

**PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
AGROALIMENTARIOS LIGNOCELULOSICOS EN LA PRODUCCIÓN DE
BIOETANOL, MEDIANTE LA UTILIZACION DEL SIMULADOR –COCO- Y EL
OPTIMIZADOR DE PROCESOS –ERP SAP-.**

BOLAÑOS GARCIA DARLYN

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESPECIALIZACIÓN DE PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
POLÍTICA PÚBLICA EN EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE
RESIDUOS AGROALIMENTARIOS
FLORENCIA
2021**

**PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
AGROALIMENTARIOS LIGNOCELULOSICOS EN LA PRODUCCIÓN DE
BIOETANOL, MEDIANTE LA UTILIZACION DEL SIMULADOR –COCO- Y EL
OPTIMIZADOR DE PROCESOS –ERP SAP-.**

BOLAÑOS GARCIA DARLYN

**Trabajo Fase 5 Presentado para optar al Título de Especialista en Procesos
de Alimentos y Biomateriales**

**Directora: Andrea Vásquez García
Ingeniera Agroindustrial
Magíster y Doctora en Ingeniería de Alimentos**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESPECIALIZACIÓN DE PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
POLÍTICA PÚBLICA EN EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE
RESIDUOS AGROALIMENTARIOS
FLORENCIA
2021**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Florencia-Caquetá, abril 2021

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios que me ha llenado de bendiciones y gracia.

A mi gran familia Madre, Esposo e hijo por su amor y apoyo en este arduo camino.

Y por último a la Tutora Andrea Vásquez por su dedicación, orientación y
paciencia.

DEDICATORIA

En primera medida a Dios quien es el eje principal de mi vida.

A mi madre Rosalba García por su apoyo en todo momento.

Y en especial a mi esposo Eddie Alonso e hijo Eddie Andrés por su incondicionalidad y amor.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 9 |
| Palabras claves | 9 |
| ABSTRACT..... | 10 |
| Key Words | 10 |
| INTRODUCCION..... | 11 |
| 1. TIPO DE RESIDUO AGROALIMENTARIO SELECCIONADO | 13 |
| 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN..... | 15 |
| 3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN..... | 16 |
| 4. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO..... | 18 |
| 5. METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO | 25 |
| 5.1. VARIABLES A OPTIMIZAR: | 25 |
| 5.2. RANGOS APROXIMADOS DE ESTUDIO: | 25 |
| 5.3. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES OBJETO DE ESTUDIO:..... | 25 |
| 5.4. PASO A PASO DEL USO DE LA HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN:..... | 26 |
| 6. INFOGRAFÍA | 27 |
| 7. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO | 28 |
| 7.1 LINK GRABACIÓN SUSTENTACIÓN | 29 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 30 |
| BIBIOGRAFIA..... | 31 |

LISTA DE DIAGRAMAS

| | |
|---|----|
| Diagrama 1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de bioetanol a partir de residuos de cascara de plátano | 16 |
|---|----|

LISTA DE IMÁGENES

| | |
|--|----|
| Imagen 1. Simulación en el software COCO de la obtención de bioetanol a partir de residuos agroalimentarios cascara de plátano..... | 18 |
| Imagen 2. Flujo predeterminado | 19 |
| Imagen 3. Funcionamiento unidad secador..... | 19 |
| Imagen 4. Parámetros de la simulación y balances del proceso en el secador | 20 |
| Imagen 5. Operación de la unidad Triturador | 20 |
| Imagen 6. Balances de la unidad Triturador | 21 |
| Imagen 7. Unidad de operación Hidrolisis | 21 |
| Imagen 8. Balances de la unidad de hidrolisis | 22 |
| Imagen 9. Operaciones de la unidad de Decantación..... | 22 |
| Imagen 10. Parámetros y balances de la unidad de decantación | 23 |
| Imagen 11. Operaciones de la unidad de Destilación | 23 |
| Imagen 12. Parámetros y balances de la unidad de Destilación | 24 |
| Imagen 13. Saldos generales del proceso de simulación. | 24 |

RESUMEN

Los residuos agroalimentarios han generado una problemática a nivel mundial de tipo ambiental, estos son desechados en las diferentes etapas de producción empezando desde su cosecha hasta su comercialización por diferentes factores de producción entre ellos malas prácticas agrícolas y malas prácticas de manufactura, pero hoy en día estos han dejado de ser residuos para convertirse en materia prima potencial para la obtención de nuevos productos los cuales pueden ser usados tanto para la alimentación humana como animal así como materia prima para diferentes procesos agrícolas o industriales, como es el caso de la obtención de bioetanol a partir de estos subproductos generados por la industria, de igual manera con el fin de mejorar su eficiencia las empresas buscan optimizar los procesos productivos mediante la utilización de herramientas confiables y eficientes para tal fin; por tal razón el objetivo de esta investigación es definir una propuesta para la producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulosicos aprovechando residuos de tipo agroindustrial, teniendo en cuenta sus variables de proceso y su simulación mediante el software COCO como herramienta de simulación del proceso estacionario de igual manera la selección de una herramienta de optimización del proceso de obtención de bioetanol. Para ello se realizó una búsqueda en las diferentes bases de datos y artículos de tipo científico dando como resultado que un residuo altamente aprovechable para la obtención de bioetanol es la cascara de plato, de igual manera la herramienta Systems, Applications, Products in Data Processing (SAP) garantiza la eficiencia del proceso de obtención de bioetanol a partir del residuo agroindustrial antes mencionado; con la implementación de dicha herramienta en el proceso y la selección del residuo agroalimentario mencionados anteriormente se logra concluir que primero la herramienta permite tener un control general del proceso logrando gestionar de manera exitosa todos los procesos y segundo el residuo agroalimentario seleccionado es la mejor alternativa junto con la implementación de la biotecnología para el aprovechamiento de los residuos en la producción de bioetanol.

Palabras claves: Bioetanol, Residuos agroalimentarios, cascara de plátano, herramienta de optimización.

ABSTRACT

Agri-food waste has generated a worldwide problem of an environmental nature, these are discarded in the different stages of production starting from their harvest to their commercialization by different production factors, including bad agricultural practices and bad manufacturing practices, but nowadays These have ceased to be waste to become potential raw material for obtaining new products which can be used for both human and animal nutrition as well as raw material for different agricultural or industrial processes, as is the case of obtaining bioethanol. From these by-products generated by the industry, in the same way, in order to improve their efficiency, companies seek to optimize production processes through the use of reliable and efficient tools for this purpose; For this reason, the objective of this research is to define a proposal for the production of bioethanol from lignocellulosic waste, taking advantage of agroindustrial waste, taking into account its process variables and their simulation using the COCO software as a simulation tool of the stationary process of Likewise, the selection of an optimization tool for the bioethanol production process. For this, a search was carried out in the different databases and scientific articles, resulting in a highly usable residue for obtaining bioethanol is the plate shell, in the same way the tool Systems, Applications, Products in Data Processing (SAP) guarantees the efficiency of the process for obtaining bioethanol from the aforementioned agro-industrial waste; With the implementation of said tool in the process and the selection of the aforementioned agri-food waste, it is possible to conclude that first the tool allows to have a general control of the process, managing to successfully manage all the processes and second, the selected agri-food waste is the best alternative together with the implementation of biotechnology for the use of waste in the production of bioethanol.

Key Words: Bioethanol, Agri-food waste, banana peel, optimization tool.

INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles es una necesidad que se remota desde la antigüedad, esto con el fin de producir energía y suplir necesidades básicas del ser humano, lo cual lo llevo al empleo de combustibles fósiles, pero estos generan un deterioro ambiental irreparable, principalmente por la elevada emisión de gases de efecto invernadero, tanto por su agotamiento como por su impacto negativo sobre el medio ambiente, en los últimos años se ha generado un gran interés hacia el desarrollo de energías alternativas basadas en recursos naturales renovables y menos contaminantes, como luz solar, agua y la bioenergía proveniente de los biocombustibles. (Alarcón 2010). Es por ello que últimamente se ha desarrollado numerosas investigaciones con el fin de obtener biocombustibles, llamados así porque son producidos a partir de materia orgánica y mejoran las condiciones ambientales actuales (Malacon et al., 2017).

Los subproductos o desechos agroindustriales se han convertido en la materia prima de procesos que generan productos con alto valor agregado como la producción de alcohol carburante, estos contienen azúcares los cuales se llevan a un proceso de fermentación para producir bioetanol, el cual es el biocombustible con mayor producción mundial, con más de 40 000 millones de litros durante el año 2004 (Malacon et al., 2017). Con el fin de aprovechar estos recursos y aumentar la demanda de productos y servicios de óptima calidad las empresas se han visto obligadas a investigar y promover sobre herramientas y métodos, nuevos o ya existentes de optimización para obtener mejores desempeños, todo esto incrementado por la tendencia de la globalización de las industrias (Ricaurte F. 2014). Así mismo se han dado cuenta que es fundamental la optimización para que de esta manera puedan ser competitivas, y para ser competitivas tienen que ser líderes en innovación, tecnología, calidad y costos; convirtiéndose en una rica fuente de mejora de su posición competitiva con miras a reducir los tiempos y errores, permitiendo aligerar los costos de operación, aumentar los beneficios e incrementar las ventas por la mejora de la satisfacción de los clientes, ya que el consumidor es cada vez más exigente porque busca mejores niveles de servicio (Granizo C. 2018).

El objetivo de esta investigación es realizar una propuesta para la producción de bioetanol a partir de residuos agroalimentarios lignocelulosicos como la cascara de plátano, así como la identificación de cada una de las etapas involucradas en el proceso y sus variables de producción, de igual manera la utilización del software COCO como herramienta de simulación eficiente estacionaria, así mismo la optimización del proceso mediante una herramienta eficiente para tal fin, para esta investigación se consultaron diferentes bases de datos y artículos de tipo científico

dando como resultado que dependiendo el tipo de industria o empresa así como su proceso a optimizar es necesario definir el tipo de herramienta la cual garantizara que los procesos productivos sean eficientes; por otro lado la producción de bioetanol a partir de residuos lignocelulosicos es una alternativa para reducir la contaminación ambiental.

1. TIPO DE RESIDUO AGROALIMENTARIO SELECCIONADO

Los desarrollos tecnológicos son en la actualidad la solución a diferentes problemas que se presenta a diario, uno de estos desarrollos tecnológicos es la biotecnología, a nivel mundial y especialmente en Colombia se ha desatado una problemática con relación a la producción de biocombustibles mediante procesos de fermentación e hidrólisis de materias primas comestibles como son la caña de azúcar, trigo, frutas azucaradas y maíz, esto ha generado bastante controversia debido al posible desabastecimiento de alimentos utilizados para este fin, en nuestro país se cuentan con seis plantas productoras de bioetanol en el Valle del Cauca y una en el Meta, que han traído desarrollo a lo largo de la cadena de la agroindustria de la caña (Biocombustibles Hoy (2019)). Según el informe anual de Asocaña 2018-2019, el sector pesa 3,7 por ciento del PIB agrícola, 2,2 por ciento en el PIB industrial y 0,6 por ciento en el PIB total del país, generando 286.000 empleos, 85 por ciento en zonas rurales, por tal razón con el desarrollo de nuevas tecnologías como lo es la biotecnología las cuales buscan obtener otras fuentes de obtención de estos productos como lo es la biomasa residual de procesos industriales o comúnmente llamada biocombustibles de segunda generación la hacen una herramienta de solución para el aprovechamiento de residuos agroindustriales generados en su gran mayoría por la industria de alimentos, Colombia genera una suma considerable de residuos agroalimentarios en diferentes etapas de la cadena productiva como lácteos, frutas y verduras, cárnicos, raíces y tubérculos, oleaginosas y legumbres, pescado y cereales, según el DANE citado en Pérdida y desperdicios de alimentos en Colombia 2016, se generan alrededor de 3.951.866 toneladas de residuos en producción agrícola, 1.927.494 toneladas de residuos en poscosecha y almacenamiento y 342.364 toneladas de residuos en procesamiento industrial estos residuos agroalimentarios los hacen un potencial para el aprovechamiento ya que si no se hace una correcta disposición final genera impactos negativos directamente al medio ambiente por tanto, la propuesta de ser utilizados en la producción de bioetanol (Ibáñez y Morales, 2009, citados en Llenque-Díaz L.A., et al., 2020), constituye una elección coherente y así evitar el empleo de materiales de tipo alimentarios, y lograr simultáneamente reducir los contaminantes orgánicos vegetales (Hernández, 2017 citados en Llenque-Díaz L.A., et al., 2020).

La producción de bioetanol con materiales orgánicos es un bioproceso misceláneo que se divide en cinco etapas principalmente: Preparación de la materia prima, hidrólisis, fermentación, separación, deshidratación, y tratamiento de efluentes. Así tenemos que el bioproceso de producción de bioetanol desde la caña de azúcar abarca la extracción del jugo de caña, compuesto de azúcares, y originar una

disolución mejor asimilable para las levaduras en la etapa fermentativa. El producto hidroalcohólico proveniente de la fermentación se separa de la biomasa residual, y se continúa con la separación del bioetanol por distintos procedimientos. La obtención de bioetanol de maíz incluye la hidrólisis de la estructura básica del almidón hasta hidratos de carbono simples requeridos para la fermentación; esta hidrólisis se lleva a cabo por enzimas después de una etapa previa de solubilización para lograr que el almidón sea más asequible a las amilasas de diferentes orígenes (Cardona et al., 2005.).

Generar bioetanol de residuos es una alternativa de innovación ya que mediante esta se eliminan indiscriminadamente dichos residuos que generan impactos perjudiciales a nivel ambiental y social; además de no competir con productos vegetales que sirven tanto como alimento como para la producción de biocombustibles. (Martínez et al., 2014). Estos subproductos en su generalidad corresponden al material lignocelulósico que contiene polímeros de celulosa y hemicelulosa entre 75 y 80%, que pueden ser degradados, por procesos químicos (Gerena, 2013), físicos y/o biológicos (Tejeda et al., 2010) en azúcares. Además, las investigaciones están orientadas a establecer un protocolo estándar de pretratamiento económico en razón a los diferentes tipos de materiales primarios y la aplicación de hongos, bacterias, silvestres o mejoradas genéticamente que potencializarían la fermentación de azúcares y ulterior destilación de bioetanol (Sánchez et al., 2010), con rendimientos variables.

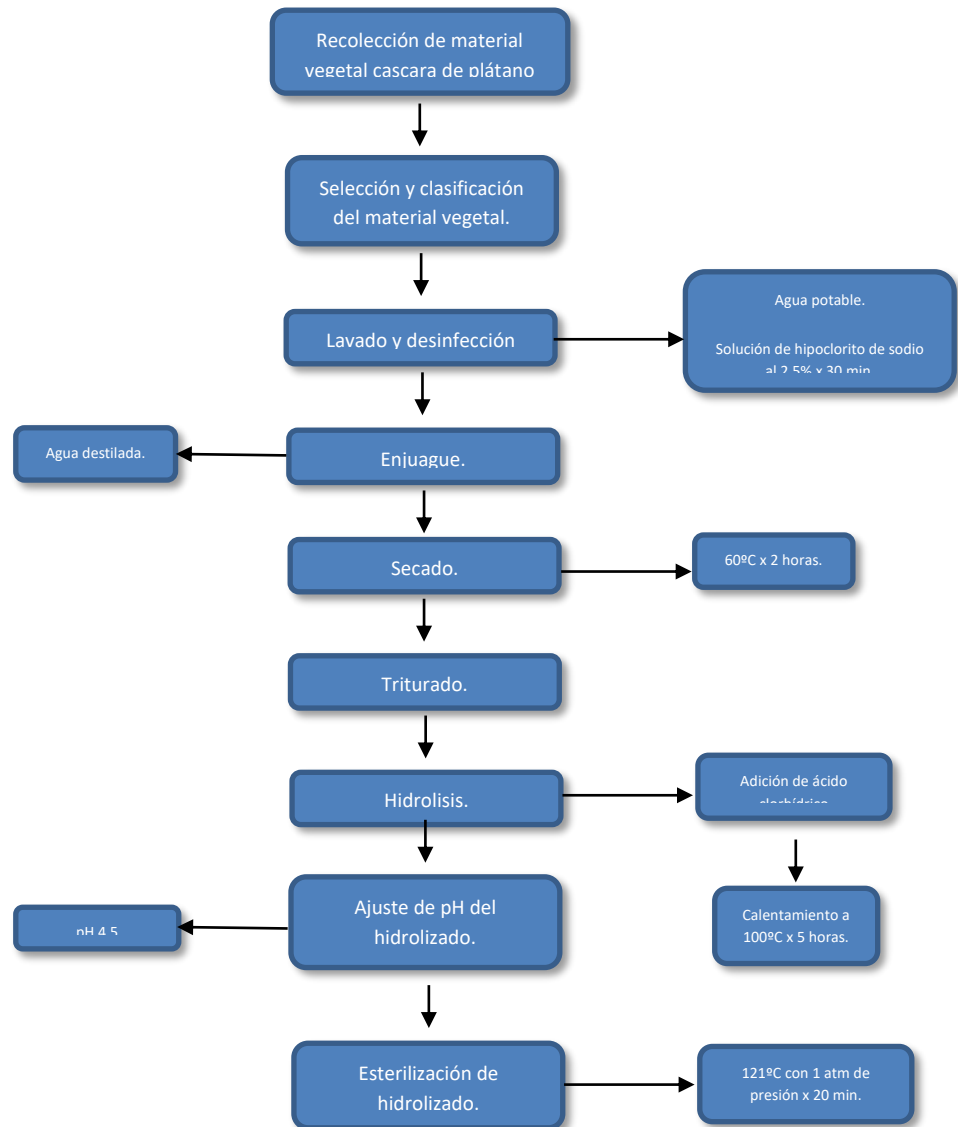
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

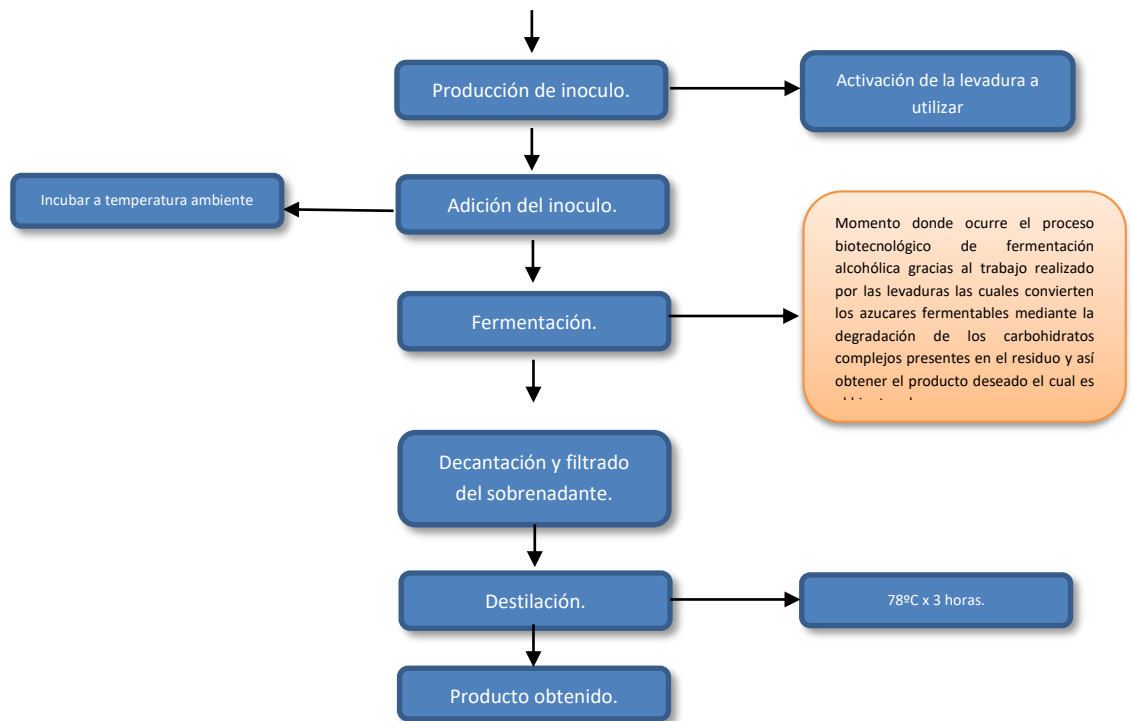
Con el fin de obtener un producto de calidad se realiza una recolección de material vegetal cascara de plátano el cual pasara hacer seleccionado y clasificado según su calidad, teniendo en cuenta que el residuo tenga unas condiciones estable para iniciar el proceso de obtención del bioetanol, posteriormente se realiza un lavado y desinfectado con el fin de retirar partículas extrañas y disminuir la carga microbiana no deseada para este proceso; se deja secar el material y este es triturado con el fin de reducir la partícula de tamaño y así aumentar los rendimientos de la hidrolisis la cual mediante reacción química o pretratamiento acido se produce una hidrolisis de hemiceluloas especialmente xilano como glucomanano, se realiza una incubación del microorganismo a utilizar e iniciar el proceso de fermentación en plena ausencia de aire, originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol, dióxido de carbono en forma de gas y unas moléculas de ATP que consumen los propios microorganismos en su metabolismo celular energético anaeróbico, luego se realiza el filtrado para separar los residuos sólidos del líquido; por último se realiza la destilación la cual es la operación que consiste en la separación basada en el equilibrio de fases y utiliza el calor como agente separador, esta se basa en las diferencias de las presiones de vapor (puntos de ebullición) de los componentes de la mezcla y consiste en una columna de múltiples etapas, donde evaporación y condensación se repiten y así obtenemos el producto final el cual es bioetanol.

3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

Se realiza una representación mediante un diagrama de flujo de la obtención de bioetanol a partir de residuos de cascara plátano; para la obtención de bioetanol a partir de este residuo es necesario realizar una hidrolisis con el fin que los carbohidratos complejos presentes en el sustrato se hidrolicen a azúcares fermentables y en la fermentación de los mismos para la obtención de bioetanol (Hernandez, 2017).

Diagrama 1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de bioetanol a partir de residuos de cascara de plátano.





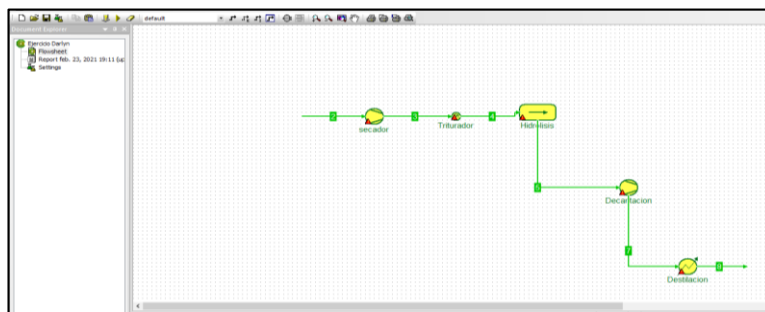
Fuente: Autor.

4. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO

Una vez diseñada la simulación en el software COCO se realiza la simulación con el fin de definir las variables influyentes en el proceso de obtención de bioetanol a partir de residuos agroalimentarios como como la cascara de plátano, esta como resulta nos muestra que en la entrada del proceso la presión es de 1 Pa, la temperatura de 50K, la fracción de los compuestos son de 0,3 y 0,7 para agua y etanol respectivamente y su flujo es de 450 mol/s, una vez analizadas las demás corrientes de entrada en los diferentes equipos utilizados y descritos en la pregunta anterior se puede definir que la temperatura tuvo una variación de 0,01K, mientras que los demás valores como la presión, la fracción molar del agua y del etanol así como su flujo siguieron constantes; por último se logra evidenciar en la Imagen 1 que la simulación en el software utilizado está bien planteada pero con requerimiento de los equipos, estos requerimientos se pueden deber a la alimentación de los datos suministrados en el simulador.

Para el proceso de simulación se relacionan a continuación el reporte emitido por el software: Imagen 2 se muestra el tipo de flujo predeterminado, Imagen 3 funcionamiento de la unidad secador, Imagen 4 parámetros de la simulación y balances del proceso en el secador, Imagen 5 operación de la unidad Triturador, Imagen 6 balances de la unidad Triturador, Imagen 7 unidad de operación Hidrolisis, Imagen 8 balances de la unidad de hidrolisis, Imagen 9 operaciones de la unidad de Decantación, Imagen 10 parámetros y balances de la unidad de decantación, Imagen 11 operaciones de la unidad de Destilación, Imagen 12 parámetros y balances de la unidad de Destilación y por último en la Imagen 13 los saldos generales del proceso de simulación.

Imagen 1. Simulación en el software COCO de la obtención de bioetanol a partir de residuos agroalimentarios cascara de plátano



Fuente: Autor.

Imagen 2. Flujo predeterminado

| stream type default | | | | | |
|---------------------|---|-------------|------------|-------------|---------|
| Property package | Produccion de Bicetanol a partir de residuos agroalimentarios | | | | |
| Phases | Vapor, Liquid | | | | |
| Compounds | Water, Ethanol | | | | |
| Stream table: | | | | | |
| Stream | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| From | <FEED> | secador | Triturador | Hidrolisis | |
| To | secador | Triturador | Hidrolisis | Decantacion | |
| Temperature | 50 | 49.9999 | 49.9999 | 49.9998 | K |
| Pressure | 1 | 1 | 1 | 1 | Pa |
| Mole frac Water | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | |
| Mole frac Ethanol | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | |
| Flow rate | 450 | 450 | 450 | 450 | mol / s |
| Stream | 7 | 8 | | | |
| From | Decantacion | Destilacion | | | |
| To | Destilacion | <PRODUCT> | | | |
| Temperature | 49.9996 | 49.9995 | | | K |
| Pressure | 1 | 1 | | | Pa |
| Mole frac Water | 0.3 | 0.3 | | | |
| Mole frac Ethanol | 0.7 | 0.7 | | | |
| Flow rate | 450 | 450 | | | mol / s |

Fuente: Autor.

Imagen 3. Funcionamiento unidad secador.

```

----- unit operation: secador -----
Type          Compressor
Description   Compressor - unit increasing the pressure due to the work input.
Status        Solved (with warnings)
Solve log     message: WARNING: Compressor secador: failed to check phase fractions
              message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Ethanol (T =
              50.00 K, range = [150.00 - 1500.00] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 50.00 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol
              (T = 50.00 K, range = [159.05 - 515.65] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 50.00 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Ethanol (T = 50.00 K, range = [159.05 - 516.25] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 189.00 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 189.00 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 189.19 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 189.19 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 149.00 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol
              (T = 149.00 K, range = [159.05 - 515.65] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 149.00 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Ethanol (T = 149.00 K, range = [159.05 - 516.25] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Ethanol (T =
              149.00 K, range = [150.00 - 1500.00] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 149.15 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol
              (T = 149.15 K, range = [159.05 - 515.65] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 149.15 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Ethanol (T = 149.15 K, range = [159.05 - 516.25] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Ethanol (T =
              149.15 K, range = [150.00 - 1500.00] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 129.00 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol

```

Fuente: Autor.

Imagen 4. Parámetros de la simulación y balances del proceso en el secador

| Parameter | Value | | | |
|----------------------------------|-------------------|----|--|--|
| Pressure spec. | Pressure increase | | | |
| Energy spec. | Efficiency | | | |
| Pressure increase | 0 | | | |
| Pressure | 1 | Pa | | |
| Energy demand | 0.310421 | Pa | | |
| Isentropic efficiency | 0.75 | W | | |
| Thermo Version | 1.1 | | | |
| Pressure ratio | 1 | | | |
| Volume ratio | 1 | | | |
| Ideal (isentropic) energy demand | 0.232816 | W | | |

| Balances: | | | | |
|-----------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| | Mass kg/s | Enthalpy J | EnthalpyF J | Entropy W/K |
| 2 | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| 3 | -16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | 125137 |
| Total In | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Total Out | -16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | 125137 |
| Net Gain | 0 | -7.31487 | -7.31487 | -0.101441 |
| Rel. Gain | 0 | 2.37876e-07 | 5.32359e-08 | 8.10638e-07 |

| | EntropyF W/K | Water mol/s | Ethanol mol/s |
|-----------|-----------------|----------------|------------------|
| 2 | -11257.6 | 135 | 315 |
| 3 | 11257.7 | -135 | -315 |
| Total In | -11257.6 | 135 | 315 |
| Total Out | 11257.7 | -135 | -315 |
| Net Gain | -0.101441 | 0 | 0 |
| Rel. Gain | 9.01087e-06 | 0 | 0 |

unit operation: Triturador

| Type | MeasureUnit |
|-------------|--|
| Description | MeasureUnit - unit operation to expose material stream values as information streams |
| Status | Solved (with warnings) |
| Solve log | message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound |

Fuente: Autor.

Imagen 5. Operación de la unidad Triturador

| unit operation: Triturador | |
|----------------------------|--|
| Type | MeasureUnit |
| Description | MeasureUnit - unit operation to expose material stream values as information streams |
| Status | Solved (with warnings) |
| Solve log | message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound Water (T = 50.00 K, range = [263.15 - 647.29] K) message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound Ethanol (T = 50.00 K, range = [159.05 - 516.25] K) message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound Water (T = 207.16 K, range = [263.15 - 647.29] K) message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound Water (T = 202.49 K, range = [263.15 - 647.29] K) message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound Water (T = 200.47 K, range = [263.15 - 647.29] K) message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound Water (T = 200.14 K, range = [263.15 - 647.29] K) |

Fuente: Autor.

Imagen 6. Balances de la unidad Triturador

| Balances: | | | | |
|-----------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| | Mass kg/s | Enthalpy W | EnthalpyF W | Entropy W/K |
| 3 | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| 4 | -16.9436 | 3.07508e+07 | 1.37405e+08 | 125137 |
| Total In | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Total Out | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Net Gain | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rel.Gain | 0 | -0 | -0 | -0 |

| | EntropyF W/K | Water mol/s | Ethanol mol/s |
|-----------|-----------------|----------------|------------------|
| 3 | -11257.7 | 135 | 315 |
| 4 | 11257.7 | -135 | -315 |
| Total In | -11257.7 | 135 | 315 |
| Total Out | -11257.7 | 135 | 315 |
| Net Gain | 0 | 0 | 0 |
| Rel.Gain | -0 | 0 | 0 |

Fuente: Autor.

Imagen 7. Unidad de operación Hidrolisis

```

----- unit operation: Hidrolisis -----
Type      StreamConverter
Status    Solved (with warnings)
Solve log

message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Water (T =
50.00 K, range = [50.00 - 1600.00] K)
message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Ethanol (T =
50.00 K, range = [150.00 - 1500.00] K)
message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
(T = 50.00 K, range = [273.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol
(T = 50.00 K, range = [159.05 - 515.65] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 208.19 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 193.71 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 197.79 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 199.97 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 200.46 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 200.49 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 200.50 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 200.51 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 207.16 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 202.49 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
Water (T = 200.14 K, range = [263.15 - 647.29] K)
message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
(T = 200.14 K, range = [273.15 - 647.28] K)
message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
(T = 180.14 K, range = [273.15 - 647.28] K)
message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
(T = 160.14 K, range = [273.15 - 647.28] K)
message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Ethanol (T =
140.14 K, range = [150.00 - 1500.00] K)
message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
(T = 140.14 K, range = [273.15 - 647.28] K)
message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol a
(T = 140.14 K, range = [159.05 - 515.65] K)

```

Fuente: Autor.

Imagen 8. Balances de la unidad de hidrolisis

Balances:

| | Mass kg/s | Enthalpy W | EnthalpyF W | Entropy W/K |
|-----------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| 4 | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| 5 | -16.9436 | 3.07508e+07 | 1.37405e+08 | 125137 |
| Total In | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Total Out | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Net Gain | 0 | -7.62569 | -7.62569 | -0.105751 |
| Rel. Gain | 0 | 2.47983e-07 | 5.54979e-08 | 8.45084e-07 |

| | EntropyF W/K | Water mol/s | Ethanol mol/s |
|-----------|-----------------|----------------|------------------|
| 4 | -11257.7 | 135 | 315 |
| 5 | 11257.8 | -135 | -315 |
| Total In | -11257.7 | 135 | 315 |
| Total Out | -11257.8 | 135 | 315 |
| Net Gain | -0.105751 | 0 | 0 |
| Rel. Gain | 9.39369e-06 | 0 | 0 |

Fuente: Autor.

Imagen 9. Operaciones de la unidad de Decantación

```

----- unit operation: Decantacion -----
Type          Compressor
Description   Compressor - unit increasing the pressure due to the work input.
Status        Solved (with warnings)
Solve log     message: WARNING: Compressor Decantacion: failed to check phase fractions
              message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Water (T =
              50.00 K, range = [50.00 - 1600.00] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Ethanol (T =
              50.00 K, range = [150.00 - 1500.00] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 50.00 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol
              (T = 50.00 K, range = [159.05 - 516.25] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 50.00 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Ethanol (T = 50.00 K, range = [159.05 - 516.25] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 190.67 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 190.67 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 190.87 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 190.87 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 150.67 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol
              (T = 150.67 K, range = [159.05 - 516.25] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 150.67 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Ethanol (T = 150.67 K, range = [159.05 - 516.25] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 150.83 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol
              (T = 150.83 K, range = [159.05 - 516.25] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 150.83 K, range = [263.15 - 647.29] K)
  
```

Fuente: Autor.

Imagen 10. Parámetros y balances de la unidad de decantación

| Parameter | Value |
|----------------------------------|-------------------|
| Pressure spec. | Pressure increase |
| Energy spec. | Efficiency |
| Pressure increase | 0 Pa |
| Pressure | 1 Pa |
| Energy demand | 0.310452 W |
| Isentropic efficiency | 0.75 |
| Thermo Version | 1.1 |
| Pressure ratio | 1 |
| Volume ratio | 1 |
| Ideal (isentropic) energy demand | 0.232839 W |

| Balances: | | | | |
|-----------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| | Mass kg/s | Enthalpy W | EnthalpyF W | Entropy W/K |
| 5 | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| 7 | -16.9436 | 3.07508e+07 | 1.37405e+08 | 125137 |
| Total In | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Total Out | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Net Gain | 0 | -7.31562 | -7.31562 | -0.101452 |
| Rel. Gain | 0 | 2.379e-07 | 5.32413e-08 | 8.10723e-07 |

| | EntropyF W/K | Water mol/s | Ethanol mol/s |
|-----------|-----------------|----------------|------------------|
| 5 | -11257.8 | 135 | 315 |
| 7 | 11257.9 | -135 | -315 |
| Total In | -11257.8 | 135 | 315 |
| Total Out | -11257.9 | 135 | 315 |
| Net Gain | -0.101452 | 0 | 0 |
| Rel. Gain | 9.01167e-06 | 0 | 0 |

Fuente: Autor.

Imagen 11. Operaciones de la unidad de Destilación

```

----- unit operation: Destilacion -----
Type           HeaterCooler
Description    HeaterCooler - heat or cool stream specifying heat duty or outlet temperature
Status        Solved (with warnings)
Solve log     message: Destilacion warning: limiting outlet pressure to 1 Pa
              message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Water (T =
              50.00 K, range = [50.00 - 1600.00] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat capacity for compound Ethanol (T =
              50.00 K, range = [50.00 - 1500.00] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 50.00 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Ethanol
              (T = 50.00 K, range = [159.05 - 515.65] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 208.19 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 193.71 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 197.79 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 199.97 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 200.46 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 200.49 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 200.50 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 200.51 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 207.16 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 202.49 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 200.47 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for vapor pressure correlation for compound
              Water (T = 200.14 K, range = [263.15 - 647.29] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 200.14 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
              (T = 180.14 K, range = [273.15 - 647.28] K)
              message: Warning: temperature out of range for heat of vaporization for compound Water
  
```

Fuente: Autor.

Imagen 12. Parámetros y balances de la unidad de Destilación

| Parameter | Value | | | |
|--------------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|
| Type | Heat duty | | | |
| Outlet temperature | 49.9995 | K | | |
| Heat duty | 0 | W | | |
| Pressure drop | 0 | Pa | | |
| Thermo Version | 1.1 | | | |
| Balances: | | | | |
| | Mass kg/s | Enthalpy W | EnthalpyF W | Entropy W/K |
| 7 | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| 8 | -16.9436 | 3.07509e+07 | 1.37405e+08 | 125137 |
| Total In | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Total Out | 16.9436 | -3.07509e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Net Gain | 0 | -7.62647 | -7.62647 | -0.105763 |
| Rel. Gain | 0 | 2.48009e-07 | 5.55036e-08 | 8.45173e-07 |
| | EntropyF W/K | Water mol/s | Ethanol mol/s | |
| 7 | -11257.9 | 135 | 315 | |
| 8 | 11258 | -135 | -315 | |
| Total In | -11257.9 | 135 | 315 | |
| Total Out | -11258 | 135 | 315 | |
| Net Gain | -0.105763 | 0 | 0 | |
| Rel. Gain | 9.39452e-06 | 0 | 0 | |

Fuente: Autor.

Imagen 13. Saldos generales del proceso de simulación.

| overall balances | | | | |
|------------------|-----------------|----------------|------------------|----------------|
| | Mass kg/s | Enthalpy W | EnthalpyF W | Entropy W/K |
| 2 | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| 8 | -16.9436 | 3.07509e+07 | 1.37405e+08 | 125137 |
| Total In | 16.9436 | -3.07508e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Total Out | 16.9436 | -3.07509e+07 | -1.37405e+08 | -125137 |
| Net Gain | 0 | -29.8827 | -29.8827 | -0.414406 |
| Rel. Gain | 0 | 9.71768e-07 | 2.17479e-07 | 3.31162e-06 |
| | EntropyF W/K | Water mol/s | Ethanol mol/s | |
| 2 | -11257.6 | 135 | 315 | |
| 8 | 11258 | -135 | -315 | |
| Total In | -11257.6 | 135 | 315 | |
| Total Out | -11258 | 135 | 315 | |
| Net Gain | -0.414406 | 0 | 0 | |
| Rel. Gain | 3.68113e-05 | 0 | 0 | |

Fuente: Autor.

5. METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO

Con el fin de optimizar el proceso de producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales como cascara de plátano se utilizó la herramienta SAP, la cual brinda seguridad y eficiencia en el proceso de producción, ya que las variables que se optimizaran en dicho proceso son, la logística, el inventario, la contabilidad y la producción, todo esto con el fin de optimizar la eficiencia de producción; una vez definidas la variables a optimizar se evalúan los Factores que afectan el comportamiento de las variables objeto de estudio las cuales son una mala logística en el diseño del proceso productivo, un escaso o mal inventario de materia prima, una producción variable en cantidades y una mala contabilidad lo cual puede traer malos manejos de los recursos económicos.

5.1. VARIABLES A OPTIMIZAR:

- Logística en el diseño del proceso productivo.
- Inventario de materia prima.
- Producción variable en cantidades.
- Contabilidad.

5.2. RANGOS APROXIMADOS DE ESTUDIO:

Manejo de tiempos en:

- Proceso productivo
- Control de inventarios.
- Contabilidad en tiempo real.

5.3. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES OBJETO DE ESTUDIO:

Mala organización en la logística por parte del personal, control de inventarios erróneos sin alimentar la herramienta de optimización, una inadecuada definición de cantidades a procesar por batch, contabilidad con un sistema de control y registro de los gastos e ingresos y demás operaciones de tipo económico mal diseñados o alimentados.

5.4. PASO A PASO DEL USO DE LA HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN:

Paso 1. Planificación: definición de los requerimientos de compras esto ayuda a obtener mejores precios y condiciones comerciales permitiendo disminuir los costos de inventario de la materia prima a utilizar para la producción de bioetanol.

Paso 2. Organización y/o proyección área de Producción: Permite en el proceso de producción mejorar la planificación, esto gracias a que a partir de unas ordenes de trabajo o pedidos es posible conocer la carga y demanda de producción, qué materiales son necesarios, qué materiales se están utilizando actualmente, cuál es el calendario de mantenimiento de los recursos y el personal involucrado.

Paso 3. Centralizar y organizar la información: con el aumento de los volúmenes de producción hay aumento de información por lo tanto la centralización y la organización con la herramienta SAP se hace mucho más sencilla la gestión y operación de producción.

Paso 4. Manejo de la misma información: Como resultado de la organización y centralización de la información, la herramienta SAP logra que todo el personal pueda manejar los mismos datos, evitando así errores y confusiones por disparidad en los datos. Además, la empresa no tiene que preocuparse por la confidencialidad de la información, pues cada empleado tiene acceso sólo a aquella información que tiene permiso de visualizar o manipular.

Paso 5. Productividad de la herramienta: Esta permite reducir el tiempo de captura de información, evitar retrabajos y errores que pueden consumir mucho tiempo en el proceso de producción del bioetanol. Con todo esto los operarios pueden realizar sus funciones y actividades diarias de una forma mucho más eficiente y por lo tanto, se tendrán empleados más productivos haciendo que la empresa automáticamente sea más productiva y eficiente en el proceso.

Paso 6. Optimización y automatización del proceso: Con la implementación de la herramienta SAP en el proceso de producción de bioetanol esta ayudará a identificar los procesos, optimizarlos y automatizarlos, de tal forma que las actividades de los diversos departamentos de la empresa podrán realizarse de forma más efectiva y en menor tiempo. Lo anterior también contribuye a reducir costos y aumentar la rentabilidad de la empresa y de su proceso productivo.

6. INFOGRAFÍA

Normatividad Nacional vigente en el desarrollo de productos y procesos Biotecnológicos.



Fuente: autor.

7. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

En la actualidad la generación de alternativas energéticas distintas a las ya convencionales obtenidas principalmente de la explotación del petróleo, ha conllevado al uso de materias primas naturales dando lugar a los llamados biocombustibles dentro de los cuáles destaca el bioetanol. Ello ha surgido a raíz de la necesidad de proteger el medio ambiente, preservar los recursos tanto renovables como no renovables y maximizar el potencial de uso de productos agrícolas, y en especial de los subproductos que estos generan al someterlos a distintos procesos agroindustriales, cuya disposición final es un gran problema ambiental. De estos subproductos ó residuos en su mayoría corresponden a biomasa lignocelulosica rica en polímeros de celulosa y hemicelulosa entre 75-80%, los cuales pese a su dificultosa degradación, es posible mediante procesos químicos, físicos y/o biológicos desdoblarlos a azúcares monosacáridos para su posterior conversión a etanol. (Sánchez A. et al., s.f)

Se ha dado lugar a las energías alternativas las cuales ha despertado una gran expectativa, en cuanto a las oportunidades que se tienen de aprovechar los residuos sólidos orgánicos, generar alto impacto ambiental, económico y social e impulsar el uso y desarrollo de los biocombustibles; la propuesta de innovación es producir bioetanol, como energías limpias alternativas, y subproductos, a partir de residuos que actualmente se desperdician y causan impactos negativos en los órdenes ambiental y social, y que no compiten con alimentos como materias primas para la generación de biocombustibles.

Las características de uso de biocombustibles y sus normas en Colombia implican la necesidad de contener el 10 % como mínimo de etanol en la gasolina motor, con proyecciones de aumento a través del tiempo. Según el Ministerio de Minas y Energía (2010), el mercado objetivo principal corresponde al sector de la industria de los biocombustibles y los centros mayoristas de mezcla, que actualmente requieren mezclar diferentes concentraciones de etanol con el combustible fósil para motores. En Colombia, la Ley 693 de 2001 establece las características de uso de biocombustibles y los requerimientos del contenido de alcohol etanol en la gasolina motor. Colombia actualmente es el segundo productor de etanol en Latinoamérica después de Brasil; sin embargo, como se mencionó anteriormente la materia prima compite fuertemente con el sector de alimentos en el mundo, lo que desata controversias de carácter técnico, social y ético. (Martinez J. et al., 2013)

Por lo planteado anteriormente esta propuesta de producción de bioetanol de segunda generación, que se obtienen de materias primas que no tienen una función

alimentaria y de biomasa procedente de la basura de desechos industriales o de consumo, y se pueden obtener de bosques o materias primas no alimentarias las cuales se logran cultivar en tierras marginales, lo que evita el gasto de agua de riego, insumos químicos, abonos y demás por consumo como producción de biocombustibles de primera generación; estos residuos agroindustriales son cada vez mayor aumentando así la problemática ambiental por el deterioro gradual; es así que esta propuesta de producción de bioetanol a partir de residuos de cascara de plátano ayuda a reducir de manera significativa la contaminación por la mala disposición final de dichos residuos, así como la no utilización de cultivos destinados a la alimentación humana garantizando en cierta medida una seguridad alimentaria.

7.1. Link Grabación Sustentación

<https://youtu.be/o1pIC7nFROU>

8. CONCLUSIONES

Se logró identificar que mediante el aprovechamiento de residuos agroalimentarios se pueden obtener nuevos productos los cuales pueden ser utilizados por la industria en nuevos procesos, como es el caso de la obtención de bioetanol el cual mediante el aprovechamiento de residuos como la cascara de plátano y la implementación de nuevas tecnologías como la biotecnología se logra obtener este producto reduciendo así la utilización de materia prima como maíz o caña de azúcar la cual puede ser utilizada como alimentación humana y que de una u otra manera no se amenaza la soberanía alimentaria y que por el contrario ayuda al medio ambiente con la reutilización y aprovechamiento de estos residuos; de igual manera se identificaron las diferentes variables del proceso de obtención del bioetanol mediante la simulación del proceso con el software COCO.

Con la implementación de la herramienta de optimización SAP se logra optimizar el proceso de producción bioetanol a partir de residuos agroindustriales como lo es la cascara de plátano, dicha herramienta permite tener control de todos los procesos productivos de fabricación del bioetanol desde su etapa de inventarios de materia prima hasta producto terminado pasando por el personal.

BIBLIOGRAFIA

ASOCAÑA. Aspectos Generales del Sector Agroindustrial de La Caña 2018-2019. {en línea}. 2019. Disponible en: <https://www.asocana.org/documentos/2352019-D0CA1EED-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D,A3C4B5.pdf>

CARDONA, C; JULIÁN, O; MONTOYA, M; Y QUINTERO, J. Simulación de los procesos de obtención de etanol a partir de caña de azúcar y maíz. {en línea}. 2005. Scientia et Technica, (28):187-192. ISSN 0122-1701. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2991-10454-1-PB.pdf>

ESCUADERO M., GANUZA M., WILBERGER D., MARTIG S., Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación VyGLab. {en línea}. s.f. Laboratorio de Investigación en Visualización y Computación Grafica. Universidad Nacional del Sur. Buenos Aires Argentina. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/20366/Documento_completo.pdf?sequence=1

FEDECOMBUSTIBLES. BIOCOMBUSTIBLES HOY. BOLETÍN INFORMATIVO No. 196 - junio 19 de 2019. {en línea}. 2019. Disponible en: <https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-3158.htm#:~:text=La%20demanda%20del%202019%20es,Fuente%3A%20Fedebiocombustibles>.

GRANIZO C. Optimización de los procesos de una empresa comercial caso: bc llantas. {en línea}. 2018. Escuela de administración de Empresas. Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2481/1/76759.pdf>

HIMMELBLAU D., BISCHOFF K. Análisis y simulación de procesos. {en línea}. 2014. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=sRxH-z38uKIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

HERNÁNDEZ GALINDO C. Obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de fruta. {en línea}. 2017. Trabajo de Master Biotecnología Alimentaria. Universidad de Oviedo. Disponible en: https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/43613/TFM_CeliaHernandezGalindo.pdf?sequence=6&isAllowed=y

LLENQUE DÍAZ, L.A., QUINTANA D.A., TORRES L.L. Y SEGURA V.R. Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales. {en línea}. 2020. Revista de Investigación Científica REBIOL ISSN 2313-3171, Número 40 (1): 21 – 29, Enero – Junio. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2991>

MALAGON, L., GARAY, C., PEÑA, N. Obtención de bioetanol a partir de residuos lignocelulosicos. {en línea}. 2017. Fundación Universidad de América. ISSN 2463-0454. Disponible en:

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6439/1/COL0046961-2017-1-IQ.pdf>

MARTÍNEZ, J; MONTOYA, N; Y SIERRA, M. Energía del futuro: Bioalcoholes a partir de Residuos Sólidos Urbanos. {en línea}. 2014. Rev. Esc. Adm. Neg. Bogotá, 77: 64-81. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n77/n77a03.pdf>

MARTÍNEZ, J; MONTOYA, N; Y SIERRA, M. (2013). Análisis preliminar de la viabilidad de obtención de bioetanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos Vol.8, No.2 – 72-84. Disponible en: [file:///E:/rec%20junio%202016/Downloads/525-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1242-1-10-20140410%20\(1\).pdf](file:///E:/rec%20junio%202016/Downloads/525-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1242-1-10-20140410%20(1).pdf)

NEXTECH. que es SAP y para qué sirve. {en línea}. 2020. Disponible en: <https://nextech.pe/que-es-sap-y-para-que-sirve-sap-2/#:~:text=El%20Sistema%20SAP%20o%20%E2%80%9CSystems,exitosa%20todas%20las%20fases%20de>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN DNP ESTUDIO DE LA DIRECCIÓN DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS. Pérdida y desperdicios de alimentos en Colombia. {en línea}. 2016. Disponible en: https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf

PINEDA J., CARDENAS J. Implementación de Mejora Continua Aplicando la Metodología PHVA de la empresa International Bakery SAC. {en línea}. S.f. Disponible en: https://www.usmp.edu.pe/PFI/pdf/20141_8.pdf

RICAURTE F. Optimización de los procesos que se desarrollan en la empresa SADINSA S.A. {en línea}. 2014. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Recuperado desde: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6518/1/UPS-GT000568.pdf>

SERNA, F; BARRERA, L., Y MONTIEL, H. Impacto social y económico en el uso de biocombustibles. {en línea}. 2011. Journal of Technology Management & Innovation, 6(1): 100-114. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/548-Article%20Text-1063-1-10-20110324.pdf>

VÁSQUEZ A. Estudio de la obtención de bioetanol a partir de diferentes tipos de biomasa lignocelulósica. Universidad de Cantabria. {en línea}. 2017. Disponible en:

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12178/RAF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ZAPATA C. M. Y VILLEGAS S.M. Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de un método, Medellín-Colombia. {en línea}. 2006. Universidad EAFIT, pp. 40-59. Disponible en: redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21514104.pdf