

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE SAPOGENINAS PRESENTES
EN EL BAGAZO DE FIQUE BASADA EN EXPERIMENTACIÓN PRELIMINAR**

LAURA MELISSA TORRES DELGADO

SERGIO ABELARDO ZABALA DÁVILA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2009

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE SAPOGENINAS PRESENTES
EN EL BAGAZO DE FIQUE BASADA EN EXPERIMENTACIÓN PRELIMINAR**

LAURA MELISSA TORRES DELGADO

SERGIO ABELARDO ZABALA DÁVILA

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingeniero Químico**

Director

HUMBERTO ESCALANTE HERNANDEZ

Ingeniero Químico Ph. D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2009

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y darme la fortaleza para seguir adelante cada día,

A mis padres Adalila y Gonzalo por brindarme todo su amor

y su apoyo incondicional en el transcurso de la carrera,

A mi abuelita Luisa por su apoyo,

A mis hermanos Daira y Cristhian con quienes comparto este triunfo,

A mis amigos con los que compartí una de las mejores etapas de mi vida

siempre los llevaré en mi corazón.

Laura Melissa Torres Delgado

Este triunfo y esta etapa de mi vida la he concluido gracias al apoyo de mis padres y mi familia.

Abelardo mi padre y mi madre Esther los cuales me apoyaron incondicionalmente

en todos estos años, para ellos solo tengo agradecimientos

por toda la paciencia, dedicación apoyo y cariño que me brindaron.

A mis hermanas por estar conmigo todos estos años en los buenos y los malos momentos.

Mi tía la hermanita María Oliva Dávila que siempre me acompaño

y me comprendió en todas las etapas de mi vida.

Solo me queda decir que vendrán una avalancha de éxitos y nuevas metas,

Muchas gracias a todos los que hicieron esto posible.

Sergio A. Zabala Dávila

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander.

Director del proyecto, PhD. Humberto Escalante Hernández, por su incondicional apoyo y orientación.

Al Grupo de Investigación en Biotecnología.

A la Ingeniera Química, Liliana del Pilar Castro, por su paciencia, aporte y colaboración en el desarrollo del proyecto.

A la Bacterióloga, Mabel Juliana Quintero, por su colaboración.

Al Químico, Carlos Osorio, por su colaboración.

A los Técnicos del Laboratorio de Procesos Escuela de Ingeniería Química, Eduardo Carreño y Wilson Carreño por su colaboración y aporte.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	16
2. METODOLOGÍA	22
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	33
4. CONCLUSIONES	41
BIBLIOGRAFIA	42
ANEXOS	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Variables y niveles tenidas en cuenta para el diseño factorial de experimentos.	25
Tabla 2. Análisis de Control de Calidad en base húmeda del bagazo del ese fique.	33
Tabla 3. Porcentajes de sapogeninas obtenidos realizando la extracción con etanol.	34
Tabla 4. Porcentajes de sapogeninas obtenidos realizando la extracción con metanol.	36
Tabla 5. Configuración del diseño de experimentos.	47
Tabla 6. Estudio localización planta de extracción de saponinas.	50
Tabla 7. Costo de equipos utilizados en el diseño básico de ingeniería.	52
Tabla 8. Sueldos empleados.	53
Tabla 9. Inversión de la planta.	54
Tabla 10. Requerimientos de agua en el proceso.	58
Tabla 11. Requerimientos de electricidad planta.	59
Tabla 12. Costo de servicios industriales.	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura química de las saponinas.	18
Figura 2. Estructura química de la hecogenina.	20
Figura 3. Equipo de extracción soxhlet.	27
Figura 4. Porcentaje de sapogeninas extraídas con etanol vs tiempo de extracción.	35
Figura 5. Porcentaje de sapogeninas extraídas con metanol vs tiempo de extracción.	37
Figura 6. Comparación de los porcentajes de sapogeninas extraídas con metanol y etanol.	38
Figura 7. Diagrama de proceso de la planta de extracción de saponinas.	39
Figura 8. Configuración gráfica del diseño de experimentos.	47

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. PROTOCOLO TOMA DE MUESTRA DE BAGAZO.	44
Anexo B. PROTOCOLO PARA MEDIR LA DENSIDAD DE SÓLIDOS.	45
Anexo C. DISEÑO DE EXPERIMENTOS.	46
Anexo D. ANALISIS ECONOMICO DE LA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS.	49
Anexo E. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO BÁSICO DE INGENIERÍA.	63

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE SAPOGENINAS PRESENTES EN EL BAGAZO DE FIQUE BASADA EN EXPERIMENTACIÓN PRELIMINAR*.

AUTORES: TORRES DELGADO LAURA MELISSA**

ZABALA DÁVILA SERGIO ABELARDO**

PALABRAS CLAVES: Bagazo de fique, Extracción sólido- líquido, Método Soxhlet, Saponinas, Sapogeninas, Diseño básico de ingeniería.

DESCRIPCIÓN:

En el presente trabajo de investigación se estudio una alternativa de aprovechamiento de los residuos generados durante el beneficio del fique. El bagazo de fique que fue objeto de estudio fue suministrado por las plantas de beneficio ubicadas en el municipio de Mogotes, Santander. Se realizó la extracción de saponinas presentes en el bagazo de fique por el método Soxhlet (extracción sólido-líquido), con el objetivo de retirar la mayor cantidad de saponinas esto se realizo utilizando como solvente extractor metanol y etanol; se tuvieron en cuenta las siguientes variables en el proceso: relación solvente/bagazo húmedo, tiempo de extracción y concentración de solvente, posterior a ello se eliminaron sólidos presentes mediante filtración y también pigmentos propios de las plantas realizando un desengrase al crudo de saponinas con hexano. Para obtener sapogeninas, se realizó al crudo de saponinas una hidrólisis en medio ácido y se obtienen finalmente las sapogeninas. El diseño básico de ingeniería y la simulación se realizaron en base a la metodología que se llevó a cabo en el laboratorio y con ayuda del software Hysys 3.2. Se hizo el análisis de la viabilidad económica que podría tener una planta extractora de sapogeninas a nivel industrial.

**Trabajo de Grado. Modalidad Investigación.*

***Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director del Proyecto Ph.D. Humberto Escalante Hernandez.*

SUMMARY

TITLE: DESIGN PLANTS OF EXTRACTION OF SAPOGENINS PRESENT IN THE BAGASSE OF FIQUE BASED ON PRELIMINARY EXPERIMENTATION

AUTHORS: TORRES DELGADO LAURA MELISSA**

ZABALA DÁVILA SERGIO ABELARDO**

KEYWORD: Bagasse of Fique, Extraction Solid Liquid, Method Soxhlet, Saponinas, Sapogenins, Design Basic of Engineering.

DESCRIPTION:

In the present work of investigation I study an alternative of utilization of the residues generated during the benefit of the fique. The bagasse of fique that was an object of study was given by the plants of benefit located in the municipality of Mogotes, Santnader. The extraction realized of saponinas presents in the bagasse of fique for the method Soxhlet, With the aim to withdraw the major quantity of saponinas this realize using as extractor solvent methanol and ethanol; The following variables were born in mind in the process: Relation solvent/bagasse humid, Time of extraction and concentration of solvent, Solid presents by means of filtration and also own proper pigments of the plants fulfilling a desengrase to the crude oil of saponinas with hexano. To obtain sapogeninas fulfil to the crude oil of saponinas a hidrolisis in acid way and the sapogenins are obtenined finally The basic design of engineering and the simulation they were realized on the basis of the methodology that I carry out in the laboratory And with help of the software Hysys 3.2. There was done the analysis of the economic viability that might have an extractor plant of sapogeninas to industrial level.

**Working Grade. Research Mode.*

***Physical-Chemical Engineering Faculty. School of Chemical Engineering. Project Director: Ph.D. Humberto Escalante Hernandez.*

1. INTRODUCCIÓN

La planta de fique (Género *Furcraea sp.*) pertenece a la familia *Agavaceae*, es tropical y crece en la mayoría de climas del país. Del fique se extrae su fibra, llamada “cabuya” utilizada industrialmente para elaborar hamacas, redes, empaques, artesanías, sogas, cordeles, agromantos y geotextiles [1]. También se destaca la producción de papel a partir de la fibra de fique, obtención de hormonas sintéticas y anticonceptivos. Unido a lo anterior, el nivel de desarrollo tecnológico e investigativo adelantado por parte de los actores de la cadena es mínimo, dado que no se ven interesados en el desarrollo de nuevos productos, se siguen elaborando los tradicionales sin darles ningún tipo de alto valor a los residuos generados[2].

En Santander, que es el segundo departamento productor de fique a nivel nacional, los cultivos se ubican en los municipios de Mogotes, San Joaquín, Onzaga, Curití, San Gil y Aratoca; donde existen aproximadamente 3.369 hogares de economía campesina (alrededor de 20.000 personas), dedicados a este renglón productivo en un área cultivada de 4.446 hectáreas, con una productividad de 1060 Kg. /Ha al año [2].

En Colombia se estima que hay sembradas 24 mil hectáreas de fique, distribuidas en los departamentos de Cauca, Nariño, Antioquia, Santander y Boyacá; las cuales generan alrededor de 500 mil toneladas de subproductos provenientes de los jugos y bagazos que se producen cuando se desfibra [3]. Actualmente el bagazo y el jugo, son vertidos en los terrenos y efluentes aledaños a las plantas del procesamiento del fique. Para evitar que estos residuos agroindustriales contaminen los suelos y fuentes hídricas, se requiere un manejo eficiente de los mismos.

El beneficio del fique se realiza en tres (3) fases: a) *La preparación o alistamiento*, en la cual se cortan las hojas y se desorillan para eliminar las espinas; b) *Extracción de fibra*: las hojas se pasan por la desfibradora para extraer la fibra, la cual constituye el 3 al 5% del peso de la hoja, siendo la pulpa el 95 al 97%; c) *Procesamiento de la fibra*: contempla las etapas de fermentación, lavado, secado y empaquetamiento de la fibra para su posterior comercialización [4].

La pulpa del desfibrado está conformada por un 30% de fibrillas y un 70% de pulpa vegetal. Las fibrillas conocidas como estopa, pueden extraerse por tratamientos físico-químicos del residuo para ser utilizadas en la fabricación de pulpa para papel. Los residuos están constituidos por jugos y bagazos. El bagazo también llamado pulpa de fique contiene lignina, hemicelulosa y celulosa, compuestos orgánicos, sacarosa, glucosa fructuosa, tigogeninas, hecogeninas, y tensoactivos como saponinas. Estos subproductos (bagazo y jugo) son descartados directamente al medio, o en algunos casos los agricultores los utilizan como abono. Sin embargo, su acumulación sobre el suelo los convierte en contaminantes del medio ambiente y de las corrientes de agua por lixiviación.[1], [5].

Se han realizado investigaciones enfocadas al aprovechamiento de los residuos del fique, especialmente relacionadas con el jugo; por su concentración de compuestos atractivos a la industria farmacéutica como lo son la hecogenina y la tigogenina [5]. El bagazo se ha utilizado como abono orgánico, concentrado para animales, como sustrato para el cultivo de hongos comestibles y en la industria de la lombricultura [5]. El bagazo generado del proceso de beneficio del fique, es un residuo agrícola de origen primario.

Las saponinas presentes en la hoja de fique son glucósidos de esteroides llamadas así por sus propiedades como las del jabón: cada molécula está constituida por un elemento soluble en lípidos (el esteroide) y un elemento soluble en agua (el azúcar), y forman una espuma cuando son agitadas en agua [6].

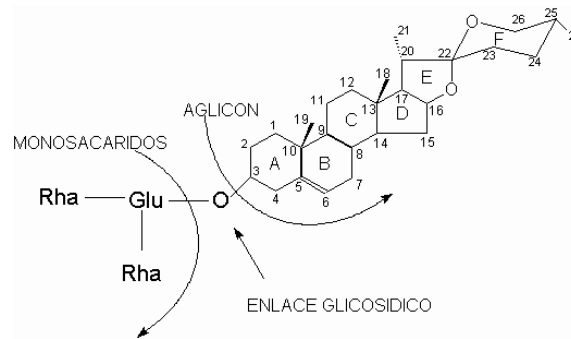


Figura1. Estructura química de las saponinas

Las saponinas comprenden dos grupos de glicósidos vegetales; unos contienen un monosacárido como la glucosa, galactosa, xilosa, arabinosa, y otros un polisacárido (di o trisacárido) resultante de la combinación de los anteriores [7]. Las saponinas son el grupo de metabolitos secundarios, que se encuentran en gran número de especies de plantas y en algunos organismos marinos. Las saponinas presentes en las plantas se componen principalmente de sapogenina, azúcar, ácido glucurónico o ácido orgánico [8]. Las saponinas constituyen la principal parte del sistema inmunológico y de defensa de las plantas contra bacterias, hongos e insectos [7].

Las saponinas se caracterizan por las propiedades surfactantes y dar estabilidad en la mayoría de los casos, como las espumas de jabón en soluciones acuosas. En el Oriente las saponinas se utilizan como jabón y muchos nombres triviales de las saponina se derivan de esta función, por ejemplo, soapwort (*Saponaria officinalis*), soaproot (*Chlorogalum pomeridianum*), soapbark de Panamá (*Quillaja saponaria*), jaboncillo (*Sapindus saponaria*) o soapnut (*Sapindus mukurossi*) [9].

La diversidad estructural de las saponinas y la consiguiente amplia gama de polaridad hace que la determinación de saponinas individuales sea muy difícil. La pronta determinación de saponinas en el material vegetal se basa

principalmente en gravimetría o sobre los métodos de tomar ventaja de algunas de sus características químicas o biológicas [9].

La aglicona de las saponinas, llamada sapogenina es, o bien un terpeno pentacíclico en las saponinas terpénicas, o un derivado esteroidal en las saponinas esteroidales. La hidrólisis de éstas últimas conduce a las sapogeninas esteroidales [4]. Para obtener las sapogeninas se deben eliminar sustancias que están contenidas en el crudo de saponinas, ya que estas pueden interferir en el proceso, como lo son las grasas que contiene el material vegetal y esto se hace utilizando compuestos no polares como hexano, heptano, benceno, ciclohexano, etc.

Estudios de la estructura química de las saponinas le permitió a Rowsel Marker advertir la gran semejanza que existía entre ellos y la progesterona humana. Este investigador en 1939 describió un método original, conocido como “gradación de Marker”, mediante el cual era posible convertir sapogeninas en progesterona. Este importante descubrimiento fue el primer paso para alcanzar la producción masiva de hormonas esteroidales como cortisona, prednisona, testosterona a nivel mundial en la producción de sapogeninas como materia prima para la síntesis de hormonas humanas [10].

Los esteroides derivados más importantes y estudiados para la síntesis parcial son la Diosgenina y la batogenina del genero Dioscorea, hecogenina y tigogenina de las especies de agavae, sarsapogenina y esmilagenina del genero smilax y el sitosterol [6]. Estas sapogeninas se obtienen al hidrolizar las saponinas dando como un nuevo producto una aglicona denominada sapogenina [11].

Las sapogeninas esteroidales son utilizadas en la industria farmacéutica como precursores de las hormonas esteroidales, estos poseen una estructura estereoquímica compleja ya que su proceso de síntesis es muy complejo haciéndolo costoso, siendo la síntesis con sapogeninas esteroidales la opción más viable y económica [12], [13], 14].

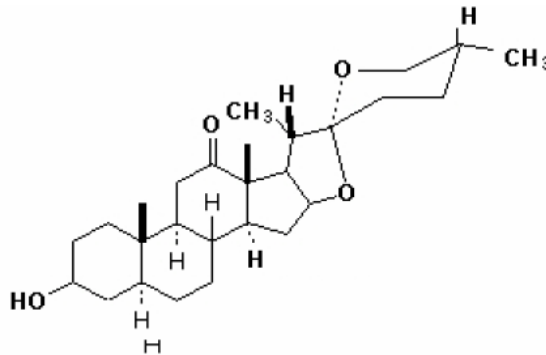


Figura 2. Estructura química de la hecogenina

En Colombia la Universidad Nacional en conjunto, Corpoica y cultivadores de fique en Nariño, tienen en funcionamiento una planta piloto para la extracción de saponinas esteroidales como la Hecogenina y Tigogenina; utilizando como materia prima el jugo (desecho) de la planta de fique [14]. Por otra parte es importante resaltar un estudio de la Universidad Distrital de Bogotá, referente a la extracción de posibles saponinas presentes en el fruto del *sapindus saponaria* [15].

La extracción es el primer paso importante para la recuperación y purificación de los ingredientes activos de materias primas vegetales. Las técnicas tradicionales de extracción con disolvente de materias primas vegetales se basan principalmente en la correcta elección de los solventes y el uso de agitación para aumentar la solubilidad de materiales y la tasa de transferencia de masa. Por lo general, las técnicas tradicionales requieren la extracción de horas y tienen una baja eficiencia. Además, muchos productos naturales son térmicamente inestables y pueden degradarse térmicamente durante la extracción [16],[17].

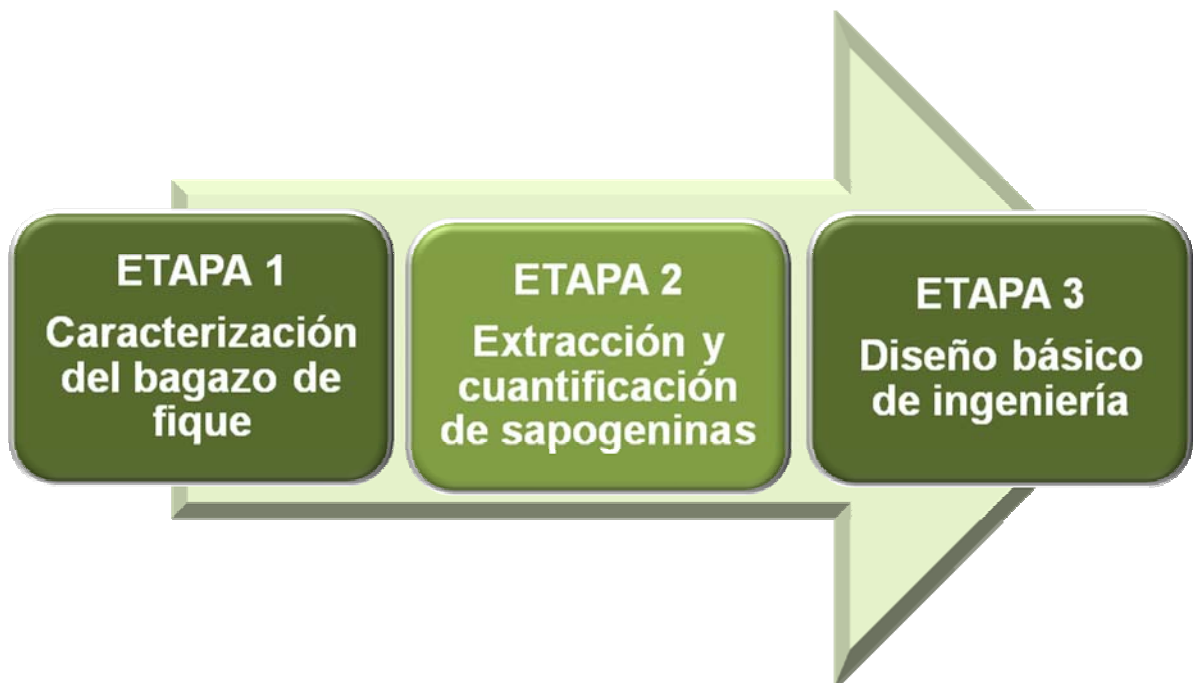
La extracción de saponinas en diversos estudios de investigación se ha desarrollado mediante solventes orgánicos como metanol, etanol, butanol, xileno, tolueno, heptano, hexano, ciclohexano [13],[18]. Esto se debe a que estas sustancias tienen alta polaridad, lo cual tiene una fuerte influencia en el proceso de extracción de saponinas. La literatura reporta los solventes más utilizados en

estas investigaciones los solubles en agua, entre los cuales se destacan el metanol y el etanol, estos se caracterizan por ser solventes de bajo peso molecular [19],[18],[20].

El objetivo del presente trabajo fue plantear una alternativa de uso de los desechos generados durante el beneficio del fique, extrayendo saponinas del bagazo y a partir de ellas llegar a la obtención de sapogeninas, ofreciendo un manejo eficiente de los residuos y proporcionarle un valor agregado industrialmente.

2. METODOLOGÍA

En el presente trabajo, para la obtención de las saponinas a partir de los residuos del fique se llevaron a cabo las etapas que se presentan en el siguiente diagrama.



ETAPA 1. CARACTERIZACIÓN DEL BAGAZO DE FIQUE

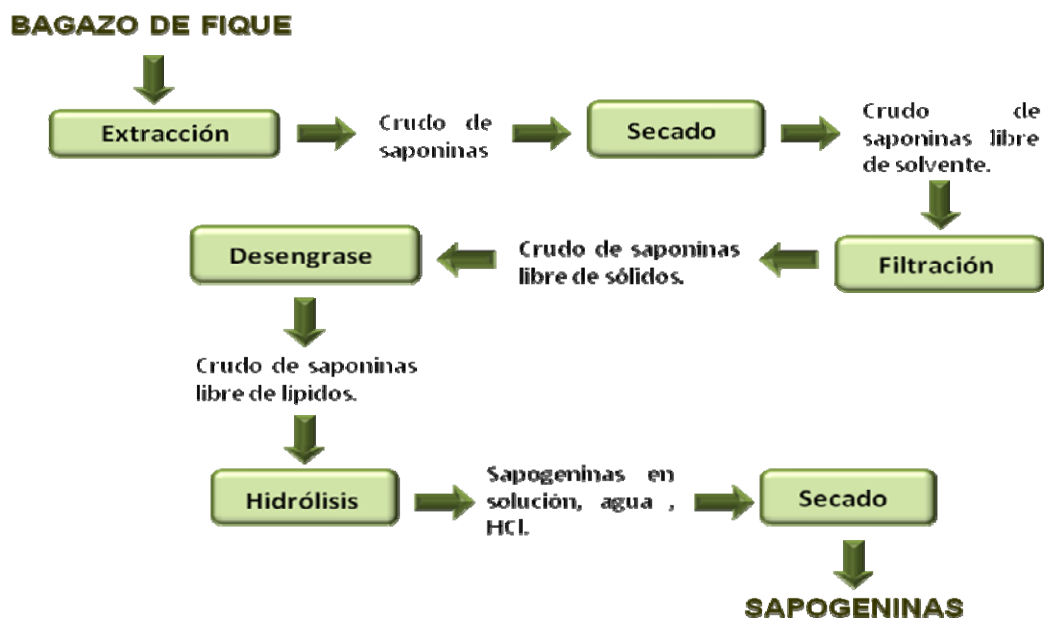
El bagazo de fique (pulpa semisólida) fue suministrado por las plantas de beneficio ubicadas en el municipio de Mogotes. Se delimitó la zona de desfibrado en un cuadrado de 6m de lado, y se realizó la toma de muestras en 10 puntos diferentes de la planta, los cuales fueron seleccionados al azar. Las muestras se tomaron a una profundidad de 8cm aproximadamente. Cada muestra se empacó en una

bolsa plástica con cierre hermético, evitando la entrada de aire. Este muestreo se realizó teniendo en cuenta el protocolo de toma de muestras de campo (Anexo A).

A las muestras de bagazo de fique se le realizó la caracterización mediante un análisis Bromatológicos y un análisis de la composición mineralógica de la pulpa de fique. En la caracterización por análisis bromatológico en base seca se tuvieron en cuenta las siguientes variables (en porcentajes): fibras, humedad, extracto etéreo, cenizas, sílice, muestra seca digestible, proteína bruta, lignina, celulosa, hemicelulosa, carbohidratos no estructurales y el valor calórico. En la caracterización por composición mineralógica de la pulpa se tuvieron en cuenta las siguientes variables (en porcentajes): nitrógeno, fosforo, potasio, hierro, cobre, manganeso, zinc y boro. Además se determino la densidad y el pH del bagazo; la densidad se determino según el protocolo para medir la densidad de sólidos (Anexo B), Para medir el pH del bagazo húmedo, se tomo una cantidad y se coloco sobre un papel aluminio, luego se coloco sobre este una tira reactiva de pH, y se espero unos segundos, luego se reporto el pH del bagazo.

ETAPA2. EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SAPOGENINAS

El proceso de la extracción de las saponinas comprende las etapas que se representan en el siguiente diagrama.



Extracción

El proceso inicial de la obtención de saponinas se llevo acabo mediante una extracción solido liquido, esta tiene por objetivo extraer los componentes solubles de el material sólido con ayuda de un disolvente, este se realizo utilizando el método convencional de extracción Soxhlet.

El método Soxhlet es un sistema de extracción sólido-líquido el cual es utilizado para la extracción de compuestos de naturaleza lipídica, contenidos en un sólido. La extracción por este método ocurre por arrastre de vapor, este proceso es repetitivo por un tiempo determinado para cada experimento; el equipo de extracción está conformado por tres piezas: un balón de destilación fondo plano, una pieza Soxhlet y un refrigerante.

En el balón de destilación fondo plano se coloca el solvente que producirá el vapor que arrastra los compuestos a extraer del sólido. En la pieza de extracción Soxhlet es colocado el sólido al cual se le va a realizar la extracción, esta consiste en un

cilindro de vidrio vertical de aproximadamente un pie de alto y una pulgada y media de diámetro. La pieza de extracción Soxhlet tiene dos conductos uno por donde va la corriente de vapor por arrastre que se produce dentro del balón de destilación por el calentamiento del solvente y el otro lleva el crudo extraído del sólido de nuevo al balón de destilación. El refrigerante condensa el vapor arrastrado del solvente para que este entre en contacto directo con el sólido al cual se le está realizando la extracción. Este proceso es cíclico durante tiempos

En el proceso de extracción se tuvieron en cuenta tres variables: el tiempo de extracción, la concentración de solvente y la relación concentración solvente/muestra húmeda.

La extracción de las saponinas se realizó utilizando como solventes etanol y metanol; planteando un diseño factorial de experimentos 2^3 (Anexo C), donde 2 representa los niveles de experimentación un nivel alto y uno bajo y 3 representa las variables implicadas en el proceso de extracción que serian tiempo de extracción, concentración de solvente y relación concentración solvente/muestra húmeda como se puede observar en la tabla 1.

Variables	Niveles	
	0	1
Tiempo de extracción	3h	6 (1/2) h
Solvente	50%	75%
Relación L/S(ml/g)	5:1	10:1

Tabla 1. Matriz para el diseño factorial de experimentos

Las variables escogidas para la experimentación y que debían influir en la variable respuesta, se tomaron teniendo en cuenta trabajos realizados de procesos de extracción para especies de la misma familia del fique. Teniendo cuenta que las variables que reportaban la mayor influencia en la variable respuesta eran tiempo de extracción, concentración de solvente y relación concentración solvente / bagazo húmedo, se determinaron por las siguientes razones.

Se selecciono el tiempo de extracción como variable que influye sobre el proceso bajo la premisa de observar el desempeño en la variable respuesta a diferentes tiempos de extracción suponiendo que a mayores tiempos de extracción se podría obtener mayor cantidad de saponinas, y así mismo comparar con un tiempo menor para observar cuales son las condiciones óptimas.

De igual manera se tomo en cuenta la concentración de solvente tratando de prever cual arrojaría los mejores resultados y si sería necesario utilizar altas o bajas concentraciones de solvente.

En cuanto a la relación concentración solvente/ muestra húmeda se tomo en cuenta con la premisa de encontrar la cantidad óptima de muestra húmeda para una concentración de solvente definida.



Figura 3. Equipo de extracción soxhlet

A medida que se llevo a cabo el proceso de extracción, el solvente fue tomando un color verde, además de observo la formación de espuma en el solvente a medida que pasa el tiempo. Al finalizar el proceso de extracción se obtuvo un crudo rico en saponinas, este se almaceno en frascos de vidrio, se taparon y se refrigeraron para los tratamientos posteriores.

Filtración

El extracto se filtró al vacío eliminando residuos sólidos (partículas de material vegetal), posteriormente se evaporo el solvente a totalidad manteniendo la temperatura a 55 °C para evitar la degradación de las saponinas. El extracto sólido resultado de la evaporación del solvente presento un color café oscuro y un olor característico.

Al extracto sólido libre de solvente, se le agrego agua para solubilizarlo completamente, se filtro y se eliminaron nuevamente impurezas. Esto favorece el proceso de desengrase y reduce las pérdidas de glicósidos.

Desengrase

El desengrase (extracción líquido-líquido) tiene como fin eliminar algunos lípidos y pigmentos propios de las plantas, que pueden interferir posteriormente en el proceso de obtención de saponinas (hidrólisis).

Para eliminar las sustancias que interfieren en el proceso de obtención de saponinas, se toma una alícuota de 25 ml de hexano y una de 25 ml de crudo de saponinas y se colocan en un embudo de decantación, se agita por un periodo de cinco minutos, dejando que los gases escapen a medida que se realiza la agitación; la parte no polar se desecha y la polar se toma para llevarla posteriormente al proceso de hidrólisis donde se obtienen finalmente las saponinas.

Hidrolisis

Para obtener saponinas que se encuentran en forma de glicósidos a partir de las saponinas se realiza la etapa de hidrólisis del extracto. En esta etapa se liberan una o varias unidades de carbohidratos ligados. Se realizó hidrólisis ácida con HCl 2.5N, se toman los 25 ml de muestra que fueron desengrasados en un balón fondo plano de 250 ml, a este se le agregan 25 ml de HCl 2.5 N. Al balón se le conecta el refrigerante con su respectivo flujo de agua y se coloca en una plancha de calentamiento con agitación magnética MOD.SLR durante 4 horas.

En el proceso de hidrólisis el extracto tiene un cambio de color y se observa la aparición de partículas suspendidas de color café oscuro, al terminar la hidrólisis y dejar la muestra en reposo las partículas suspendidas se observan en mayor cantidad. En cada uno de los pasos realizados se midió el pH.

Obtención de Sapogeninas

Para finalizar el proceso y obtener sapogeninas sólidas las muestras hidrolizadas fueron evaporadas a 45 °C hasta sequedad con el objetivo de evaporar el ácido y agua presente en las muestras y obtener sapogeninas.

Las sapogeninas purificadas son de interés para las industrias farmacéuticas, allí son usos más comunes son para la síntesis de la vitamina D y para la fabricación de hormonas sexuales. Esta investigación es de gran importancia ya que en el mundo hay déficit de estas sustancias.

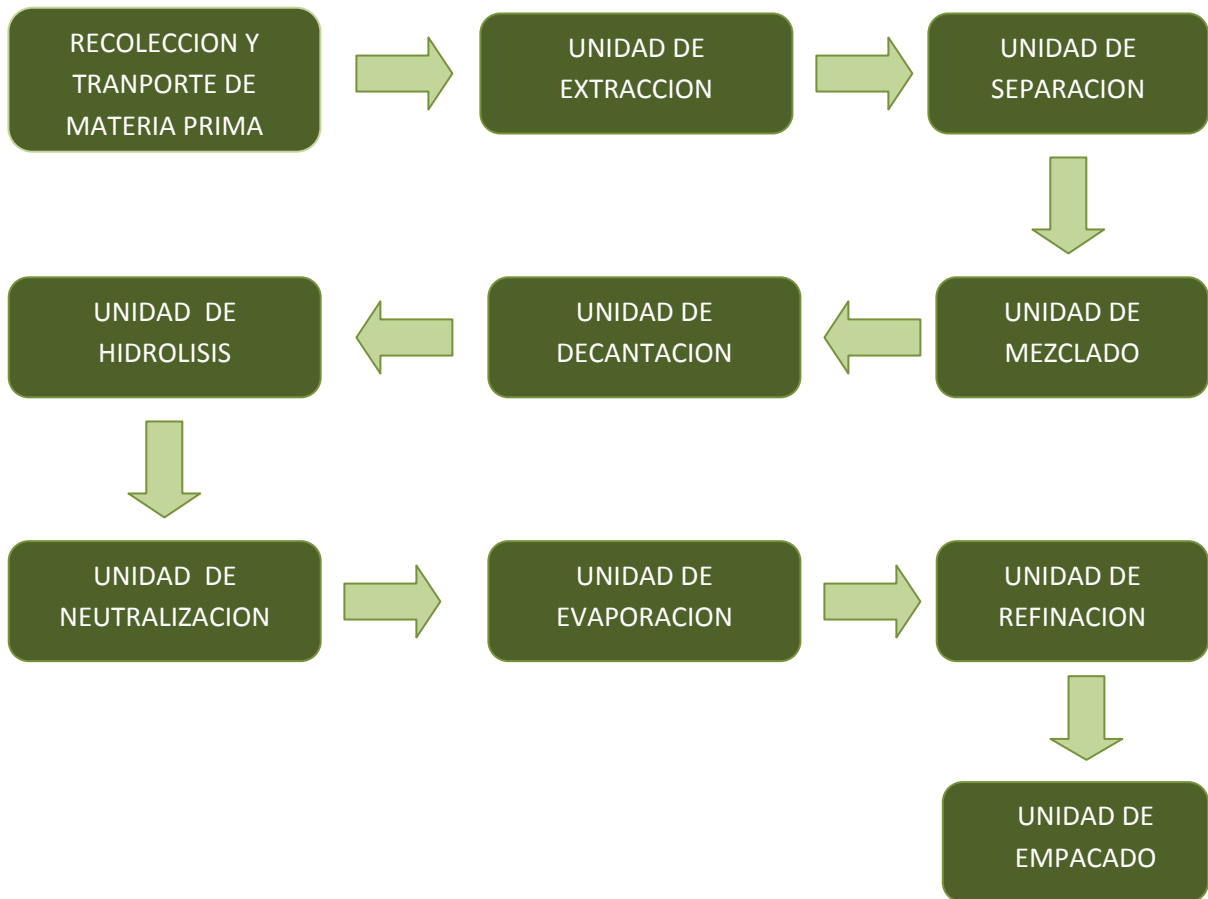
ETAPA3. DISEÑO BÁSICO DE INGENIERÍA

El diseño básico de ingeniería se realizó con el objetivo plantear la posible alternativa para que el sector fiquero lleve a escala industrial el proceso de extracción de sapogeninas a partir de los desechos generados durante el beneficio del fique.

Tipo De Proceso

El proceso de producción de la planta de sapogeninas se propuso para operación en estado continuo; con el objetivo de producir los 365 días del año. El diseño básico de ingeniería se realizó utilizando como herramienta el software Hysys 3.2, teniendo en cuenta las condiciones de operación a nivel de laboratorio.

Diagrama de bloques de la planta de extracción de sapogeninas:



- **RECOLECCION Y TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA:** El transporte y recolección de la materia prima se propone directamente en las fincas de desfibre y siembra de la planta del fique. Se recogerá el hunche, el cual no tiene utilidad alguna en la planta, para ello se deben establecer con la industria fiquera de Santander las épocas de desfibre con el fin de obtener materia prima de manera constante. El bagazo de fique se recogerá en las condiciones apropiadas y se transportara a la planta.

- **UNIDAD DE EXTRACCION:** Unidad de extracción sólido – líquido “bagazo húmedo y solvente extractor etanol”, el equipo extractor será Hildebrant con transportador espiral este es un extractor de tipo inmersión los cuales son ideales para este tipo de proceso reportándose en la literatura los mejores resultados. La temperatura de operación de este equipo será la del solvente extractor: el etanol el cual estará disponible en un tanque de almacenamiento subterráneo.
- **UNIDAD DE SEPARACION:** Unidad de evaporación total de solvente extractor para su posterior reutilización, la evaporación se lleva a cabo hasta sequedad, con el objetivo de obtener partículas sólidas de saponinas y algunas otras impurezas sólidas.
- **UNIDAD DE MEZCLADO:** Unidad comprendida por un tanque con agitación constante en el cual se lleva a cabo la disolución de las saponinas en agua para su posterior refinación. El agua requerida para realizar la disolución será bombeada desde un tanque de almacenamiento y mezclada con la corriente de sólidos procedente de la unidad de separación.
- **UNIDAD DE DECANTACION:** Unidad comprendida por un tanque mezclador, en el cual se llevara a cabo la eliminación de compuestos lipídicos y algunas partículas sólidas no deseadas en el proceso; en este se mezclara una corriente líquida de hexano con la corriente proveniente de la unidad de mezclado.
- **UNIDAD DE HIDRÓLISIS:** Unidad compuesta por un reactor continuo con agitación y un tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico (2.5 N), en el cual se llevara a cabo el rompimiento de enlaces de la saponina para llegar a convertirse en saponinas; en esta unidad se debe realizar un constante monitoreo de pH para asegurar la cantidad necesaria de ácido a agregar.

- **UNIDAD DE NEUTRALIZACIÓN:** Unidad compuesta por tanque de neutralización y un tanque de almacenamiento de soda (2.5 N) que suministrara la cantidad necesaria para que se lleve a cabo la neutralización a un pH 7 del producto (sapogeninas), al igual que la unidad de hidrólisis se debe llevar un monitoreo del PH para asegurar la cantidad necesaria de soda agregar y evitar la formación de sal.
- **UNIDAD DE EVAPORACIÓN:** Unidad compuesta por un evaporador en el cual se eliminara la soda y acido que no reacciono en la unidad de hidrólisis y neutralización, los cuales podrían reutilizar.
- **UNIDAD DE REFINACIÓN:** Unidad compuesta por una centrifugadora, un secador continuo rotatorio y una cristalizador cónico de magma, en este se realiza la refinación del producto (sapogenina) y eliminación de residuos de salmuera, acido y soda.
- **UNIDAD DE EMPACADO:** Esta unidad es la encargada de llevar el producto final Sapogenina a una presentación de empacado al vacío en bolsas pequeñas y oscuras para evitar que este producto pueda reaccionar con otro por medio de la radiación emitida por el sol.

3. RESULTADOS Y ANALISIS

ETAPA 1.CARACTERIZACIÓN DEL BAGAZO DE FIQUE

La materia prima utilizada, bagazo de fique, reporto una densidad de 1 gr/ ml y un pH de 5. En la tabla 2 se presenta el análisis fisicoquímico del bagazo de fique.

Tabla 2. Análisis de Control de Calidad en base húmeda del bagazo del fique.

PARAMETRO	RESULTADO MUESTRA %P/P	MÉTODO ANALITICO
Humedad	84,81	NTC 35 Gravimetría
Nitrógeno Total	0,11	Suma de Nitrógenos
Potasio Total	0,003	NTC 202 Emisión
Fosforo Total	0,003	NTC 234 Colorimetría
Azufre	0,006	NTC1154 Turbidimetría
Cobre	0,0001	NTC1369 Absorción Atómica
Zinc	0,0001	NTC1369 Absorción Atómica
Carbón Orgánico Total	6,93	NTC 5167 Walkey Black
Sólidos Totales	15,19	NTC 35 Gravimetría
Materia Orgánica	11.94	Calculo
Lignina	15,56	—
Celulosa	41,81	—
Hemicelulosa	22,17	—

Los métodos para determinación de la lignina, celulosa y hemicelulosa se llevaron a cabo en base seca y se realizaron en los Laboratorio Calderón (Bogotá).

En la tabla 2, se aprecia que el bagazo de fique es un residuo lignocelulosico, con alto contenido de compuestos orgánicos, el cual puede ser utilizado para la obtención de biocombustibles como etanol o biogás. El contenido orgánico del bagazo: sacarosa, proteínas, esteroides, saponinas y sapogeninas, puede ser extraído y darle un valor agregado a nivel industrial.

En las plantas los desechos están expuestos a idénticas condiciones ambientales y dado que los análisis de las muestras recolectadas presentaron resultados similares se concluyó que el sitio de recolección no influye y por consiguiente el proceso de extracción de las saponinas se realizó con una sola muestra de pulpa de fique.

ETAPA 2. EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SAPOGENINAS

Extracción de saponina del bagazo de fique con etanol

Experimentos	Tiempo de extracción	Solvente etanol	Relación solvente/bagazo húmedo	Sapogenina extraída (g)	%Sapogenina extraída
1	3h	50%	5:1	0,76	1,53
2	3h	50%	10:1	0,35	1,40
3	3h	75%	5:1	0,56	1,12
4	6 (1/2) h	50%	5:1	0,75	1,51
5	3h	75%	10:1	0,86	3,45

6	6 (1/2)h	50%	10:1	0,68	2,70
7	6 (1/2) h	75%	5:1	0,46	0,91
8	6 (1/2)h	75%	10:1	0,45	1,81

Tabla 3. Porcentajes de sapogeninas obtenidos realizando la extracción con etanol.

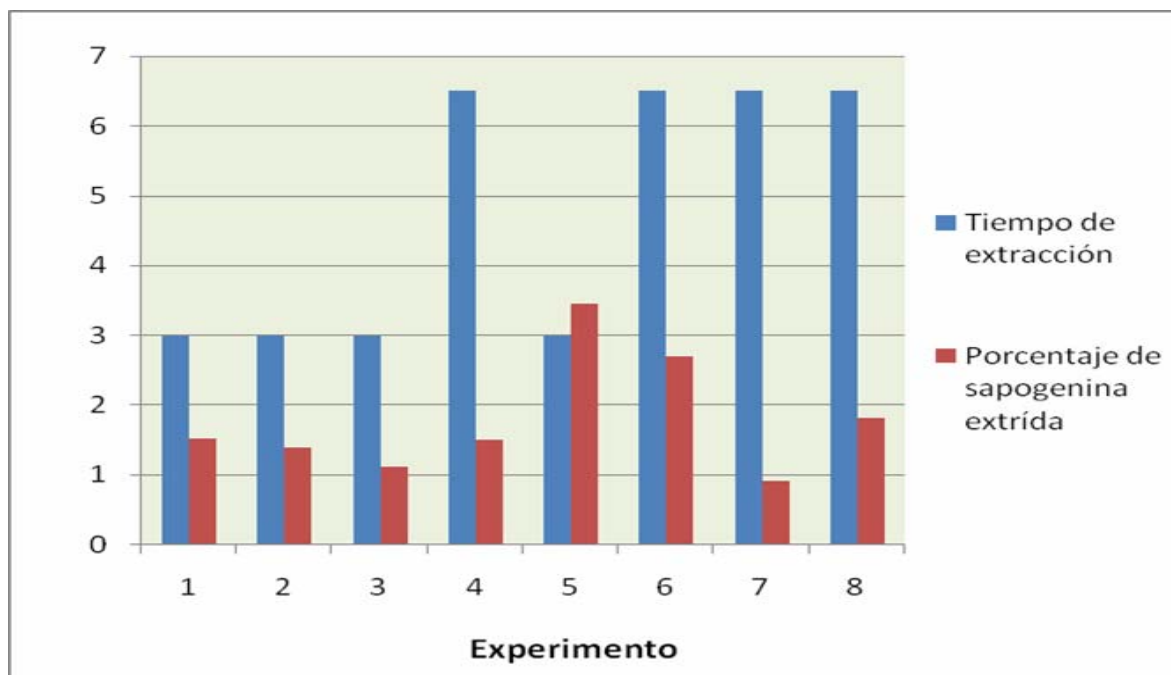


Figura 4. Porcentaje de sapogenina extraída con etanol vs tiempo de extracción.

Los resultados reportados en la tabla 3, muestran que el porcentaje de sapogenina obtenido se ve influenciado directamente por la relación mínima de concentración de solvente/ bagazo húmedo ya que esta nos asegura la humectación total del bagazo de fique, esto es debido a que a menor cantidad de bagazo el solvente va tener un mayor contacto con él, lo que hace que el rendimiento sea mayor.

Por otro lado, el porcentaje de saponinas se ve afectado indirectamente por el tiempo de extracción manteniendo la relación mínima de concentración de solvente/ bagazo húmedo, esto se observa en la figura 4. Inicialmente se pensaba que a mayor tiempo de extracción el porcentaje de saponinas obtenido sería mayor, pero los resultados muestran lo contrario, esto es debido a que las saponinas (por hidrólisis se convierten en sapogeninas) son biodegradables.

Los factores que influyen en la biodegradación de las saponinas son los tiempos de extracción largos y las altas temperaturas, debido a esto el porcentaje de sapogeninas obtenidas se ve afectado con tiempos de extracción largos pues parte de las saponinas extraídas se biodegradan, teniéndose así pérdidas de parte del material de interés en la extracción.

El experimento 5 muestra condiciones óptimas de extracción, ya que se utilizan tiempos cortos de extracción lo que evita la posibilidad de biodegradación de las saponinas para luego obtener un porcentaje considerable de sapogeninas.

Extracción de saponinas a partir del bagazo de fique con metanol

Experimentos	Tiempo de extracción	Solvente Metanol	Relación concentración solvente/bagazo húmedo	Sapogenina extraída (g)	%Sapogenina extraída
1	3h	50%	5:1	0,74	1,47
2	3h	50%	10:1	0,28	1,14
3	3h	75%	5:1	0,76	1,53
4	6 (1/2) h	50%	5:1	0,12	0,25

5	3h	75%	10:1	0,24	0,96
6	6 (1/2)h	50%	10:1	0,53	2,11
7	6 (1/2) h	75%	5:1	0,75	1,50
8	6 (1/2) h	75%	10:1	0,36	1,43

Tabla 4. Porcentajes de saponinas obtenidos realizando la extracción con metanol.

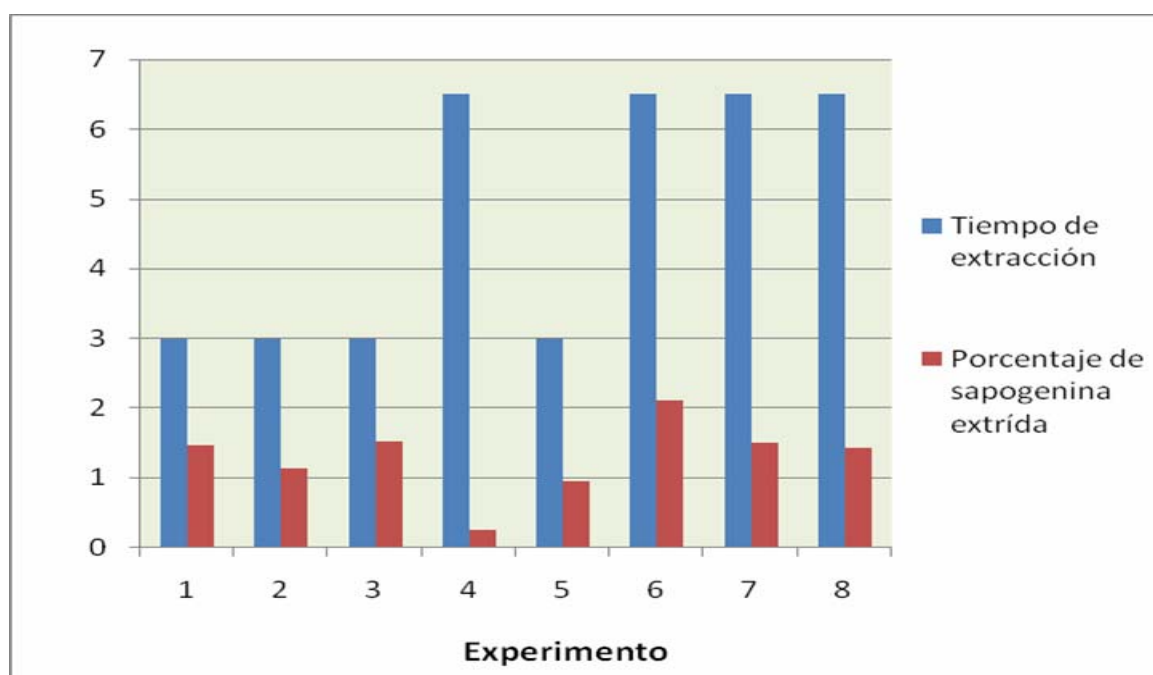


Figura 5. Porcentaje de saponina extraída con metanol vs tiempo de extracción.

Los resultados reportados en la tabla 4, muestran que la relación concentración solvente/ bagazo, no es relevante debido a que la relación mínima empleada asegura la humectación total del bagazo, y por otro el proceso es largo, como para asegurar la extracción de las saponinas.

En la extracción de saponinas con metanol, el tiempo influye directamente sobre el rendimiento del proceso. Con el metanol como solvente no se corre el riesgo de que a tiempos prolongados de extracción las saponinas se empiecen a degradar; ya que la temperatura a la que se lleva a cabo la extracción es de 65 ° C.

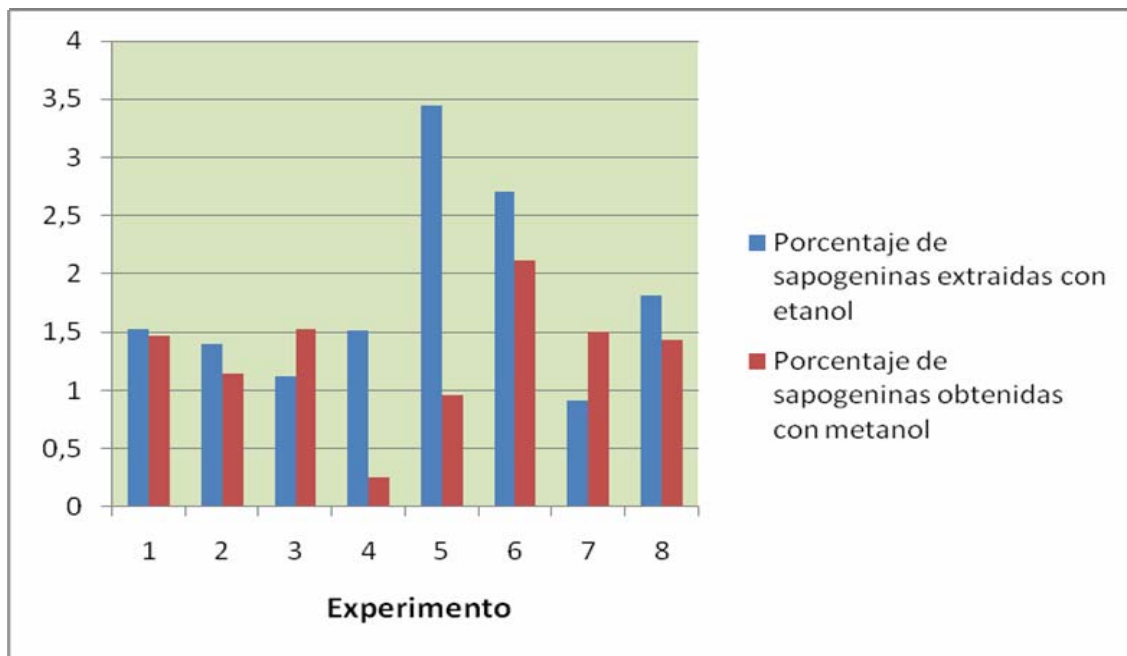


Figura 6. Comparación de los porcentajes de saponina extraída con metanol y etanol.

La figura 6 se observa que las concentraciones de solvente para la obtención de saponinas no se ve reflejado en el aprovechamiento de éstas; lo cual puede explicarse debido a la diferencia mínima de polaridades que hay entre estos alcoholes, ya que ésta propiedad del solvente es la que más afecta el rendimiento de las saponinas.

La temperatura de extracción de cada uno de los solventes no presenta ningún efecto sobre el proceso de extracción, ya que esta variable se mantiene constante durante la extracción y sólo se varía cuando la muestra se satura.

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los reportados por la literatura [19], de tal manera que el etanol al 75%V/V es un excelente extractor de

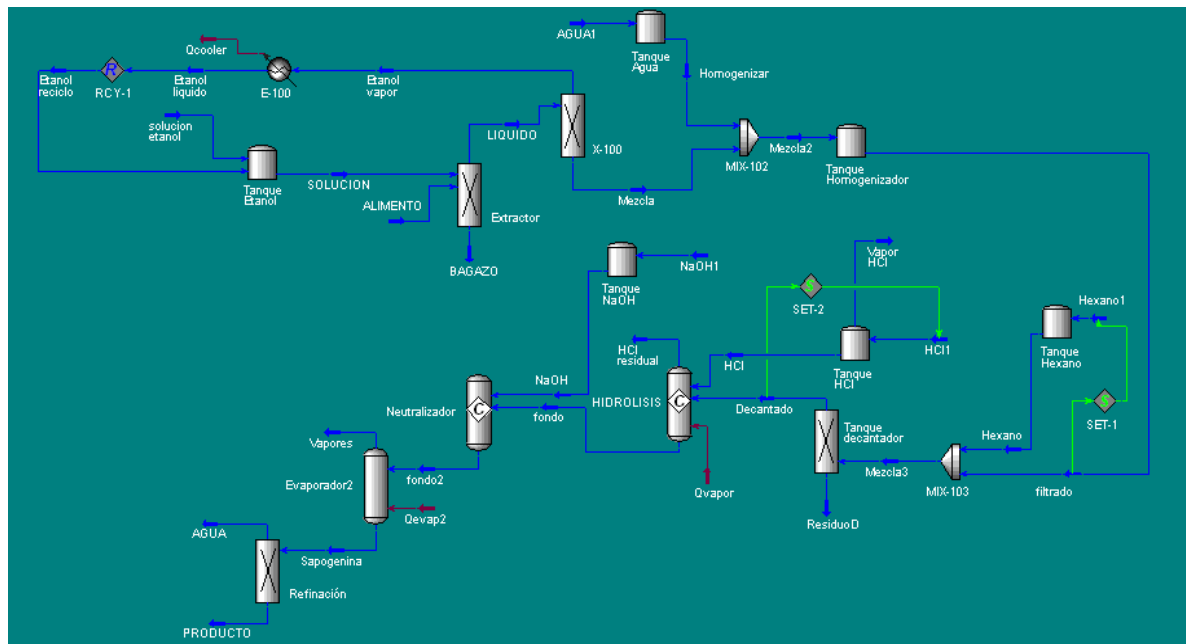
saponinas. Se realizó el diseño básico de ingeniería para la planta extractora de saponinas en base a la experimentación a nivel laboratorio, dando como resultado un proceso de extracción y obtención de saponinas viable.

ETAPA 3.DISEÑO BÁSICO DE INGENIERÍA DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE SAPOGENINAS

Capacidad De La Planta

Se estimó una producción de residuos del fique a nivel nacional de 150000 Ton/año; los cuales corresponde a un 30% de los residuos generados en el país. El diagrama propuesto para el diseño del proceso se esquematiza en la Figura 7.

Figura 7. Diagrama De Proceso De La Planta de extracción de saponinas



En el diagrama del proceso de la planta se observa la distribución de unidades básicas para la extracción y producción de saponinas. El software con el cual se realizó la simulación de esta planta fue Hysys versión 3.2. Debido a que este

software está dirigido hacia la industria petroquímica, fue necesario realizar los correctivos pertinentes para las unidades de operación propias del diseño propuesto. Los equipos utilizados y los flujos para cada equipo con las respectivas condiciones de operación se encuentran en el Anexo E.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Para determinar el tamaño y la localización de la planta se tuvo en cuenta La cantidad de residuos arrojados de la industria del beneficio del fique en Colombia, pues a partir de ello se definió que el tamaño de la planta, la cual debe ser suficiente para satisfacer la producción en zonas aledañas a esta. En cuanto a la localización, se realizó el análisis de algunos parámetros, definiendo la ubicación de la planta que ofrece las mejores condiciones con respecto a mano de obra, disponibilidad de materia prima, costos e insumos.

Tamaño De La Planta: Para el cálculo del tamaño de la planta se tuvieron en cuenta factores como la disponibilidad de las materias primas, la tecnología y los equipos disponibles en el mercado. Tomando como un valor base de procesamiento de materia prima de 150.000 Ton/Año que es el 30 % de la materia prima disponible en toda Colombia.

Demanda: Se realizó un análisis del mercado de la hecogenina a nivel mundial arrojando un pronóstico de una demanda insatisfecha a nivel internacional de 5000 Ton/Año tomando este como mercado objetivo y en base a ello se hizo una estimación de nuestras futuras ventas.

En el anexo D, se muestra el complemento del análisis económico realizado para el diseño básico de ingeniería.

4. CONCLUSIONES

Es viable extraer sapogeninas del bagazo de fique utilizando como solvente extractor etanol, bajo las condiciones de un tiempo de extracción de tres horas, una concentración de solvente de 75% V/V y una relación de bagazo solvente extractor de 10:1.

Después de realizar un análisis estadístico se observó que las variables que tienen mayor incidencia sobre la variable respuesta son la relación solución/bagazo y la combinación de concentración de solvente tiempo de extracción. Observando que todas las variables implicadas en el proceso de extracción tienen vital importancia en la cantidad a obtener de sapogeninas.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que el proceso de extracción de sapogeninas del bagazo del fique con los solventes etanol y metanol no presenta mayor diferencia en cuanto a la cantidad extraída, esto se debe a que los momentos dipolares son muy cercanos.

La planta de obtención de sapogeninas es un proyecto muy atractivo ya que el valor presente neto del primer año es de US\$ 56.698.201.816,97, así mismo el tiempo de recuperación de la inversión se realiza en el primer año de corrimiento de la planta. A pesar de que los costos de producción son muy altos el alto precio del producto hace posible que se pueda obtener estos resultados económicos tan favorables en el primer año (Anexo D).

BIBLIOGRAFÍA

1. Equipo técnico del proyecto “Prospectiva Tecnológica de la Cadena Productiva Agroindustrial del Fique del Departamento de Santander”. 2005, Bucaramanga.
2. www.agrocadenas.gov.co.
3. ECHAVARRIA, A., Residuos de fique y caña, útiles en producción de plásticos. . 2008.
4. MARTINEZ, A., Saponinas Esteroides, in Química Farmacéutica. 2001, Universidad de Antioquia: Medellín.
5. Dirección de desarrollo sectorial sostenible. Cadena productiva nacional del fique- CADEFIQUE. Guía Ambiental del subsector figuero. . Vol. 2. 2006.
6. HATA Y., R.M., ARTEAGA L., BUITRAGO G., ALVAREZ A., , Evaluación del contenido de Sapogeninad en variedades nativas de ñame (*Dioscorea spp*). Colombiana de Química Farmaceutica. Universidad de Cordoba 2003. **32**(2): p. 149-157.
7. SPARG, S., Biological activities and distribution of plant saponins. *Etnopharmacology*, 2004. **94**(4): p. 219-243.
8. T., K., Determination of flavonoids and saponins in *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino by liquid chromatography–mass spectrometry. *Analytica Chimica*, 2008. **626**(6): p. 200-211.
9. OLESZEK, W.A., Chromatographic determination of plant saponins. *Chromatography A*, 2002. **967**(6): p. 147-162.
10. PORRES, V., Cuantificación de sapogeninas esteroidales en fruto, semilla y corteza de *sapindus saponaria*, in Facultad de Ciencias Químicas y farmacia. 1999, Universidad de San Carlos de Guatemala: Guatemala.
11. CORPOICA-IICA. “Acuerdo para el fomento de la producción y la competitividad del subsector del fique”. 2004, Bogotá D.C.
12. THEUNIS, M., Determination of saponins in *Maesa lanceolata* by LC-UV: Development and validation. *Chromatographic*, 2007. **68**(2): p. 2825-2830.
13. KNOW J H., B.J., PARÉ J., YAYLAYAN V., Application of the microwave-assisted process (MAP) to the fast extraction of ginseng saponins. *Biochemical Engineering*, 2002. **36**(3): p. 491-498.
14. BARBOSA, E., Obtención de sapogeninas crudas y carbohidratos a partir de jugo de fique a nivel de plantas piloto. Contenido de hecogenina y tigogenina en el jugo de las variedades cenizo y tunoso común., in Facultad de Ciencias, Departamento de Química. 2006, Universidad Nacional de Colombia: Bogotá D.C.
15. CORTES, J., Materias primas vegetales para la industria de productos fitoterapúticos. *Quimica*, 2006. **2**: p. 195-224.

16. JIANYONG, W., Ultrasound-assisted extraction of ginseng saponins from ginseng roots and cultured ginseng cells. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2001. **8**(5): p. 347-352.
17. GANG, C., Steroidal saponins from *Tribulus terrestris* Pharmaceutical and biomedical analysis, 2008. **74**(4-5): p. 399-403.
18. KWON, J.-H., Application of the microwave-assisted process (MAP) to the fast extraction of ginseng saponins. *Food Research*, 2003. **36**(5): p. 491-498.
19. HERNÁNDEZ, R., Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de *Agave Lechuguilla* Torrey. *e-Gnosis*, 2005. **3**(11).
20. CHEN, Y., Microwave-assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from *Ganoderma atrum*. *Food Engineering*, 2007. **81**: p. 162-170.

ANEXOS

ANEXO A. PROTOCOLO TOMA DE MUESTRA DE BAGAZO

Objetivo: Recoger muestra de bagazo húmedo generado durante el beneficio del fique.

Materiales y Reactivos

- Nevera de icopor
- Hielo
- Alcohol al 70%
- Tiras reactivas de pH
- Guantes de látex
- Bolsa plástica con cierre
- Cinta de enmascarar
- Marcadores permanentes

Procedimiento

1. Escoger hojas de fique en las que no se observen daños ocasionados por alguna clase de microorganismo o esté lacerada.
2. Limpiar la máquina desfibradora de hojas de fique, con alcohol al 70% antes de proceder a tomar la muestra del bagazo.

3. Solicitar al manipulador de la máquina que comience la operación del desfibrado de la hoja de fique. Descartar la primera fracción expulsada del bagazo, tomar la fracción del medio igualmente descartar la última parte.
4. Llenar la totalidad de las bolsas de la toma muestra, sin dejar espacios de aire, medir pH y cerrar inmediatamente.
5. Llevar la nevera de icopor con hielo, las bolsas con las muestras, debidamente cerrados y rotulados.
6. Conservar refrigerado hasta su uso.

Nota: Rotular todo el material que contenga todas las muestras con nombre del lugar, día y fecha de la toma de muestra.

ANEXO B. PROTOCOLO PARA MEDIR LA DENSIDAD DE SÓLIDOS

Objetivo: Medir la densidad de una muestra sólida

Materiales y Reactivos

- 2 probetas
- Varsol

Procedimiento

1. Pesar un gramo de bagazo de fique y colocarlo en una probeta.
2. En la otra probeta medir un volumen fijo de varsol.
3. Agregar el varsol medido a la probeta donde se tiene el bagazo de fique.

4. Con el volumen que es desplazado el varsol y la masa que se tomo de bagazo, se determina la densidad del bagazo de fique.

ANEXO C. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

DISEÑO FACTORIAL DE EXPERIMENTOS

Mediante el diseño factorial en dos niveles uno máximo (1) y uno mínimo (0) fueron determinados los experimentos a realizar.

El número de experimentos es calculado de la expresión:

$$\text{Número de experimentos (n)} = 2^k$$

Donde 2 es el número de niveles y K es el número de variables.

Variables:

- ✚ Tiempo de extracción
- ✚ Concentración del solvente
- ✚ Relación cantidad de solvente/ muestra húmeda

Se tomaron como niveles altos: tiempo de extracción de 6 (1/2) horas, concentración de solvente al 75% y relación cantidad de solvente/ muestra húmeda 50:5. Los niveles bajos para las extracciones soxhlet son: un tiempo de extracción de 3 horas, concentración de solvente al 50% y relación cantidad de solvente/ muestra húmeda 25:5. Los niveles y altos se determinaron según los mejores resultados que reporta la bibliografía para algunos casos similares.

Por lo tanto el diseño factorial en dos niveles con 3 factores requiere de:

$$n=2^3=8 \text{ experimentos;}$$

A continuación se presenta la configuración de los experimentos:

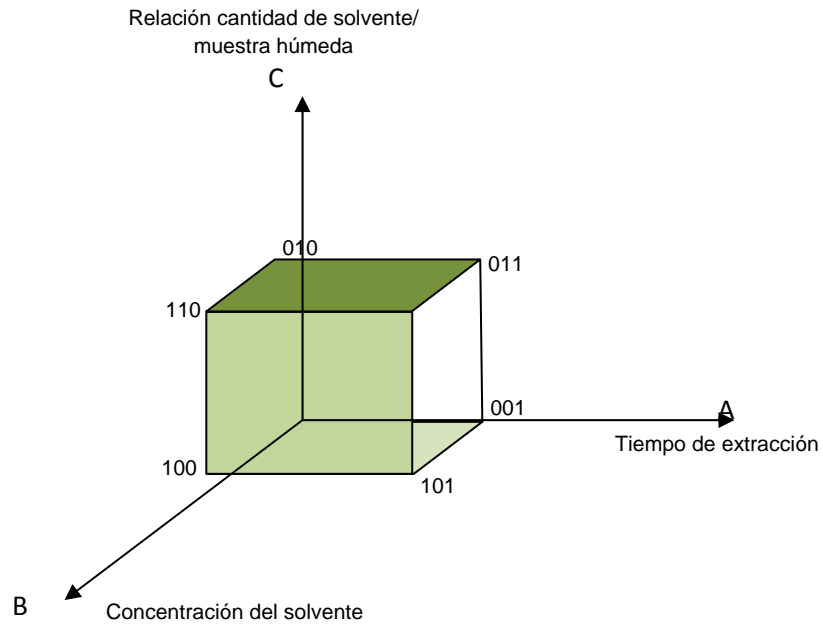


Figura 8. Configuración gráfica del diseño de experimentos

n	Tiempo de extracción	Solvente	Relación L/S(ml/g)	Configuración
	A	B	C	
1	0	0	0	$A^0B^0C^0 = (1)$
2	0	0	1	$A^0B^0C^1 = C$
3	0	1	0	$A^0B^1C^0 = B$
4	1	0	0	$A^1B^0C^0 = A$
5	0	1	1	$A^0B^1C^1 = BC$
6	1	0	1	$A^1B^0C^1 = AC$
7	1	1	0	$A^1B^1C^0 = AB$
8	1	1	1	$A^1B^1C^1 = ABC$

Tabla 5. Configuración del diseño de experimentos

Diseño para el etanol

Variables	Niveles	
	0	1
Tiempo de extracción	3h	6 (1/2) h
Etanol	50%	75%
Relación L/S(ml/g)	5:1	10:1

Matriz de experimentos

Experimentos	Tiempo de extracción	Etanol	Relación L/S(ml/g)
1	3h	50%	5:1
2	3h	50%	10:1
3	3h	75%	5:1
4	6 (1/2) h	50%	5:1
5	3h	75%	10:1
6	6 (1/2) h	50%	10:1
7	6 (1/2) h	75%	5:1
8	6 (1/2) h	75%	10:1

Diseño para el metanol

Variables	Niveles	
	0	1
Tiempo de extracción	3h	6 (1/2) h
Metanol	50%	75%
Relación L/S(ml/g)	5:1	10:1

Matriz de experimentos

Experimentos	Tiempo de extracción	Metanol	Relación L/S(ml/g)
1	3h	50%	5:1
2	3h	50%	10:1
3	3h	75%	5:1
4	6 (1/2) h	50%	5:1
5	3h	75%	10:1
6	6 (1/2) h	50%	10:1
7	6 (1/2) h	75%	5:1
8	6 (1/2) h	75%	10:1

ANEXO D. ANALISIS ECONOMICO DE LA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS

Disponibilidad De Materia Prima

La materia prima utilizada en el proceso de obtención de sapogeninas es el hunche de fique para el cual se tiene una disponibilidad de materia prima en Santander de un promedio en los últimos 10 años de 122664 Ton/Año aproximadamente. Contando la disponibilidad de hunche de fique de las zonas aledañas al departamento de Santander se puede satisfacer sin ningún inconveniente los requerimientos de materia prima según la capacidad estipulada para la planta de producción de hecogenina.

Además de la disponibilidad de hunches de fique para el proceso de obtención de saponinas se deben tener en cuenta el abastecimiento de los insumos utilizados en el proceso de obtención tales como el ácido sulfúrico y algunos solventes orgánicos. En el caso del Etanol Colombia presenta un ambiente favorable y estable en la disponibilidad de este insumo ya que en la región se presenta uno de los precios más bajos y tiene posibilidades de expansión en caso de aumentar la demanda.

Estudio De Localización

Se realizó un estudio exhaustivo de localización entre los municipios productores de fique en Santander (tabla 5), con el objetivo de ubicar la planta de producción de saponinas en el lugar apropiado y que revele las mayores fortalezas, considerando las zonas de mayor cercanía al proceso de beneficio del fique en la región, disponibilidad de vías para el abastecimiento de materia prima y insumos, desarrollo industrial y clima político.

Municipio	Orden Publico	Disponibilidad de Vías	Desarrollo Industrial	Producción de fique
Aratoca	Aceptable	Buena	Poco	3
Cepita	Aceptable	Mala	Muy poco	5
Curtí	Aceptable	Regular	Poco	2
Mogotes	Aceptable	Buena	Poco	1
Onzaga	Aceptable	Regular	Muy poco	6
San Joaquín	Aceptable	Regular	Muy poco	4

Tabla 6. Estudio localización planta de extracción de saponinas

De acuerdo a los resultados arrojados por los ítems se escogió como el lugar de ubicación de la planta el municipio de Mogotes (Santander), ya que presenta la mayor cantidad de producción de fique del departamento y posee vías de acceso aceptables y cercanía a otros sitios de producción de fique.

JUSTIFICACION DE ENTRADA AL MERCADO

El cultivo de fique representa una opción para el desarrollo económico de Colombia. La creación de una planta extractora de hecogenina permitiría a los productores tener un mercado para el hunché; además de la generación de empleos, por lo que los productores podrían incrementar la superficie sembrada como alternativa a otros productos de escaso valor comercial.

Costo De Los Equipos

En la tabla 7, se encuentra los precios de los equipos utilizados en el proceso de obtención de sapogeninas los cuales fueron consultados de la página www.matche.com y posteriormente llevados a valor presente.

Unidad	Equipos	Costo equipo (US)
Extracción	Extractor Hildebrant	9000
	Tanque de almacenamiento Etanol	100000
	Condensador horizontal	430000
Separación	Tanque Evaporador de Etanol	150000
	Banda transporte horizontal	25000
Mezclado	Tanque de almacenamiento de agua	90000
	Tanque homogenizador	9000
Decantación	Tanque de decantación	40000
	Tanque de almacenamiento de hexano	100000
Hidrólisis	Tanque almacenamiento de HCl	15000
	Reactor de hidrólisis	260000
Neutralización	Tanque almacenamiento NaOH	85000
	Reactor de Neutralización	45000
Evaporación	Evaporador	48400
Refinación	Centrifugador	21500
	Secador continuo rotatorio	98000
	Cristalizador cónico de magma	240000

Tabla 7. Costo de equipos utilizados en el diseño básico de ingeniería

Costos De Manufactura De Una Planta De Producción De Sapogeninas

El principal ítem de estimación de costos de manufactura de la planta de extracción de sapogeninas, la materia prima (hunche de fique), que actualmente no está estimado debido a que es un residuo de la industria del beneficio del fique,

se estimó un valor de \$200 por galón de Hunche. Este valor puede ser puesto a consideración de la entidad CADEFIQUE (Cadena Regional de Fique).

En la tabla 8, se especifica el costo de sueldos de cada uno de los empleados por secciones en la planta:

Departamento	Cargo	Número de personas	sueldo mensual US	Sueldo anual US
Dirección General	Gerente	1	2048,65557	24583,86684
	Ingeniero de proceso	1	1280,409731	15364,91677
	Secretaria de gerencia	1	384,1229193	4609,475032
	Secretaria de planta	1	384,1229193	4609,475032
	Jefe de producción y mantenimiento	1	1280,409731	15364,91677
Producción y mantenimiento	Operadores	16	4780,196329	57362,35595
	Jefe de mantenimiento	4	1707,212975	20486,5557
	Personal recolección y transporte materia prima	4	1280,409731	15364,91677
Administrativo	Jefe de contabilidad	1	341,442595	4097,31114
	Auxiliar contable	1	213,4016219	2560,819462
	Jefe de compras	1	512,1638924	6145,966709
	Personal de seguridad	6	1664,53265	19974,39181
	Mensajero	1	237,7294067	2852,752881
	Recepcionista	1	237,7294067	2852,752881
	Personal de Aseo	1	237,7294067	2852,752881
		Total	16590,26889	199083,2266

Tabla 8. Sueldos empleados

En la tabla 9, se muestran se encuentra le inversión necesaria para iniciar el proyecto de producción de sapogeninas, donde se especifica su inversión de trabajo (inversión de maquinaria y equipos) y la inversión fija que cubre (inversión de terreno y construcción de edificios):

Inversión Maquinaria y equipos (US)	1765900
Inversión terreno (US)	341101
Costo construcción Edificios (US)	250000
Inversión Total de la planta	2357001

Tabla 9. Inversión de la planta

Consumo De Servicios Industriales

El consumo de servicios industriales se realizo en base a los cálculos hechos en el diseño básico de ingeniería y simulación, el cual arrojó estimativos de los requerimientos de los servicios industriales como energía eléctrica, vapor de agua y agua potable.

Análisis De Efluentes Del Proceso

El análisis de los efluentes del proceso se realizo en base al diseño básico y simulación de la planta de producción de sapogeninas. (Tabla efluentes contaminación).

Organización De La Planta

La organización de la planta debe estructurarse como una empresa que cumpla y planifique objetivos de una manera eficiente. La cual debe estar dividida en departamentos o secciones especializadas en actividades específicas con lo cual se garantiza el buen desempeño y operación de esta. Siendo los principales:

- **DIRECCION GENERAL:** Departamento constituido por el gerente general, el cual tendrá a su cargo el cumplimiento de la misión y visión, políticas, reglamentos y procedimientos a establecer elaborando estrategias de planeación y manejo de la empresa.
- **DEPARTAMENTO DE PRODUCCION:** Departamento encargado de todos los equipos y maquinaria necesarios para la producción y elaboración del producto, realizar control de calidad así como el desarrollo de ingeniería del producto y la determinación de los procesos técnicos.
- **DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO:** Departamento encargado del personal de contabilidad, del manejo de presupuesto para la compra de materia prima e insumos y demás gastos que incurra la planta, personal de oficina, el cálculo del personal necesario para laborar en la planta de producción de sapogeninas se realiza asignando las vacantes disponibles en cada departamento. Teniendo en cuenta que el funcionamiento de la planta es de 24 horas diarias, 7 días y 365 días al año, por lo tanto se manejaran 3 jornadas diarias de 8 horas, que trabajaran durante 7 días. Adicionalmente se tiene en cuenta que es necesario añadir una jornada adicional para cubrir los días de descanso del personal operativo.

Distribución De La Planta

En esta parte se presentará todo lo los requerimientos de área, indispensables en el diseño y distribución de planta.

La planta de producción de sapogeninas estará distribuida de manera que pueda obtenerse un buen desempeño y comunicación entre los diferentes departamentos que la comprenden de la siguiente manera:

- **ZONA DE RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA:** Zona prevista de espacio disponible para la recepción de materia prima e insumos y almacenamiento de cada una de ellas.
- **ZONA DE PROCESO:** En esta zona se encuentran los equipos de proceso de la planta, agua de enfriamiento, tuberías y espacio para la circulación de operadores y maquinaria pequeña.
- **ZONA DE CARGA Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO:** Zona destinada para almacenamiento del producto y su respectivo transporte.
- **ZONA DE INGENIERIA:** Zona destinada al cuarto de operaciones, laboratorio de control de calidad, oficina de ingeniero de procesos, salón de reuniones cafetería y baños.
- **ZONA DE MANTENIMIENTO Y ALMACEN:** Zona destinada al personal de mantenimiento y almacenamiento de las herramientas y repuestos disponibles para el mantenimiento preventivo de los equipos.
- **ZONA ADMINISTRATIVA:** Zona dedicada al personal de gerencia general, financiero y administrativo, sala de recepción, cafetería y baños.

Para calcular el área total de la planta se halló primero el área necesaria para producción a partir del dimensionamiento de cada equipo, con lo cual se halló el área correspondiente a un cuadrado para cada equipo dejando una separación de

1.5 m entre cada uno de ellos. A esto se asignó un factor de 3 correspondiente al área de circulación, tuberías, oficinas, etc. dando un total para la parte de producción. Se agregó lo correspondiente a las demás secciones anteriormente mencionadas, con un factor de 1,85 adicional al área anteriormente calculada.

Área Total Equipos (m2)	2400
Área Total producción (m2)	7200
Área total planta producción	13320

Fuente Autores

Costos Variables

Se relaciona los costos de materia prima, costos de servicios y otros costos en los que se contemplo la cantidad y el costo de los insumos en el proceso de producción.

Costo materia prima

Costo materia prima	Costo unidad (Ton/US)	Unidades año	Costo materia prima anual
Bagazo de fique	20,7	149997	3.104.937,9

Otros costos

Los otros costos serán representados por el costo de los insumos gastados en el proceso de obtención de sapogeninas, para ello se tuvo en cuenta que el etanol y el hexano se puede reutilizar 4 veces antes de ser desechado y pierda sus propiedades extractivas.

Insumo	Costo Unidad (US/Ton)	Unidades año (Ton/año)	Costo Insumo anual
Etanol	561,4	16512,6	9270173,64
Hexano	1260	575532	108775548
HCl	0,64	130092	83258,88
NaOH	3189,26	2434,94	7765656,744
Total		724571,54	125894637,3

Costo de servicios

Para el cálculo de costo de servicios se tuvieron en cuenta lo requerimientos de agua y electricidad para el proceso de obtención de sapogeninas en las cantidades establecidas en la tabla 10 y la tabla 11.

Requerimiento de agua de cada unidad	Unidades año (m3/año)	Costo agua equipo
Agua solución alimento	82957,2	28205,448
Agua llevada al tanque homogenizador	31974	10871,16
Agua tanque HCl	130086	44229,24
Agua tanque NaOH	59655	20282,7
Total	304672,2	103588,548

Tabla 10. Requerimientos de agua en el proceso

Requerimientos de electricidad de cada unidad	Unidades año (Kw/h)	Costo electricidad año
Electricidad intercambiador	82028,64	9843,4
Electricidad Reactor hidrólisis	31536	3784,3
Electricidad Evaporador	6,87E+07	8,24E+06
Total	6,88E+07	8,26E+06

Tabla 11. Requerimientos de electricidad planta

Servicio	Costo unidad	Unidades año	Costo servicio anual
Agua de mezcla	0,34 (US/m3)	304672,2	103588,5
Electricidad	0,12 (US/KW)	6,88E+07	8,26E+06
Total		6,91E+07	8,36E+06

Tabla 12. Costo de servicios industriales

COSTOS FIJOS

Costos de mano de obra

Se refiere al costo del personal cuya actividad es la que realiza directamente el proceso de producción y que se carga directamente al valor del producto final, y se costea mediante la aplicación de los salarios asignados a esta nómina.

Cargo	Número de personas	Supervisión hombre turno	Sueldo anual
Ingeniero de procesos	1	1 Hombre turno/8 horas	15364,9
Operadores	16	4 Hombre turno/8 horas	57362,36
Total	17	5 hombres turno/8 horas	72727,26

Costos de mantenimiento y reparaciones

El costo de mantenimiento y reparaciones se halló por regla heurística como el 0,06 de la inversión total realizada en la planta de extracción de sapogeninas.

Costo mantenimiento y reparaciones	141420,06
------------------------------------	-----------

Otros costos fijos

Este grupo de costos está compuesto por los costos de mano de obra indirecta, suministros de operación, impuestos y seguros, supervisión directa del tren administrativo, cargos de laboratorio, costos por infraestructura, gastos de oficina.

MATRIZ FLUJO DE FONDOS

Año	Qpv (Ton/Año)	Pp (US/Ton)	Ingresos (US/año)	Costo materia prima (US/año)
1	10014,4	6000000	60086400000	3104937,9
2	10515,12	6300000	63090720000	3260184,795
3	11040,876	6615000	66245256000	3423194,035
4	11592,9198	6945750	69557518800	3594353,736
5	12172,56579	7293037,5	73035394740	3774071,423
6	12781,19408	7657689,375	76687164477	3962774,994
7	13420,25378	8040573,844	80521522700,85	4160913,744
Costo servicios (US/año)	Otros costos variables (US/año)	Total costos variables	Costos de mantenimiento	
8360000	4970196150	4981661088,28	141420,6	
8778000	5218705958	5230744142,70	148491,63	
9216900	5479641256	5492281349,83	155916,2115	
9677745	5753623319	5766895417,33	163712,0221	
10161632,25	6041304485	6055240188,19	171897,6232	
10669713,86	6343369709	6358002197,60	180492,5043	
11203199,56	6660538194	6675902307,48	189517,1296	

Costos de mano de obra	Otros costos fijos	Total Costos Fijos	Total de costos	URAI
72727,26	638908,73	853056,59	4982514144,87	55103885855,13
76363,623	670854,1665	895709,4195	5231639852,12	57859080147,88
80181,80415	704396,8748	940494,8905	5493221844,72	60752034155,28
84190,89436	739616,7186	987519,635	5767882936,96	63789635863,04
88400,43908	776597,5545	1036895,617	6056277083,81	66979117656,19
92820,46103	815427,4322	1088740,398	6359090938,00	70328073539,00
97461,48408	856198,8038	1143177,417	6677045484,90	73844477215,95

DEP	DEPA	VLif	VLIw	VLPA
1780900	1780900	-1189799	1765900	576101
893450	893450	-302349	882950	580601
893450	882950	-291849	87412050	87120201
882950	882950	-291849	8653792950	8653501101
0	882950	-291849	856725502050	856725210201
0	882950	-291849	84815824702950	84815824411101
0	882950	-291849	8396766645592050	8396766645300200

ULAI	IU	IPA	URDI
55102104955,13	19285736734,29	190113,33	35817959007,50
57858186697,88	20250365344,26	191598,33	37608523205,29
60751151205,28	21262902921,85	28749666,33	39460381567,10
63788752913,04	22326063519,56	2855655363	38607916980,15
66978234706,19	23442382147,17	282719319366,33	-239182583857,31
70327190589,00	24614516706,15	27989222055663,30	-27943508498830,50
73843594265,95	25845257993,08	2770932992949070	-2770884993729840

VPURDI	SVPURDI	Vsto
34743420237,28	56700000000,00	576101
36480267509,13	71223687746,41	580601
38276570120,09	109500257866,50	87120201
37449679470,74	146949937337,24	8653501101
-232007106341,59	-85057169004,35	856725210201,00
-27105203243865,60	-27225003833107,20	84815824411101,00
-2687758443917950	-2715019928018560	8396766645300200

VPVsto	VPN
558817,97	56698201816,97
563182,97	71221893928,38
84506594,97	109582407460,47
8393896067,97	155341476404,21
831023453894,97	745963927889,62
82271349678768,00	55046343488659,8
8144863645941190	5429843715565630

ANEXO E. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO BÁSICO DE INGENIERÍA

Flujos y composiciones de cada unidad planta extractora de saponinas.

Unidad	Composiciones	Flujo de entrada (kg/h)	Composiciones	Flujo de salida (Kg/h)
Unidad de Extraccion	Alimento	Alimento	Materia prima agotada	
	lignina= 0,0339 celulosa=0,2214 hemicelulosa= 0,0447 saponina= 0,14060 agua= 0,5594	1.7123 E4	lignina= 0.187875 celulosa= 0.666742 hemicelulosa= 0.145383	5137
	Solucion de Etanol	Solucion de Etanol	Crudo de saponinas	
	Etanol 0,5 Agua 0,5	1,51E+04	etanol= 0.375553 saponina= 0.014365 agua= 0.610082	2,71E+04
	Crudo de saponinas	Crudo de saponinas	Solucion de saponinas	Solucion de saponinas
	etanol= 0.375553 saponina= 0.014365 agua= 0.610082	2,71E+04	saponina=0.023004 agua=0.976996	1,20E+04
		Reciclo de etanol flujo másico	Reciclo de etanol flujo másico	

			etanol=1	1,51E+04
Unidad de Mezclado	Agua			
	agua=1	3653		
	Solucion de saponinas		Sln de saponinas homogenizada	
	saponina=0.023004 agua=0.976996	1,20E+04	saponina= 0.153945 agua= 0.846055	1,56E+04
Unidad de Decantacion	Sln de saponinas		Hexano y glicosidos	
	hexano= 0.141849			
	saponina=0.014383 agua= 0.843768	2,63E+05	hexano =1	1,06E+04
			Sln saponinas libre de glicosidos	
			saponina=0.016760 agua=0.983240	1,56E+04
Unidad de hidrólisis	Solucion de HCl		Solucion de sapogeninas	
	HCl=0.032238 Agua= 0.967762	1,53E+04	HCl= 0.008982 sapogenina=0.008824 agua=0.982194	3,09E+04

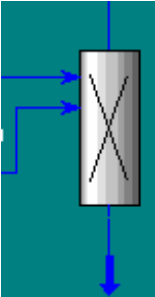
	Sln saponinas libre de glicosidos			
	saponina=0.016760 agua=0.983240	1,56E+04		
Unidad de neutralizacion	Solucion NaOH			
	NaOH= 1	6,96E+03		6,31E+05
	Solucion de sapogeninas		Salida reactor de neutralizacion	
	HCl= 0.008982 sapogenina=0.008824 agua=0.982194	3,09E+04	HCl=0.008869 sapogenina=0.008823 NaCl=0.000112 agua= 0.982196	6,31E+05
Unidad de evaporacion	Entrada unidad Evaporacion		Vapores	
	HCl=0.008869 sapogenina=0.008823 NaCl=0.000112 agua= 0.982196	6,31E+05	HCl=0.009098 sapogenina=0.000018 agua= 0.990884	2,76E+04
			Flujo de sapogeninas	
			HCl= 0.000034 sapogenina=0.349081 NaCl=0.004424 agua= 0.646461	3,33E+03

	Flujo sapogeninas		Flujo producto sapogeninas	
Unidad de Refinacion	HCl= 0.000034		sapogenina=1	2,86E+03
	sapogenina=0.349081			
	NaCl=0.004424			
	agua= 0.646461			
			Flujo salmuera	
			HCl= 0.000052	4,68E+02
		NaCl= 0.006797		
		agua=0.993152		

Características equipos planta extractora de sapogeninas.

Unidad de extracción

TANQUES DE ALMACENAMIENTO ETANOL			
EQUIPO NOMBRE	Tanque		
	Tanque etanol		
	SERVICIO	Almacenamiento de etanol para el proceso	
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		ACERO INOXIDABLE	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Etanol
Salida	25 °C	Salida	Etanol
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
FLUJO VOLUMÉTRICO	18,94 m ³ /h		
COSTO POR EQUIPO: 100000 US\$			

EXTRACTOR SÓLIDO-LÍQUIDO			
EQUIPO	Extractor		
NOMBRE	Extractor Hildebrant		
SERVICIO	Extractor del crudo de saponinas		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		PVC	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Bagazo-Etanol
Salida	75 °C	Salida	Crudo de saponinas
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
FLUJO VOLUMÉTRICO	31,34 m ³ /h		
COSTO POR EQUIPO: 9000 US\$			

CONDENSADOR HORIZONTAL			
EQUIPO	Condensador		
NOMBRE	Condensador Horizontal		
SERVICIO	Reciclar solvente extractor		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		ACERO INOXIDABLE	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	75 °C	Entrada	Etanol
Salida	25 °C	Salida	Etanol

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

FLUJO VOLUMÉTRICO 18,94 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 430000 US\$

Unidad de Separación**TANQUE EVAPORADOR DE ETANOL**

EQUIPO	Tanque		
NOMBRE	Tanque evaporador de etanol		
SERVICIO	Evaporar a totalidad solvente extractor		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		ACERO INOXIDABLE	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Crudo extraido
Salida	75 °C	Salida	Solucion de saponinas
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			

FLUJO VOLUMÉTRICO 12,40 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 150000 US\$

BANDA DE TRANSPORTE HORIZONTAL			
EQUIPO	Banda transportadora		
NOMBRE	Banda transportadora horizontal		
SERVICIO	Transportar partículas sólidas de saponinas y material vegetal remanente.		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		ACERO INOXIDABLE	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Saponinas sólidas
Salida	25 °C	Salida	Saponinas sólidas
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			

FLUJO VOLUMÉTRICO 12,40 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 25000 US\$

Unidad de mezclado

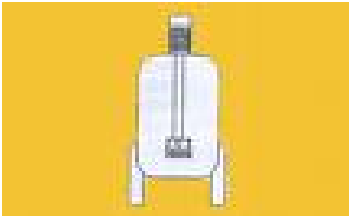
TANQUES DE ALMACENAMIENTO AGUA			
EQUIPO	Tanque		
NOMBRE	Tanque Agua		
SERVICIO	Almacenamiento de agua para el proceso		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		PVC	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Agua
Salida	25 °C	Salida	Agua

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Flujo volumetrico 3,66 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 90000 US\$

TANQUE HOMOGENIZADOR

EQUIPO	Tanque	
NOMBRE	Tanque con agitacion constante	
SERVICIO	Realizar disolucion de saponinas solidas.	

DESCRIPCIÓN

MATERIAL

ACERO INOXIDABLE

CONDICIONES DE OPERACIÓN

TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Saponinas solidas y agua
Salida	25 °C	Salida	Solucion de saponinas


CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

FLUJO VOLUMÉTRICO 16,06 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 9000 US\$

Unidad de decantación

TANQUE ALMACENAMIENTO DE HEXANO			
EQUIPO	Tanque		
NOMBRE	Tanque de almacenamiento de hexano		
SERVICIO	Almacenar hexano para la operación de desengrase.		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		PVC	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Hexano
Salida	25 °C	Salida	Hexano
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
FLUJO VOLUMÉTRICO	16,06 m ³ /h		
COSTO POR EQUIPO: 100000 US\$			

TANQUE DECANTACION			
EQUIPO	Tanque		
NOMBRE	Tanque decantación		
SERVICIO	Decantación		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		ACERO INOXIDABLE	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Hexano-Crudo Saponinas

Salida	25 °C	Salida	Crudo de saponinas desengrasado
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Flujo volumetrico entrada	32,11 m ³ /h		
Flujo volumetrico salida	Decantado 16,06 m ³ /h		
	Residuo 16,06 m ³ /h		

Unidad de hidrólisis ácida

TANQUE ALMACENAMIENTO DE HCl			
EQUIPO	Tanque		
NOMBRE	Tanque de almacenamiento de HCl		
SERVICIO	Almacenar acido Clorhidrico para la operación de hidrolisis.		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		PVC	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Solucion HCl
Salida	25 °C	Salida	Solucion HCl
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
FLUJO VOLUMÉTRICO	15,48 m ³ /h		
COSTO POR EQUIPO: 15000 US\$			

REACTOR DE HIDROLISIS ACIDA			
EQUIPO	Reactor		
	NOMBRE	Reactor hidrolisis	
SERVICIO	Reaccion de hidrolisis ácida, obtención de sapogeninas		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		Acero inoxidable	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25°C	Entrada	Crudo saponina- HCl
Salida	60°C	Salida	Sapogeninas
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			

Flujo Volumetrico 31, 42 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 260000 US\$

Unidad de neutralización

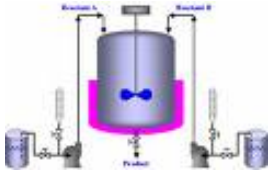
TANQUE ALMACENAMIENTO DE NaOH			
EQUIPO	Tanque		
	NOMBRE	Tanque de almacenamiento de NaOH	
SERVICIO	Almacenar soda para la operación de nautralizacion del producto.		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		PVC	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	25 °C	Entrada	Solucion NaOH

Salida	25 °C	Salida	Solucion NaOH
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			

FLUJO VOLUMÉTRICO 0,0039 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 85000 US\$

REACTOR DE NEUTRALIZACION

EQUIPO	Reactor	
NOMBRE	Reactor de neutralizacion	
SERVICIO	Llevar el producto a un PH neutro.	

DESCRIPCIÓN

MATERIAL	Acero inoxidable
----------	------------------

CONDICIONES DE OPERACIÓN

TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	60 °C	Entrada	Solucion NaOH y sapogeninas en medio acido
Salida	60,11 °C	Salida	Sapogeninas HCl NaCl agua

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

FLUJO VOLUMÉTRICO 31,42 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 45000 US\$

Unidad de evaporación

EVAPORADOR			
EQUIPO NOMBRE	Evaporador		
	Evaporador		
SERVICIO	Evaporar la mayor cantidad de soda y HCl.		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		Acero inoxidable	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	60,11 °C	Entrada	Solucion NaOH y sapogeninas en medio acido
Salida	60,11 °C	Salida	Solucion Sapogeninas NaCl y HCl NaOH agua.
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			

FLUJO VOLUMÉTRICO 31,42 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 48400 US\$

Unidad de refinación

CENTRIFUGADORA		
EQUIPO NOMBRE	Secador Continuo	
	Secador	
SERVICIO	Secado de las sapogeninas, eliminación de la humedad	
DESCRIPCIÓN		
MATERIAL		Acero inoxidable
CONDICIONES DE OPERACIÓN		

TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	60,11 °C	Entrada	Solucion Sapogeninas NaCl y HCl NaOH agua.
Salida	140°C	Salida	Salida salmuera y particulas de sapogeninas

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Flujo Volumetrico 3,660 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 21500 US\$

SECADOR CONTINUO ROTATORIO			
EQUIPO NOMBRE	Secador Continuo		
	Secador		
SERVICIO	Secado de las sapogeninas, eliminación de la humedad		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		Acero inoxidable	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	60, 11°C	Entrada	Sapogeninas solidas humedas
Salida	140°C	Salida	Sapogeninas secas
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			

Flujo Volumetrico 3,660 m³/h

COSTO POR EQUIPO: 98000 US\$

CRISTALIZADOR CONICO DE MAGMA			
EQUIPO	Cristalizador		
NOMBRE	Cristalizador conico de magma		
SERVICIO	Cristalizar los cristales de sapogenina		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL		Acero inoxidable	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		CORRIENTES DEL EQUIPO	
Entrada	140 °C	Entrada	Sapogeninas secas
Salida	99,99 °C	Salida	Cristales de sapogeninas.
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
FLUJO VOLUMÉTRICO	3,197 m ³ /h		
COSTO POR EQUIPO: 240000 US\$			