

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL



**Identificar y reducir el cuello de botella, para mejorar la
productividad de los procesos de la planta de biodiesel de la
Universidad Nacional Agraria la Molina**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADA POR

Bach. Díaz Silva, Lizbeth Violeta

Bach. Quispe García, Christian Oscar

Asesor: Mg. Ing. Quispe Canales, Gustavo Raúl

LIMA-PERÚ

2018

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por haberme dado la fuerza y salud para poder llevar adelante este trabajo, así como, guiarme durante todo el camino.

También, a mis padres por su constante apoyo durante mis años de estudio y en el día a día, así como, por la oportunidad de darme una carrera profesional. A mi hermana, por su constante apoyo durante toda esta etapa en la elaboración de este trabajo.

Christian Quispe

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por ser mi guía y consejero, y darme la fuerza para poder concluir este trabajo, asimismo iluminar mi mente y poner en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y mi compañía.

También, a mis padres por su apoyo y sus consejos, gracias a ellos concluí mis estudios, y ahora culmino un logro más en la etapa de mi vida.

Finalmente, a mi abuelo (papá Alamiro) que desde el cielo fue más que mi fuerza y mi ángel

Lizbeth Díaz

AGRADECIMIENTO

Nuestros sinceros agradecimientos a nuestro asesor por brindarnos todo el apoyo para culminar este trabajo de tesis, así como a nuestra universidad por darnos estos cinco años de conocimientos dentro de la carrera Ingeniería Industrial.

Christian Quispe

Lizbeth Díaz

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: MARCO SITUACIONAL.....	4
1.1 Antecedentes.....	8
1.1.1. Historia de los Biocombustibles	8
1.1.2. Definición y Características del Biodiesel	10
1.1.3. Ventajas y Desventajas del Biodiesel.....	13
1.1.4. Producción de Biodiesel a Nivel Mundial.....	15
1.1.5. Producción de Biodiesel en el Perú	21
1.1.6. Experiencia de la Producción de Biodiesel en el Perú	24
1.2 Descripción y formulación del problema general y específico	25
1.3 Objetivo general y específico	29
1.4 Importancia.....	29
1.5 Alcance	30
1.6 Limitaciones	31
CAPITULO II: MARCO TEORICO	32
2.1 Antecedentes del estudio de investigación	32
2.2 Bases teóricas.....	33
2.3 Definición conceptuales.....	34
2.4 Proyectos de investigación	34
2.5 Proyectos empresariales.....	36
2.6 Herramientas a emplear dentro del análisis de mejora de procesos	37
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS	44
3.1 Hipótesis	44

3.1.1. Hipótesis General	44
3.1.2. Hipótesis Específicos.....	44
3.2 Relación entre variables.....	44
CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	45
4.1 Tipo y nivel de investigación.....	45
4.2 Diseño de investigación	45
4.3 Población y muestra investigación	46
CAPÍTULO V: PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS EN LA INVESTIGACION DE LA PLANTA DE BIODIESEL.....	47
5.1 Descripción del proceso actual de la planta de biodiesel	48
5.2 Identificación de recursos de los procesos de la planta de biodiesel.....	60
5.3 Identificación del cuello de botella de la planta de biodiesel	62
5.4 Determinar el cuello de botella y producción del proceso actual	63
5.5 Determinar el Nivel de Servicio del proceso actual	68
5.6 Intervención de la Variable Independiente en el proceso.....	68
5.7 Determinar la reducción del cuello y producción del proceso mejorado	72
5.8 Determinar el Nivel de Servicio del proceso mejorado.....	76
5.9 Determinar los Costos de Producción y la Inversión del proceso actual.....	76
5.10 Determinar los Costos de Producción y la Inversión del proceso mejorado	77
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	81
ANEXOS	82
Anexo 1: Diagrama de Operaciones del Proceso Actual - DOP.....	82
Anexo 2: Diagrama de Operaciones del Proceso Mejorado – DOP.....	83
Anexo 3: Diagrama de Análisis del Proceso Actual – DAP	84
Anexo 4: Diagrama de Análisis del Proceso Mejorado – DAP	85
Anexo 5: Estructura del Proceso	86
Anexo 6: Distribución de Planta de Biodiesel de la Molina – Proceso Actual.....	87
Anexo 7: Distribución de Planta de Biodiesel de la Molina – Proceso Mejorado	88
Anexo 8: Muestra de Toma de Tiempo Estándar del Proceso Actual de Planta de Biodiesel de la Molina	89

Anexo 9: Identificación del Tamaño de la Muestra Proceso Actual.....	90
Anexo 10: Muestra de Toma de Tiempo Estándar del Proceso Mejorado de Planta de Biodiesel de la Molina	91
Anexo 11: Identificación del Tamaño de la Muestra Proceso Mejorado	92
Anexo 12: Costo de Producción del Proceso Actual de la Planta de Biodiesel	93
Anexo 13: Costo de Producción del Proceso Mejorado de la Planta de Biodiesel	96
Anexo 14: Tiempo y Producción por Lote del Proceso Actual de la Planta de Biodiesel	99
Anexo 15: Tiempo y Producción por Lote del Proceso Mejorado de la Planta de Biodiesel.....	100
Anexo 16: Ficha Técnica de Colador Industrial.....	101
Anexo 17: Ficha Técnica de Maquina de Intercambiador de Calor.....	102
Anexo 18: Ficha Técnica de Maquina de Chiller (enfriador)	103
Anexo 19: Calculo de la Producción Promedio Actual.....	104
Anexo 20: Calculo de la Producción Promedio Mejorado.....	105

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Demanda Nacional e Importada de Biodiesel - Perú.....	2
Tabla 2: Clasificación de combustibles Fósiles	5
Tabla 3: Consumo de Combustibles en Lima y Callao	5
Tabla 4: Demanda Total de Energía Primaria por fuente de Combustible.....	5
Tabla 5: Ventajas y Beneficios del Biodiesel	6
Tabla 6: Clasificación de Plantas de Biodiesel en el Perú.....	6
Tabla 7: Demanda Nacional e Importada de Biodiesel B100 - Perú	7
Tabla 8: Demanda de Biodiesel en el Mercado Interno.....	8
Tabla 9: Comparación de las Propiedades de Biodiesel y Diésel.....	12
Tabla 10: Producción Mundial de Biodiesel 1991 – 2005 (Millones de litros).....	17
Tabla 11: Crecimiento de Producción Mundial de Biodiesel en miles de Toneladas	17
Tabla 12: Principales Productores de Biodiesel al 2005.....	18
Tabla 13: Producción de Biodiesel 2008 – 2014 (millones de TN).....	18
Tabla 14: Cambio de la Matriz Energética	22
Tabla 15: Matriz Energética del Perú - 2010.....	23
Tabla 16: Consumo de los Combustibles en el Perú (Pasado – Presente y Futuro.....	23
Tabla 17: Demanda de Combustibles Líquidos en el Perú (MBPD) Periodo- 2012	24
Tabla 18: Pronostico de Demanda y Producción para atender las Ventas (externo).....	26
Tabla 19: Demanda del cliente y Producción que realiza para alcanzar las Ventas (interno).....	26
Tabla 20: Diagrama Causa Efecto – Planta de Biodiesel	27
Tabla 21: Diagrama de Pareto – Planta de Biodiesel.....	28
Tabla 22: Símbolos Empleados para la elaboración de gráficas de Proceso	39
Tabla 23: Símbolos Empleados para la elaboración del Diagrama de Flujos	40
Tabla 24: Resumen de las Estaciones Actuales del Proceso de la Planta de Biodiesel..	43
Tabla 25: Identificación de Variables e Indicador.....	44
Tabla 26: Descripción de Variables.....	45
Tabla 27: Diagrama de Procesos de Fabricación de Biodiesel.....	48
Tabla 28: Insumos y Materiales – Módulo 1	51
Tabla 29: Insumos y Materiales – Módulo 2	54
Tabla 30: Insumos y Materiales – Módulo 3	56

Tabla 31: Insumos y Materiales – Módulo 4	59
Tabla 32: Resumen de las Estaciones Actuales del Proceso de la Planta de Biodiesel..	60
Tabla 33: Diagrama de Análisis del Proceso (DAP) – Planta de Biodiesel Actual.....	61
Tabla 34: Ecuaciones de Balance de Línea de Producción – Proceso Actual	64
Tabla 35: Diagrama de Precedencia del Proceso de Planta de Biodiesel Actual	64
Tabla 36: Producción Actual del Proceso de la Planta de Biodiesel	65
Tabla 37: Balance de Línea de Producción para cada Módulo de Trabajo en el Proceso Actual de la Planta de Biodiesel	67
Tabla 38: Producción y Ventas Proceso Actual de la Planta de Biodiesel	68
Tabla 39: Resumen de las Estaciones Mejoradas del Proceso de la Planta de Biodiesel.....	71
Tabla 40: Diagrama de Análisis de Proceso (DAP) – Planta de Biodiesel Mejorado	71
Tabla 41: Ecuaciones de Balance de Línea de Producción – Proceso Mejorado	72
Tabla 42: Diagrama de Precedencia en el Proceso de Planta de Biodiesel Mejorado	72
Tabla 43: Producción Mejorada del Proceso de la Planta de Biodiesel	73
Tabla 44: Balance de Línea de Producción para cada Módulo de Trabajo en el Proceso Mejorado de Planta de Biodiesel	75
Tabla 45: Producción y Ventas Proceso Mejorado de la Planta de Biodiesel	76
Tabla 46: Evaluación de costos de Maquinaria a Invertir	77
Tabla 47: Evaluación Económica del Proceso Actual de Biodiesel	78
Tabla 48: Evaluación Económica del Proceso Mejorado de Biodiesel	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: DAP - Módulo de Recepción, Filtrado y Almacenado	50
Figura 2: DAP – Módulo de Transesterificación.....	52
Figura 3: DAP - Módulo de Decantación	55
Figura 4: DAP - Módulo de Purificación.....	57
Figura 5: Balance de Masa del Proceso Actual de la Planta de Biodiesel (Modulo Completo).....	66
Figura 6: Balance de Masa Del Proceso Mejorado de la Planta de Biodiesel (Modulo Completo).....	73

RESUMEN

El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los principales responsables del calentamiento global. La quema excesiva de los combustibles fósiles en las plantas generadoras de electricidad y el transporte automotor ha incrementado sus emisiones a la atmósfera; así como, el avance industrial de los centros urbanos.

Todo esto ha generado una preocupación al ser humano, por ello se ha logrado el desarrollo de combustibles alternos a partir de biotecnologías, producción de biocombustibles de contenido energético comparable con el de los combustibles fósiles. Un biocombustible alternativo al diésel de petróleo es el biodiesel.

Este biocombustible es de origen orgánico renovable y se obtiene a través de lípidos naturales o grasas de animales, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación que puede ser utilizado como un sustituto total o parcial del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo o también como un aditivo en el diésel convencional.

Hoy en día el único combustible alternativo que puede utilizarse directamente en cualquier motor diésel, con poca o sin requerir modificaciones es el Biodiesel, ya que sus propiedades son similares al combustible diésel del petróleo por lo que ambos se pueden mezclar en cualquier proporción sin generar problemas.

En el Perú, el uso de Biodiesel ha ido incrementando poco a poco y esto ha llevado a la producción de nuevas fuentes renovables a través de tecnologías de producción. Un ejemplo es la implementación de proyectos de Producción de Biodiesel, como el de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

El objetivo de este proyecto es identificar los procesos críticos en la planta que se denominan “cuellos de botella”, con la finalidad de mejorar los procesos de la Planta de Biodiesel y como consecuencia a ello disminuir la contaminación del ambiente, empleando combustibles limpios.

Para lograrlo se buscaron las irregularidades (cuellos de botella) en las diversas etapas del proceso, tales como en la recepción, el almacenado y la redistribución de materiales y equipos. También se identificó los tiempos de trabajo, controlando las variables de entrada y salida, evaluación para minimizar costos en la manipulación de materiales, y controlar la demanda del producto a pedido, balanceando las operaciones a emplear.

Las medidas de mejora que se propone es disminuir los tiempos de trabajo, controlar las variables de entrada y salida, para así poder llegar a obtener una mayor rentabilidad. De esta forma, se podrá lograr abastecer la demanda del mercado de acuerdo a la cantidad de producción que se obtenga.

Las herramientas de calidad a emplear serán de gran ayuda para esta tarea y determinar cada uno de los problemas y poder ordenarlos por prioridad e importancia según su impacto.

Los aspectos que se han evaluado para definir las etapas de los procesos en la investigación son las siguientes: Identificar los procesos críticos a trabajar en la planta, identificar los cuellos de botella de cada proceso crítico y determinar el rendimiento / productividad de acuerdo a tiempos y recursos.

Para poder realizar cada uno de estos aspectos planteados se acordó diversas visitas técnicas a las plantas de Producción de Biodiesel de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde nos brindaron una mayor fuente de información junto con un asesoramiento de los procesos ya trabajados en dichas instituciones y en base a ello, se

planteará un proceso de desarrollo que nos otorgue no solo eficacia y eficiencia sino poder conseguir un mejor rendimiento y poder mejorar los procesos.

Para lograr ello se describirá cada una de las estaciones de producción en los cuales se identifica los tiempos reales de producción, los materiales a emplear, tanto insumos como equipos, y finalmente los problemas críticos identificados como cuellos de botella dentro del desarrollo de la planta. Todo ello con la finalidad de realizar mejoras en el proceso de producción. Las estaciones a considerar son: De Recepción, Almacenado y Filtrado de Aceite, de Transesterificación, de Decantación o de Reposo, de Purificación.

Las herramientas a utilizar: Diagrama de operaciones, Diagrama de análisis del proceso, Diagrama de flujo, Diagrama causa-efecto, Diagrama de Pareto, Herramientas de Lean Manufacturing, Balance de Línea de Producción.

Palabras Claves: Transesterificación, Biodiesel, Cuellos de botella, Productividad.

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) is one of the main causes of global warming. The excessive combustion of fossil fuels in electricity generating plants and automobile transport has increased CO₂ emissions into the atmosphere, as well as the industrial advance of urban centers.

All this has generated a concern to the human being, that is why the development of alternative fuels of biotechnologies has been achieved, through the production of biofuels with energy content comparable to that of fossil fuels. An alternative biofuel to diesel oil is biodiesel.

This biofuel is of renewable organic origin and is obtained through natural lipids or fats from animals, through industrial processes of esterification and transesterification that can be used as a total or partial substitute for oil or gas oil obtained from oil or also as an additive in the conventional diesel.

Today the only alternative fuel that can be directly in the diesel engine, with little or no change in biodiesel, since its properties are similar to diesel fuel oil so both can be mixed in any proportion without causing problems.

In Peru, the use of Biodiesel has been increasing little by little, this leads to the production of new renewable sources, through production technologies. That is why it has implemented Biodiesel Production projects, such as the National Agrarian University la Molina.

The objective of this project, is to identify the critical processes in the plant that is called "bottlenecks", can also determine the performance and productivity through the

measurement of time and resources. processes of the Biodiesel Plant and, as a consequence, to this, the pollution of the environment, using cleanfuels. In order to achieve each of these, irregularities (bottlenecks) were identified in the various stages of the process, such as the reception, storage and redistribution of materials and equipment. The decrease in work times was also identified, controlling input and output variables, in order to achieve greater profitability, evaluation to minimize material handling costs, and control the demand of the product upon request, balancing the operations to be employed. The proposed improvement measures are to reduce working time, control input and output variables, in order to achieve greater profitability, this way you can achieve supply market demand according to the amount of production that is obtained. The quality tools to be used will be of great help for this task and determine each of the problems and be able to sort them by priority and importance according to their impact. The aspects that have been evaluated to define the stages of the processes in the investigation are the following: Identify the critical processes to work in the plant, identify the bottlenecks of each critical process and determine the yield / productivity according to times and means. In order to carry out each of these aspects, several technical visits were agreed to the biodiesel production plants of the National Agrarian University La Molina and the HPO-Holding Company, which provided us with a greater source of information along with advice from the processes already worked in these institutions and based on this a process of development that gives us not only efficiency and efficiency but to achieve better performance and improve processes. To achieve this, each of the production stations will be described in which the actual production times, the materials to be used, both supplies and equipment, and finally the critical problems identified as bottlenecks in the development of the plant are identified. All with the purpose of making improvements

in the production process. The stations to be considered are: Reception, Storage and Filtration of Oil, Transesterification, Decantation or Rest, Purification. The tools to be used: Operations diagram, Process analysis diagram, Flow diagram, Cause-effect diagram, Pareto diagram, Lean Manufacturing tools, Production line balance.

Keywords: Transesterification, Biodiesel, Bottlenecks, Productivity.

INTRODUCCIÓN

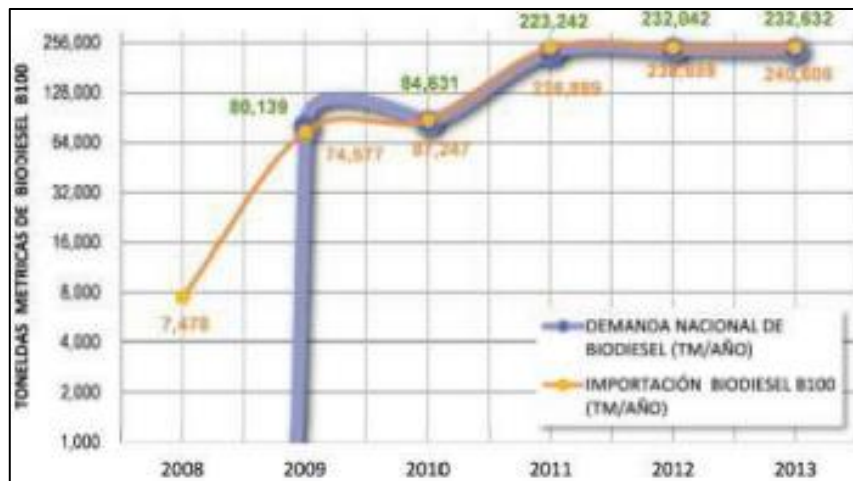
El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los principales responsables del calentamiento global. La quema excesiva de los combustibles fósiles en las plantas generadoras de electricidad y el transporte automotor ha incrementado las emisiones de CO₂ a la atmosfera, así como también el avance industrial de los centros urbanos.

Todo esto ha generado una preocupación al ser humano, por ello se ha logrado el desarrollo de combustibles alternos a partir de biotecnologías, por medio de la producción de biocombustibles de contenido energético comparable con el de los combustibles fósiles. Un biocombustible alternativo al diésel de petróleo es el biodiesel.

El Biodiesel es un combustible diésel obtenido a partir de productos renovables y no contaminantes, como son los aceites vegetales y las grasas animales. Este combustible ecológico es uno de los más fáciles de elaborar, además de ser un producto no toxico y biodegradable, que prácticamente no produce un impacto sobre el medio ambiente.

La demanda del Biodiesel se puede observar en la siguiente Tabla 1. La demanda en el 2009 se ha incrementado y a partir de allí, los siguientes años ha tenido un ligero incremento y una tendencia ascendente constante. Por otro lado, la importación también ha tenido un comportamiento de incremento y llega a tener una tendencia como la demanda.

Tabla 1: Demanda Nacional e Importada de Biodiesel - Perú



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2013)

En nuestro país, el uso de Biodiesel ha ido incrementando poco a poco, esto conlleva a la producción de nuevas fuentes renovables, a través de tecnologías de producción. Es por ello que se ha implementado proyectos de Producción de Biodiesel, como el de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Lo que se busca es poder mejorar los procesos de la Planta de Biodiesel, identificando los procesos críticos a trabajar en la planta, los cuellos de botella por proceso, rendimiento y productividad de acuerdo a los tiempos y recursos.

Para ello se analizará la situación actual del mercado, en donde observamos que el comportamiento de la demanda nacional se ha mantenido a un nivel estable en el año 2011 y las importaciones del producto han ido creciendo desde el 2008.

En los últimos años la demanda de Biodiesel ha ido incrementando ligeramente, presentándose como una alternativa ante la actual crisis energética. Entre ellos se tiene al biodiesel como sustituto del Diesel N°2, el cual es elaborado tomando como materia prima aceite de origen vegetal o animal. Las alternativas comerciales más usadas y que han cobrado mayor importancia en la actualidad son el bioetanol o etanol y el biodiesel,

el cual puede producirse también usando materia prima vegetal, pero a diferencia del etanol, es destinado al consumo en autos de ciclo diesel.

Para poder lograr cada uno de estos crecimientos se busca mejorar los procesos de la planta de biodiesel, puesto que se identificó irregularidades (cuellos de botella) en diversas etapas del proceso, tales como en la recepción, el almacenado y la redistribución de materiales y equipos.

También se identificó disminuir los tiempos de trabajo, controlando las variables de entrada y salida, para así poder llegar a obtener una mayor rentabilidad.

Todo esto conlleva a poder realizar una mejora del proceso y así lograr abastecer la demanda del mercado en base a la producción que se obtendría de la planta de biodiesel.

CAPITULO I: MARCO SITUACIONAL

Ante la tendencia de la demanda energética y la disminución de los hallazgos de yacimientos de petróleo, diversas organizaciones a nivel mundial han visto la necesidad de desarrollar tecnologías orientadas a reemplazar la matriz energética mediante el uso de recursos menos contaminantes y de fuentes de energía renovable. Entre ellas se encuentra la industria del Biodiesel.

Este biocombustible es de origen orgánico renovable y se obtiene a través de lípidos naturales como aceites vegetales (soja y girasol) o grasas de animales (nuevos o usados), mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación que puede ser utilizado como un sustituto total o parcial del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo o también como un aditivo en el diésel convencional.

La utilización de productos que no contribuyen a la contaminación ambiental y el calentamiento global, han generado un mayor interés entre los consumidores de las diversas naciones.

En la actualidad más de un 80% del suministro mundial de energía, proviene de los combustibles fósiles, lo cual simboliza las cuatro quintas parte de este. Los combustibles fósiles son mezclas de compuestos orgánicos-mineralizados, los cuales se extraen del subsuelo con el objetivo de poder producir energía a través de combustible.

(Ver Tabla 2)

Tabla 2: Clasificación de combustibles Fósiles

Combustibles fósiles
Carbón
Petróleo
Gas natural
Gas butano
Gasóleo

Fuente: Elaboración Propia

Estos combustibles fósiles en ciudades como Lima provocan no solo emisiones de gases del efecto invernadero, sino serios problemas de contaminación atmosférica. Esta situación ha ido empeorando debido al incremento del parque vehicular abastecido por diésel. (Ver Tabla 3)

Tabla 3: Consumo de Combustibles en Lima y Callao

Consumo de combustible en Lima Metropolitana y Callao	
Año	Barriles
1990	5 millones 190 mil
1998	9 millones 177 mil

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2013)

A nivel mundial el petróleo proporciona un tercio de las necesidades energéticas globales, el carbón más de la cuarta parte y el gas natural más de un quinto. El 20% restante es suministrado por la energía nuclear y las fuentes de energía renovable. (Ver Tabla 4)

Tabla 4: Demanda Total de Energía Primaria por fuente de Combustible

	% a Nivel Mundial
Petróleo	33%
Gas Natural	21%
Carbón	27%
Energía Nuclear	6%
Energía Renovable	13%
Total	100%

Fuente: Agencia Internacional de Energía (2010)

Hoy en día el único combustible alternativo que puede utilizarse directamente en cualquier motor diésel, con poca o sin requerir modificaciones es el Biodiesel, ya que sus propiedades son similares al combustible diésel del petróleo por lo que ambos se pueden mezclar en cualquier proporción sin generar problemas como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Ventajas y Beneficios del Biodiesel

BIODIESEL	
Ventajas	Beneficios
Alto poder lubricante	No contiene azufre
Se reduce la fricción	Combustión completa
Reducción emisiones tóxicas y gases de efectos invernadero	Se reducen las emisiones contaminantes

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, debido a la escases del petróleo y crecimiento de biodiesel a nivel mundial en países desarrollados y aquellos que se encuentran en desarrollo como es el caso de nuestro país (PERÚ), se está dando los primeros pasos hacia las tecnologías de producción de combustible proviniendo de fuentes renovables tal como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Clasificación de Plantas de Biodiesel en el Perú

Plantas de Biodiesel en el Perú
HeavenPetroleum (Lurín)
Industrias del Espino (San Martín)
PureBiofuels
Biodiesel Peru International S.A.C.
Garodi S.R.L

Fuente: Elaboración propia

A parte de cada una de la Plantas Industriales de Biodiesel que se encuentran en nuestro país, también se está implementando proyectos de producción de biodiesel, como el de

la “Universidad Nacional Agraria de la Molina” a partir de recursos oleaginosos amazónicos.

Lo que buscamos es poder mejora los procesos de la planta de Biodiesel de la Universidad, con la finalidad de disminuir la contaminación medio ambiental mediante aceites reciclados (aceites usados), esperando poder usar el combustible lo más limpio posible, disminuir el tiempo de trabajo controlando las variables de entrada, así como las cantidades de material en (peso y volumen), buscar reducir los costos con respecto a la materia prima y materiales para poder obtener una mayor rentabilidad.

Para ello, analizamos la situación actual del mercado y de cómo se posiciona los requerimientos del producto a las necesidades del cliente.

En la Tabla 7, se observa el comportamiento de la demanda nacional e importaciones del Biodiesel y vemos que a partir del 2011 la demanda nacional se ha mantenido en un nivel estable, mientras que la importación ha ido en crecimiento respecto al 2008. A partir del 2011 se ha mantenido estable y a niveles similares al de la demanda.

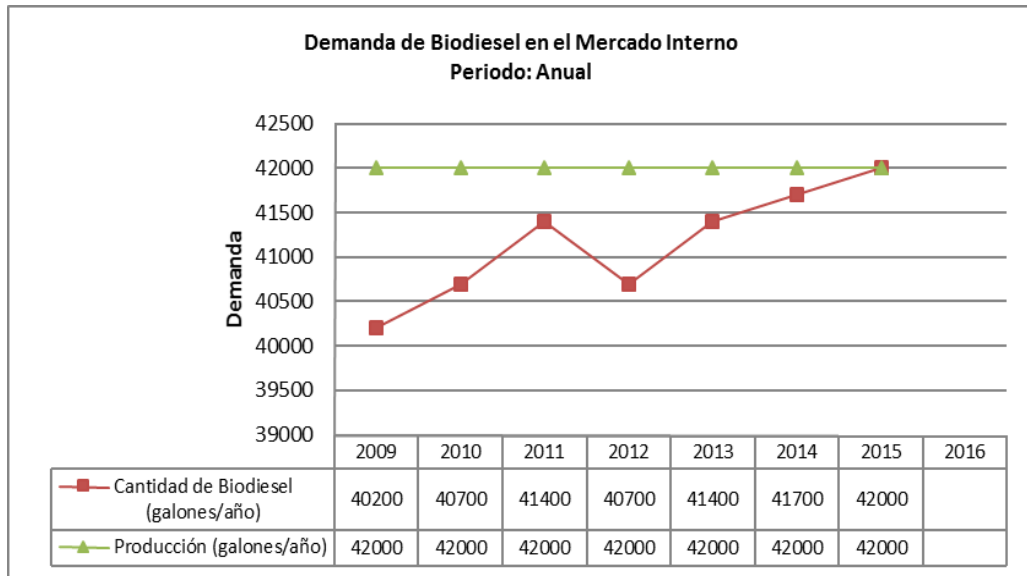
Tabla 7: Demanda Nacional e Importada de Biodiesel B100 - Perú



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2013)

Ahora, en la Tabla 8, vemos el comportamiento de la demanda de un cliente interno. Como se aprecia, la producción es constante y cumple con el requerimiento del cliente.

Tabla 8: Demanda de Biodiesel en el Mercado Interno



Fuente: Elaboración Propia (2016)

1.1 Antecedentes

En el Perú, el uso de Biodiesel ha ido incrementando poco a poco, esto conlleva a la producción de nuevas fuentes renovables, a través de tecnologías, las cuales se definen en el proyecto de Producción de Biodiesel de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

El objetivo de este proyecto, es identificar los procesos críticos en la planta que se denominan “cuellos de botella”, también poder determinar el rendimiento y la productividad a través de mediciones por toma de tiempos y/o recursos, con la finalidad de mejorar los procesos de la Planta de Biodiesel y como consecuencia a ello disminuir la contaminación del medio ambiente, empleando combustibles limpios.

1.1.1. Historia de los Biocombustibles

Los Biocombustibles, son combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos, los cuales se proceden de azúcar, trigo, maíz o

semillas oleaginosas. Todo ello reduce el volumen total del dióxido de carbono (CO₂) que se emite en la atmosfera.

Estos biocombustibles aparecieron como una solución para varios de estos problemas, especialmente para la reducción de gases de efecto invernadero, para el desarrollo de las economías agrícolas regionales y para la independencia de la economía en base a combustibles fósiles.

Pérez, J. (2009) comentó lo siguiente: “El uso de los biocombustibles es una alternativa al uso de los combustibles fósiles debido a la combustión de estos, puesto que ocasiona una serie de problemas en el medio ambiente, sobre todo con relación al calentamiento global, sumado a la contaminación del aire, agua y suelo” (p. 10). El proceso de combustión de combustibles derivados del petróleo, del gas o del carbón está produciendo cantidades gigantescas de gases de dióxido de carbono (CO₂), que son principales causantes de dicho problema ambiental.

Se propone la elaboración de biocombustibles, que sean compatibles con la protección del medio ambiente y no sean contaminantes como los combustibles fósiles. Se espera que su obtención sea a través de aceites domésticos de naturaleza vegetal, evitando de esta forma que los desechos sean en grandes cantidades así el medio ambiente.

Bernat, N. (2007) señaló en su momento que “los biocombustibles son carburantes obtenidos a partir de biomasa. Pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos y de muy distinto origen o transformación” (p.11).

Cuando se habla de biocombustibles nos referimos a dos casos concretos: el bioetanol y el biodiesel. La producción de estos combustibles está sujeta a amplias necesidades de terreno en el cultivo de su materia prima. El primero, presenta ciertas ventajas tales como:

- El cierre del ciclo carbono (energía renovable y sostenible)
- La disminución de las emisiones contaminantes a la atmósfera
- El desarrollo de una alternativa agrícola para uso industrial
- Nueva vía de valorización de residuos oleosos biogénicos (aceites vegetales fritos y grasas de animal)

Los biocombustibles son mezclados en pequeñas proporciones, 5 o 10 por ciento, proporcionando una reducción útil pero limitada de gases de efecto invernadero.

Estos biocombustibles se presentan como una alternativa ante la crisis de los energéticos. Entre ellos se tiene al Biodiesel como sustituto del diesel N°2, el cual es elaborado tomando como materia prima el aceite de origen animal o vegetal.

1.1.2. Definición y Características del Biodiesel

La palabra biodiesel se deriva de los términos “Bio”, hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diésel tradicional derivado del petróleo; la otra parte “Diésel” alude a su uso en motores de este tipo.

El “National Biodiesel Board” (la asociación de productores norteamericanos de biodiesel), lo define como un combustible compuesto de ésteres mono – alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites o grasas, vegetales o animales.

El biodiesel es un biocombustible líquido de origen orgánico renovable el cual se obtiene a partir de aceites vegetales o grasas animales; limpias o usadas mediante el proceso químico de transesterificación de triglicéridos, en el cual los aceites orgánicos son combinados con un alcohol y alterados químicamente para formar un éster etílico o metílico (dependiendo del tipo de alcohol), el cual recibe el nombre de biodiesel.

Los biodiesel presentan las siguientes características:

- Combustible limpio
- Es biodegradable
- No tóxico
- Presenta alto índice de lubricidad
- Libre de azufre
- Proceso de Obtención es sencillo
- Reduce Costos de Producción

Es un combustible oxigenado, por eso tiene una combustión completa en comparación al diésel derivado del petróleo y produce menos gases contaminantes. Tiene un punto de inflamación relativamente alto (150 °C) que le hace menos volátil que el diésel del petróleo y es más seguro de transportar.

Las propiedades del biodiesel varían según la materia prima a partir de la cual se obtuvo (aceites vegetales nuevos o usados de distinto origen o grasas animales). Es por ello, que las normas indican un rango admisible en el valor de las propiedades.

El costo del biodiesel varía dependiendo del área geográfica, la variabilidad en la producción de cosecha de estación a estación, el precio del petróleo crudo y otros factores. El alto precio del biodiesel es en gran parte debido al alto precio de la materia prima y también de la calidad que se requiera de éste.

Las materias primas que se emplean para la producción de biodiesel son girasoles, canola, soja o jatropha, los cuales en algunos casos son cultivados exclusivos.

El principal país en producir biodiesel en el mundo es Alemania, este país concentra un total de 63 por ciento de la producción (63%), siguiéndole Francia con un 17 por ciento (17%), Estados Unidos con un 10 por ciento (10%), Italia con un 7 por ciento (7%), y Austria con un 3 por ciento (3%).

Según la Sociedad Biocombustibles, G. (2002). define al biodiesel como “esteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables, como aceites vegetales o grasas animales” (p.13); empleado en motores de ignición y compresión, además en calderas de calefacción.

El porcentaje de esteres presentes en el biodiesel está establecido en estándares internacionales (ASTM) y de Europa (EN) (Ver Tabla 9)

Tabla 9: Comparación de las Propiedades de Biodiesel y Diésel

Propiedades	Biodiesel	Diesel
Metil éster	95.5->98%	-
Carbono (%peso)	77	86.5
Azufre (%peso)	0.0024	0.05 máx.
Agua (ppm)	0.05 % máx.	161
Oxígeno (%peso)	11	0
Hidrógeno (%peso)	12	13
Número de cetano	48-55	48-55
PCI (KJ/Kg)	37700	41860
Viscosidad cinemática (40°C)	1.9-6.0	1.3-4.1
Punto de inflamación (°C)	100-170	60-80
Punto de ebullición (°C)	182-338	188-343
Gravedad específica (Kg/L) (60°C)	0.88	0.85
Relación aire/combustible	13.8	15

Fuente: Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (2007)

Este biocombustible es identificado como FAME (por sus siglas en inglés FattyAcidMethyl Ester) o también es llamado éster metílico.

El biodiesel sustituye como combustible limpio y renovable a los derivados del petróleo, específicamente al diésel y esto genera una ventaja ecológica, ya que reduce las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero.

Puede ser usado puro o mezclado con el diésel N° 2 de petróleo. A la mezcla de combustible se le denomina BX, donde la X es el porcentaje de biodiesel en la mezcla. Al biodiesel como sustituto total de se denomina B100, es decir 100% de biodiesel como combustible. De esta forma, el B2 significa 2% de biodiesel en la mezcla y el B20 significa 20% de biodiesel en la mezcla.

1.1.3. Ventajas y Desventajas del Biodiesel

La utilización del biodiesel, como producto sustituto o aditivo para el diesel N° 2, tiene diversas ventajas y limitaciones en relación al uso del diésel N° 2 puro.

Dichas ventajas y limitaciones se agrupan de acuerdo al efecto que causan en: parte técnica, socioeconómica, medio ambiente y ecológicas, de seguridad, almacenamiento y transporte.

Parte Técnica:

Ventajas:

- Ahorros de combustibles provenientes del petróleo
- Mínima diferencias en potencia y consumo de los motores
- Los motores diésel no tienen que ser modificados, solo se realiza el cambio de empaques y jebes.
- Mayor cantidad de cetano, lo cual mejora el proceso de combustión (mayor aumento de rendimiento y produce menos ruido)

Desventajas:

- Punto de congelamiento alto (entre 0° C y -5° C), podría acarrear problemas en su uso al 100% en regiones de bajas temperaturas.
- Incompatible con una serie de plásticos y derivados de caucho natural.

Parte Socioeconómica:

Ventajas:

- Reduce la dependencia de los países agro productores, del abastecimiento del combustible fósiles por parte de los países productores del petróleo.
- Genera un fuerte potencial de nuevos puestos de trabajo (desarrollo agrícola).

Desventajas:

- Sus costos pueden ser más elevados en comparación al del combustible diésel, todo esto depende del costo de la materia prima a emplear.
- Genera un sub producto (glicerina) cuya purificación a grado técnico no es viable para grandes producciones.

Parte Ambiental y Ecológica:

Ventajas:

- No contiene azufre (no genera dióxido de azufre el cual es un gas que contribuye a la contaminación del medio ambiente)
- Reducción del Monóxido de Carbono (CO)
- No contribuye al aumento de las emisiones de carbono al medioambiente
- Sus energías son de fuentes renovables
- Presenta alta bio degradabilidad

Desventajas:

- Los productores de las materias primas pueden recurrir al proceso de desforestación para obtener tierras cultivables.
- Emisiones de Óxido de Nitrógeno

Parte Seguridad, Almacenamiento y Transporte:

Ventajas:

- Los cuidados de transporte y almacenamiento son mucho más seguros puesto que presenta un alto punto de inflamación (150°C)
- Reduce el peligro de explosiones por emanación de gases durante el almacenamiento.

Desventajas:

- Almacenaje del biodiesel, se recomienda que sea en recipientes totalmente limpios, puesto que los motores podrían ser contaminados de impurezas.

1.1.4. Producción de Biodiesel a Nivel Mundial

Según diversas investigaciones son numerosos los países que implementan el uso de biodiesel como fuente energética y para la reducción de costos de producción; principalmente el producido a partir de aceites vegetales.

El uso de aceites vegetales como combustibles, se remonta desde el año 1900, siendo Rudolph, D. quien desarrolló la primera máquina de diésel, la cual fue corrida en aceite vegetal en 1911, Rudolph, D. (1912) se probó en el motor de ignición-comprensión y dijo: “El uso de aceites vegetales para combustibles de motor puede verse insignificante hoy, pero los aceites, pueden en el transcurso del tiempo ser tan importantes como el

petróleo y el alquitrán de hulla, productos del tiempo presente”. (p. 18) Él fue quien predijo el uso futuro de los biocombustibles.

Estos aceites vegetales tales como, aceite de colza y aceite de girasol son usados como materia prima en países europeos, mientras que en EE.UU. los productores prefieren el biodiesel de aceite de soya, en Brasil, no sólo los aceites de palma, coco y soya; también emplean el de girasol y aceites de ricino los cuales se utilizan en la producción de biodiesel.

Las primeras pruebas técnicas con el biodiesel se llevaron a cabo en Austria y Alemania en 1982, pero solo hasta el año 1985 en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta piloto productora de RME “planta de metilester de aceite de semilla de canola o colza” (RapessepMethy Ester)

Hoy en día para poder implementar el uso de este Biodiesel en cada uno de estos países se ha realizado prototipos de máquina, las cuales se han implementado en empresas que se dedican a la fabricación y venta de dicho producto. En países como Argentina y Brasil la producción ha sido a escalas mayores en dichas plantas para así poder obtener una mayor producción, en el caso de Colombia se realizó dichas plantas a una escala menor, ya que su producción es más pequeña, pero alcanza niveles regionales y nacionales. Para los países de EE.UU y Canadá implementaron plantas para uso personal, ya que el biocombustible lo emplean en transportes privados y ello cubre una necesidad individual.

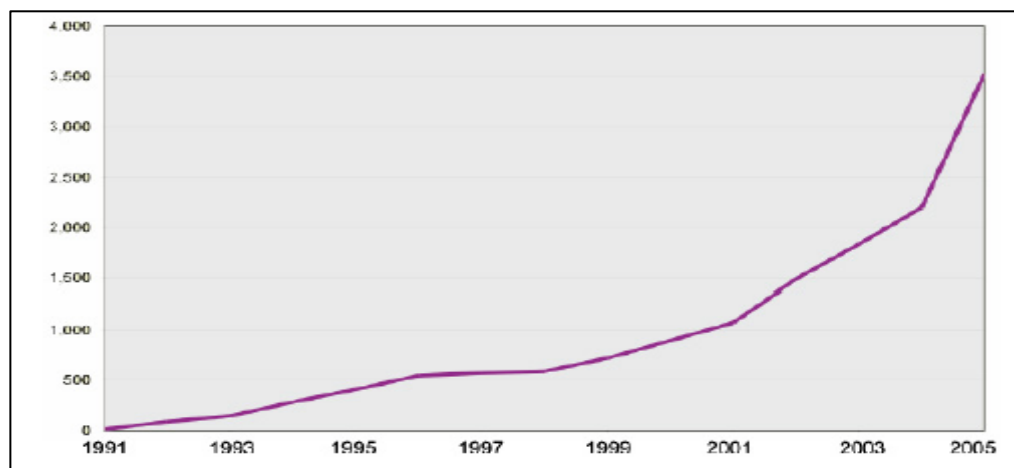
Como podemos apreciar son en los países de América de Sur (Argentina – Uruguay y Brasil) los cuales muestran un desarrollo de plantas de producción de biocombustible.

A nivel Mundial la Producción de Biodiesel se realizó entre los años 1991 y 2005 esto conllevó a un crecimiento significativo gracias a la puesta en práctica de numerosos

proyectos a nivel mundial, con la finalidad de hacer viable su consumo y producción. Pero a pesar de su aumento, el consumo es usualmente para el uso interno de cada nación y su exportación aún no se da en proporciones mayores a comparación de otros combustibles.

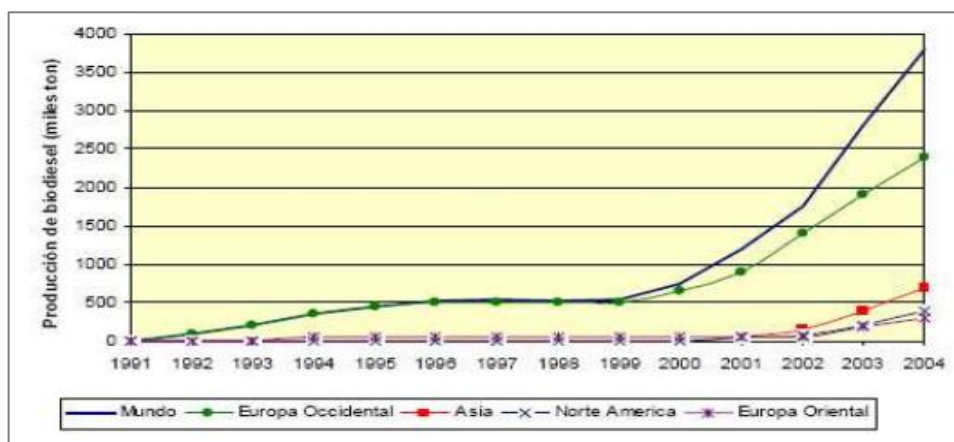
La producción mundial de biodiesel ha alcanzado un volumen de 3500 millones de litros al final del 2005 que se muestran en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10: Producción Mundial de Biodiesel 1991 – 2005 (Millones de litros)



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2005)

Tabla 11: Crecimiento de Producción Mundial de Biodiesel en miles de Toneladas



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2005)

Los principales productores mundiales de biodiesel en el periodo del 2005 son los que se muestra en la Tabla 12.

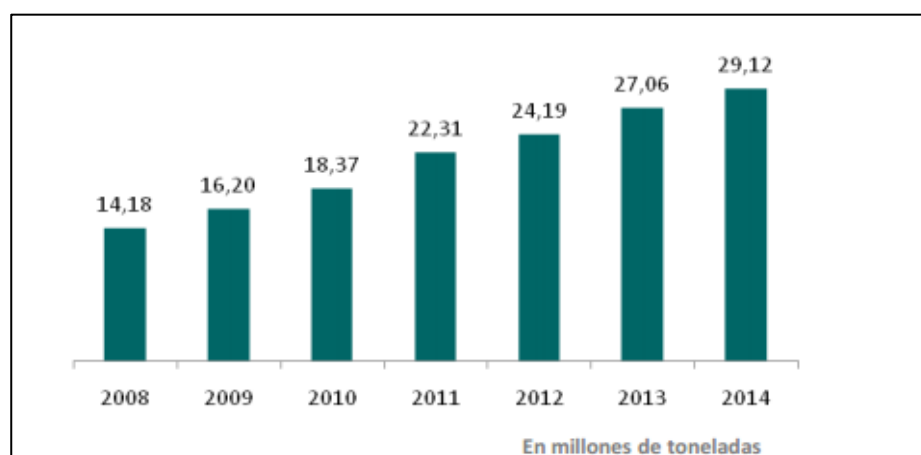
Tabla 12: Principales Productores de Biodiesel al 2005

PAÍS	PRODUCCIÓN EN MILLONES DE LITROS
Alemania	1,920
Francia	511
Estados Unidos	290
Italia	227
Austria	83

Fuente: Biocombustible un aporte para la seguridad energética - Ministerio de Energías y minas Poniachik (2006)

La producción mundial de biodiesel continúa aumentando, pero a un ritmo mucho más lento que varios años atrás. Como se muestra en la Tabla 13, en el 2013 la producción fue de 27.06 millones de toneladas y se estima que para el 2014 sea de 29.12 millones lo que se traduce en un incremento del 7.6%. Con respecto al 2008 la producción mundial se ha incrementado en un 65%, aunque a partir de ese año el crecimiento fue más lento tal como se aprecia.

Tabla 13: Producción de Biodiesel 2008 – 2014 (millones de TN)



Fuente: Oil World Statistic Update (2014)

Estados Unidos se ubica como el principal productor con 4.53 millones de toneladas de producción de biodiesel en el 2013, seguido por Argentina, Alemania, Francia y Brasil.

Los incrementos de biodiesel en los últimos años se deben, a que es un proceso novedoso y son más las empresas que incursionan en el campo de producción de estos combustibles limpios y sencillos; además es una alternativa renovable a los carburantes, como el petróleo o el diésel, por ello la producción y transesterificación de aceites vegetales o grasas de animal, dan al biodiesel una densidad, viscosidad, y una estabilidad a la oxidación similar al diésel.

El mundo ha comenzado una carrera contra el tiempo para poder producir grandes cantidades de Biocombustible tal como se puede apreciar en la Tabla 13 a través de la materia prima aceites vegetales tales como (soya, girasol, canola, café y otras más), se ha observado que si se quisiera obtener biodiesel solo de estos productos de materia prima la producción sería muy costosa, y en lugar de poder presentar un beneficio ecológico y económico generaría un problema de sobre costos y reducción de stock en el mercado alimenticio, es por ello que la solución propuesta es reciclar aceites usados.

Según diversas investigaciones existen una gran variedad de plantas industriales de Biodiesel a nivel mundial, las cuales presentan un proceso de producción diferente al que queremos enfocarnos y también los objetivos que buscan dichas plantas industriales son diferentes a lo plasmado por nosotros.

Estas plantas industriales de Biodiesel a nivel mundial se encuentran ubicadas en los siguientes lugares y presentan las siguientes características:

- En Unión Europea, el biodiesel es producido a través de aceite de semilla de canola y metanol, el cual es utilizado en máquinas de diésel puro o mezclado con aceite diésel en proporciones que van desde el 5% hasta el 20%

generalmente. En el 2005 se produjo un total de 3.9 millones de toneladas de biocombustible, de las cuales el 81.5% corresponden a biodiesel y el porcentaje restante al bioetanol. Alemania es el principal consumidor y productor de biodiesel en UE.

En España se ha fabricado una Planta Industrial de Biodiesel cuyo objetivo es analizar el trabajo de producción de la planta de biodiesel dentro de un entorno hostil, realizando análisis económicos y financieros.

La planta presenta una capacidad de producción de 100 000 toneladas/año con una previsión continua y una vida útil estimada de 15 años. Dicha planta se ha trabajado con la materia prima de aceite vegetal.

El desarrollo del proyecto ha consistido en modelar una planta de biodiesel tipo desde las primeras fases de su construcción hasta la puesta en funcionamiento para así poder analizar su evolución haciendo hincapié en las variables económicas que llevaron a su cierre.

- En Colombia, el gobierno ha dado señal de querer promover la industria por ello ha generado incentivos, tales como, exoneración del IGV o IVA, reducción del impuesto a la renta de 32% a 10% y han permitido que el precio del biodiesel este entre dos límites, el de paridad de importación del combustible diésel N°2 y el precio del aceite de palma al exterior. De esta forma los inversionistas obtienen una mayor seguridad y facilidades para realizar una inversión de producción del biodiesel.

Por ello se ha creado una Planta Industrial de Biodiesel cuyo objetivo es poder mejorar la economía del agro y del país en general. Dicha Planta se realiza por el proceso de transesterificación cuya materia prima es el fruto de palma, el cual es procesado por un extractor que exprime el aceite y arroja un equivalente al 21%

de este. Dicho aceite extraído es llevado a una refinadora que produce aceite refinado de palma y posteriormente mediante el proceso de transesterificación este aceite refinado más metanol se convierte en biodiesel y glicerina.

La empresa Ecopetrol de Colombia es la que produce biocombustible asociándose con el Ministerio de Minería y el Sector Agrícola. Según investigaciones la planta ha producido por primera vez biocombustible en junio del 2010 y se estima que año a año producirá 100 mil toneladas lo que equivale a 2 barriles por día.

- En Chile, se ha creado una Planta Industrial de Biodiesel con el objetivo esencial de poder analizar el potencial de producción de dicho producto y para ello se basó dicho análisis en tres secciones tales como rentabilidad asociada a los productores agrícolas, evaluar los costos de instalación de una planta industrial, identificar los procesos productivos de la elaboración de dicho producto.

Para la elaboración de una Planta de Biodiesel, la materia prima que utilizan es de cultivos agrícolas, tales como maravilla o girasol y raps.

La producción de biodiesel presenta 3 diversos procesos alternativos los cuales son:

- ✓ Transesterificación del aceite con un catalizador alcalino
- ✓ Transesterificación del aceite con un catalizador ácido
- ✓ Conversión del aceite a ácidos grasos y luego a biodiesel.

El tipo de tecnología a utilizar esta determinada de acuerdo a la capacidad de producción deseada.

1.1.5. Producción de Biodiesel en el Perú

La producción de Biodiesel en nuestro país “Perú”, puede ser la opción para lograr la autonomía energética del país, asociada a la generación de trabajo y recursos

económicos, puesto que hasta el momento la demanda del gas natural no ha llegado aún a los niveles esperados, es por ello que se ha venido implementando nuevos proyectos de inversión privada orientados al desarrollo de oferta de esta nueva alternativa energética.

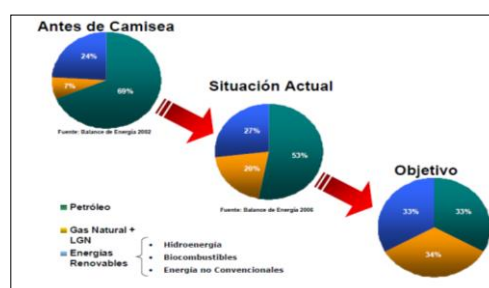
El Perú presenta un alto y creciente consumo de combustible diésel comparado con el de las gasolinas. Es por ello que el uso de combustibles fósiles ha afectado el equilibrio ecológico de nuestro planeta a tal punto que los efectos sobre el clima son cada vez más relevantes.

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) ha informado que alrededor de 4,000 mil personas mueren cada año en Lima, víctimas de la contaminación atmosférica.

Es por ello que en los últimos años el biocombustible en el Perú ha ido evolucionando proporcionalmente a la producción del Petróleo, ya que como hemos podido observar en la Tabla 4, el Petróleo es la mayor fuente de combustible usada en el mundo y nuestro país no es ajeno a ello.

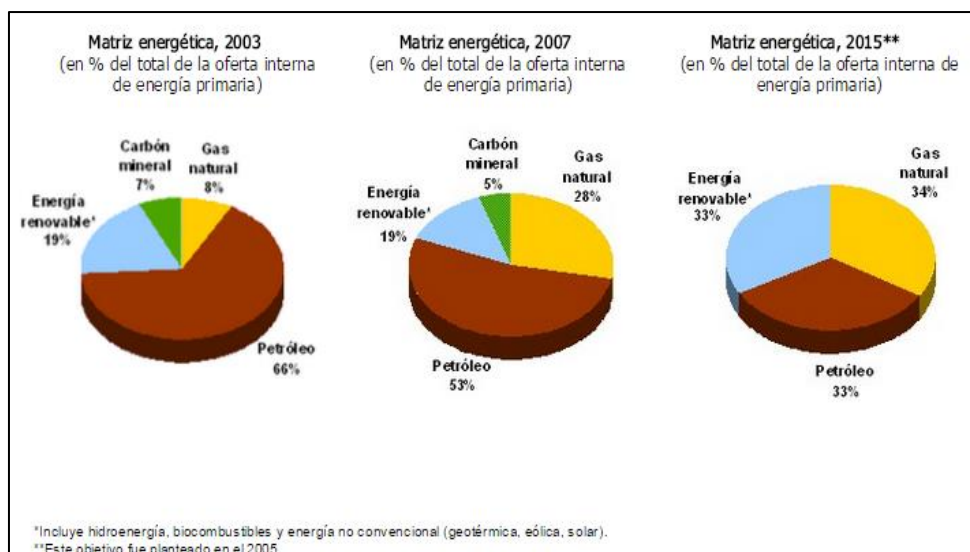
En nuestro país el petróleo como materia prima ha ido disminuyendo por que fue remplazado en un gran porcentaje por el consumo del Gas Natural y Energías Renovables (Hidrogenaría – Biocombustible y Energías No Convencionales), como se va a poder apreciar en las Tablas 14 y 15.

Tabla 14: Cambio de la Matriz Energética



Fuente: Ministerio de energías y Minas (2007)

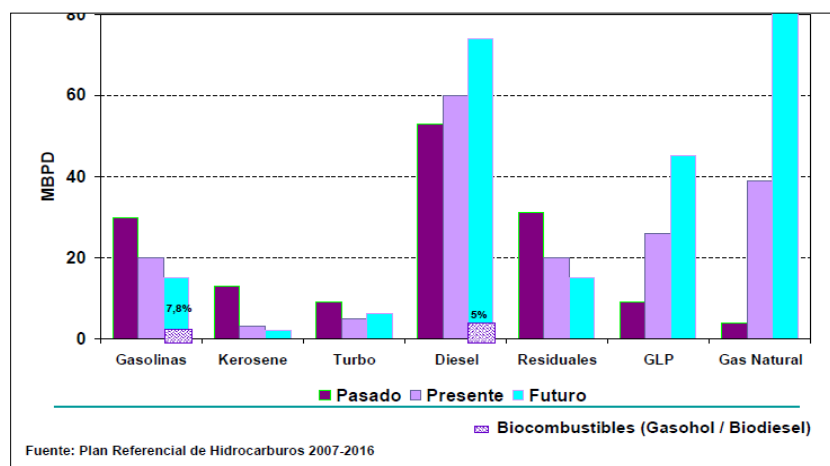
Tabla 15: Matriz Energética del Perú - 2010



Fuente: Ministerio de energías y Minas (2010)

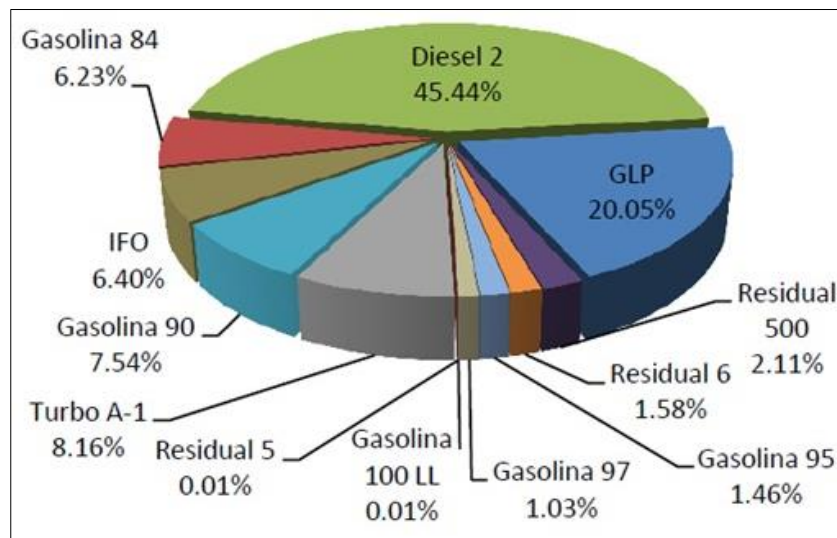
En las Tablas 16 y 17, apreciaremos la evolución de los combustibles en nuestro país, entre el periodo de tiempo de los años 2007 hasta el 2012.

Tabla 16: Consumo de los Combustibles en el Perú (Pasado – Presente y Futuro)



Fuente: Ministerio de energías y Minas (2007)

Tabla 17: Demanda de Combustibles Líquidos en el Perú (MBPD) Periodo- 2012



Fuente: Datos de SCOP – SPIC Osinergmin Perú (2012)

1.1.6. Experiencia de la Producción de Biodiesel en el Perú

Para el caso del Biodiesel, la Universidad Nacional Agraria De La Molina fue la primera universidad en implementar la planta de Biodiesel con ayuda de Concytec y lo realizaron de la siguiente manera:

- La Universidad Agraria La Molina junto con Intermediate Technology Development Group – ITDG vino realizando pruebas de producción de Biodiesel desde el año 2000.
- Con el respaldo de esta universidad se han desarrollado estudios para zonas urbanas:
 - ✓ Producción de biodiesel a pequeña escala a partir de aceites de cocina usados (UNALM).
 - ✓ Lanzamiento del primer bus ecológico alimentado con biodiesel en el Perú (UNALM).

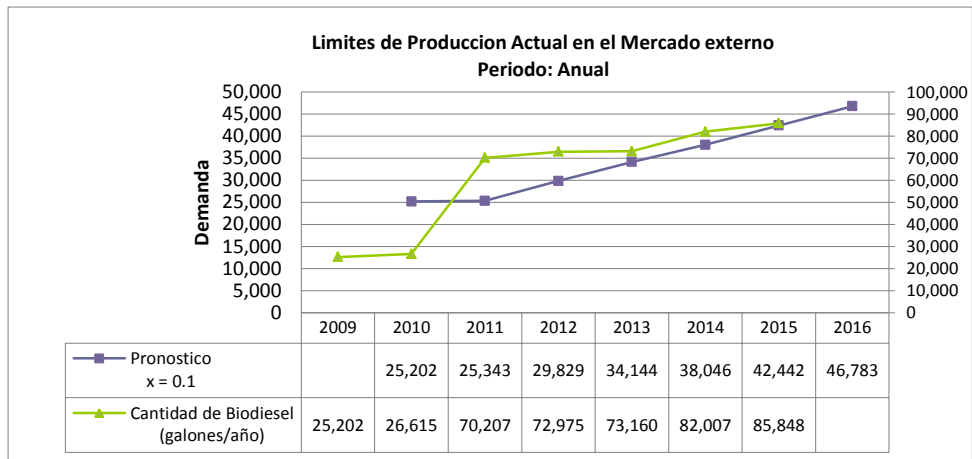
- ✓ Producción de biodiesel de aceites vegetales usados: bases para una producción a mediana escala (UNALM).
- ✓ Construcción y puesta en operación de la planta modelo de producción biodiesel (Convenio CONCYTEC - UNALM).
- Con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) del Perú se han llevado a cabo proyectos de investigación científico-tecnológica para zonas aisladas de selva.

Pero no solo la Universidad Agraria fue la única institución en desarrollar e implementar una Planta de Biodiesel en el Perú, según la dirección general de Hidrocarburos “Ministerio de Energías y Minas”, existe diversas empresas y proyectos que se encuentran vinculados con el desarrollo de dicha Planta.

1.2 Descripción y formulación del problema general y específico

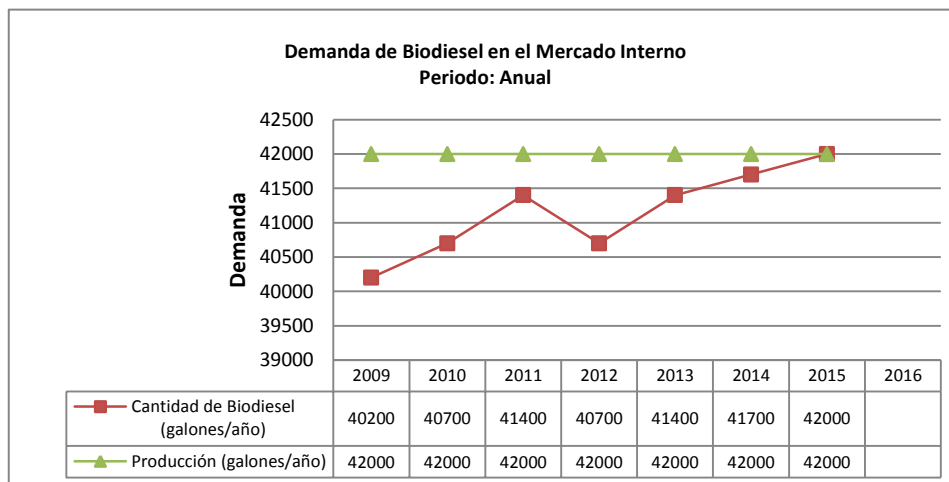
El Biodiesel es un combustible que poco a poco está teniendo su lugar dentro del mercado y es cuestión de tiempo para que su consumo se incremente. Es por ello, que se busca estar en condiciones óptimas para abastecer la necesidad del mercado para cuando esta demanda inicie. Por ello, se observa el pronóstico de demanda y producción para las ventas (Tabla 18) y la demanda del cliente junto con la producción que realiza para poder alcanzarlo (Tabla 19).

Tabla 18: Pronostico de Demanda y Producción para atender las Ventas (externo)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Demanda del cliente y Producción que realiza para alcanzar las Ventas (interno)



Fuente: Elaboración propia

En ambos gráficos vemos que la producción se incrementa y/o mantiene constante para satisfacer la demanda que necesita, pero eso no será suficiente cuando se comience a competir en el mercado. Es por ello que se requiere identificar aquellos procesos que origina, por ejemplo, cuellos de botella, desperdicios, demoras y que ello se refleja en la producción de la planta de biodiesel. Esto permitirá clarificar el panorama y encontrar soluciones rápidas, efectivas, que permitan incrementar la producción de la planta.

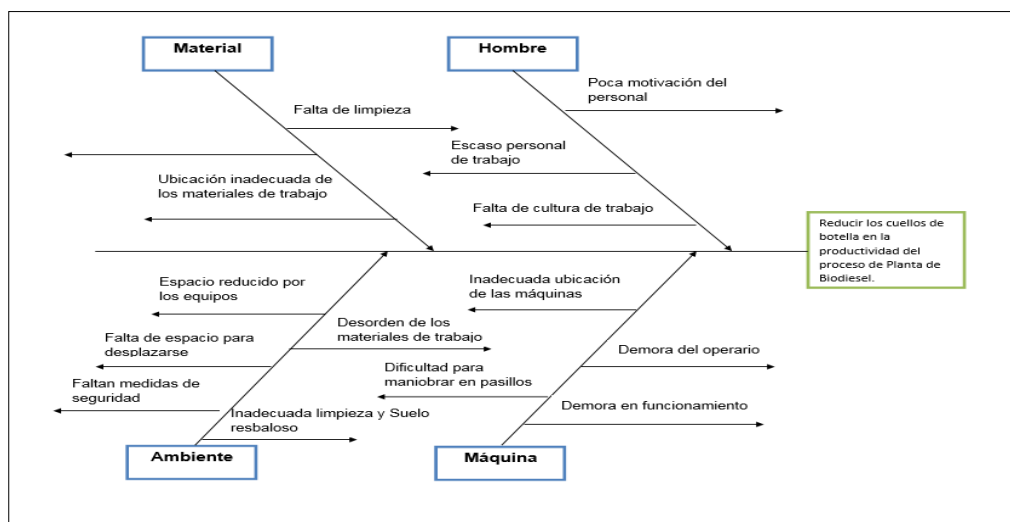
Durante diversos intervalos de tiempo se observó cómo se llevaba a cabo las diferentes actividades y tareas para la obtención del producto. Las irregularidades se anotarán, tomando mayor énfasis en aquellas que eran más repetitivas y/o generaban algún desbalance en la producción.

Las herramientas de calidad a emplear serán de gran ayuda para esta tarea y determinar cada uno de los problemas y poder ordenarlos por prioridad e importancia según su impacto. Todo ello, se verá reflejado en el incremento del rendimiento y productividad de la planta, acorde a tiempos y recursos.

En la Planta de Biodiesel se identificó irregularidades en el inicio del proceso (recepción), otra etapa que se considera mejorar es el remplazo y reubicación de algunos equipos para agilizar el tratamiento y/o almacenamiento del producto.

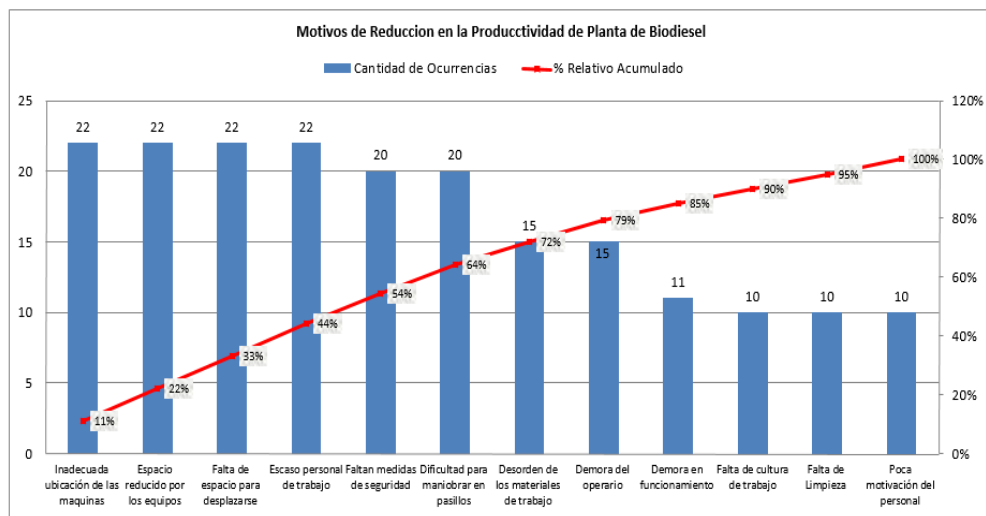
En los siguientes gráficos se apreciarán las causas que se lograron identificar en la planta para luego, poder identificar los posibles problemas y establecer prioridades de solución. El Diagrama de Causa Efecto y de Pareto son algunas herramientas que se consideraron. (Ver Tablas 20 y 21)

Tabla 20: Diagrama Causa Efecto – Planta de Biodiesel



Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Diagrama de Pareto – Planta de Biodiesel



Fuente: Elaboración propia

Problema General

¿Qué efecto tendrá la identificación y reducción del cuello de botella en la productividad de los procesos de la planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina?

Problema Específico

- a) ¿Cómo reducir el tiempo del cuello de botella del proceso productivo de la planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina, para incrementar la producción y el nivel de servicio al cliente?
- b) ¿Qué impacto tendrá la inversión aplicada a las mejoras en los resultados de la Planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina?

1.3 Objetivo general y específico

Objetivo General

Determinar qué efecto tendrá la identificación y reducción del cuello de botella en la productividad de los procesos de la planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina.

Objetivos Específicos

- a) Reducir el tiempo del cuello de botella del proceso productivo de la planta de Biodiesel para incrementar la producción y el nivel de servicio al cliente.
- b) Mejorar los resultados a partir de la inversión aplicada en las mejoras a realizar en la planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina

1.4 Importancia

El desarrollo del presente trabajo es para poder proporcionar mejoras en un producto determinado, en nuestro caso es el biodiesel.

Para estas mejoras se evaluaron los siguientes puntos: costos, medio ambiente y salud.

De estos puntos se detallará a continuación el tipo de mejora que se puede trabajar para poder obtener la producción de biodiesel.

Costos

- Reducir costos en los materiales, ya que el tipo de tecnología ha variado en comparación a la época actual, por ende, se cuenta con una mayor tecnología la cual nos proporcione un mayor rendimiento.
- Incrementar la productividad de este proyecto, lo cual conllevará a una mayor producción en el insumo obtenido y a que presente una mayor calidad, esto se verá reflejado en la utilidad.

- Poder aumentar el rendimiento del biodiesel terminado, ya que es un producto de menor costo a diferencia del diésel convencional.

Ambiental

- El uso de biodiesel evita la contaminación del aire, ya que disminuye las emisiones de los gases de efecto invernadero especialmente del CO₂ y también reduce la mayoría de emisiones tóxicas y contaminantes.
- El biodiesel es un combustible oxigenado y al no contener azufre presenta una combustión mucho más completa y una composición mejor en sus emisiones. Esto permite una reducción de monóxido de carbono CO en un 50% y 78% menos de emisiones de dióxido de carbono.
- La combustión de biodiesel produce menos humo visible y menor cantidad de olores desagradables.
- El biodiesel es un combustible renovable y no finito como los hidrocarburos.

Salud

- De acuerdo a las investigaciones del departamento de energía de los Estados Unidos (USDE) el uso de biodiesel reduce en un 65% las partículas contaminantes y a su vez esto reduce el riesgo del cáncer en la población en un 94%

1.5 Alcance

Dentro de cada uno de los procesos de la planta de biodiesel, se ha identificado diversos cuellos de botella, los cuales van a ser mejorados con ayuda de herramientas de ingeniería, con la finalidad de poder optimizar los tiempos del proceso, mejorar la distribución dentro de la planta, incrementar la producción empleando maquinaria

adecuada a lo que deseo y poder facilitar las entradas y salidas de los insumos, así como eliminar cada movimiento inútil.

También se va a poder evaluar minimizar los costos de manipulación de materiales, y controlar la demanda del producto a pedido, balanceando las operaciones a emplear.

1.6 Limitaciones

Algunas limitaciones a superar son las que se mencionara en líneas inferiores.

- El diseño de la nueva distribución de planta podría ocasionar problemas en la adecuación de espacios para algunos componentes. Por ello se piensa en el remplazo de algunos equipos para optimizar los espacios y/o recursos.
- A nivel de recursos operativos, el personal tendrá que adecuarse al uso de equipos electrónicos y en algunos casos, a la rotación de trabajo.
- La capacidad de inversión en la empresa ocasionaría algunos problemas, en la decisión de disposición de capital para realizar mejoras necesarias.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

Se plantea cada una de las investigaciones más importantes referente al tema de investigación a desarrollar ello me va a permitir analizar e interpretar la investigación que se plantea.

- En la tesis “Análisis estratégico de la industria del Biodiesel en el Perú” realizado por Guerra y Binda, 2008, (p.90) rescataremos la información concerniente al impacto del uso de Biodiesel en la sociedad peruana; así como, su comercialización en el mercado nacional e internacional.
- En la tesis “Simulación de una Planta Piloto para la producción de Biodiesel en el Laboratorio de operaciones unitarias de la ESIQIE” realizado por Uribe, 2010, (p.45) rescataremos la información relacionada a la simulación de procesos y análisis, las ventajas y desventajas de realizar las simulaciones.
- En la tesis “Análisis técnico y económico sobre producción, almacenamiento y transporte de Biodiesel en Perú” realizado por Vértiz, 2010, (p.105) rescataremos lo referente a los tipos de catalizadores que se emplean en la producción de Biodiesel y los métodos utilizados para su obtención.
- En la tesis “Perspectivas generales de Desarrollo de la Industria de los Biocombustibles en Uruguay” realizado por los Texo y Bentacur, 2007, (p.85) centraremos nuestra atención en lo referente a los niveles de producción de Biodiesel y su comercialización en el mercado local; así como, la proyección demandada y el impacto a nivel social.

2.2 Bases teóricas

- **Biodiesel:** Para la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM), (2008) lo define como “esteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables, como aceites vegetales o grasas animales” (p.100).
- **Aceites Vegetales:** Según la Norma de COVENIN, (1997) lo define como “una mezcla de aceites destinados al consumo humano, extraídos de semillas y frutos oleaginosos, tales como oliva, algodón, maíz, soya, oleína de palma, canola y aquellos que califiquen por la norma de autoridad sanitaria” (p. 85).
- **Biocarburante:** La web Wikipedia, (2013) lo define como “mezcla de sustancias orgánicas que se utiliza como combustible en los motores de combustión interna. Deriva de la biomasa, materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía” (p.5).
- **Transesterificación:** El científico Duffy, (1853) lo definió como “el proceso de intercambiar el grupo alcoxi de un alcohol, siendo estas reacciones frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base” (p.52).
- **Proceso:** según la Real Academia Española, (1950) lo define como “El procesamiento o conjunto de operaciones a que se somete una cosa para elaborarla o transformarla.” (p.104).

2.3 Definición conceptuales

- **Biocombustibles:** Según Pérez, J. (1998) comentó lo siguiente: “El uso de los biocombustibles es una alternativa al uso de los combustibles fósiles debido a la combustión de estos puesto que ocasiona una serie de problemas en el medio ambiente, sobre todo con relación al calentamiento global, aunado a la contaminación del aire, agua y suelo”
- **Pruebas del Biodiesel:** Según Bravo, T. (2006) argumenta que “Las primeras pruebas técnicas con biodiesel se llevaron a cabo en 1982 en Austria y Alemania, pero fue en 1985 en Silberberg (Austria) donde se construyó la primera planta piloto productora de RME (biodiesel a partir de aceite de colza)”
- **Glicerina:** Según el químico suizo Joseph, C. (2006) “un líquido orgánico, de sabor dulce, incoloro, espeso y viscoso (también denominado 1,2,3 propanotriol o glicerol)”
- **Bioetanol:** Según el químico Coady, D. (2005) “El bioetanol, o etanol de biomasa, es un alcohol que se obtiene a partir del maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha”

2.4 Proyectos de investigación

En esta etapa se menciona y describe todos los proyectos realizados en nuestro país, relacionados al Proceso de Producción del Biodiesel.

- **PureBiofuels del Perú S.A.C – (2009)**

Es una empresa dedicada a la producción de biodiesel, empresa norteamericana que invierte en el Perú y apuesta por el desarrollo del mercado de la energía y por la generación de empleo. La planta cuenta con una capacidad de 52 millones de

galones de biodiesel por año, y con el 30% de esta producción, se logra satisfacer la demanda interna de biodiesel a partir enero del 2009.

Este proyecto es puesto en marcha trabajando con las plantaciones de jatropha (fruto que puede crecer en tierras eriazas, no es consumido por el hombre y del cual se elabora aceite de biodiesel)

- **Biodiesel Perú Internacional S.A.C – (2008)**

Es una empresa de comercialización y distribución de hidrocarburos. Venden al consumidor, localizada en Ica.

- **BioEnergy del Perú S.A.C – (2013)**

Es una empresa que nace con la misión de promover activamente el uso de aceites y grasas de origen vegetal y animal en el desarrollo de biocombustibles que contribuyan sustancialmente en la mejora del medio ambiente urbano y rural.

Es por ello que están desarrollando un grupo empresarial que integre a los participantes de la cadena productiva de biodiesel, desde la siembra y cosecha de granos, pasando por la extracción de aceite y posterior conversión de biocombustible

En el año 2013 ha inaugurado su primera unidad productiva “La Biorefinería de Chorrillos” en Lima.

Otros proyectos relacionados.

- Corporación Misti S.A.C – (2011)
- JB Semillas S.A.C

2.5 Proyectos empresariales

En esta etapa se describirá todo lo referente a los proyectos en el desarrollo de la producción de biodiesel que se ha desarrollado en diversas empresas peruanas, además de ello también se mencionara algunas tesis relacionadas con el tema de Biodiesel que han sido trabajadas en otros países a nivel mundial.

- **HeavenPetroleum**

Es la propietaria de la primera Planta de Producción Industrial de Biodiesel en el Perú, inaugurada en el mes de enero del año 2008 con una capacidad instalada de 120,000 galones por día de B100. Heaven Petroleum Operators a través de su Planta de Producción Agro Industrial de Biocombustibles elabora los siguientes productos:

Biodiesel B100 (cuyo uso es obligatorio según Ley 5%) Biorec (combustible de uso marino e industrial) Glicerol grado industrial

- **Asociación de productores de palma**

Conjunto de empresas que a partir de la transformación del fruto de la palma se producen alimentos oleaginosos funcionales y de alto valor agregado, para el sector consumo e industrial. Tras 31 años de arduo trabajo, nos hemos convertido en un grupo innovador y responsable, que promueve y desarrolla sus actividades en armonía con el medio ambiente.

En el Grupo Palmas cumplimos con exigentes normas nacionales e internacionales de protección ambiental, realizamos un continuo mejoramiento de nuestros procesos y capacitamos y entrenamos a nuestros colaboradores. Asimismo, utilizamos avanzada tecnología y excelentes materias primas, para garantizar la entrega de productos de altísima calidad.

- **Lubricantes Marte**

Empresa que desde el 2000 se dedica al reciclaje y al refinamiento especial de aceites usados para la elaboración de biocombustibles. Cuenta con más de 100 proveedores de aceite en Lima y 40 en provincias y con eso logra producir alrededor de 200 cilindros de biodiesel (11.000 galones) al mes. Si bien existe un mercado negro de personas que compran aceites usados y pueden llegar a pagar hasta S/.140 soles el cilindro

Otras empresas vinculadas al desarrollo de Biodiesel.

- Biocombustibles Industrias
- LS Biodiesel
- Biocusco
- Biodiesel Perú
- Garodi
- Industria del Espino

2.6 Herramientas a emplear dentro del análisis de mejora de procesos

Se plantea cada una de las herramientas que serán empleadas dentro de todo el análisis del proceso de producción de la Planta de Biodiesel.

El objetivo de estas herramientas es obtener un mayor análisis de ingeniería claro y preciso e identificar en cada etapa del proceso los posibles cuellos de botella a solucionar.

Para ello se detallará cada herramienta de análisis de mejora a emplear.

A. DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO (DOP)

El DOP, es la representación gráfica y simbólica del acto de elaborar un producto o proporcionar un servicio, mostrando las operaciones o inspecciones efectuadas o por efectuarse, con sus relaciones sucesivas cronológicas y los materiales utilizados.

En este diagrama solo se registran las principales operaciones e inspecciones para comprobar la eficiencia.

Objetivo de DOP:

1. Conseguir una imagen de vista de pájaro de la fabricación del producto
2. Estudiar las operaciones e inspecciones en relación una con otra, dentro de un proceso o entre procesos.
3. Simplificar y normalizar el producto y el diseño de sus componentes para lograr una fabricación más económica.

B. DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO (DAP)

También llamado diagrama detallado del proceso, diagrama de flujo del proceso o curso grama analítico.








El DAP, es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y los almacenamientos que ocurren durante un proceso o procedimiento. (Ver Tabla 22) Comprende toda la información que se le considere deseable para el análisis tal como tiempo necesario y distancia recorrida.

Objetivo de DAP:

1. Formarse una imagen de la secuencia total de acontecimiento que ocurren durante el proceso.

2. Estudiar los acontecimientos en forma sistemática.
3. Mejorar la disposición de los locales.
4. Mejorar el manejo o manipulación de materiales.
5. Reducir o anular las demoras.
6. Estudiar las operaciones y demás acontecimientos en relación unos con otros.
7. Simplificar y combinar operaciones.

Tabla 22: Símbolos Empleados para la elaboración de gráficas de Proceso

Símbolo	Significado	¿Para que se utiliza?
	Origen	Este símbolo sirve para identificar el paso previo que da origen al proceso, este paso no forma en sí parte del nuevo proceso.
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Hay una operación cada vez que un documento es cambiado intencionalmente en cualquiera de sus características.
	Inspección	Indica cada vez que un documento o paso del proceso se verifica, en términos de: la calidad, cantidad o características. Es un paso de control dentro del proceso. Se coloca cada vez que un documento es examinado.
	Transporte	Indica cada vez que un documento se mueve o traslada a otra oficina y/o funcionario.
	Demora	Indica cuando un documento o el proceso se encuentra detenido, ya que se requiere la ejecución de otra operación o el tiempo de respuesta es lento.
	Almacenamiento	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo. También se puede utilizar para guardar o proteger el documento de un traslado no autorizado.
	Almacenamiento Temporal	Indica el depósito temporal de un documento o información dentro de un archivo, mientras se da inicio el siguiente paso.

Fuente: Elaborado por PUCP (2010)

C. DIAGRAMA DE FLUJOS (DF)

También conocido como Flujo gramas, es una representación gráfica mediante la cual se representa las distintas operaciones de que se componen un procedimiento o parte de él, estableciendo su secuencia cronológica.








Se basan en la utilización de diversos símbolos para representar operaciones específicas.

Se les llama diagrama de flujo, porque los símbolos utilizados se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de la operación (ver Tabla 23).

Ventajas en un Diagrama de Flujo:

- ✓ Muestran de manera global la composición de un proceso o procedimiento por lo que favorecen su comprensión al mostrarlo como un dibujo.
- ✓ Permiten identificar los problemas como cuellos de botella o posibles duplicados que se presentan durante el desarrollo de los procedimientos, así como las responsabilidades y las oportunidades de mejora del proceso.
- ✓ Sirven como herramienta para capacitar a los nuevos empleados y de apoyo cuando el titular responsable del procedimiento se ausenta, de manera que otra persona pueda remplazarlo

Tabla 23: Símbolos Empleados para la elaboración del Diagrama de Flujos

Símbolo	Significado	¿Para que se utiliza?
	Proceso	Representa la ejecución de actividades u operaciones dentro del proceso, método o procedimiento.
	Documento	Representa un documento que ingresa, se procesa, se produce o sale del procedimiento.
	Datos	Elementos que alimentan y se generan en el procedimiento.
	Inicio	Inicio de un ciclo que produce o reproduce un flujo de información.
	Operaciones Manuales	Constituye la realización de una operación o actividad en forma específicamente manual.
	Decisión	Indica un punto dentro del flujo en el que es posible seleccionar entre dos o más alternativas.
	Líneas de flujo	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.

Fuente: Elaborado por PUCP (2010).

D. DIAGRAMA CAUSA – EFECTO

También llamado espina de pescado, es una herramienta creada por Kaoru Ishikawa, se utiliza para presentar relaciones entre efecto dado y sus causas potenciales, además de facilitar la solución del problema desde el sistema de la causa hasta la solución. Estas

causas son organizadas en categorías principales y subcategorías, de manera que la presentación parece el esqueleto de un pescado.

Las categorías relacionadas a las causas se clasifican de acuerdo a las 6M, las cuales son las siguientes:

- ✓ Maquina
- ✓ Materia Prima
- ✓ Método de Trabajo
- ✓ Operario
- ✓ Medio Ambiente
- ✓ Medición

E. DIAGRAMA DE PARETO

Es una técnica grafica cuantitativa que se emplea para clasificar los elementos desde los más frecuentes hasta los menos frecuentes, se basa en el principio de Pareto, el cual establece que con frecuencia solo unos cuantos elementos (aproximadamente, el 20% del total de elementos) dan cuenta de la mayoría de los efectos (aproximadamente, el 80% del total de efectos). Al diferenciar los elementos más importantes de los menos importantes, se obtendrá una mejora mayor con el menor esfuerzo.

Este diagrama presenta el orden decreciente, la contribución relativa de cada elemento al efecto total. La contribución relativa puede basarse en el número de ocurrencias, el costo asociado de cada elemento u otras medidas de impacto sobre el efecto.

Se utiliza bloques para mostrar la contribución relativa de cada elemento, y una línea de frecuencia acumulada para mostrar la contribución acumulada de cada elemento.

F. HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Conjunto de herramientas cuyo propósito es poder eliminar todas las operaciones que no añaden valor al producto, proceso o servicio. Esto reduce costos, genera satisfacción a los clientes y mejora la rentabilidad de la empresa

- ✓ Teoría de Restricciones (TOC): es un método sistemático que se centra en evaluar las restricciones o cuellos de botella en un proceso o sistema, de lo contrario la producción sería ilimitada. Para ello presenta los siguientes pasos (Identificar las limitaciones del sistema – Decidir cómo explotar las limitaciones – Elevar las limitaciones), para lograr ello realizamos un balance de línea de producción.

Balance de Línea de Producción: logra maximizar la eficacia y minimizar el número de estaciones, que mide el nivel de eficiencia con la que trabaja un equipo o proceso. Permite identificar el cuello de botella, establecer una línea de producción balanceada y reducir los desequilibrios entre máquinas o personal.

Para el cálculo de este indicador utilizamos tres factores asociados a los diversos procesos de producción (Ver Tabla 24)

- ✓ Tiempo de ciclo: es el tiempo disponible entre la cantidad disponible
- ✓ Número de estaciones de trabajo: es el tiempo total del ciclo entre el tiempo del ciclo asignado
- ✓ Eficiencia: es el tiempo total del ciclo entre el número de estaciones de trabajo por tiempo de ciclos asignados

Tabla 24: Resumen de las Estaciones Actuales del Proceso de la Planta de Biodiesel

FACTORES	FORMULA
Tiempo de Ciclo	$\text{Tiempo Disponible} / \text{Cantidad Producida}$
Número de Estaciones	$\text{Tiempo Total Ciclo} / \text{Tiempo Ciclo Asignado}$
Eficiencia	$\text{Tiempo Total Ciclo} / \text{Número de Estaciones de Trabajo} \times \text{Tiempo Ciclo Asignado}$

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

La identificación y reducción del cuello de botella incrementa la productividad de los procesos de la planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina.

3.1.2. Hipótesis Específicos

- a) La reducción del tiempo del cuello de botella incrementa la producción y el nivel de servicio al cliente de la planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina.
- b) La inversión aplicada mejorará los resultados de la planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina.

3.2 Relación entre variables

En la Tabla 25 se identifica los dos tipos de variables que se emplea en la investigación (dependientes e independientes), de acuerdo a ello se identificara como se realizara la mejora y que tipo de indicadores se empleara para realizar las medidas a nivel cuantitativo.

Tabla 25: Identificación de Variables e Indicador

	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR
Problemas, objetivos e hipótesis general	Cuello de botella	Proceso de producción de la Planta de Biodiesel de la Universidad Agraria La Molina	Productividad
Problemas, objetivos e hipótesis específico	Cuello de botella	Nivel de producción y servicio al cliente	Tasa de producción
	Inversion	Resultados	Estado de Perdidas y Ganancias

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1 Tipo y nivel de investigación

El enfoque del estudio de investigación es Aplicada, porque estamos utilizando conocimientos, teorías y conceptos donde se han demostrado la eficacia de su utilización, como se pueden ver en los estudios de investigación que presento en el Marco Teórico.

El nivel de la investigación es explicativo, porque mide las propiedades importantes de los procesos de la Planta de Biodiesel de la Universidad Agraria de la Molina y los resultados actuales, para ser utilizadas posteriormente.

4.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es Cuasi experimental, ya que se realiza un pre diagnóstico y análisis en el que se indica las variables independientes y dependientes.

- Por el número de variables, es variada.
- Por el método, se define su Diseño Experimental como Pre. Experimental. Porque utiliza en su desarrollo un pre diagnóstico y análisis, después se suma la variable independiente y desarrolla un pos diagnóstico y análisis. Para luego comparar los resultados e interpretarlos. (Ver Tabla 26):
- X: simboliza la variable independiente
- Y: simboliza la variable dependiente

Tabla 26: Descripción de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE (X)	VARIABLE DEPENDIENTE (Y)
Cuello de botella (X ₁)	Proceso de producción de la planta biodiesel (Y ₁)
Cuello de botella (X ₂)	Nivel de producción y servicio al cliente (Y ₂)
Inversión (X ₃)	Resultados (Y ₃)

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Población y muestra investigación

La estructura de trabajo del proyecto de tesis está enfocada en la identificación del cuello de botella para la mejora en los procesos asociados a la producción de Planta de Biodiesel de la Universidad Agraria la Molina, en el periodo de enero a junio 2017.

Con ello, se busca reducir los tiempos del cuello de botella, para incrementar la producción y el nivel de servicio (ventas), considerando realizar nuevos acoplamientos de los equipos que permitirá la mejora.

CAPÍTULO V: PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS EN LA INVESTIGACION DE LA PLANTA DE BIODIESEL

La oportunidad de mejorar la planta de Biodiesel de la Universidad Nacional Agraria La Molina es lo que nos motiva a realizar este trabajo. Para ello iniciamos la búsqueda de empresas del mismo rubro tanto en Lima como en provincia. Esto nos permite conocer la demanda del producto; así como, los canales de comercialización del producto.

Seguido a ello, reducimos el número de empresas para obtener a nuestra unidad muestral, la cual nos servirá de referente para obtener toda la información pertinente a la investigación.

Los aspectos que se han evaluado para definir las etapas de los procesos en la investigación son las siguientes:

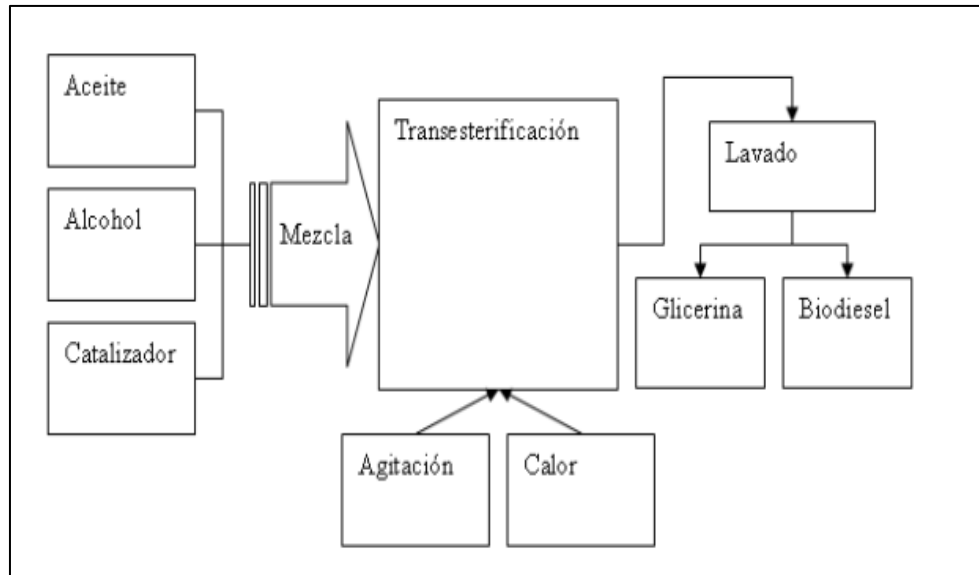
- Identificar los procesos críticos a trabajar en la planta.
- Identificar los cuellos de botella de cada proceso crítico.
- Determinar el rendimiento y productividad de acuerdo a tiempos y recursos.

Para poder realizar cada uno de estos aspectos planteados se acordó diversas visitas técnicas a las plantas de Producción de biodiesel de la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Empresa HPO-Holding, las cuales nos brindaron una mayor fuente de información junto con un asesoramiento de los procesos ya trabajados en dichas instituciones y en base a ello se planteara un proceso de desarrollo que nos otorgue no solo eficacia y eficiencia sino poder conseguir un mejor rendimiento y poder mejorar los procesos.

El proceso de fabricación de Biodiesel comprende varios sub procesos los cuales serán descritos en líneas inferiores y ahora serán plasmados por medio de un diagrama de

bloques (Ver Tabla 27), de esta forma podremos identificar cuáles serán nuestros puntos a mejorar.

Tabla 27: Diagrama de Procesos de Fabricación de Biodiesel



Fuente: Elaboración Propia

5.1 Descripción del proceso actual de la planta de biodiesel

En nuestro país se ha implementado proyectos de producción de Biodiesel y uno de los primeros proyectos fue la planta de biodiesel a pequeña escala en la Universidad Nacional la Agraria la Molina (UNALM) a partir de insumos reciclados (aceite usado).

El objetivo de esta planta es poder reducir las emisiones contaminantes de vehículos diésel a partir del uso del Biodiesel producido en la planta, reciclando aceites vegetales usados de los establecimientos internos de la universidad.

El uso de este biocombustible fue empleado en una proporción de 20% de biodiesel y 80% de diésel para fines internos puesto que era un aditivo ecológico para la flota de buses de la universidad. Posteriormente, dicho producto empezó a comercializarse y realizaron una producción a pedido de empresa. Una de las empresas con las que trabajo fue Ribord.

Dicho proyecto consiste en la construcción y puesta en funcionamiento empleando diversas tecnologías. Para ello se describirá cada uno de los módulos de producción en los cuales se identifica los tiempos reales de producción total por cada módulo, los materiales a emplear, tanto insumos como equipos, y finalmente los problemas críticos identificados como cuellos de botella dentro del desarrollo de la planta. Todo ello con la finalidad de realizar mejoras en el proceso de producción.

A continuación, se detallarán los módulos o sub procesos para la obtención del Biodiesel con su respectiva esquematización.

a) Módulo de Recepción, Filtrado y Almacenado de Aceite

El procedimiento de esta estación se muestra en la figura 1:

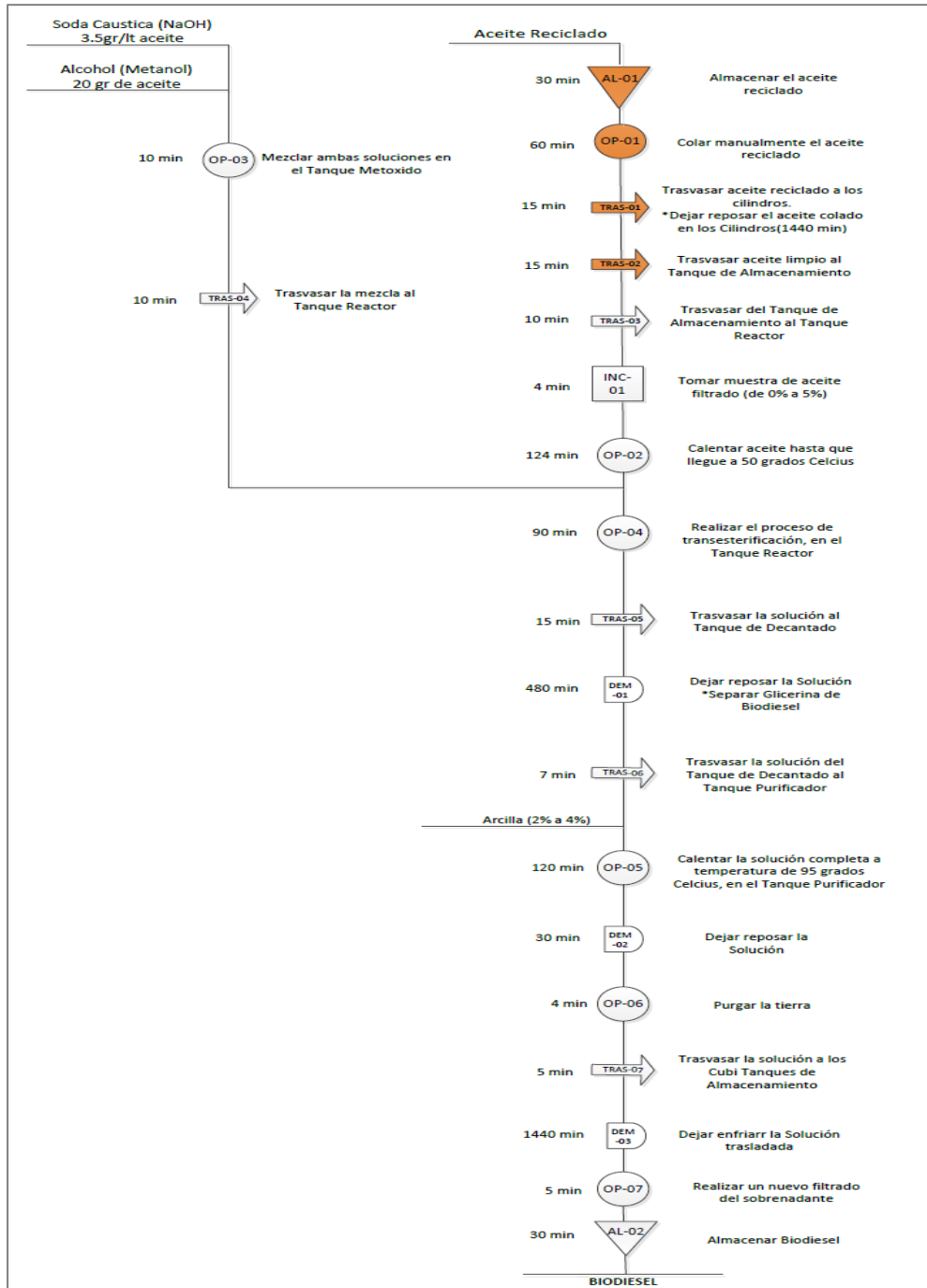


Figura 1: DAP - Módulo de Recepción, Filtrado y Almacenado

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **AL - 01:** Se recolecta la materia prima (aceite reciclado) en baldes. El aceite reciclado recolectado presenta diversas impurezas por ello se realiza un proceso de filtrado.
- ✓ **OP - 01:** El Proceso de Filtrado es una actividad manual que se realiza en coladores, para ello se traslada el aceite reciclado de los baldes a cinco cilindros a través de un colado manual en donde se recepciona. De esta forma se obtiene aceite mucho más limpio y libre de impurezas.
- ✓ **TRAS - 01:** Se trasvasa el aceite reciclado a los cilindros, mientras tanto en forma paralela se deja reposar el aceite colado en cinco cilindros por un tiempo total de 1440 min., con la finalidad de poder obtener una mayor cantidad de aceite filtrado a un menor tiempo.
- ✓ **TRAS - 02:** Se traspasa el aceite limpio al Tanque de Almacenamiento listo para ser trasladado a la Planta de Biodiesel a trabajar.

El tiempo total del proceso de este módulo es de 2 horas, sin contabilizar el tiempo total de reposo de aceite colado en los cilindros que es un total de 24 horas.

Lista de materiales a emplear que se muestra en la Tabla 28:

Tabla 28: Insumos y Materiales – Módulo 1

Insumos	Cantidad
Aceite Reciclado	25 galones
Equipos / Materiales	
Coladores	1 unidad
Cilindros	5 unidades
Tanque de Almacenamiento	1 unidad

Fuente: Elaboración Propia

b) Módulo de Transesterificación

El procedimiento de esta estación se muestra en la figura 2:

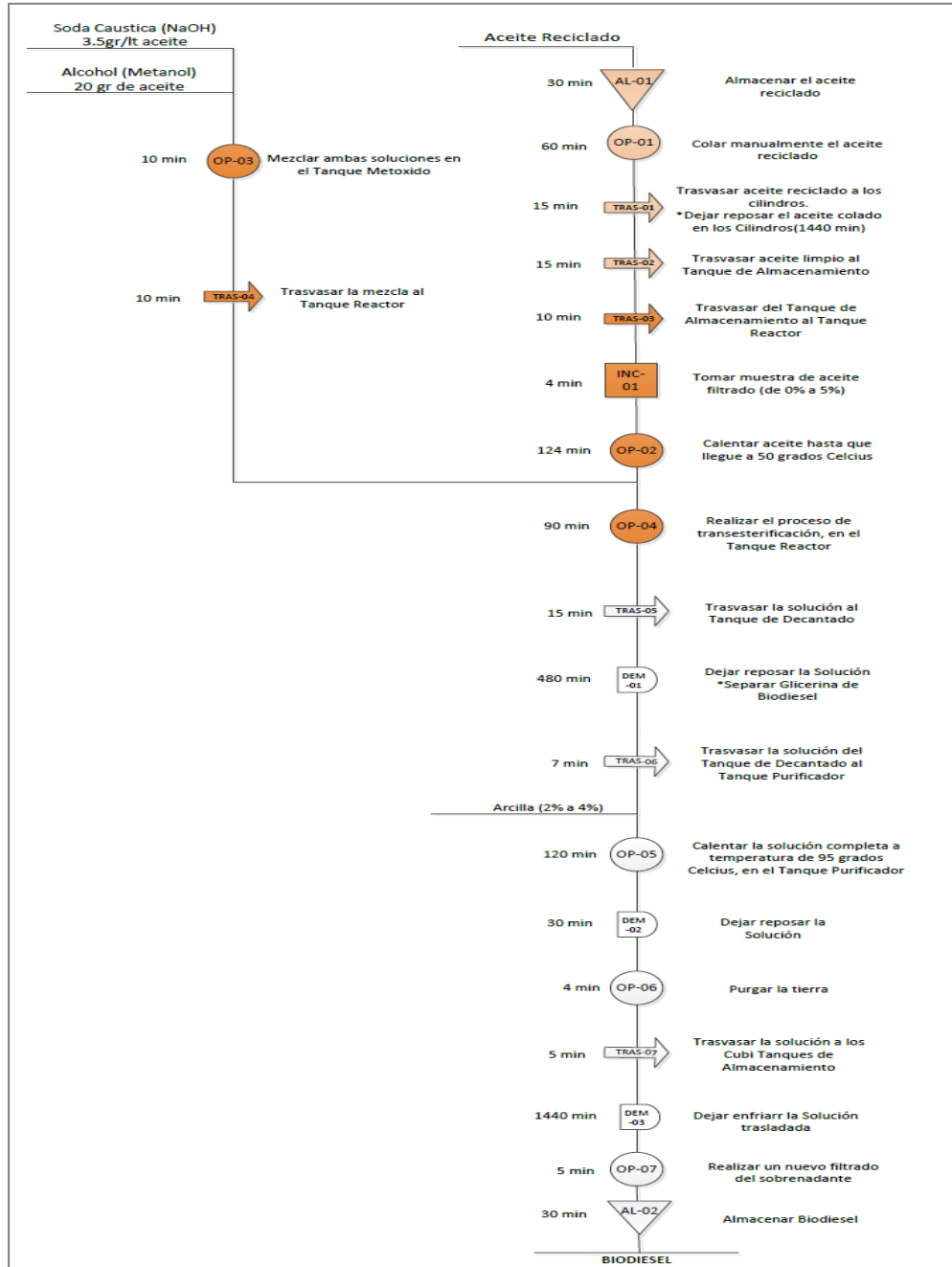


Figura 2: DAP – Módulo de Transesterificación

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **TRAS - 03:** El aceite del Tanque de Almacenamiento es trasladado (forma manual) al Tanque Reactor a través de una bomba centrífuga, la cual succiona dicha solución de aceite limpio.

El tiempo de llenado del Tanque de Almacenamiento al Tanque Reactor es de 10 minutos para una cantidad de 50 galones (que es la capacidad máxima de los tanques reactores).

- ✓ **INC - 01:** Al finalizar el traslado del aceite al Tanque Reactor se toma una muestra del aceite para determinar el índice de acides, este proceso se realiza en un tiempo aproximado de 4 minutos. De acuerdo a los parámetros, el aceite reciclado debe tener una acides entre los rangos de (0% – 5%) para poder ser trabajado.

En forma paralela se va calculando la medida de los reactivos a emplear en el Tanque Reactor de Metóxido, Soda Caustica (3.5gr/ lt. de aceite) y Metanol (20% en base al volumen de aceite)

- ✓ **OP - 02 y 03:** Luego en el Tanque Reactor se va calentando el aceite filtrado hasta que llegue a una temperatura de 50 grados Celsius (50°C) y en forma paralela se va agregando los reactivos a emplear en las medidas específicas del Tanque de Metóxido. Este proceso se realiza de forma manual y tarda aproximadamente 124 minutos.
- ✓ **TRAS – 04:** Trasvasar la mezcla del Tanque Metóxido al tanque reactor, en un tiempo de 10 min.
- ✓ **OP - 04:** Finalmente se emplea circuitos eléctricos conectados a los motores de los reactores y a las válvulas. Es aquí donde se procede a realizar la transesterificación por un tiempo aproximado de 1 horas y 30 minutos.

El tiempo total de todos los procesos de este módulo es de 4 horas y 13 minutos.

Lista de materiales a emplear que se muestra en la Tabla 29:

Tabla 29: Insumos y Materiales – Módulo 2

Insumos	Cantidad
Soda Caustica	3.5gr/lt. De aceite
Metanol	20% del volumen del aceite
Equipos / Materiales	
Tanque de Almacenamiento	1 unidad
Tanque Reactor	1 unidad
Bomba Centrifuga	1 unidad
Tanque de Metóxido	1 unidad
Motores	2 unidades
Válvulas (Abre/Cierra)	10 unidades
Caja de Circuitos Eléctricos	1 unidad

Fuente: Elaboración Propia

c) Módulo de Decantación o de Reposo

El procedimiento de esta estación se muestra en la figura 3:

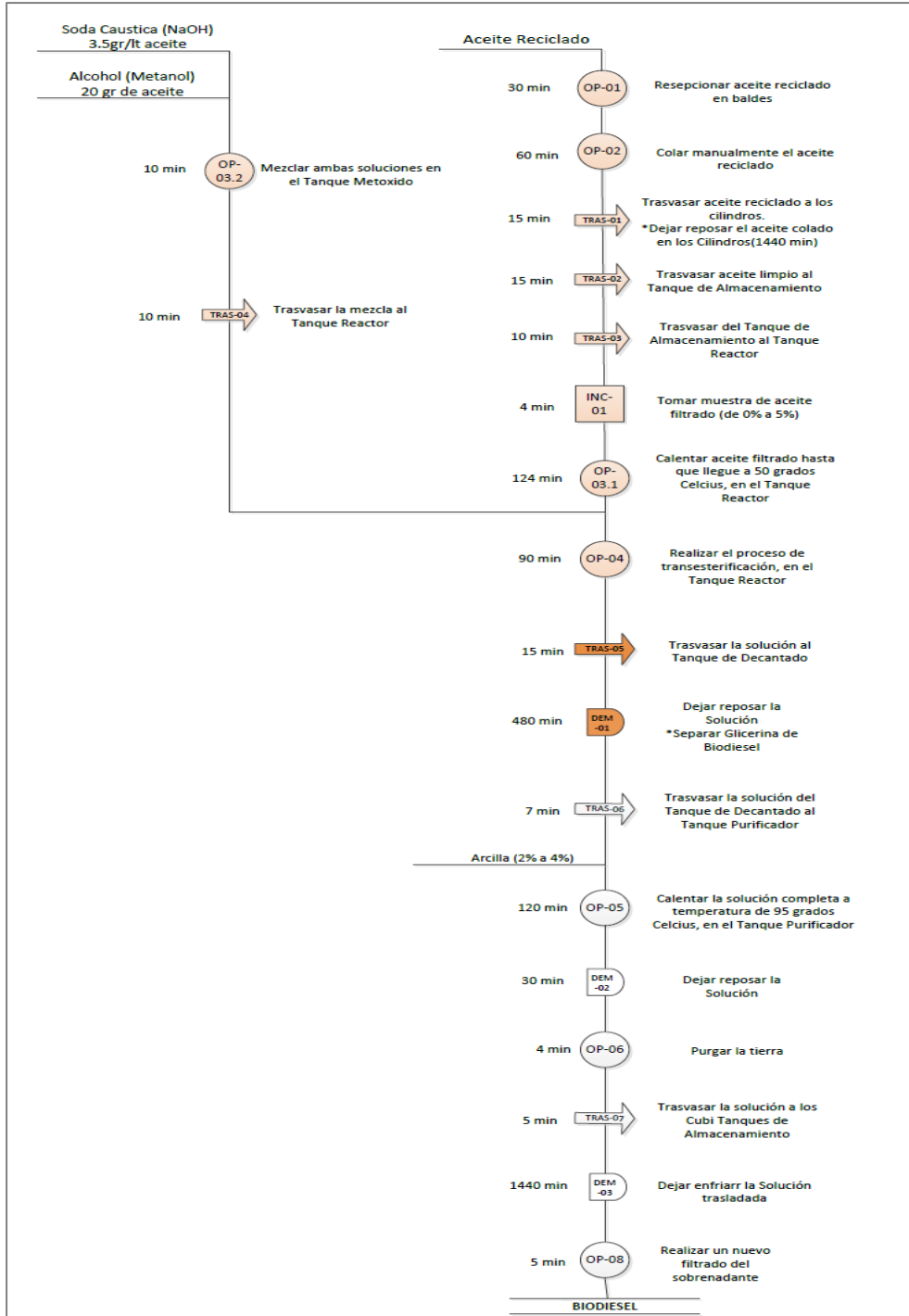


Figura 3: DAP - Módulo de Decantación

Fuente: Elaboración propia

✓ **TRAS - 05 y DEM - 01:** Concluido el tiempo de la reacción en el proceso de transesterificación se realiza un trasvase de la solución de biodiesel a los tres Tanques de Decantación los cuales se encuentran alineados en forma independiente, empleando la misma bomba centrífuga para el traslado.

Se deja reposar la solución trasvasada a los tanques de decantación.

El tiempo aproximado de este proceso es de 8 horas y 25 minutos. Luego del tiempo pre establecido se retira la solución de glicerina por gravedad y se trasvasa a otro recipiente (La solución se emplea para la fabricación de jabones).

El tiempo total de todos los procesos de este módulo es de 8 horas y 25 minutos.

Lista de materiales a emplear que se muestra en la Tabla 30:

Tabla 30: Insumos y Materiales – Módulo 3

Producto	Cantidad
Biodiesel a tratar	250 galones
Equipos / Materiales	
Tanque de Decantación	3 unidades
Tanque Reactor	1 unidad
Bomba Centrífuga	1 unidad

Fuente: Elaboración propia

d) Módulo de Purificación

El procedimiento de esta estación se muestra en la figura 4:

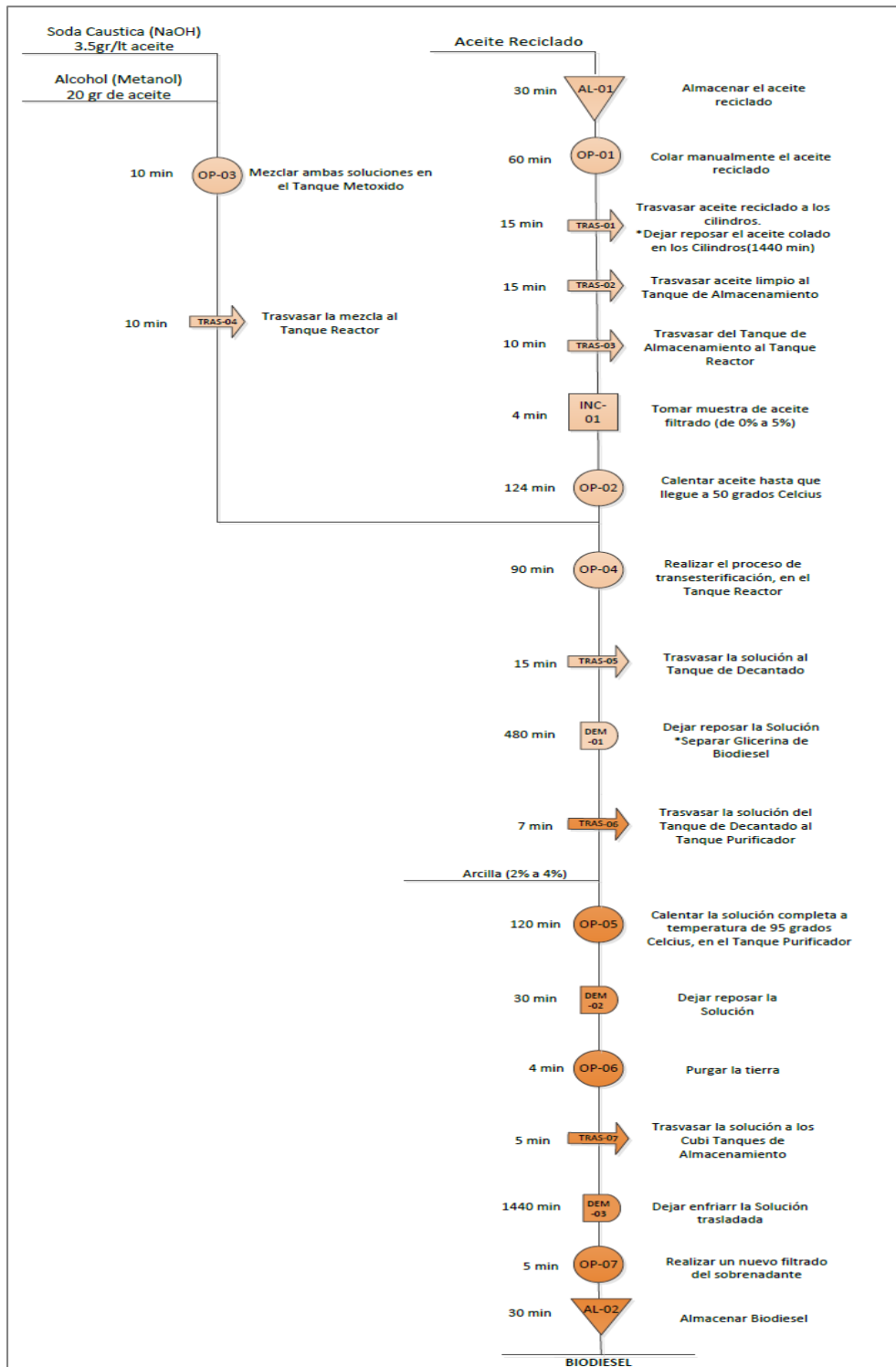


Figura 4: DAP - Módulo de Purificación

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **TRAS - 06:** Luego de obtener el biodiesel separado de la glicerina de los Tanques de Decantación, dicha sustancia es trasvasado al Tanque Purificador en un tiempo de 7 minutos. La capacidad de dicho tanque es de 70 galones.
Se emplea el Método de Purificación en Seco para poder eliminar todo tipo de impurezas detectadas en el Biodiesel (sean solidas o líquidas); para ello, se utiliza arcilla por su propiedad de absorber las impurezas. La cantidad a emplear se encuentra en el rango de 2% a 4%.
- ✓ **OP - 05:** Una vez trasvasado el biodiesel al Tanque Purificador se adiciona la arcilla en forma constante por un tiempo de 10 minutos; luego, se calienta toda la solución del tanque a una temperatura de 95 grados Celsius (95°C). De esta forma se absorbe todas las impurezas a través de la arcilla empleada. El tiempo que tarda en que la solución del Tanque Purificador llegue a la temperatura deseada es de aproximadamente 2 horas.
- ✓ **DEM - 02:** Luego de terminar la purificación del biodiesel se deja reposar la solución por unos 30 minutos para que decante la tierra que ha quedado como resultado de la arcilla empleada en el proceso anterior.
- ✓ **OP - 06:** Posteriormente se purga la tierra obtenida por el decantado.
- ✓ **TRAS - 07 y DEM - 03:** El biodiesel ya libre de impurezas se traslada a los Cubi Tanques de Almacenamiento en un tiempo de 5 minutos, aquí se deja enfriar por un tiempo aproximado de 24 horas (la solución extraída sale con una temperatura de 90°C). La cantidad de almacenamiento de estos Cubi Tanques es de aproximadamente 250 galones, lo que equivale a un tiempo de llenado de 6 horas.

- ✓ **OP - 07:** Luego se vuelve a realizar un nuevo filtro del sobrenadante (residuo propio del reposo) por un tiempo de 5 minutos, porque la tierra se ha precipitado en todo el tiempo que se ha dejado enfriar la solución.
- ✓ **AL - 02:** Finalmente se obtiene el producto de biodiesel el cual es almacenado.

Una vez concluido este procedimiento se obtiene el producto deseado.

El tiempo total de todos los procesos de esta estación es de 28 horas.

Lista de materiales a emplear que se muestra en la Tabla 31:

Tabla 31: Insumos y Materiales – Módulo 4

Producto	Cantidad
Biodiesel a tratar	250 galones
Arcilla	De 2% a 4%
Equipos / Materiales	
Tanque de Decantación	3 unidades
Tanque Purificador	1 unidad
Bomba Centrifuga	1 unidad
Cubi Tanques de Almacenamiento	3 unidades




Fuente: Elaboración Propia

Una vez culminada cada una de los módulos mencionadas en el proceso de la Planta de Biodiesel Actual se identificará la cantidad total de tiempo empleado para cada operación, tal como se muestra en la Tabla 32 que se realiza durante el ciclo del proceso.

En la tabla 33 mostramos la descripción de cada actividad del proceso actual respecto a tiempo (min), distancia (metros) y cantidad (litros), para luego poder realizar un análisis de balance de línea para identificar cual sería el problema más crítico dentro del proceso

y poder plantear la mejora respectiva en el proceso. Asimismo, poder mejorar la producción.

Tabla 32: Resumen de las Estaciones Actuales del Proceso de la Planta de Biodiesel

Evento	Descripción	Tiempo (min)	Cantidad
	Operación	423	8
	Inspección	4	1
	Transporte	77	7
	Espera	1950	3
	Almacenamiento	60	2
Total		2514	21

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Identificación de recursos de los procesos de la planta de biodiesel

La cantidad de recursos involucrado en el Proceso de la Planta de Biodiesel de la Universidad Agraria la Molina es un total de 4 personas, los cuales presentan las siguientes funciones:

- Supervisor (1): verifica el correcto funcionamiento de la planta de biodiesel.
- Analista de Laboratorio (1): encargado de realizar la toma de muestras de la materia prima.
- Operario de producción (2): encargado de realizar el trabajo de recepción, colado de aceite y seguimiento del proceso.

Solo el operario se encuentra presente en las actividades del proceso de la planta de biodiesel, y él se encarga de informar al analista y supervisor.

Tabla 33: Diagrama de Análisis del Proceso (DAP) – Planta de Biodiesel Actual

Descripción	Cantidad (litros)	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	SIMBOLOS					
				○	⇒	D	□	▽	
1. Almacenar el aceite reciclado	946.35		30						
2. Colar manualmente el aceite reciclado	944.60		60						
3. Trasvasar el aceite reciclado a los cilindros *Dejar reposar el aceite colado en los cilindros (1440min)		4.5	15						
4. Trasvasar el aceite limpio al tanque de almacenamiento	944.25	1.8	15						
5. Trasvasar el aceite del tanque de almacenamiento al tanque reactor		1.8	10						
6. Tomar una muestra de aceite filtrado para determinar el índice de acides (de 0% - 5%)	9.46		4						
7. Calentar el aceite filtrado hasta que llegue a 50 grados Celcius	944.25		124						
8. Mezclar en el tanque metoxido: Alcohol - 20% gr de aceite(Metano) + Soda Caustica -3.5gr/lit aceite (NaOH)	38.52	1.6	10						
9. Trasvasar la mezcla al tanque reactor	982.77	0.4	10						
10. Realizar el proceso de trasesterificación en el tanque reactor	982.77		90						
11. Terminada la trasesterificación, trasvasar la solución al tanque de decantación	980.40	1.7	15						
12. Dejar el reposo la solución *Seperar glicerina de biodiesel	965.05		480						
13. Trasvasar la solución del biodiesel al tanque de purificador	965.05	1.9	7						
14. Agregar arcilla en forma constante al tanque purificador en una proporción de (2% - 4%)	7.57		10						
15. Calentar la solución completa a una temperatura de 95 grados Celcius	972.62		120						
16. Dejar reposar la solución para que decante la tierra extraida	972.62		30						
17. Purgar la tierra	957.30		4						
18. Trasvasar el biodiesel limpio a los cubi tanques de almacenamiento (solución a 90° C)	957.30	1.8	5						
19. Dejar enfriar la solución trasladada	957.30		1440						
20. Realizar un nuevo proceso de filtrado del sobrenadante	951.75		5						
21. Producto de Biodiesel a almacenar	951.75		30						
TOTAL	951.75	15.5	2514						

Fuente: Elaboración Propia

Presentación de Resultados

Se presentará los siguientes resultados por cada una de las hipótesis planteadas, para determinar si se realizara cambios en la línea de producción, saber si hay disminución o aumento de tiempos de producción, cuellos de botella, y falta o sobra de operarios; con el objetivo de mejorar la productividad del proceso de la planta de biodiesel.

- ✓ **Hipótesis 1:** La reducción del tiempo del cuello de botella incrementa la producción y el nivel del servicio al cliente de la Planta de Biodiesel de la Universidad Agraria la Molina.

Situación Actual

5.3 Identificación del cuello de botella de la planta de biodiesel

Para poder identificar el cuello de botella en el proceso Actual de la Planta de Biodiesel, se realizó un análisis de Balance de Línea de Producción, en donde se calcula el tiempo de ciclo de cada uno de los cuatro módulos con el objetivo de identificar el mayor tiempo de producción.

Los módulos identificados para ser trabajados y mejorados son los siguientes:

- Módulo de Recepción, Filtrado y Almacenado

Se identificó que el método a realizar la actividad de filtrado del aceite reciclado no es el mejor, puesto que se realiza en forma manual, alcanzando un tiempo de 0.1271 Minutos por cada Litro; no cumple ni está alineado con los materiales e insumos porque no elimina completamente las impurezas, esto genera contaminación en la materia prima empleada, puesto que no se emplea los controles adecuados para un proceso industrial.

- Módulo de Purificación

Se identificó que el tiempo para poder llegar a la temperatura de 95 grados Celsius y realizar luego el proceso de enfriamiento es muy elevado, ya que llega a 1.7347 Minutos por cada Litro. Esto se debe a que solo se emplea un Tanque Purificador que cuenta con un sistema de calentamiento, mas no de enfriamiento, por ello se emplea los cubi tanques en donde se procede a enfriar de forma manual la solución.

5.4 Determinar el cuello de botella y producción del proceso actual

En la tabla 37, se muestra los cálculos relacionados a la cantidad producida y al tiempo estándar por lote de cada módulo trabajado, de acuerdo a ello se calcula el tiempo de ciclo, que se desarrolla en el proceso actual de la planta de biodiesel.

De acuerdo a los cálculos realizados se identifica la mayor cantidad de tiempo estándar por lote el cual se encuentra en el “Modulo de Purificación”, con un total de 1651 minutos que equivale a 28 horas, lo que significa que es el módulo con mayor tiempo en el proceso total de la línea de producción que origina un cuello de botella.

El tiempo total obtenido para los cuatro módulos dentro del proceso actual es de 2514 minutos equivalente a 42 horas.

Una vez identificado el cuello de botella se calcula el número de estaciones de trabajo y la eficiencia que se tiene dentro del proceso actual de la planta de biodiesel. (Ver tabla 34)

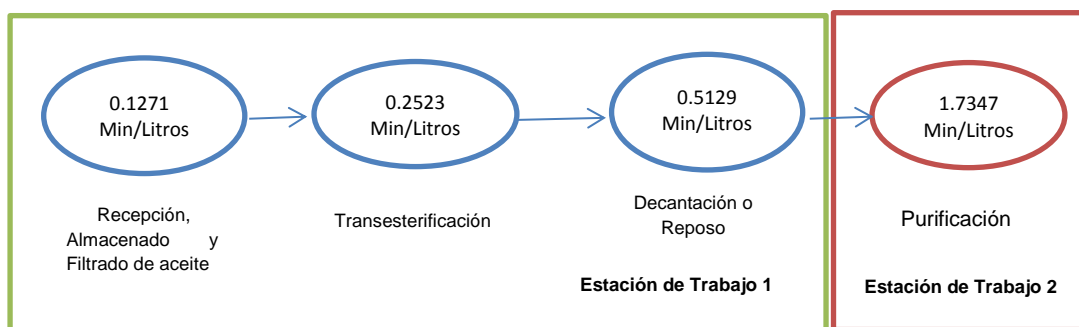
Tabla 34: Ecuaciones de Balance de Línea de Producción – Proceso Actual

FACTOR	ECUACION	RESULTANTE	UNIDAD
Tiempo de Ciclo	$\frac{120}{944.25} + \frac{248}{982.77} + \frac{495}{965.05} + \frac{1651}{951.75}$	1.7347	Minutos / litros
Número de Estaciones de Trabajo	$\frac{2.6271}{1.7347}$	1.514417551 ≈ 2	Cantidad
Eficiencia	$\frac{2.6271}{1.7347 * 2}$	0.757208776 ≈ 0.76	Porcentaje

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 35, se muestra cada tiempo del ciclo por modulo, donde se visualiza que la cantidad total de estaciones a trabajar es 2 en las que se agrupa cada módulo del proceso para poder mejorar el equilibrio del tiempo en el proceso. También en la tabla 34 nos damos cuenta que la eficiencia es de 76% que nos indica un desequilibrio del tiempo o tiempo inactivo dentro de la línea del proceso.

Tabla 35: Diagrama de Precedencia del Proceso de Planta de Biodiesel Actual



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5, se visualiza el balance de masa del proceso actual, la cantidad de insumo de aceite que está entrando es de 1000 LT y la cantidad de salida de biodiesel es de 951.75 LT, esto corresponde a un lote de trabajo, obteniendo una merma de 0.048, que equivale a un 5% de la producción. Estos cálculos nos sirven para identificar la producción actual que se tiene en el proceso de la planta.

La producción actual en los 6 primeros meses del año es los que se muestra en la tabla 36.

Tabla 36: Producción Actual del Proceso de la Planta de Biodiesel

	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17
Producción	3758	3849	3817	3797	3820	3801

Fuente: Elaboración Propia

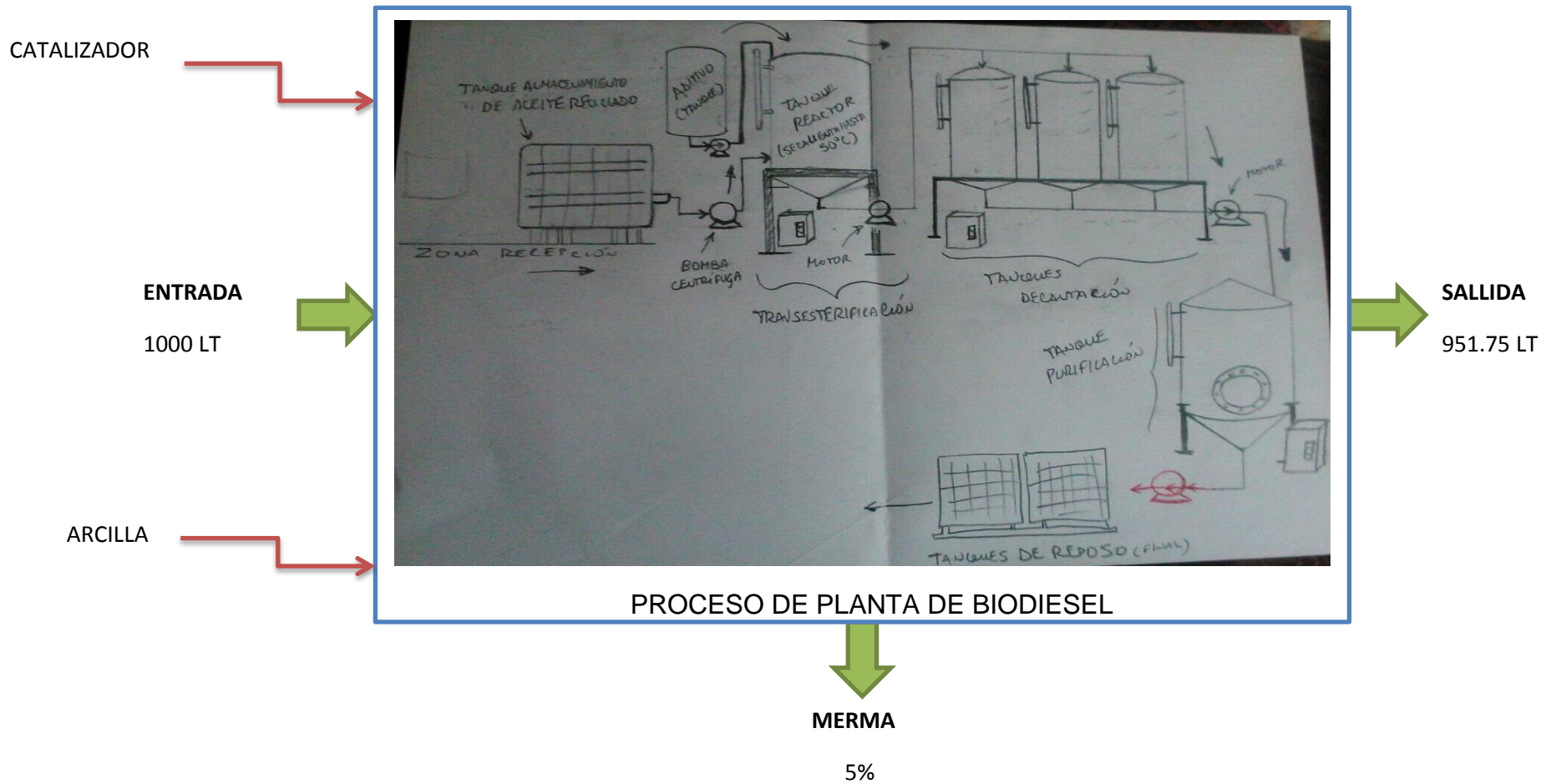


Figura 5: Balance de Masa del Proceso Actual de la Planta de Biodiesel (Modulo Completo)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37: Balance de Línea de Producción para cada Módulo de Trabajo en el Proceso Actual de la Planta de Biodiesel

Estaciones	Descripción de Actividades	Centro de Trabajo (Módulos)	Cantidad Producida (litros)	Tiempo por Lote (minutos)	Tiempo Ciclo (minutos/litros)	% Porcentaje	# Personas	Tiempo de Proceso (Hrs)	Tiempo acumulado del Proceso (Hrs)	Tiempo Efectivo del Operario (HH)	Tiempo Ocioso del Operario (HH)
Estación 1	1. Almacenar el aceite reciclado	Recepción, Almacenado y Filtrado de aceite	944.25	120	0.1271	4.77	2.00	2.00	4	0	
	2. Colar manualmente el aceite reciclado										
	3. Trasvasar el aceite reciclado a los cilindros										
	4. Trasvasar el aceite limpio al tanque de almacenamiento										
	5. Trasvasar el aceite del tanque de almacenamiento al tanque reactor										
	6. Tomar una muestra de aceite filtrado para determinar el índice de ácidos (de 0% - 5%)	Transesterificación	982.77	248	0.2523	9.86	2.00	4.13	6.13	8.27	0
	7. Calentar el aceite filtrado hasta que llegue a 50 grados Celcius										
	8. Mezclar en el tanque metoxido: Alcohol - 20% gr de aceite(Metano) + Soda Caustica -3.5gr/lt										
	9. Trasvasar la mezcla al tanque reactor										
	10. Realizar el proceso de transesterificación en el tanque reactor										
	11. Terminada la transesterificación, trasvasar la solución al tanque de decantación	Decantación o Reposo	965.05	495	0.5129	19.69	2.00	8.25	14.38	0.25	16.25
12. Dejar el reposo la solución											
*Seperar glicerina de biodiesel											
Estación 2	13. Trasvasar la solución del biodiesel al tanque de purificador	Purificación	951.75	1651	1.7347	65.67	2.00	27.52	41.90	3.02	52.02
	14. Agregar arcilla en forma constante al tanque purificador en una proporción de (2% - 4%)										
	15. Calentar la solución completa a una temperatura de 95 grados Celcius										
	16. Dejar reposar la solución para que decante la tierra extraída										
	17. Purgar la tierra										
	18. Trasvasar el biodiesel limpio a los cubi tanques de almacenamiento (solución a 90° C)										
	19. Dejar enfriar la solución trasladada										
	20. Realizar un nuevo proceso de filtrado del sobrenadante										
	21. Producto de Biodiesel a almacenar										
	TOTAL										

Fuente: Elaboración Propia

5.5 Determinar el Nivel de Servicio del proceso actual

La producción actual de Biodiesel es por lotes y la venta se realiza a pedido, por ello la proyección de inventario es de cero (todo lo que se produce se vende), como se muestra en la tabla 38.

Asimismo, el nivel de servicio que presenta la producción actual está en un promedio de 55% durante los 6 primeros meses del año. Lo que significa que la producción actual no puede abastecer la demanda existente, por tanto, mis ventas reales entre la demanda que tengo es el nivel de servicio al cliente (%).

Tabla 38: Producción y Ventas Proceso Actual de la Planta de Biodiesel

	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17
Demanda	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Venta	3,758	3,849	3,817	3,797	3,820	3,801
Producción	3758	3849	3817	3797	3820	3801
Proyección de Inventario	0	0	0	0	0	0
Nivel de Servicio	54%	55%	55%	54%	55%	54%

Fuente: Elaboración Propia

✓ Situación Propuesta

5.6 Intervención de la Variable Independiente, en el Proceso de la Planta de Biodiesel.

Una vez identificado el cuello de botella se describirá la mejora a realizar en cada módulo del proceso de la Planta de Biodiesel, reduciendo el tiempo de producción respecto al tiempo actual.

Los cambios a realizar en cada una de los módulos del proceso mejorado son los siguientes:

- Módulo de Recepción, Filtrado y Almacenado

Mejora: El proceso de filtrado manual se reemplazará por un **colador industrial** (ver anexo 16), conectado a un motor eléctrico y una conexión directa al tanque de almacenamiento.

Descripción: El proceso de recepción corresponde al de trasvasar el aceite que se tiene en los baldes a los cilindros de reposo, previa acción de colar el aceite.

Para esta etapa del proceso se plantea reemplazar el colador de cocina por uno industrial para la acción de colado. El colador industrial ira conectado a un motor eléctrico, el cual permitirá realizar movimientos laterales que permitan colar el aceite que se va vertiendo en él.

A medida que se realice el colado, el aceite pasará directamente al tanque de almacenamiento por medio de una manguera que irá conectada desde un envase al tanque.

Terminada esta etapa del proceso, se realizará una inspección que permitirá verificar que, lo realizado anteriormente, no esté desperdiciando insumo.

Estos cambios a realizar permitirán reducir el tiempo normal de la actividad (24 horas) a 2 o 3 horas

Ventaja: Mejorar la calidad del insumo y minimizar los tiempos del proceso inicial, verificando que el ingreso sea de manera óptima al tanque de almacenamiento, reemplazando los procesos manuales por un sistema de control mucho más efectivo.

La cantidad inicial a considerar en el proceso será el equivalente a 1000 litros de aceite.

- Módulo de Purificación

Mejora: Acoplar un sistema de calentamiento y enfriamiento para disminuir los tiempos en el **intercambio de calor y chiller**, (ver anexo 17 y 18).

Descripción: Una vez que el Biodiesel es traspasado al Tanque Purificador se le adiciona arcilla y se eleva la temperatura del tanque a 95°C para que la arcilla absorba las impurezas. (Tiempo para elevar temperatura 1.5 horas)

Para esta etapa del proceso se plantea calentar la mezcla, para lo cual se deberá utilizar un intercambiador de calor que permitirá elevar la temperatura para poder reducir el tiempo actual de la operación, luego, retornará al tanque purificador para que repose y decante la arcilla.

Pasado el tiempo de reposo (10 min) se trasladará el Biodiesel a un chiller en donde se enfriará. Esto se realiza para evitar la espera de enfriarlo en los cubi tanques y es en este entretiempo se realizará una inspección antes de pasarlos a reposar.

Realizado estos cambios se espera que los tiempos se reduzcan a 0.98 Minutos por Litro.

Ventajas: Mejorar los niveles de temperatura dentro de cada etapa del proceso empleando maquinarias que optimicen el proceso, también se evitara tener operarios con un rendimiento no tan bueno, generando un mayor rendimiento y evitando los posibles riesgos.

En las Tablas 39 y 40 se visualiza la cantidad producida de biodiesel y el de tiempo estándar mejorado por actividad, de acuerdo a los cambios realizados.

Tabla 39: Resumen de las Estaciones Mejoradas del Proceso de la Planta de Biodiesel

Evento	Descripción	Tiempo (min)	Cantidad
○	Operación	327	8
□	Inspección	12	3
⇒	Transporte	61	8
⌒	Espera	1310	3
▽	Almacenamiento	50	2
Total		1760	24

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40: Diagrama de Análisis de Proceso (DAP) – Planta de Biodiesel Mejorado

Descripción	Cantidad (litros)	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	SIMBOLOS				
				○	⇒	D	□	▽
1. Almacenar el aceite reciclado	1000		30					
2. Colar el aceite reciclado en un colador industrial conectado a un motor	997.40		35					
3. Trasvasar el aceite limpio al tanque de almacenamiento * Reposar el aceite en tanques de almacenamiento (1440min)	993.90	7.6	15					
4. Realizar una inspección para verificar que no se desperdicie los insumos entrantes y también verificar el índice de ácidos (de 0% - 5%)	9.46		4					
5. Trasvasar el aceite del tanque de almacenamiento al tanque reactor		1.8	6					
6. Calentar el aceite limpio hasta que llegue a 50 grados Celsius	993.90		124					
7. Mezclar en el tanque Metoxido: Alcohol (Metanol) + Soda Caustica (NaOH)	18.52	1.2	6					
8. Realizar una inspección para verificar que las cantidades de los fluidos hayan sido vertidos en las medidas correctas al tanque metoxido (de 0% a 5%)	9.46		3					
9. Trasvasar la mezcla al tanque reactor	1012.42	0.4	3					
10. Realizar el proceso de trasesterificación en el tanque reactor	1012.42		90					
11. Terminada la trasesterificación, trasvasar la solución al tanque de decantación	1012.42	1.7	10					
12. Dejar en reposo la solución * Separación glicerina del biodiesel	997.42		480					
13. Trasladar la solución al intercambiador de calor	997.42	3.7	5					
14. Agregar arcilla, en forma constante, a la solución en movimiento en una proporción de (2% - 4%)	8.00		3					
15. Calentar la solución completa con un intercambiador de calor	1005.42		34					
16. Trasvasar la solución del biodiesel al tanque de purificador	1005.42	1.4	6					
17. Dejar reposar la solución para que decante la arcilla	1005.42		30					
18. Trasvasar el biodiesel limpio a un Chiller (maquina enfriadora de soluciones)	990.42	1.2	10					
19. Dejar enfriar la solución en el Chiller	990.42		30					
20. Trasvasar la solución a los cubitanques	990.42	1.2	6					
21. Dejar reposar solución en los cubitanques	975.42		800					
21. Realizar un nuevo proceso de filtrado al sobrenadante	962.16		5					
22. Realizar una inspección para verificar que la solución final sea la deseada	962.16		5					
23. Producto de Biodiesel a almacenar	962.16		20					
TOTAL	962.16	20.2	1760					

Fuente: Elaboración Propia

5.7 Determinar la reducción del cuello y producción del proceso mejorado

En la tabla 44, se muestra los cálculos desarrollados en el proceso mejorado de la planta de biodiesel para cada Módulos respecto a la reducción de tiempo de producción, de acuerdo a la mejora en el cuello de botella.

El módulo de “Purificación” ha disminuido el tiempo de producción por lote a 954 min respecto al tiempo actual (1651 min), equivalente en un 58%. Asimismo, se mantiene el número de estaciones de trabajo y la eficiencia a mejorado a un 91%, lo que significa que mi producción de trabajo ha incrementado en comparación a mi proceso actual.

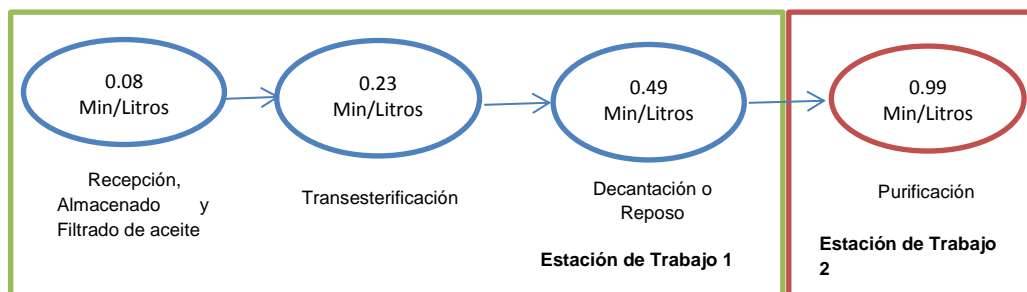
Tabla 41: Ecuaciones de Balance de Línea de Producción – Proceso Mejorado

FACTOR	ECUACION	RESULTANTE	UNIDAD
Tiempo de Ciclo	$\frac{84}{993.90} + \frac{232}{1012.42} + \frac{490}{997.42} + \frac{954}{962.16}$	0.9915	Minutos / litros
Número de Estaciones de Trabajo	$\frac{1.7965}{0.9915}$	1.81182192≈ 2	Cantidad
Eficiencia	$\frac{1.7965}{0.9915 * 2}$	0.90591096≈ 0.91	Porcentaje

Fuente: Elaboración Propia

También observamos que los tiempos de ciclo en cada módulo ha disminuido en comparación al proceso actual, ya que se está proponiendo realizar un equilibrio en las actividades a trabajar en base al acoplamiento de equipos. (ver tabla 42)

Tabla 42: Diagrama de Precedencia en el Proceso de Planta de Biodiesel Mejorado



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 6, se visualiza el balance de masa del proceso mejorado, la cantidad de insumo de aceite que está entrando es de 1000 LT y la cantidad de salida de biodiesel que se esta produciendo es de 962.16 LT, mayor al proceso actual que corresponde a un lote de trabajo, obteniendo una merma de 0.037 que equivale a un 4%, estos cálculos nos sirven para identificar la producción mejorada que se tiene en el proceso de la planta.

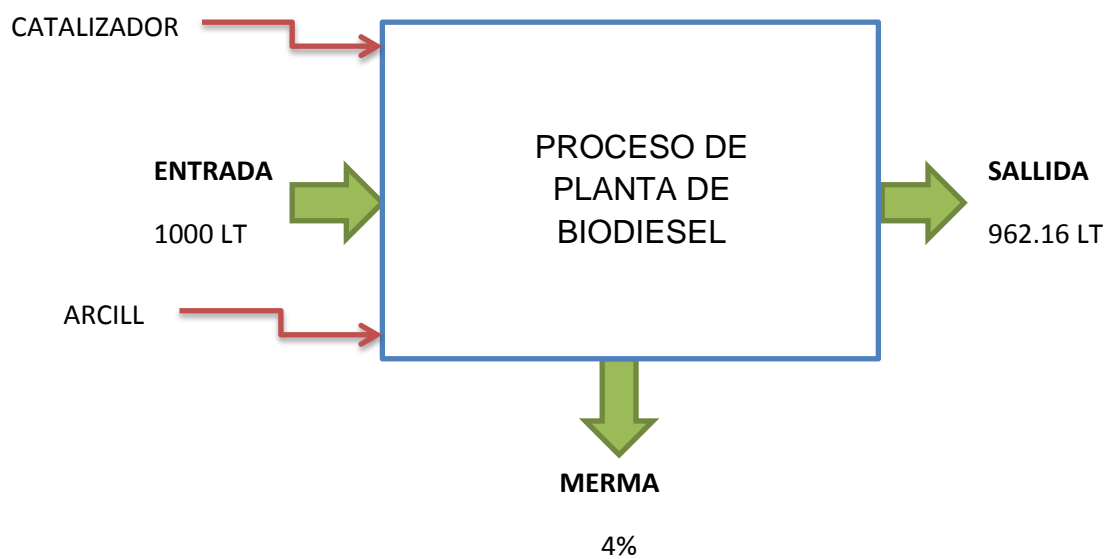


Figura 6: Balance de Masa Del Proceso Mejorado de la Planta de Biodiesel (Modulo Completo)

Fuente: Elaboración Propia

La producción mejorada para los 6 meses restantes del año es los que se muestra en la tabla 43.

Tabla 43: Producción Mejorada del Proceso de la Planta de Biodiesel

	jul-17	ago-17	set-17	oct-17	nov-17	dic-17
Producción	5716	5774	5746	5784	5797	5820

Fuente: Elaboración Propia

Realizando una comparación se observa que la producción por lote/mensual ha aumentado en un 20% aproximadamente en los últimos 6 meses, ya que el tiempo total por lote ha disminuido de 2514 min/lote a 1760 min/lote, esto genera que la cantidad de producción de lote mensual sea un 20% más a lo que se produce actualmente.

Tabla 44: Balance de Línea de Producción para cada Módulo de Trabajo en el Proceso Mejorado de Planta de Biodiesel

Estaciones	Descripción	Centro de Trabajo (Módulos)	Cantidad Producida (litros)	Tiempo por lote (minutos)	Tiempo Ciclo (minutos/litros)	% Porcentaje	# Personas	Tiempo de Proceso (Hrs)	Tiempo acumulado del Proceso (Hrs)	Tiempo Efectivo del Operario (HH)	Tiempo Ocioso del Operario (HH)
Estaciones 1	1. Almacenar el aceite reciclado	Recepción, Almacenado y Filtrado	993.90	84	0.08	4.77	2.00	1.40	1.40	2.8	0
	2. Colar el aceite reciclado en un colador industrial conectado a un motor										
	3. Trasvasar el aceite limpio al tanque de almacenamiento										
	4. Realizar una inspección para verificar que no se desperdicie los insumos entrantes y tambien										
	5. Trasvasar el aceite del tanque de almacenamiento al tanque reactor	Transesterificación	1012.42	232	0.23	13.18		4.13	5.53	7.73	0.00
	6. Calentar el aceite limpio hasta que llegue a 50 grados Celcius										
	7. Mezclar en el tanque Metoxido: Alcohol (Metanol) + Soda Caustica (NaOH)										
	8. Realizar una Inspección para verificar que las cantidades de los fluidos hayan sido vertidos en										
	9. Trasvasar la mezcla al tanque reactor										
	10. Realizar el proceso de transesterificación en el tanque reactor										
	11. Terminada la transesterificación, trasvasar la solución al tanque de decantación	Decantación o Reposo	997.42	490	0.49	27.84		8.17	13.70	0.17	16.17
	12. Dejar en reposo la solución										
Estaciones 2	13. Trasladar la solución al intercambiador de calor	Purificación	962.16	954	0.99	54.20	2.00	15.90	29.60	1.57	30.23
	14. Agregar arcilla, en forma constante, a la solución en movimiento en una proporción de (2% -										
	15. Calentar la solución completa con un intercambiador de calor										
	16. Trasvasar la solución del biodiesel al tanque de purificador										
	17. Dejar reposar la solución para que decante la arcilla										
	18. Trasvasar el biodiesel limpio a un Chiller (maquina enfriadora de soluciones)										
	19. Dejar enfriar la solución en el Chiller										
	20. Trasvasar la solución a los cubitanques										
	21. Dejar reposar solución en los cubitanques										
	21. Realizar un nuevo proceso de filtrado al sobrenadante										
	22. Realizar una Inspección para verificar que la solución final sea la deseada										
23. Producto de Biodiesel a almacenar											
TOTAL				1760	1.7965	100					

Fuente: Elaboración Propia

5.8 Determinar el Nivel de Servicio del proceso mejorado

En la tabla 45, se muestra que la producción y las ventas son iguales, ya que presento un inventario cero puesto que no se podía abastecer la demanda existente a un 100%, pero si mejorar la atención al cliente vendiendo más de la situación actual por ello todo lo que se produce se vende, esto conlleva a que mi nivel de servicio este en un 82% aproximadamente para los 6 últimos meses del año, ya que las ventas reales entre la demanda es el nivel del servicio al cliente (%), y tal como observamos este nivel es mayor al del proceso actual (ver tabla 45).

Tabla 45: Producción y Ventas Proceso Mejorado de la Planta de Biodiesel

	jul-17	ago-17	set-17	oct-17	nov-17	dic-17
Demanda	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Venta	5,716	5,774	5,746	5,784	5,797	5,820
Producción	5716	5774	5746	5784	5797	5820
Proyección de Inventario	0	0	0	0	0	0
Nivel de Servicio	82%	82%	82%	83%	83%	83%

Fuente: Elaboración Propia

Hipótesis 2: La inversión aplicada mejorara los resultados de la Planta de Biodiesel de la Universidad Agraria la Molina.

✓ **Situación Actual**

5.9 Determinar los Costos de Producción y la Inversión del proceso actual

El proceso actual se ha “bosquejado” en cuatro módulos, de los cuales tenemos al Módulo de Purificación como el que consume un mayor tiempo de producción y ello lo denominamos cuello de botella.

Lo que buscamos es mejorar el proceso actual sin desmejorar el nivel de producción. Para ello, debemos identificar el cuello de botella que haga al proceso extenso. A partir de ello, se evaluarán qué equipos se podrá acoplar para poder realizar la mejora.

✓ **Situación Propuesta**

5.10 Determinar los Costos de Producción y la Inversión del proceso mejorado

Para el proceso propuesto se identificó como cuello de botella el Módulo de Purificación; ya que era el de mayor tiempo de trabajo (1651 min/lote). Para mejorar este aspecto en el proceso productivo se consideró conveniente adquirir colador industrial (s/. 126) para el módulo de recepción, filtrado y almacenado. A esto, se añade un intercambiador de calor (s/. 12,350) y chiller (s/ 18,193). El intercambiador de calor permitirá que el fluido proveniente del módulo de decantación aumente su temperatura antes de ingresar al módulo de purificación. Luego de ello pasara a ser enfriado por el chiller. (ver tabla 46)

Estas mejoras se realizarán con el objetivo de disminuir los tiempos actuales del proceso productivo e incrementar la producción, para satisfacer la atención al cliente.

Tabla 46: Evaluación de costos de Maquinaria a Invertir

Descripción	Costo (soles)
Colador Industrial	200
Chiller	18,193
Intercambiador de calor	12, 350
TOTAL	30,743

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, en base a la inversión propuesta y evaluando cada uno de los costos de producción (ver anexo 12) del proceso actual y mejorado, se logró identificar que se tiene una tasa real de inversión (TIR) de 41%, esto en base a la evaluación económica de cada proceso. (ver tabla 47 y 48)

Tabla 47: Evaluación Económica del Proceso Actual de Biodiesel

MESES	0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Inversión	0.00						
Ventas		39,195.94	40,145.07	39,811.31	39,602.71	39,842.60	39,644.43
Produccion		24,741.39	24,741.39	24,741.39	24,741.39	24,741.39	24,741.39
Materia prima		5,190.00	5,190.00	5,190.00	5,190.00	5,190.00	5,190.00
Gasto personal (Mano de Obra)		2,130.10	2,130.10	2,130.10	2,130.10	2,130.10	2,130.10
Gasto de fabrica		17,421.29	17,421.29	17,421.29	17,421.29	17,421.29	17,421.29
Resultado (Utilidad)		14,454.55	15,403.68	15,069.92	14,861.32	15,101.21	14,903.04

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48: Evaluación Económica del Proceso Mejorado de Biodiesel

MESES	0	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Inversión	30,743.00						
Ventas		59,617.88	60,222.82	59,930.78	60,327.12	60,462.71	60,702.60
Produccion		33,578.35	33,578.35	33,578.35	33,578.35	33,578.35	33,578.35
Materia prima		5,190.00	5,190.00	5,190.00	5,190.00	5,190.00	5,190.00
Gasto personal (Mano de Obra)		2,130.10	2,130.10	2,130.10	2,130.10	2,130.10	2,130.10
Gasto de fabrica		26,258.25	26,258.25	26,258.25	26,258.25	26,258.25	26,258.25
Resultado (Utilidad)		26,039.53	26,644.47	26,352.43	26,748.77	26,884.36	27,124.25
Resultado Incremental	-30,743.00	11,585	11,241	11,283	11,887	11,783	12,221
TIR	30%						

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del estudio de investigación se concluye lo siguiente:

1. Se incrementó la Utilidad Bruta en el segundo semestre del año 2017, pasando de S/. 89,793.72 a S/. 159,793.81 respecto al primer semestre. Por lo tanto, se concluye que lo planteado en la Hipótesis General se cumple.
2. Se llegó a reducir el tiempo de ciclo de producción de 1.74 Min/Litro a 0.99 Min/Litro lo cual mejoro el nivel de servicio en un 30% aproximadamente. Para lograr lo expuesto se acopló dos nuevos equipos (Intercambiador de Calor y Chiller), permitiendo reducir los tiempos de calentamiento y enfriamiento del módulo de purificación.

Por tanto, se concluye que lo planteado en la Hipótesis Especifica N°1 se cumple.

3. Se realizó una evaluación económica y se observa que la tasa de inversión rentable es del 30%, con lo que se concluye que luego del tercer mes se está retornando todo lo que se ha invertido en las dos maquinarias que se han acoplado al proceso.

Por lo tanto, se concluye que lo planteado en la Hipótesis Especifica N°2 se cumple.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados del estudio de investigación se recomienda:

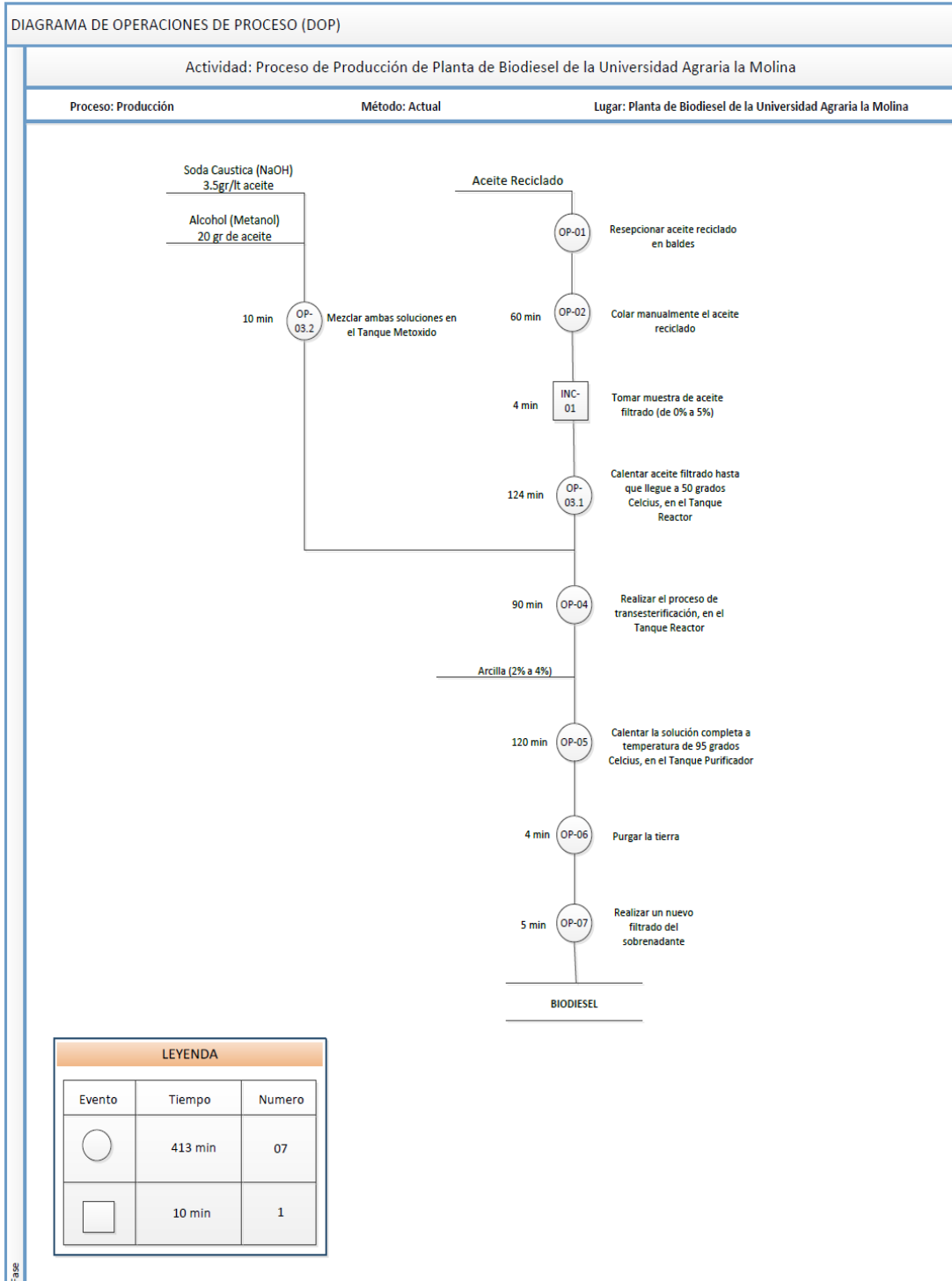
1. Para mantener los niveles de utilidad bruta se debe tener una reserva de materia prima (aceite) y la correcta operatividad de los equipos.
2. Realizar seguimiento al funcionamiento del equipo Chiller y Enfriador de Calor, asimismo realizar un adecuado mantenimiento del equipo para evitar demoras y/o retrasos en el proceso de purificación y con ello, en la entrega del producto.
3. Para mantener el nivel de servicio es necesario realizar monitoreos constantes del funcionamiento de los equipos y los niveles de reserva de materia prima. Ello evitará los retrasos en caso aparezcan cuellos de botella durante el proceso.
4. Para la parte química se recomienda utilizar el KOH (Hidróxido de Potasio) porque la glicerina que queda del proceso es menos tóxica que la actual (NaOH - Hidróxido de Sodio o Soda cáustica). Para ello se deberá realizar otra investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, F. (2008). Manual de construcción y uso de Reactor para producción de Biodiesel. Lima.
- Sociedad de Biocombustibles. (2007). Información sobre biocombustibles. Obtenido el 28 de abril del 2007. Retrieved from http://www.biocombustibles.es/info_biocombustibles.htm, Lima
- Sociedad de Biocombustibles. (2002). Propuesta para la promoción de uso de biocombustibles líquidos en el Perú. Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) Presidencia del Consejo de Ministros. Lima.
- Heizer, J. (2008). Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas, Lima .
- Krajew, L. J. (2008). Administración de Operaciones Proceso y Cadena de Valor . Lima.
- Minas, M. d. (2006). Producción fiscalizada de hidrocarburos líquidos, cuadro comparativo diciembre 2006. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/archivos/dgh/estadisticas/informens/2006/diciembre/diciembre.html>, Lima
- Perez, J. (1998). Utilización de Biocombustible. Lima .
- Tornique, L. (2006). Desarrollo del mercado de biodiesel. 1º Seminario internacional v - Perspectivas del biodiesel, legislación, ambiente y economía, San Tiago .

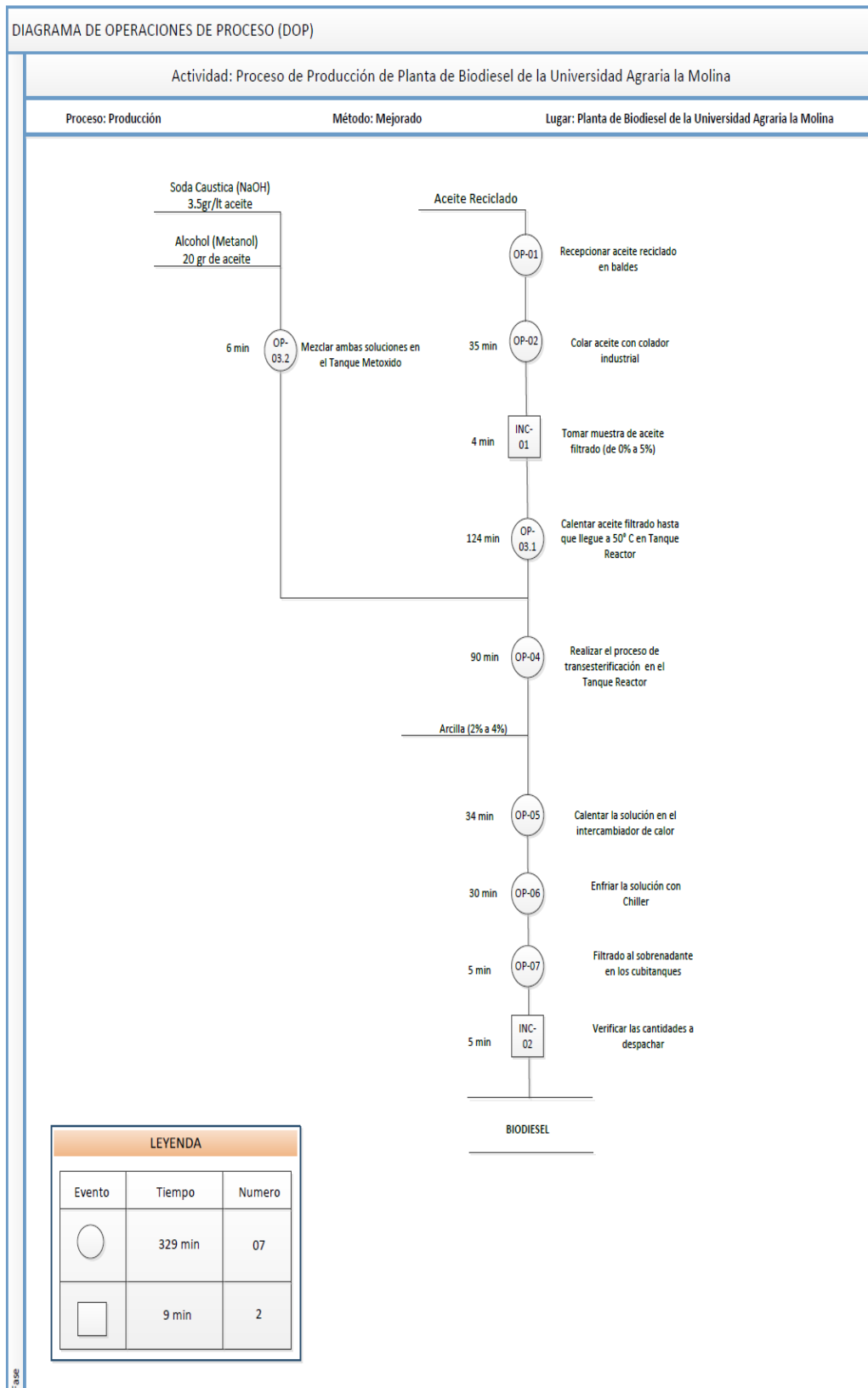
ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de Operaciones del Proceso Actual - DOP



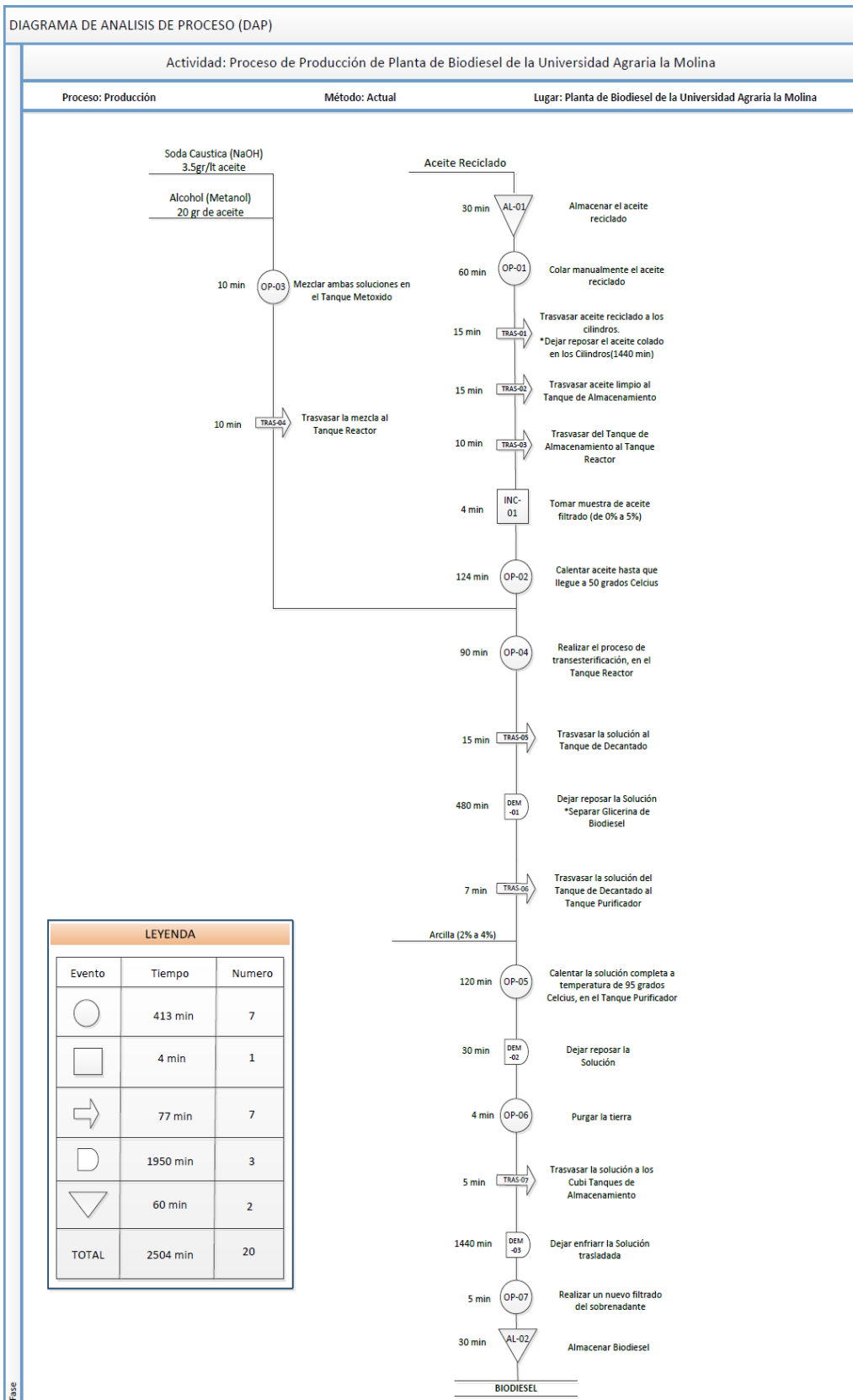
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Diagrama de Operaciones del Proceso Mejorado – DOP



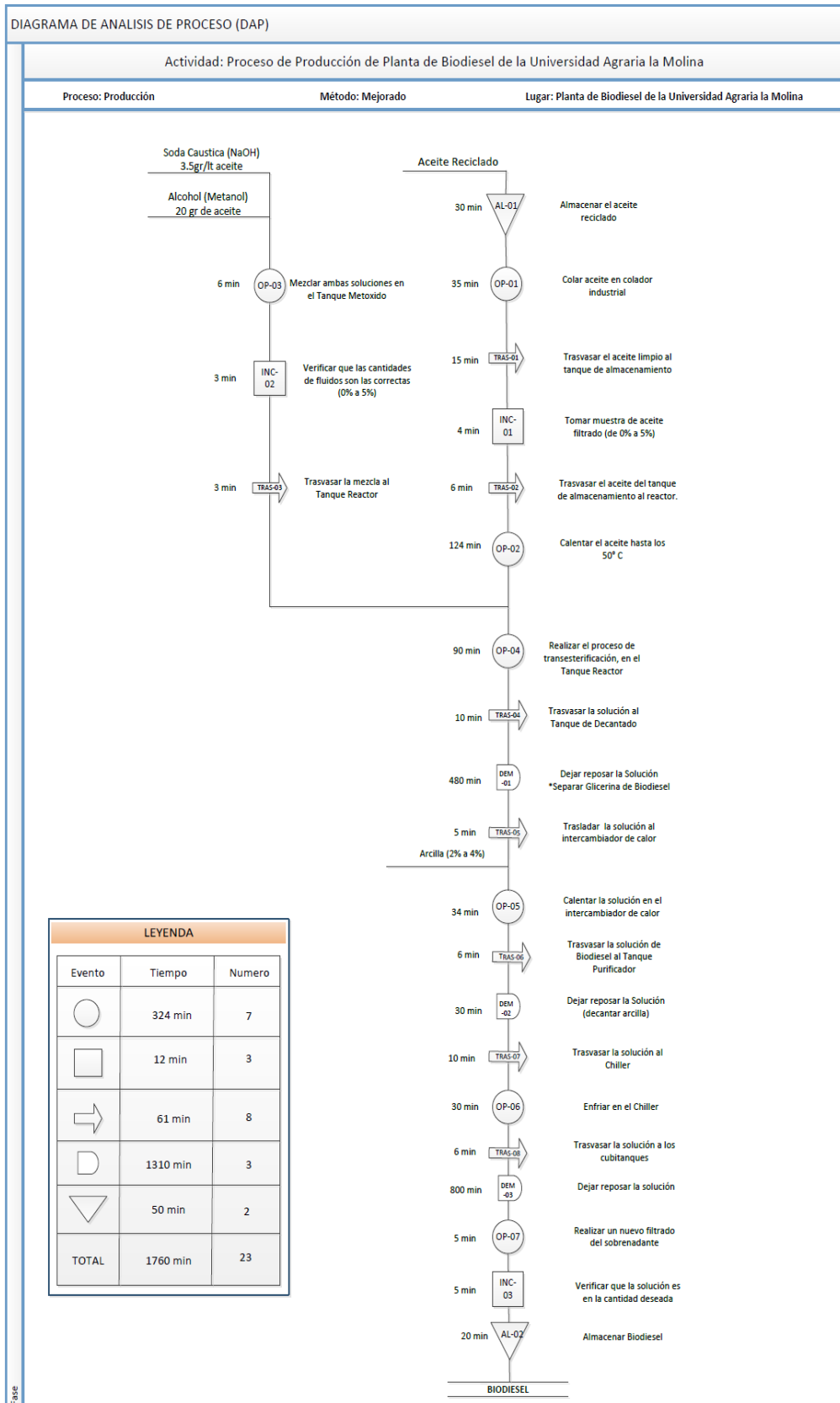
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Diagrama de Análisis del Proceso Actual – DAP



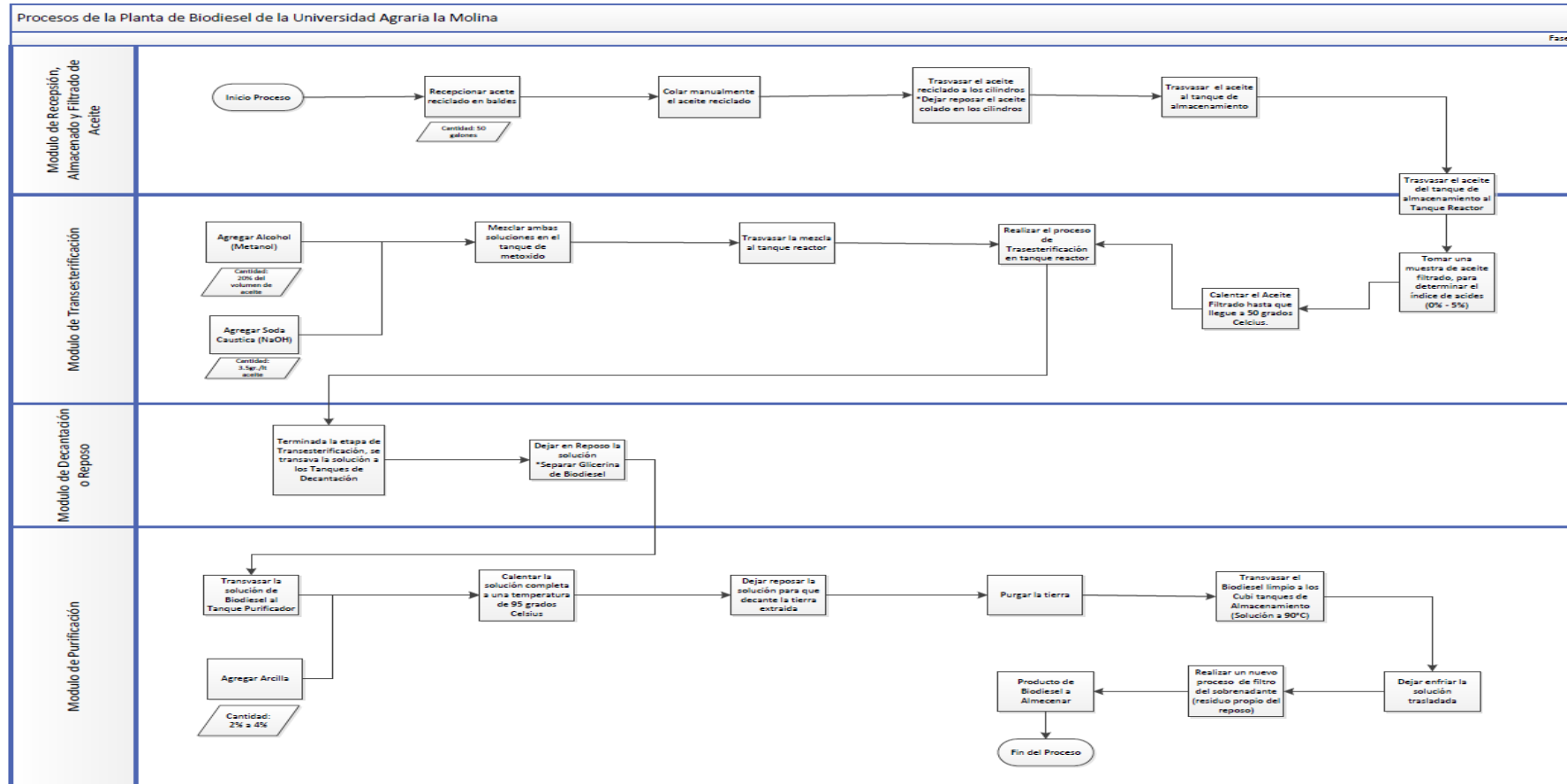
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Diagrama de Análisis del Proceso Mejorado – DAP



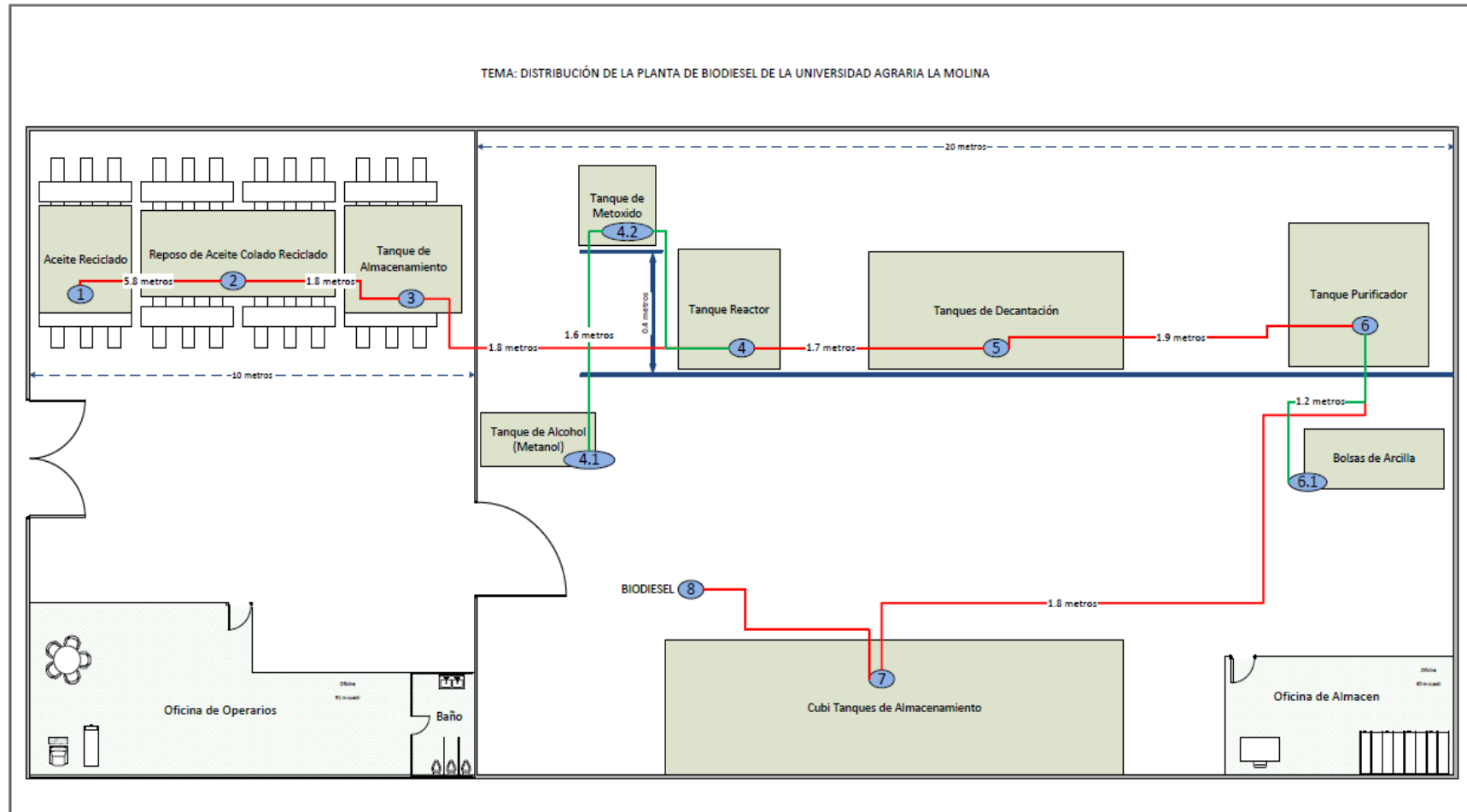
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Estructura del Proceso



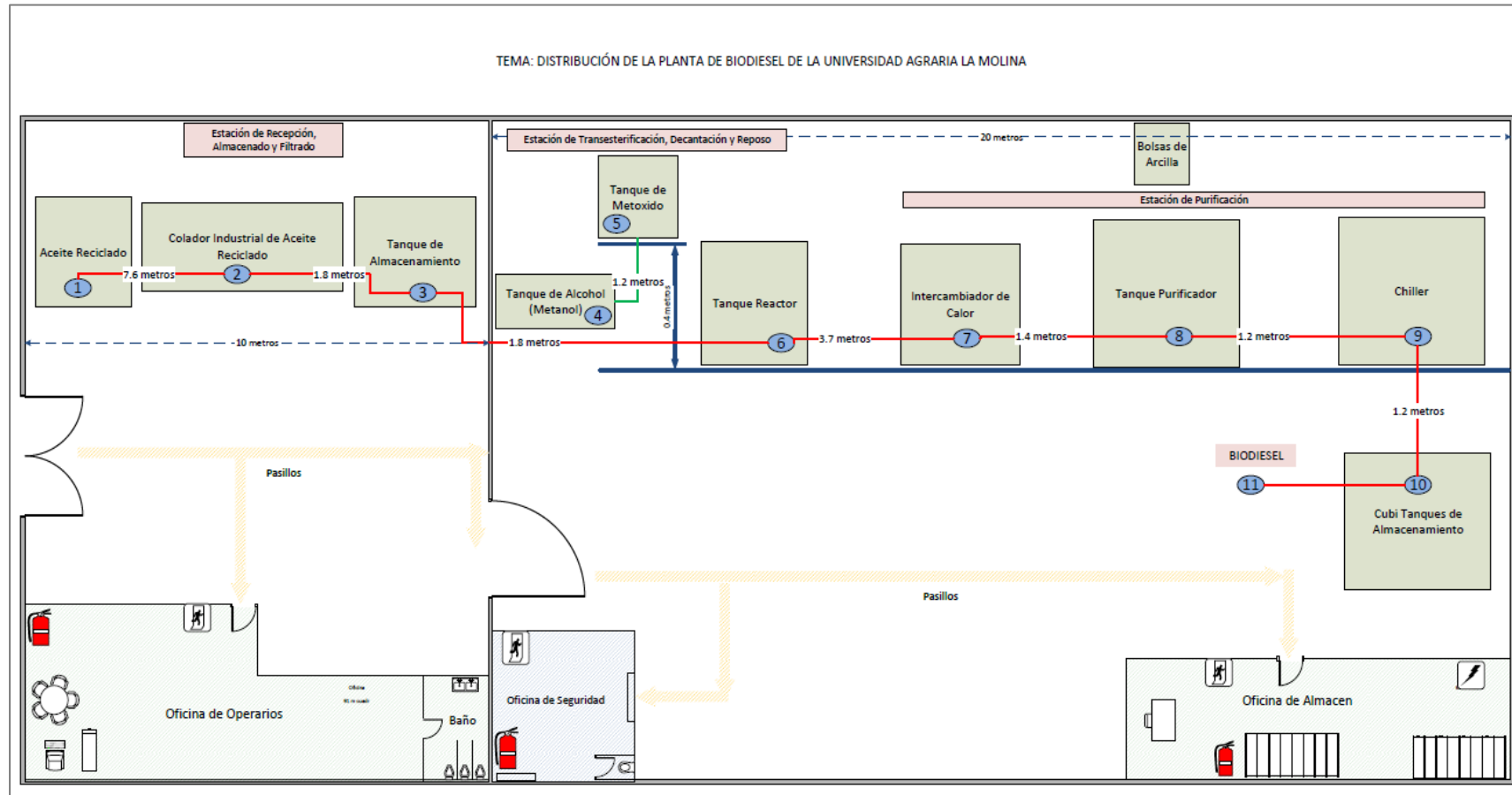
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Distribución de Planta de Biodiesel de la Molina – Proceso Actual



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Distribución de Planta de Biodiesel de la Molina – Proceso Mejorado



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: Muestra de Toma de Tiempo Estándar del Proceso Actual de Planta de Biodiesel de la Molina

Tiempo Ciclo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
30	20	20	16	16	18	16	20	17	20	20
60	50	50	45	45	50	45	50	42	42	48
15	10	10	10	10	11	11	10	11	10	11
15	10	11	11	11	11	10	10	11	10	11
10	7	7	6	6	6	6	7	6	7	6
4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4
124	110	115	100	100	110	96	110	95	105	98
10	8	8	6	5	5	5	8	5	8	8
10	8	7	7	6	7	6	8	6	8	8
90	80	76	70	70	75	60	80	75	80	66
15	12	12	10	10	10	10	12	10	12	10
480	470	470	400	400	390	390	454	430	460	420
7	6	5	5	5	5	5	6	5	6	5
10	8	7	7	7	7	7	8	7	8	7
120	110	105	100	95	105	95	110	90	106	96
30	23	22	20	18	20	18	24	18	24	22
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4
1440	1420	1420	1410	1410	1400	1412	1415	1405	1420	1412
5	5	5	4	4	4	4	5	4	5	5
30	22	20	18	18	20	18	22	22	22	22
2514	2392	2383	2256	2247	2265	2225	2372	2271	2366	2287

Fuente: Elaboración Propia

LEYENDA:

- TS Tiempo Estándar
 TN Tiempo Normal
 TO Tiempo Observado
 Suplemento (es el tiempo perdido por la persona 5% por fatiga / 4%
 Vs necesidades fisiológica)
 C Factor de Calificación a un ritmo de Trabajo (100%)

$$TS = TN*(1+Vs)$$

$$Vs=9\%$$

$$TN = 2,306$$

$$TN = TO*C$$

$$TN = TO*100\%$$

$$TO = 2,306$$

Anexo 9: Identificación del Tamaño de la Muestra Proceso Actual

n	T
1	2392
2	2383
3	2256
4	2247
5	2265
6	2225
7	2372
8	2271
9	2366
10	2287
ΣTo	23,064
n	10
TM	2,306

Muestra	TO	TO ²
1	2392	5,721,664
2	2383	5,678,689
3	2256	5,089,536
4	2247	5,049,009
5	2265	5,130,225
6	2225	4,950,625
7	2372	5,626,384
8	2271	5,157,441
9	2366	5,597,956
10	2287	5,230,369
Total	23,064	53,231,898

Fuente: Elaboración Propia

Identificación de la Desviación Estándar (S) de la muestra realizada:

$$S = \sqrt{\frac{\sum TO^2 - (\sum TO)^2 / n}{n - 1}}$$

S = 64.19

Ahora se va a calcular el valor de “N” para poder identificar el nivel de confianza del 95% por tanto: $\alpha = K = (0.025 + 0.025) = 0.05$ y $t = 2.2281$ porque es el valor de Student que corresponde a una muestra de “10”

$$N = \left(\frac{(2.2281 * 64.19)}{(2.306 * 0.05)} \right)^2$$



N = 2

Esto quiere decir que $N < n$ es decir $2 < 10$, cumple con la confianza del 95% y con una precisión del 5%

$$N = \left(\frac{t \cdot s}{TM \cdot K} \right)^2$$

Anexo 10: Muestra de Toma de Tiempo Estándar del Proceso Mejorado de Planta de Biodiesel de la Molina

Tiempo Ciclo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
30	24	24	24	24	24	24	28	30	24	30
35	30	30	30	30	30	30	33	33	30	33
15	9	10	9	10	9	10	10	11	10	10
4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
124	90	96	100	111	110	107	115	116	106	112
6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
90	70	70	70	80	80	82	85	86	80	85
10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
480	380	400	440	460	450	455	470	470	460	466
5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
34	28	29	29	29	30	29	30	30	29	30
6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
30	25	25	26	25	25	25	25	25	25	25
10	8	10	10	10	9	8	10	10	10	10
30	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
800	750	720	710	750	756	755	765	770	750	770
5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	17	17	17	20	20	17	20	20	17	20
1760	1508	1518	1552	1636	1630	1629	1678	1688	1628	1678

Fuente: Elaboración Propia

LEYENDA:

- TS Tiempo Estándar
 TN Tiempo Normal
 TO Tiempo Observado
 Suplemento (es el tiempo perdido por la persona 5% por fatiga / 4%
 necesidades fisiológica)
 Vs
 C Factor de Calificación a un ritmo de Trabajo (100%)

$$TS = TN*(1+Vs)$$

$$Vs=9\%$$

$$TN = 1,615$$

$$TN = TO*C$$

$$TN = TO*100\%$$

$$TO = 1,615$$

Anexo 11: Identificación del Tamaño de la Muestra Proceso Mejorado

n	T
1	1508
2	1518
3	1552
4	1636
5	1630
6	1629
7	1678
8	1688
9	1628
10	1678
ΣTo	16,145
n	10
TM	1,615

Muestra	TO	TO ²
1	1508	2,274,064
2	1518	2,304,324
3	1552	2,408,704
4	1636	2,676,496
5	1630	2,656,900
6	1629	2,653,641
7	1678	2,815,684
8	1688	2,849,344
9	1628	2,650,384
10	1678	2,815,684
Total	14,665	26,105,225

Fuente: Elaboración Propia

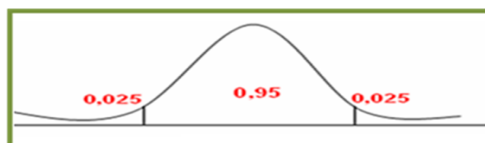
Identificación de la Desviación Estándar de la muestra realizada:

$$S = \sqrt{\frac{\sum TO^2 - \frac{(\sum TO)^2}{n}}{n - 1}}$$

S = 65.93

Ahora se va a calcular el valor de “N” para poder identificar el nivel de confianza del 95% por tanto: $\alpha = K = (0.025+0.025) = 0.05$ y $t = 2.2281$ porque es el valor de Student que corresponde a una muestra de “10”

$$N = \left(\frac{(2.2281 \cdot 65.93)}{(1.615 \cdot 0.05)} \right)^2$$



N = 4

Esto quiere decir que $N < n$ es decir $4 < 10$, cumple con la confianza del 95% y con una precisión del 5%

$$N = \left(\frac{t \cdot s}{TM \cdot K} \right)^2$$

Anexo 12: Costo de Producción del Proceso Actual de la Planta de Biodiesel

A. Costo de Mano de Obra

Costos de Operario

Descripción de Pago Salarial de Operario	Costo mensual	Unidades
Operador de producción (x2)	1700	Soles / Mes
Prima vacacional	289	Soles / Mes
Aguinaldo	141	Soles / Mes
Costo Total del Operario	2,130	Soles / Mes

Tiempo Total por Lote = 2514 Min / Lote

Tiempo Horas Hombre por Lote:

$$(2514 \text{ Min / Lote}) \times (1 \text{ H} / 60 \text{ Min}) = \mathbf{41.90 \text{ H/Lote}}$$

Costo de Lote:

$$((2130 \text{ Soles / Mes}) / (22 \text{ Dia} / 1 \text{ Mes} \times 8 \text{ H} / 1 \text{ Dia})) \times 41.90 \text{ H / Lote}$$

$$= 507.09 \text{ soles / Lote}$$

Costo de Mano de Obra:

$$(507.09 \text{ Soles / Lote}) / (951.75 \text{ LT/Lote}) = 0.53 \text{ soles / LT}$$

B. Costo de Materia Prima

Costo de Insumos

Descripción de Insumos	Costo mensual	Unidades
Aceite vegetal x 1000 Lts.	1,980	Soles/ Mes
Arcilla x Kilo	960	Soles/Mes
Catalizadores x 5 Lts.	2250	Soles /Mes
Costo Total de Insumos	5,190	Soles / Mes

Tiempo de Lote Mensual:

$$(22 \text{ Dia} / \text{Mes}) \times (8 \text{ H} / \text{Dia}) \times (60 \text{ Min} / \text{H}) / (2514 \text{ Min/Lote})$$

(10560 Min / Mes) / (2514 Min / Lote)

= 4.20 Lote / Mes

Costo de Producción por Lote:

(10560 Min / Mes) / (2514 Min / Lote)

= **4.20 Lote / Mes**

(5,190 Soles / Mes) / (4.20 Lote / Mes)

= 1,235.71 soles / Lote

Costo de Materia Prima:

(1,235.71 soles / Lote) / (951.75 LT/Lote)

= 1.29 soles / LT

C. Gastos de Fabrica

Costos de Energía + Almacén + Vigilancia + Limpieza + Administrativos

Descripción de Gastos de Fabrica	Costo	Unidades
Energía	10	Kw/Hr
Costo	43.96	Soles/Kwh
Agua	5	m3
Costo	4.95	Soles/m3
Costo de Energía	464.35	Soles
Cilindros 55 galones (208 Lts.)	50	Soles
Cantidad Cilindros	4.00	Und.
Costo de Almacén	200.00	Soles
Universidad	600,000.00	m2
Costo vigilante	950	Soles
# vigilantes	20	Und.
Planta biodiesel (m2)	12.74	m2
Costo Vigilancia	0.40	Soles
Universidad	600,000.00	m2
Costo vigilante	900	Soles
# vigilantes	25	Und.
Planta biodiesel (m2)	12.74	m2
Costo de Limpieza	0.48	Soles
Hojas bond (paq millar)	23	Und.
Costo	23	Soles
Lapiceros (paq 5)	2.2	Und.
Costo	6.6	Soles
Costos Administrativos	29.6	Soles
Supervisor (60% planta)	1200	Soles / Mes
Analista de laboratorio (100% planta)	1000	Soles / Mes

Prima vacacional	204	Soles / Mes
Prima vacacional	170	Soles / Mes
Aguinaldo	99.6	Soles / Mes
Aguinaldo	83	Soles / Mes
Costo Total Recursos Adm.	2756.6	Soles / Mes
Total de Gastos de Fabrica	17421.29	Soles / Mes

Tiempo de Litro Mensual:

$(951.75 \text{ LT} / \text{Lote}) \times (4.20 \text{ Lote} / \text{Mes})$

= 3,997.35 Litros / Mes

Costo de Gasto de Fabrica:

$(17,421.29 \text{ soles} / \text{Mes}) / (3,997.35 \text{ LT/Mes})$

= 4.36 soles / LT

Costo de Producción: Costo Primo + Gastos de Fabrica

Costos de Producción: $(0.53 + 1.29) + 4.36 = 6.18 \text{ soles} / \text{LT}$

Fuente: Elaboración Propia

Nota: el almacén es el espacio físico en donde se guarda los materiales empleados (cilindros / insumos / etc)

Anexo 13: Costo de Producción del Proceso Mejorado de la Planta de Biodiesel

A. Costo de Mano de Obra

Costos de Operario

Descripción de Pago Salarial de Operario	Costo mensual	Unidades
Operador de producción (x2)	1700	Soles / Mes
Prima vacacional	289	Soles / Mes
Aguinaldo	141	Soles / Mes
Costo Total del Operario	2130.1	Soles / Mes

Tiempo Total por Lote = 1760 Min / Lote

Tiempo Horas Hombre por Lote:

$$(1760 \text{ Min / Lote}) \times (1 \text{ H} / 60 \text{ Min}) = \mathbf{29.33 \text{ H/Lote}}$$

Costo de Lote:

$$((2130.10 \text{ Soles / Mes}) / (22 \text{ Dia / Mes} \times 8 \text{ H / Dia})) \times 29.33 \text{ H / Lote}$$

$$= 354.98 \text{ soles / Lote}$$

Costo de Mano de Obra:

$$(354.98 \text{ Soles / Lote}) / (962.16 \text{ LT/Lote}) = 0.37 \text{ soles / LT}$$

B. Costo de Materia Prima

Costo de Insumos

Descripción de Insumos	Costo mensual	Unidades
Aceite vegetal x 1000 Lts.	1,980	Soles/ Mes
Arcilla x Kilo	960	Soles/Mes
Catalizadores x 5 Lts.	2250	Soles /Mes
Costo Total de Insumos	5,190	Soles / Mes

Tiempo de Lote Mensual:

$$(22 \text{ Dia/H}) \times (8 \text{ H/Dia}) \times (60 \text{ Min / H}) / (1760 \text{ Min/Lote})$$

(10560 Min / Mes) / (1760 Min / Lote)

= 6 Lote / Mes

Costo de Producción por Lote:

(10560 Min / Mes) / (1760 Min / Lote)

= 6 Lote / Mes

(5,190 Soles / Mes) / (6 Lote / Mes)

= 865 soles / Lote

Costo de Materia Prima:

(865 soles / Lote) / (962.16 LT/Lote)

= 0.89 soles / LT

C. Gastos de Fabrica

Costos de Energía + Almacén + Vigilancia + Limpieza + Administrativos

Descripción de Gastos de Fabrica	Costo	Unidades
Energía	18	Kw/Hr
Costo	43.96	Soles/Kwh
Agua	5	m3
Costo	4.95	Soles/m3
Costo de Energía	1066.91	Soles
Cilindros 55 galones (208 Lts.)	50	Soles
Cantidad Cilindros	5.00	Und.
Costo de Almacén	250.00	Soles/Und.
Universidad	600,000.00	m2
Costo vigilante	950	Soles
# vigilantes	20	Und.
Planta biodiesel (m2)	12.74	m2
Costo Vigilancia	0.40	Soles
Universidad	600,000.00	m2
Costo vigilante	900	Soles
# vigilantes	25	Und.
Planta biodiesel (m2)	12.74	m2
Costo de Limpieza	0.48	Soles
Hojas bond (paq millar)	23	Und.
Costo	23	Soles
Lapiceros (paq 5)	2.2	Und.
Costo	6.6	Soles
Costos Administrativos	29.6	Soles
Supervisor	1200	Soles / Mes
Analista de laboratorio	1000	Soles / Mes

Prima vacacional	204	Soles / Mes
Prima vacacional	170	Soles / Mes
Aguinaldo	99.6	Soles / Mes
Aguinaldo	83	Soles / Mes
Costo Total Recursos Adm.	2756.6	Soles / Mes
Total de Gastos de Fabrica	26258.25	Soles / Mes

Tiempo de Litro Mensual:

$$(962.16 \text{ LT / Lote}) \times (6 \text{ Lote / Mes})$$

$$= 5,772.96 \text{ Litros / Mes}$$

Costo de Gasto de Fabrica:

$$(26,258.25 \text{ soles / Mes}) / (5,772.96 \text{ LT/Mes})$$

$$= 4.55 \text{ soles / LT}$$

Costo de Producción: Costo Primo + Gastos de Fabrica

$$\text{Costos de Producción: } (0.37 + 0.89) + 4.55 = 5.81 \text{ soles / LT}$$

Fuente: Elaboración Propia

Nota: el almacén es el espacio físico en donde se guarda los materiales empleados (cilindros / insumos / etc)

Anexo 14: Tiempo y Producción por Lote del Proceso Actual de la Planta de Biodiesel



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15: Tiempo y Producción por Lote del Proceso Mejorado de la Planta de Biodiesel



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16: Ficha Técnica de Colador Industrial



FICHA TECNICA	
Modelo	Colador Tamizador
Material	Acero Inoxidable
Dimensiones ((L*W*H)(mm)	1030*400*860
Potencia (w)	900
Velocidad (rpm)	1500
Peso (k)	46

Fuente: <https://www.solostocks.com/venta-productos/equipos-filtracion-industrial/otros-equipos-filtracion-industrial/colador-tamizador-de-paletas-automatico-c-120-ref-251-29438855>

Anexo 17: Ficha Técnica de Maquina de Intercambiador de Calor



FICHA TECNICA	
Modelo	BNZ 60-920
Material	Acero Inoxidable
Dimensiones ((L*W*H)(mm)	**
Potencia (K w)	2.5 - 200
Longitud del tubo (mm)	1500 - 3500
Peso (Kg)	5.500
Presion (Mpa)	2.5
Caudal (m/s)	0.1 - 10
Temperatura (C)	95
Max. Fluido (L/min)	75

Fuente: <http://catalog.lovejoy-inc.com/item/bnz-series-water-oil-coolers/2-pass-model-oil-coolers-bnz-series-metric/84527103148-2>

Anexo 18: Ficha Técnica de Maquina de Chiller (enfriador)

FICHA TECNICA	
Modelo	MG-5C
Capacidad de refrigeración (kw)	12.1
Potencia de entrada (kw)	5.61
Temperatura del agua de salida	7C A 85C
Fuente de alimentación	3PHASE-380V-50HZ
Tipo de Refrigerante	R22 / R407C (Refrigerate por aire)
Compresor (kw)	4.54
Presiones de trabajo (bar)	10, 16
Evaporador (capacidad lts)	mar-00
Temperatura mínima de trabajo	-10C
Temperatura máxima de trabajo	140C
Dimensiones (L*W*H)(mm)	1150*560*1120
Peso total (kg)	150



Fuente: https://es.made-in-china.com/co_winday/product_Mini-Air-Cooled-Water-Chiller-for-Plastic-Processing_eieioergg.html

Anexo 19: Calculo de la Producción Promedio Actual

Cuadro de Producción Actual:

	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17
Produccion	3758	3849	3817	3797	3820	3801

La muestra indicada en el cuadro superior se ha extraído en base a la cantidad de producción actual y al tiempo por lote (ver cálculos en anexo 14), de acuerdo a ello se extrae una muestra de aleatoriedad entre los límites inferiores y superiores.

Descripción	Cantidad	Unidades
Tiempo total por lote	2514	Minutos/Lote
Tiempo de lote por hora	41.9	Horas/Lote
Tiempo de lote por turno	5.2	Turnos/Lote
Cantidad de lote por mes	4.0	Lotes/Mes
Cantidad de Insumo por lote ⁽¹⁾	4000	Litros
Cantidad de Producción ⁽²⁾	951.75	Litros
Merma ⁽³⁾	5	Porcentaje
Límite Superior Producción	3807	Litros
Límite Inferior Producción	3236	Litros

Promedio de mi producción: Sumatoria de los meses de (enero a junio) / 6 = 3807

⁽²⁾ Cantidad de Producción: Promedio de producción / cantidad de lotes mes
 = 3807 / 4 = 951.75

⁽³⁾ Merma: Cantidad de insumo – cantidad de producción / cantidad de insumo
 = 1000 – 951.75 / 1000 = 0.049 \cong 5%

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20: Calculo de la Producción Promedio Mejorado

Cuadro de Producción Mejorado:

	jul-17	ago-17	set-17	oct-17	nov-17	dic-17
Produccion	5716	5774	5746	5784	5797	5820

La muestra indicada en el cuadro superior se ha extraído en base a la cantidad de producción mejorada y al tiempo por lote (ver cálculos en anexo 15), de acuerdo a ello se extrae una muestra de aleatoriedad entre los límites inferiores y superiores.

Descripción	Cantidad	Unidades
Tiempo total por lote	1760	Minutos/Lote
Tiempo de lote por hora	29.3	Horas/Lote
Tiempo de lote por turno	3.7	Turnos/Lote
Cantidad de lote por mes	6.0	Lotes/Mes
Cantidad de Insumo por lote ⁽¹⁾	6000	Litros
Cantidad de Producción ⁽²⁾	962.16	Litros
Merma ⁽³⁾	4	Porcentaje
Límite Superior Producción	5773	Litros
Límite Inferior Producción	4907	Litros

Promedio de mi producción: Sumatoria de los meses de (enero a junio) / 6 = 5773

⁽²⁾ Cantidad de Producción: Promedio de producción / cantidad de lotes mes
 = 5773 / 6 = 962.16

⁽³⁾ Merma: Cantidad de insumo – cantidad de producción / cantidad de insumo
 = 1000 – 962.16 / 1000 = 0.037 \cong 4%

Fuente: Elaboración Propia