogos de empresas y páginas web (*ver anexo 8*), a continuación se detalla la cantidad requerida para el proceso: la maquinaria está dada por 1 balanza de ejes, 1 elevador de cangilones, 1 silo de almacenamiento, 2 cintas transportadoras, 1 secador de residuos, 1 triturador, 1 reactor continuo, 5 fermentadores, 1 sistema de destilación, 1 caldero de vapor, y 1 tanque de almacenamiento de etanol. Haciendo en total 16 maquinarias.

Distribución de planta:

El terreno estará ubicado en la carretera panamericana norte km 8 en el Distrito de Mórrope, entre el centro poblado Cruz de Medianía y el Distrito de Lambayeque. Se estimo tomar dicho terreno en cierta ubicación para la instalación de la planta industrial de etanol, debido a que en el análisis a nivel Micro localización se consideraban factores importantes para ello como es la cercanía o disponibilidad de materia prima, el costo que incurre dicho terreno, la disponibilidad de mano de obra, los cuales influyeron en gran parte en ello, así mismo otras condiciones como es que el terreno no este poblado y que no se vea afectado la flora y fauna del lugar.

El tipo de distribución para la planta de bioetanol será en línea, en el cual la materia prima que son los residuos orgánicos pasará de un proceso a otro formando una secuencia. Para ello es necesario que la maquinaria esta ordenada de acuerdo con la secuencia de las operaciones.

Así mismo teniendo en cuenta el recorrido mínimo entre operaciones la distribución de las maquinas se darán en forma de “U”.

A partir de las dimensiones de la maquinaria y equipos, como también las áreas que conformaran la empresa, haciendo uso del método de Guerchet se determinó que se requiere un área total de 1 228,82 m² (Ver *Anexo 9*).

Luego de haber calculado el área y espacios que se requerirán, se analizó la disposición de estas áreas con la ayuda de una matriz de relaciones, obteniéndose de esta manera que tan cercano debe estar un área de otra.

De esta relación se obtuvo que tanto las áreas de recepción de materia prima y de producción deben estar absolutamente próximos al igual que las áreas de producción y producto terminado, así mismo se pudo inferir que es indeseable la cercanía de los SS. HH de producción y área administrativa, así mismo es ordinario que se encuentre cerca el área de comedor con SS. HH (Ver *anexo 10*). Definidas las áreas se elaboró el plano de la planta industrial de etanol, quedando de la siguiente manera:

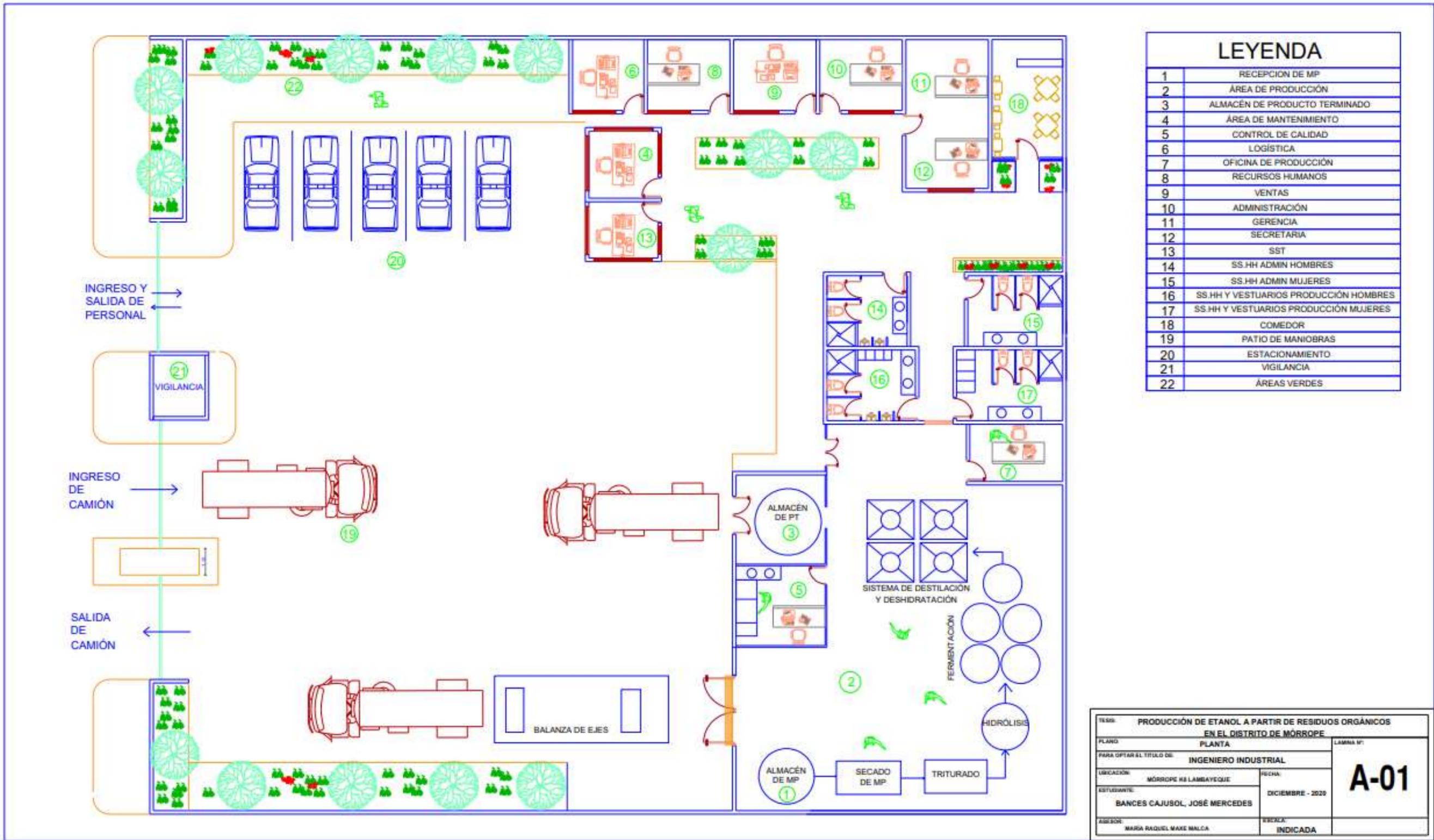


Figura 5: Plano de la planta industrial de etanol anhidro.

Fuente: Elaboración propia.

Estructura organizacional:

La estructura organizacional de la empresa estará definida por áreas y cada área estará formado por un jefe, este debe tener necesariamente los conocimientos y habilidades que se requieren para poder desempeñar de la mejor manera el cargo. La empresa contara con un total de 27 trabajadores entre operarios y administrativos (*Ver anexo 11*).

➤ Viabilidad económica-ambiental

Inversión:

Inversiones se llaman al acto mediante el cual se hace la adquisición de bienes o servicios con el fin de obtener ingresos o rentas a un periodo de largo plazo. Es decir, al empleo de un monto de capital en cualquier tipo de negocio o actividad con el fin de obtener un incremento. Pero para ello el inversionista previo a ello debe evaluar a la empresa a la cual le concederá su dinero para determinar con un comité de inversiones que supervise el desarrollo de la organización y el cumplimiento de las metas propuestas. Dentro de inversiones se encuentra la inversión tangible e intangible, así mismo el capital de trabajo necesario para poder empezar la operación en los primeros meses, teniéndose como inversión total el monto de S/ 1 432 022,16. A continuación se detalla la inversión:

Tabla 7: Inversión total para la planta de etanol anhidro.

Descripción	Inversión Total S/	Promotores Del Proyecto S/	Socio Estratégico	Financiamiento
Capital De Trabajo	S/202 380,65		S/202 380,65	
Inv. tangible				
Terrenos	S/174 000,00	S/174 000,00		
Construcciones	S/235 655,06			S/235 655,06
Infraestructura Ind.	S/161 835,70			S/161 835,70
Maquinaria	S/403 383,00			S/403 383,00
Equipos de producción	S/33 744,92	S/33 744,92		
Equipo de oficina	S/32 290,00	S/32 290,00		
Transporte	S/82 424,00		S/82 424,00	
Total de Inversión tangible	S/1 123 332,68	S/240 034,92	S/82 424,00	S/800 873,76
Inv. intangible				
Estudios	S/20 000,00	S/20 000,00		
Gastos preoperativos	S/18 117,30		S/18 117,30	
Total inversión intangible	S/38 117,30	S/20 000,00	S/18 117,30	
Imprevistos 5%	S/68 191,53	S/13 001,75	S/15 146,10	S/40 043,69
Inversión Total	S/1 432 022,16	S/273 036,67	S/318 068,05	S/840 917,45
Porcentaje	100%	19%	22%	59%

Fuente: Elaboración propia.

Del total de inversión el 59% será financiado por el Banco “BANBIF”, por el motivo de que su tasa de interés es del 7%, lo cual es conveniente para la empresa obtenerlo. Así mismo porque el banco acepta prepagos para amortizar el capital de la deuda. El monto será financiado por el plazo de 5 años.

Presupuesto de costos:

Para la producción durante los 5 años proyectados incurren costos por el cual se presupuestó los costos de producción, gastos administrativos, gastos de comercialización, y gastos financieros, teniendo como resultado el costo total por año.

Tabla 8: Resumen total de costos.

	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Costos de Producción					
Materia prima	S/2 190 377,36	S/2 287 666,73	S/2 386 617,25	S/2 482 431,95	S/2 577 667,96
Mano de Obra Directa	S/101 779,20				
Gastos generales de fabricación	S/136 411,29				
COSTO VARIABLE TOTAL	S/2 428 567,85	S/2 525 857,22	S/2 624 807,74	S/2 720 622,44	S/2 815 858,45
Gastos de Operaciones					
Gastos Administrativos	S/477 539,60				
Gastos de comercialización	S/141 096,00				
Gastos financieros	S/227 047,71	S/215 274,87	S/203 502,02	S/191 729,18	S/179 956,33
COSTO FIJO TOTAL	S/845 683,31	S/833 910,47	S/822 137,62	S/810 364,78	S/798 591,93
COSTO TOTAL	S/3 274 251,16	S/3 359 767,69	S/3 446 945,36	S/3 530 987,21	S/3 614 450,39

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 8 se obtiene que para el año 5 de operación se tendrá un costo total de S/ 3 614 450,39 para poder atender la demanda.

Punto de equilibrio económico:

La empresa para saber cuánto cual es el punto en el que no se generen ingresos ni pérdidas, necesita saber cuál es su punto de equilibrio, por el cual teniendo en cuenta la siguiente fórmula se determinó que para el primer año se deben producir más de 191 080 galones de etanol para obtener ingresos (ver *anexo 12*):

$$\text{Punto de equilibrio económico} = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{\text{Ingresos}}}$$

Depreciación:

Durante los años los bienes son depreciados un cierto porcentaje dependiendo el tiempo de vida útil de cada uno, para esto la empresa cuenta con un monto de S/ 949 332,68 en activos de los cuales anualmente se deprecian S/ 83 283,15. (Ver *anexo 13*).

Estado de ganancias y pérdidas:

El estado de resultados de ganancias y pérdida muestra la rentabilidad de la empresa durante un lapso determinado, es decir las ganancias o pérdidas que esta espera obtener durante los primeros 5 años.

Tabla 9: Estado de ganancias y pérdidas

	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Ingresos totales	S/3 470 660,06	S/3 649 407,08	S/3 784 168,35	S/3 845 359,83	S/3 948 548,63
Costos de producción	S/2 428 567,85	S/2 525 857,22	S/2 624 807,74	S/2 720 622,44	S/2 815 858,45
Utilidad bruta	S/1 042 092,21	S/1 123 549,86	S/1 159 360,61	S/1 124 737,40	S/1 132 690,18
Gastos administrativos	S/477 539,60				
Gastos de comercialización	S/141 096,00				
Depreciación	S/83 283,15				
Utilidad operativa	S/340 173,46	S/421 631,11	S/457 441,86	S/422 818,65	S/430 771,43
Gastos de financiamiento (Intereses)	S/58 864,22	S/47 091,38	S/35 318,53	S/23 545,69	S/11 772,84
Utilidad antes del impuesto	S/281 309,24	S/374 539,73	S/422 123,33	S/399 272,96	S/418 998,58
Impuesto a la renta (30%)	S/84 392,77	S/112 361,92	S/126 637,00	S/119 781,89	S/125 699,58
UTILIDADES NETAS	S/196 916,47	S/262 177,81	S/295 486,33	S/279 491,07	S/293 299,01

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el cuadro de estados y ganancias y pérdidas sin tener en cuenta la inversión realizada, se tendrá para el año 1 una utilidad neta de S/ 196 916,47.

Flujo de caja:

En la tabla siguiente se muestra el flujo de caja anual para los primeros 5 años, el cálculo del flujo de caja permite a la organización determinar su rentabilidad. También me permite determinar la viabilidad del proyecto para el cual es necesario calcular el VAN y TIR.

Tabla 10: Flujo de caja anual.

AÑOS	0 año	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Inversión						
Capital social	S/ 591 104,72					
Préstamos a CP y LP	S/ 840 917,45					
Total inversión	S/ 1 432 022,16					
INGRESOS						
Cobranzas ventas año (Contado)		S/ 3 470 660,06	S/ 3 649 407,08	S/ 3 784 168,35	S/ 3 845 359,83	S/ 3 948 548,63
TOTAL INGRESOS		S/ 3 470 660,06	S/ 3 649 407,08	S/ 3 784 168,35	S/ 3 845 359,83	S/ 3 948 548,63
EGRESOS						
Costos de producción		S/ 2 428 567,85	S/ 2 525 857,22	S/ 2 624 807,74	S/ 2 720 622,44	S/ 2 815 858,45
Gastos administrativos		S/ 477 539,60				
Gastos de comercialización		S/ 141 096,00				
Gastos financieros		S/ 227 047,71	S/ 215 274,87	S/ 203 502,02	S/ 191 729,18	S/ 179 956,33
Depreciación		S/ 83 283,15				
TOTAL EGRESOS		S/ 3 357 534,31	S/ 3 443 050,84	S/ 3 530 228,51	S/ 3 614 270,36	S/ 3 697 733,54
SALDO BRUTO (antes de impuestos)						
		S/ 113 125,75	S/ 206 356,25	S/ 253 939,84	S/ 231 089,47	S/ 250 815,10
Impuestos a la renta		S/ 33 937,73	S/ 61 906,87	S/ 76 181,95	S/ 69 326,84	S/ 75 244,53
SALDO (Después de impuestos)		S/ 79 188,03	S/ 144 449,37	S/ 177 757,89	S/ 161 762,63	S/ 175 570,57
Depreciación		S/ 83 283,15				
SALDO FINAL (Déficit/Superávit)	-S/ 591 104,72	S/ 162 471,18	S/ 227 732,52	S/ 261 041,04	S/ 245 045,78	S/ 258 853,72
UTILIDAD ACUMULADA	-S/ 591 104,72	-S/ 428 633,54	-S/ 200 901,02	S/ 60 140,02	S/ 305 185,80	S/ 564 039,51

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 10 se puede deducir que durante el año 1 y 2 la utilidad que tendrá la empresa será negativa y durante el año 3 empezará a tener ingresos positivos.

Tasa mínima aceptable de rendimiento:

Para determinar el TIR es necesario determinar la tasa mínima de rentabilidad, teniendo en cuenta la tasa de inflación en el país, el porcentaje que desean ganar los inversores y su porcentaje de participación. Teniéndose una tasa de inflación de 2%, y una ganancia de 12%, 13% y 7% para la inversión propia, socio estratégico y la entidad bancaria respectivamente. Se obtiene un TMAR de 10%.

Valor presente neto:

El valor presente neto también conocido como VAN corresponde al valor presente de los flujos de caja netos resultados de una inversión. Además es un indicador que me permite determinar la viabilidad del proyecto. Si el VAN es positivo el proyecto sigue adelante si es por el contrario este debe rechazarse. Resultando el valor presente neto es de S/ 266 410,61.

Tasa de rentabilidad económica y social

El TIR es un indicador que me permite determinar la rentabilidad de la inversión, en la cual este al ser mayor significa mayor rentabilidad, y si es menor a la tasa mínima aceptable de rendimiento que es 10% el proyecto no es viable económicamente. En este caso se tiene un TIR de 25%, lo que significa que el proyecto es rentable.

Relación costo/beneficio:

La relación beneficio costo me permite saber cuánto se ganará por cada sol invertido. Haciendo el cálculo da como resultado un costo/beneficio de S/ 0,45, es decir por cada sol invertido se genera una ganancia de S/ 0,45.

Análisis de sensibilidad precio:

De acuerdo al análisis si el precio disminuye 1% se tiene un TIR de 15% lo cual es mayor al TMAR lo que significa que el proyecto es rentable, sin embargo, si baja 3%, el proyecto ya no sería rentable ya que se obtiene un TIR de 4%. (Ver anexo 14)

Análisis de sensibilidad materia prima:

Del análisis de materia prima se tiene que si este aumenta 2% se tiene un TIR de 15% lo cual es mayor al TMAR lo que significa que el proyecto es rentable, sin embargo, si aumenta 4%, el proyecto ya no sería rentable ya que se obtiene un TIR menor al TMAR. (Ver anexo 15)

Análisis de sensibilidad Mano de obra:

Según el análisis de sensibilidad de mano de obra se tiene que, si el sueldo de los colaboradores aumenta, la tasa interna de retorno es rentable ya que oscila en 20% mayor al TMAR deseado. (ver anexo 16)

Estudio de sostenibilidad ambiental:

Para la identificación de cuál es el impacto ambiental del proyecto se hará uso de la matriz de Leopold, que consiste en una matriz que en su análisis está compuesta por factores ambientales y las fases que serán causa de los posibles impactos. Y a partir de ello podemos determinar que factor está siendo afectados negativamente en una mayor proporción, y de esta manera poder aplicar acciones para reducir el impacto ocasionado [29].

Entre los factores ambientales tomados en cuenta en la evaluación se tienen: calidad del aire, ruido, caudal y calidad del agua, calidad del suelo, ecosistemas marinos y terrestres, flora y fauna, migración de población, empleo, salud, actividad comercial, y paisaje visual.

Así mismo entre las actividades que pueden generar impactos positivos como negativos, se encuentran divididos en dos grupos (construcción y operación); en la parte de construcción se tiene movimiento de materiales de construcción, remoción de suelo y levantamiento de planta; y en la parte de operación de la planta se tiene la recepción, pesado, secado, triturado, hidrolisis, fermentación, destilación, deshidratación y almacenamiento.

Para cada actividad se identificaron los siguientes impactos:

- Movimiento de materiales de construcción: Contaminación del aire con polvo movimiento de material, contaminación acústica por ruido de maquinaria, contaminación del aire por la emisión de gases de maquinaria de construcción.
- Remoción de suelo: Contaminación del suelo por algún derrame de combustible de maquinaria, generación de empleo, ingresos a la economía, compactación del suelo por el movimiento de la maquinaria pesada.
- Levantamiento de planta: Contaminación del aire, debido a la propagación de material particulado, generación de empleo, accidentes y enfermedades ocupacionales.
- Operación de la planta: Contaminación acústica por ruido y vibración de maquinaria en el proceso industrial, enfermedades laborales, accidentes laborales, contaminación del aire por emisiones generadas en el proceso, contaminación del agua y suelo por los residuos generados en el proceso.

A partir de ello se elaboró la matriz de Leopold como se observa en el (*Anexo 17*) teniendo como resultado el Medio socioeconómico es el menos afectado, ya que su impacto genera una puntuación de 40. El siguiente menos afectado es el Medio integrado, con -66 y el medio ecológico con -67. El Medio Físico es el componente con mayor afectación, y está representado con un valor de -352. El impacto total que implica el desarrollo de las actividades está denotado en un total de -445.

Como medidas de mitigación se propuso lo siguiente:

- Contaminación del aire con polvo movimiento de material: disposición de materiales en lugares cercanos a la obra para evitar recorridos innecesarios.
- Contaminación acústica por ruido de maquinaria: inspeccionar el correcto funcionamiento de la maquinaria, y verificar antes de iniciar las operaciones.
- Contaminación del aire por la emisión de la maquinaria de construcción: acondicionamiento de terreno para el transporte de maquinaria y evitar levantamiento de material particulado.
- Contaminación del suelo por algún derrame de combustible de maquinaria: alimentar maquinaria con combustible y aceite en un lugar apto y antes de iniciar la labor.
- Compactación del suelo por el movimiento de la maquinaria pesada: señalar el terreno por el cual se transitará la maquinaria evitando el compacto de más superficie.
- Contaminación del aire, debido a la propagación de material particulado: acondicionamiento de terreno para el transporte de maquinaria y evitar levantamiento de material particulado, señalar el terreno por el cual se transitará la maquinaria evitando mayores emisiones de material particulado.
- Accidentes y enfermedades ocupacionales: capacitación de personal antes de iniciar la labor, brindar EPP'S y capacitar para su correcto uso.
- Contaminación acústica por ruido y vibración de maquinaria en el proceso industrial: verificar su correcto funcionamiento de la maquinaria de producción, brindar EPP'S y capacitar para su correcto uso.
- Enfermedades laborales: brindar EPP'S y capacitar para su correcto uso para así evitar enfermedades en el personal.
- Accidentes laborales: brindar EPP'S y capacitar para su correcto uso para así evitar cualquier accidente en la labor.
- Contaminación del aire por emisiones generadas en el proceso: tener de conocimiento de los LMP para las emisiones de acuerdo con el ministerio del ambiente.

- Contaminación del agua y suelo por los residuos generados en el proceso: tratamiento de las aguas residuales para evitar así disminuir la contaminación al agua y suelo, aprovechamiento de la vinaza como abono y mejorador de suelo, colocación de tachos de basura para cada tipo de residuo.

➤ **Discusiones**

De acuerdo con el análisis del mercado en la región de Lambayeque existe una demanda insatisfecha para el consumo de bioetanol combustible, lo cual es una oportunidad para producir este producto. Para ello Martínez y Montoya [15] en su investigación “Análisis preliminar de la viabilidad de obtención de bioetanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos”, confirma que este producto posee un amplio mercado, actualmente está siendo producido de la caña de azúcar, almidón de maíz, los cuales pueden afectar la sostenibilidad alimentaria y el precio de los alimentos.

Para el proceso de producción se tomó en cuenta pasar por un proceso de hidrólisis antes de la fermentación ya que esto permitirá eliminar el requisito de enzimas amilasas como lo manifiestan Peyman, Keikhosro, Mohammad [18] en su investigación, además actuará como un tratamiento para la mejora de las fracciones de lignocelulosas, obteniendo de esta manera un máximo rendimiento. El uso del proceso de hidrólisis lo manifiestan varios autores Thapa [19], Araujo [17], Peyman [16] y Martínez [15], es por ello que para este proyecto no se dejó de lado este proceso obteniéndose de esta manera por cada tonelada de residuos orgánicos 56 litros de etanol con un grado alcohólico de 99,98.

Con lo referente a la evaluación económica el proyecto tendrá una inversión total de S/1 432 022,16, para una capacidad de 1 101 425 litros al año, mucho menor al que estimó Borja, López y Celis [30] en su investigación para la producción de alcohol carburante a partir de caña de azúcar siendo su inversión para la misma capacidad de S/1 591 604,47, esto debido a que la materia prima que se utilizara para el proyecto que son los residuos orgánicos, solo repercutirán en costos en el tema de transporte, así mismo el lugar para la instalación de la planta propuesta son diferente en el cual los costos del terreno, de las construcciones, y los gastos preoperativos tienden a variar.

Conclusiones

La instalación de una planta industrial para la producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos en el distrito de Mórrope es viable de acuerdo con la evaluación económica-ambiental.

A partir del estudio de mercado realizado en esta investigación se determine que en la región Lambayecana existe una demanda insatisfecha en el consumo de etanol combustible, de esta demanda se determinó la demanda del proyecto teniendo una participación de 12% del total ya que menor al 15% existe una mayor seguridad. La localización de la planta de bioetanol estará localizada entre el Distrito de Mórrope y el Distrito de Lambayeque, debido a que se encuentra en una posición cercana a los lugares que generan mayor cantidad de residuos orgánicos que es la principal materia prima.

De acuerdo con el proceso productivo desarrollado se obtendrá un rendimiento de 44 kg de etanol con un grado alcohólico de 99,98%, así mismo se obtuvo una productividad de 13,71%, una eficiencia del 90% y una productividad de mano de obra de 294,15 litros/operario.

Realizando un estudio económico financiero, se determinó que el proyecto es rentable debido a que se obtuvo un valor actual neto de S/ 266 410,61 y una tasa interna de retorno de 25%. Por tanto la puesta en marcha de una planta industrial de bioetanol a partir de residuos orgánicos es viable económica y ambientalmente, ya que el TIR es mayor al TMAR que tiene un valor de 10%.

Recomendaciones

Con fines de ejecución de dicho proyecto se recomienda realizar un estudio a nivel factibilidad.

Realizar estudios para para el uso de los subproductos resultantes del proceso como es la vinaza darle uso como abono y mejoradora de suelo para los cultivos como la caña.

Realizar estudios para el tratamiento y uso de aguas residuales generados en el proceso para disminuir los contaminantes y cumplir con los límites máximos permisibles.

Referencias

- [1] A. Caballero, Ó. Martín y J. López, La gestión de residuos municipales, Madrid: MIC, 2015.
- [2] Infobae, «El atlas de los desperdicios: los países que más basura producen,» RSE & Sustentabilidad, 1 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.infobae.com/economia/rse/2017/05/01/el-atlas-de-los-desperdicios-los-paises-que-mas-basura-producen/>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [3] NACIONES UNIDAS , «Noticias ONU,» 12 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>. [Último acceso: Octubre 2019].
- [4] A. Saéz y J. Urdeneta, «Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe,» *Omnia*, vol. 20, n° 3, pp. 121-135, 2014.
- [5] INEI, «Un análisis de la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos en el Perú y sus determinantes,» Lima, 2018.
- [6] MINAM, «Taller: Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales. Meta 21,» Lima , 2018.
- [7] MINAM , «Sistema de información para la gestión de residuos sólidos,» 2015. [En línea]. Available: <http://sigersol.minam.gob.pe/2015/verInforme.php?id=1242>. [Último acceso: Octubre 2019].
- [8] J. García y J. Garcia, «biocarburantes líquidos: biodiésel y bioetanol,» Madrid, Elecé, 2006.
- [9] QUIMICA.ES, «Etanol,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Etanol.html>. [Último acceso: 1 Noviembre 2019].
- [10] Eastern Research Group, Inc, «Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte,» CEC, Montreal, 2017.
- [11] A. Abril y E. Navarro, Etanol a partir de biomasa lignocelulósica, Valencia: Aleta Ediciones, 2012.
- [12] G. Baca Urbina, Evaluación de proyectos, México: Mc Graw Hill, 2010.
- [13] L. Cuatrecasas, Diseño avanzado de procesos y plantas de produccion flexible, Barcelona: Profit, 2009.
- [14] C. Rojas, Diseño y control de produccion, Trujillo: Libertad E.I.R.L, 1996.

- [15] J. Martínez y N. Montoya, «Análisis preliminar de la viabilidad de obtención de bioetanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.,» *Producción + limpia*, vol. 8, n° 2, pp. 72-84, 2013.
- [16] M. Peyman, K. Keikhosro y T. Mohammad, «Hydrothermal processing as pretreatment for efficient production of ethanol and biogas from municipal solid waste,» *Bioresource Technology*, vol. 261, pp. 166-175, 2018.
- [17] L. Araujo, «Uso de residuos de materia orgánica del mercado Santa Rosa para la producción de bioetanol en el laboratorio de calidad, UCV – SJL, 2015,» *ECI Perú*, 2016.
- [18] M. Peyman, K. Keikhosro y T. Mohammad, «Efficient conversion of municipal solid waste to biofuel by simultaneous,» *Energy Conversion and Management*, vol. 166, pp. 569-578, 2018.
- [19] T. B, P. S, K. R y G. A, «Producción de etanol a partir de residuos sólidos municipales de India y Nepal,» *Valorisation and Recycling*, pp. 47-58, 2019.
- [20] MINAGRI, «Etanol Principalmente Usado como Combustibles,» 2015. [En línea]. Available: <http://minagri.gob.pe/portal/29-sector-agrario/azucar/249-etanol?start=3>. [Último acceso: Mayo 2020].
- [21] C. Aristizábal, «Caracterización físico-química de una vinaza resultante de la producción de alcohol de una industria licorera, a partir del aprovechamiento de la caña de azúcar,» *ResearchGate*, vol. 6, n° 2, 2015.
- [22] MINCETUR, «Reporte Regional de comercio Lambayeque,» Junio 2017. [En línea]. Available: https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/reporte_regional/RRC_Lambayeque_2017.pdf. [Último acceso: Mayo 2020].
- [23] INDECI, «Plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres ciudad de Lambayeque,» 2004. [En línea]. Available: http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_lambayeque/lambayeque/lambayeque.pdf. [Último acceso: Mayo 2020].
- [24] J. Santillana y J. Salinas, «Etanol combustible en el Perú,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.ssecoconsulting.com/etanol-combustible-en-peruacute-2017.html>. [Último acceso: Mayo 2020].
- [25] OSINERGMIN, «SCOP-DOCS,» 2019. [En línea]. Available: https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/Paginas/SCOP-DOCS/scop_docs.htm?fbclid=IwAR3Hrvfae9dcxeNr1IVIDQy0mNTkk-XIVA8UrqYizIYaCCkGwTVKjpUX-iY. [Último acceso: Mayo 2020].
- [26] OSINERGMIN, «Reglamento para la comercialización de combustibles,» 2007. [En línea]. Available: <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-021-2007-EM-CONCORDADO.pdf>. [Último acceso: Mayo 2020].
- [27] G. D. Palacios Palacios, «Análisis de la producción de bioetanol de segunda generación, a partir del aprovechamiento de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos en Bogotá - Colombia,» Bogotá, 2014.
- [28] Y. Lauzurique, L. Zumalacárregui, O. Pérez y G. Molina, «Evaluación de técnicas de deshidratación de etanol aplicando la simulación,» *DYNA*, vol. 84, n° 200, pp. 185-192, 2017.
- [29] N. Chauca, M. Schaus, J. Carrera, R. Carrillo y E. Ochoa, «Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales,» MINAM, Lima, 2018.

- [30] F. Borja, S. López y J. Celis, «Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de alcohol carburante (etanol anhidro) a partir de la caña de azúcar en la Región Loreto,» Iquitos, 2010.
- [31] PCE IBERICA S.L, «Kit de pesaje de ejes WWSK,» 2020. [En línea]. Available: https://www.pce-instruments.com/peru/slot/17/download/5909558/ficha-tecnica-serie-wwsk_1174492.pdf. [Último acceso: Junio 2020].
- [32] ALIBABA, «Alibaba.com,» 2020. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/?spm=a2700.md_es_ES.scGlobalHomeHeader.10.53602cc1sVvkm7. [Último acceso: Julio 2020].
- [33] INDUTEC PERU SAC., «Fajas transportadoras personalizadas INDUTECPERÚ,» 2020. [En línea]. Available: http://www.indutecperu.com/projects_ftp.html. [Último acceso: Junio 2020].
- [34] HARDEN, «Harden Trituradora De Doble Eje - TS303 - Talla Pequeña,» 2020. [En línea]. Available: <https://es.harden-shredder.com/pid18194397/product-detail.htm>. [Último acceso: Julio 2020].
- [35] GONGL, «Equipamento comercial do fermentador 3000L e tanque Brite,» 2020. [En línea]. Available: <https://pt.gongibrewing.com/product/3000l-commercial-fermenter-equipment-and-brite-tank>. [Último acceso: Julio 2020].

Anexos

Anexo 1: Método de Guerchet

Superficie estática: es aquella área que corresponde a cada unidad que se va a distribuir como maquinas, muebles, instalaciones, entre otros.

$$S_s = l \times a$$

Superficie de Gravitación: conforma el área para el manejo de la máquina y materiales que se están procesando, en este caso se toman para el cálculo los numero de lados accesibles para el manejo de la máquina. Y cuando la maquina o mueble es circular el número de lados a considerar son 2. Se obtiene multiplicando la S_s con el número de lados.

$$S_g = S_s \times N$$

Superficie de evolución: Es el área necesaria para la distribución de los materiales y operarios entre las estaciones de trabajo

$$S_e = (S_s + S_g) \times K$$

K es el coeficiente constante que varía dependiendo del tipo de industria:

Razón de la empresa	K
Gran industria alimenticia	0,05 – 0,15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0,1 – 0,25
Textil - hilado	0,05 – 0,25
Textil - tejido	0,05 – 0,25
Relojería, joyería	0,75 - 1
Industria mecánica pequeña	1,5 – 2
Industria mecánica	2 - 3

Fuente: Rojas, 1996 [14].

Anexo 2: Método de proyección lineal y suavizamiento exponencial.

Método de línea recta, se utiliza la siguiente fórmula $Y = a + bx$.

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \frac{\sum x}{n}$$

n= números de años; x= número de orden del año; y= valores históricos por cada año

Método de suavizamiento exponencial, se tiene en cuenta la siguiente fórmula:

Pronóstico = Alfa*(último valor) + (1-alfa) * (último pronóstico)

Alfa: 0,1; $0 < \text{Alfa} < 1$

Anexo 3: Demanda insatisfecha y porcentaje de participación de mercado.

AÑO	Demanda proyectada (Gal)	Oferta proyectada (Gal)	Proyección de la Demanda Insatisfecha (Gal)
2021	2235565	273410	1962155
2022	2322272	272964	2049308
2023	2408979	271030	2137948
2024	2495685	271906	2223780
2025	2582392	273299	2309093

Fuente: Elaboración propia

%	Calificación
100%	Riesgo máximo (no recomendable)
70 – 80 %	Alto riesgo
50%	Poco riesgo
30 – 15%	Seguridad
< 15%	Máxima seguridad

Fuente: Baca, 2010. [12]

Anexo 4: análisis de precios.

AÑO	Ventas (Gal)	Precio (S./Gal)	Ingresos (S/.)
2021	235 459	14,74	S/ 3 470 665,66
2022	245 917	14,84	S/ 3 649 408,28
2023	256 554	14,75	S/ 3 784 171,50
2024	266 854	14,41	S/ 3 845 366,14
2025	277 091	14,25	S/ 3 948 546,75

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Requerimiento de materiales.

Periodo	producción (Gal)	Materiales Directos			
		Residuos orgánicos (T)	Levadura (Kg)	Agua (m3)	Acido diluido (L)
2021-I	59 257	4 006	55 109	1 363	96 589
2021-II	58 865	3 979	54 744	1 354	95 949
2021-III	58 865	3 979	54 744	1 354	95 949
2021-IV	58 865	3 979	54 744	1 354	95 949
Total 2021	235 851	15 944	219 341	5 425	384 437
Total 2022	245 934	16 625	228 719	5 656	400 873
Total 2023	256 572	17 344	238 612	5 901	418 212
Total 2024	266 871	18 040	248 190	6 138	434 999
Total 2025	277 108	18 733	257 711	6 373	451 686

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Evaluación de localización a nivel macro.

ITEM	FACTORES
F1	Disponibilidad de materia prima
F2	Mano de Obra calificada
F3	Vías de comunicación y transporte
F4	Cercanía al mercado
F5	Costo por hectárea
F6	Servicios públicos (energía, agua, entre otros)
F7	Disponibilidad de Terreno

Fuente: Elaboración propia.

Variables	Ponderación del factor (%)	Piura		Lambayeque		Trujillo	
		C	P	C	P	C	P
Disponibilidad de materia prima	15%	4	0,60	4	0,60	4	0,60
Mano de Obra calificada	15%	2	0,30	3	0,45	2	0,30
Vías de comunicación y transporte	20%	3	0,60	3	0,60	3	0,60
Cercanía al mercado	15%	4	0,60	4	0,60	3	0,45
Costo por hectárea	5%	3	0,15	4	0,20	3	0,15
Servicios públicos (energía, agua, entre otros)	10%	3	0,30	3	0,30	3	0,30
Disponibilidad de Terreno	20%	4	0,80	4	0,80	2	0,40
Total			3,35		3,55		2,80

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Evaluación de localización a nivel micro.

ITEM	FACTORES
F1	Disponibilidad de materia prima
F2	Mano de Obra calificada
F3	Vías de comunicación y transporte
F4	Cercanía al mercado
F5	Costo por hectárea
F6	Servicios públicos (energía, agua, entre otros)
F7	Disponibilidad de Terreno

Fuente: Elaboración Propia

Variables	Ponderación del factor (%)	Lambayeque		Mórrope		Olmos	
		C	P	C	P	C	P
Disponibilidad de materia prima	15%	4	0,60	4	0,60	4	0,60
Mano de Obra calificada	15%	3	0,45	3	0,45	2	0,30
Vías de comunicación y transporte	20%	3	0,60	3	0,60	3	0,60
Cercanía al mercado	15%	3	0,45	3	0,45	4	0,60
Costo por hectárea	5%	3	0,15	4	0,20	3	0,15
Servicios públicos (energía, agua, entre otros)	10%	3	0,30	3	0,30	3	0,30
Disponibilidad de Terreno	20%	2	0,40	4	0,80	3	0,60
Total			2,95		3,40		3,15

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Especificaciones técnicas de la maquinaria.

BALANZA POR EJES

Especificaciones

Marca: PCE-WWSK
 Dimensiones: (1400 x 1122 x 116) mm
 Capacidad: 30 T
 Potencia: 1 hp
 Precio: S/. 13 380,52



Descripción:

La balanza por ejes está fabricada de una estructura sólida de aluminio especial que brinda la total garantía de ligereza y permite que sea adecuada para utilizar en tiempos de trabajo difíciles. Cuenta con un interfaz que muestra el peso en tiempo real, de manera clara simple e inmediata.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de balanza debido a que diariamente se estarán transportado 3 toneladas de materia prima a la planta y se ajusta con lo requerido.

Fuente: PCE [31]

ELEVADOR DE CANGILONES

Especificaciones

Marca: TONGXIN
 Dimensiones: (10000 x 2000 x 10000) mm
 Capacidad: 5 T/h
 Potencia: 3 kW
 Precio: S/. 35 480



Descripción:

Los elevadores de la marca TONGXIN son fabricados de acero al carbono con una gran capacidad de elevación y altura. Y permiten la elevación de todo tipo de material seco como húmedo.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de elevador con dicho fin de almacenar la materia prima en un silo.

Fuente: Alibaba [32]

SILO DE ALMACENAMIENTO

Especificaciones

Marca: SRON SILO
 Dimensiones: 4,584 m de diámetro y 11,41 m de alto.
 Capacidad: 100 T
 Potencia: 3 kW
 Precio: S/. 1 774



Descripción:

Los silos SRON son fabricados para cumplir con las necesidades de diversas industrias como es las industrias del puerto marítimo, silo de granjas, silo de alimentación, centro de procesamiento de petróleo, entre otros.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de silo con el fin de almacenar la materia prima durante los días no laborables.

Fuente: Alibaba [32]

CINTA TRANSPORTADORA

Especificaciones

Marca: INDUTEC PERU SAC.
 Dimensiones: (5 x 0.76 x 0.95) m
 Capacidad: 3 T/h
 Potencia: 0,559 kW
 Precio: S/. 5 952



Descripción:

Las cintas transportadoras INDUTEC permiten el transporte de todo tipo de material como son conservas, productos alimenticios entre otros. Cuenta con una estructura de acero grado 8 y un acabado resistente al oxido.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de cinta transportadora para el transporte de la materia prima al proceso de producción.

Fuente: INDUTEC PERU SAC. [33]

SECADORA

Especificaciones

Marca: FURUI.
 Dimensiones: (3580 x 1000 x 1470) mm
 Capacidad: 3-5 T/h
 Potencia: 11 kW
 Precio: S/. 11 618



Descripción:

Las secadoras FURUI permiten que de los residuos orgánicos se elimine el agua para luego poder ser triturados. Cuenta con una estructura de acero inoxidable.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de secadora debido a que más se adapta a el tipo de materia prima.

Fuente: Alibaba. [32]

TRITURADORA DE RESIDUOS

Especificaciones

Marca: HARDEN TS303
 Dimensiones: (1520 x 730 x 1350) mm
 Capacidad: 1 T/h
 Potencia: 7,5 kW
 Precio: S/. 11 618



Descripción:

La trituradora TS 303 es adecuada para el molido en tamaños medios y finos de diferentes materiales. Es una trituradora de doble eje, cuenta con un conjunto de engranajes de transmisión.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de triturador debido a que es apto para residuos orgánicos y así mismo la serie de esta máquina es más económica.

Fuente: HARDEN. [34]

REACTOR DE AGITACION CONTINUA

Especificaciones

Marca: NEWHONGDA
 Dimensiones: diámetro de 1 750 mm y altura de 4 000 mm.
 Capacidad: 4 000 L
 Potencia: 2 kW
 Precio: S/. 5 281



Descripción:

El reactor de agitación continua es un tanque de acero inoxidable de alta resistencia a la temperatura y a la corrosión. Elaborado de acero al carbono.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de reactor con el fin de hidrolizar la materia prima triturada.

Fuente: ALIBABA. [32]

FERMENTADOR

Especificaciones

Marca: GONGL
 Dimensiones: 2 000 mm de diámetro y 3 400 mm de altura.
 Capacidad: 4 000 L
 Potencia: 2 kW
 Precio: S/. 5 281

**Descripción:**

El fermentador GONGL cuenta con un sistema de enfriamiento, lo cual le permite garantizar la velocidad de enfriamiento, así mismo ayuda a precipitar y preservar la levadura.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de reactor con el fin de poder agregar la levadura en el jugo azucarado y convertirlo en alcohol

Fuente: GONGL [35]

COLUMNAS DE DESTILACION Y DESHIDRATACION

Especificaciones

Marca: JINTA
 Dimensiones: 11 500 mm de altura y 3 350 mm de diámetro
 Capacidad: 60 m³
 Precio: S/. 281 700

**Descripción:**

Las columnas de destilación y deshidratación de la empresa JINTA cuentan con equipos de tres efectos de cinco columnas. Mediante este proceso de cinco columnas se obtiene el alcohol superfino.

Criterio de selección:

Se decidió por este tipo de columnas de destilación y deshidratación debido a que se obtiene etanol con grado de 99,9 °GL.

Fuente: Alibaba [32].

CALDERO DE VAPOR

Especificaciones

Marca: WNS3
 Dimensiones: (4 x 2 x 3,1) m
 Capacidad: 6 T/h
 Precio: S/. 17 603

**Descripción:**

Las calderas WNS3 están diseñadas especialmente para conseguir una combustión perfecta, para lo cual incluye conductos de humo y así mismos cámaras de combustión.

Criterio de selección:

Se decidió por esta caldera de vapor con el fin de poder inyectar vapor a la columna de destilación.

Fuente: Alibaba [32]

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Especificaciones

Marca: YONGNUO
 Dimensiones: 3 400 mm de largo y 2 000 mm de diámetro.
 Capacidad: 10 m³
 Precio: S/. 3 189


Descripción:

Los tanques de la marca YONGNUO son adecuados para campos como son jugos, aceites comestibles, bebida, proyecto de bioingeniería entre otros. Su estructura es de acero al carbono, acero inoxidable y fibra de vidrio

Criterio de selección:

Se decidió por este tanque de almacenamiento con el fin de almacenar el producto final, etanol a 99,98 °GL.

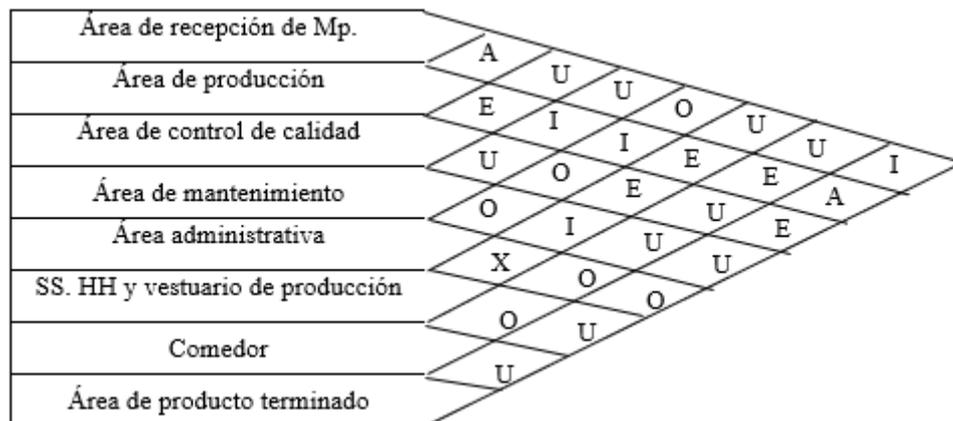
Fuente: Alibaba [32]

Anexo 9: Área total de la planta industrial de etanol.

AREAS	m ²
Área de recepción de Mp. e insumos	166,13
Área de producción	218,25
Área de producto terminado	23,53
Área de mantenimiento	11,17
Área de calidad	12,99
Área de logística	12,43
Oficina de producción	12,43
Área de RR. HH	12,43
Área de ventas	12,43
Área de administración	12,43
Área de gerencia	12,43
Área de secretaria	14,99
Área de SST	12,43
SS. HH administrativo	7,63
SS. HH y vestuarios para producción	23,69
Área de comedor	45,33
Patio de maniobra	297,68
Estacionamiento	256,01
Vigilancia	5,49
Áreas verdes	58,52
ÁREA TOTAL (m²)	1 228,82

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Relación de actividades

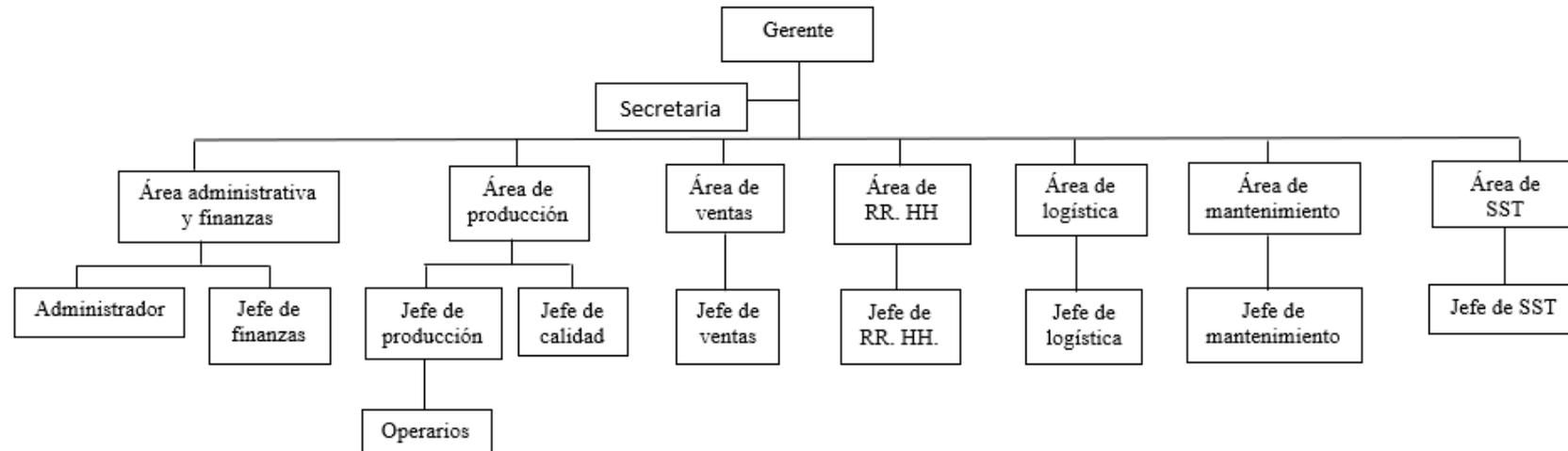


Leyenda de proximidad.

Valor	Proximidad
A	Absolutamente
E	Especialmente
I	Importante
O	Ordinario
U	Indiferente
X	Indeseable

Fuente: Rojas, 1996 [14].

Anexo 11: Estructura organizacional de la empresa.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Punto de equilibrio económico.

ITEMS	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
CV	S/2 428 567,85	S/2 525 857,22	S/2 624 807,74	S/2 720 622,44	S/2 815 858,45
CF	S/845 683,31	S/833 910,47	S/822 137,62	S/810 364,78	S/798 591,93
COSTO TOTAL	S/3 274 251,16	S/3 359 767,69	S/3 446 945,36	S/3 530 987,21	S/3 614 450,39
INGRESOS	S/3 470 660,06	S/3 649 407,08	S/3 784 168,35	S/3 845 359,83	S/3 948 548,63
P.E (económico)	S/2 816 525,50	S/2 708 628,13	S/2 683 468,06	S/2 770 552,64	S/2 783 884,90
P.E (unidades)	191 080	182 522	181 930	192 266	195 360

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13: Depreciación de bienes.

Descripción	Activos totales (S/)	Valor para depreciar (S/)	Años para depreciar	Depreciación anual
Construcciones	235 655,06	235 655,06	20	11 782,75
Infraestructura Ind.	161 835,70	161 835,70	15	10 789,05
Maquinaria	403 383,00	403 383,00	10	40 338,30
Equipos de producción	33 744,92	33 744,92	5	6 748,98
Equipo de oficina	32 290,00	32 290,00	6	5 381,67
Transporte	82 424,00	82 424,00	10	8 242,40
TOTAL	S/ 949 332,68	S/ 949 332,68		S/ 83 283,15

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Análisis de sensibilidad de precio

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS	3 470 660,06	3 649 407,08	3 784 168,35	3 845 359,83	3 948 548,63	
1%	3 435 953,46	3 612 913,01	3 746 326,66	3 806 906,24	3 909 063,14	
2%	3 401 246,86	3 576 418,94	3 708 484,98	3 768 452,64	3 869 577,66	
EGRESOS	3 357 534,31	3 443 050,84	3 530 228,51	3 614 270,36	3 697 733,54	
Impuestos a la renta	33 937,73	61 906,87	76 181,95	69 326,84	75 244,53	
Depreciación	83 283,15	83 283,15	83 283,15	83 283,15	83 283,15	
SALDO	-591 104,72	162 471,18	227 732,52	261 041,04	245 045,78	258 853,72
SALDO 1	-591 104,72	127 764,58	191 238,45	223 199,35	206 592,18	219 368,23
SALDO 2	-591 104,72	930 57,98	154 744,38	185 357,67	168 138,58	179 882,74

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Análisis de sensibilidad materia prima.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS	3 470 660,06	3 649 407,08	3 784 168,35	3 845 359,83	3 948 548,63	
2%	2 234 184,9	2 333 420,1	2 434 349,6	2 532 080,6	2 629 221,3	
3%	2 256 088,7	2 356 296,7	2 458 215,8	2 556 904,9	2 654 998,0	
M. DIRECTOS	2 190 377,4	2 287 666,7	2 386 617,3	2 482 431,9	2 577 668,0	
Otros gastos de producción	238 190,5	238 190,5	238 190,5	238 190,5	238 190,5	
Gastos de operación	845 683,3	833 910,5	822 137,6	810 364,8	798 591,9	
Otros gastos	83 283,2	83 283,2	83 283,2	83 283,2	83 283,2	
Egresos 1	3 401 341,9	3 488 804,2	3 577 960,9	3 663 919,0	3 749 286,9	
Egresos 2	3 423 245,6	3 511 680,8	3 601 827,0	3 688 743,3	3 775 063,6	
EGRESOS	3 357 534,31	3 443 050,84	3 530 228,51	3 614 270,36	3 697 733,54	
Imp. renta	33 937,73	61 906,87	76 181,95	69 326,84	75 244,53	
Depreciación	83 283,15	83 283,15	83 283,15	83 283,15	83 283,15	
SALDO	-591 104,72	162 471,2	227 732,5	261 041,0	245 045,8	258 853,7
SALDO 1	-591 104,72	118 663,6	181 979,2	213 308,7	195 397,1	207 300,4
SALDO 2	-591 104,72	96 759,9	159 102,5	189 442,5	170 572,8	181 523,7

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16: Análisis de sensibilidad mano de obra.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS		3 470 660,06	3 649 407,08	3 784 168,35	3 845 359,83	3 948 548,63
10%		11 1957.1	11 1957.1	11 1957.1	11 1957.1	11 1957.1
15%		11 7046.1	11 7046.1	11 7046.1	11 7046.1	11 7046.1
MOD		101 779.2				
Otros gastos de producción		2 326 788,6	2 424 078,0	2 523 028,5	2 618 843,2	2 714 079,3
Gastos de operación		845 683,3	833 910,5	822 137,6	810 364,8	798 591,9
Otros gastos		83 283,2	83 283,2	83 283,2	83 283,2	83 283,2
Egresos 1		3 401 341,9	3 488 804,2	3 577 960,9	3 663 919,0	3 749 286,9
Egresos 2		3 423 245,6	3 511 680,8	3 601 827,0	3 688 743,3	3 775 063,6
EGRESOS		3 357 534,31	3 443 050,84	3530 228,51	3614 270,36	3 697 733,54
Imp. renta		33 937,73	61 906,87	76 181,95	69 326,84	75 244,53
Depreciación		83 283,15	83 283,15	83 283,15	83 283,15	83 283,15
SALDO	-591 104,72	162 471,2	227732,5	261 041,0	245 045,8	258 853,7
SALDO 1	-591 104,72	152 293,3	217 554,6	250 863,1	234 867,9	248 675,8
SALDO 2	-591 104,72	147 204,3	212 465,6	245 774,2	229 778,9	243 586,8

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17: Matriz de Leopold de los impactos generados en la empresa industrial de bioetanol.

FACTORES AMBIENTALES			ACCIONES DEL PROYECTO			ETAPA DE CONSTRUCCION DE PLANTA			ETAPA DE OPERACIÓN						Impacto por subcomponente
			Movimiento de materiales de construcción.	Remoción de suelo	Levantamiento de planta	Recepción	Pesado	Secado	Triturado	Hidrolisis	Fermentación	Destilación	Deshidratación	Almacenamiento	
Físico	Aire	Calidad del aire	-3/2	-5/5	-3/2	-4/3	-4/3	-2/3	-1/3	-3/4	-3/4	-6/6	-6/6		-130
		Ruido	-5/5	-5/5	-5/5	-1/1				-1/4	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2	-1/2
	Agua superficial	Calidad			-2/2							-3/5	-3/5		-34
		caudal			-2/2						-3/3	-3/3			-22
	Suelo	Suelo /calidad del suelo	-3/2	-4/5	-4/5							-3/5	-3/5		-76
Biológico	Ecosistemas	Ecosistemas marinos										-2/3	-2/3		-12
		Ecosistemas terrestres		-2/3											-6
	Vegetación	Flora y vegetación		-5/5								-2/3	-2/3		-37
	Fauna terrestre	Aves		-2/3							-2/3				-12
Socioeconómico	Social	Migración		-2/2	-2/2										-8
		Empleo	3/2	3/2	3/5	2/3		2/3	2/3	2/3	2/3	2/3		2/3	69
		Salud		-2/2	-3/3		-1/2	-3/3	-3/3	-3/3	-3/3	-3/3	-3/3	-3/3	-3/3
	Economía	Actividad comercial		3/4	3/4	3/6								3/5	57
Integrado	Paisaje	Paisaje visual		-2/3	-5/4							-5/4	-5/4		-66
Promedios aritméticos			-31	-103	-65	11	-14	-9	-10	-26	-32	-103	-109	10	

Fuente: Elaboración propia