



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA
RESINA VINIL ACRÍLICA A PARTIR DE LA BABA DE NOPAL
PARA EMPASTES EN LA EMPRESA MINABRADEC CIA. LTDA.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: NATALIA SAMARA RODRÍGUEZ VICENTE

DIRECTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba - Ecuador

2020

©2020, Natalia Samara Rodríguez Vicente

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Natalia Samara Rodríguez Vicente, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de julio del 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Natalia', is written above a horizontal line.

Natalia Samara Rodríguez Vicente
050347289-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación técnico, “**DISEÑO DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA RESINA VINIL ACRÍLICA A PARTIR DE LA BABA DE NOPAL PARA EMPASTES EN LA EMPRESA MINABRADEC CIA. LTDA.**” de responsabilidad de la señorita Natalia Samara Rodríguez Vicente, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos		
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	2020-07-20
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas		
DIRECTOR DE TRABAJO	2020-07-20
DE TITULACIÓN		
Ing. Paúl Gustavo Palmay Paredes		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	2020-07-20

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y fortaleza, a Martha, mi madre, quien es la inspiración y mi apoyo en todo momento, te amo y siguiendo tu ejemplo sé que triunfare en la vida, mi padre Oswaldo mi eterno amor, mi ángel guardián que desde el cielo sigues iluminando mi camino, mis hermanos Jimmy, José Daniel y Oswaldo, que me llenan la vida de batallas infinitas y que al instante desaparecen, para después con una sonrisa convertirse en apoyo y así lograr nuestros objetivos, siendo la base fundamental de mi vida y los merecedores de todos mis éxitos. A todos ustedes les dedico mi esfuerzo, gracias por ser el mejor equipo de vida para lograrlo todo. Los amo.

Natalia

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a mi alma mater la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo formándome como profesional y así alcanzar el objetivo tan anhelado , un sincero agradecimiento al ingeniero Marco Chuiza y al ingeniero Paúl Palmay por aportar todos sus conocimientos en este trabajo de titulación, gracias por su apoyo constante. A Minabradec cia Ltda., por siempre brindar apertura a este tipo de trabajos con la mejor predisposición.

A familiares, amigos y a todos aquellos que contribuyeron durante toda esta etapa estudiantil, mi eterno agradecimiento hacia ustedes.

Natalia

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMART/ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes	2
<i>1.1.1.</i>	<i>Planteamiento del problema.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2.</i>	<i>Justificación del proyecto.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.3.</i>	<i>Beneficiarios directos e indirectos.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.3.1.</i>	<i>Beneficiarios directos</i>	<i>3</i>
<i>1.1.3.2.</i>	<i>Beneficiarios indirectos</i>	<i>3</i>
1.2.	Localización del proyecto	3
1.3.	Objetivos del proyecto	5
<i>1.3.1.</i>	<i>Objetivo General</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2.</i>	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>5</i>

CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1.	Antecedentes del proyecto	6
2.2.	Marco teórico	7

2.2.1.	<i>Nopal (Opuntia ficus indica)</i>	7
2.2.1.1.	<i>Taxonomía</i>	7
2.2.1.2.	<i>Características climáticas para el cultivo</i>	8
2.2.1.3.	<i>Generalidades del nopal</i>	9
2.2.1.4.	<i>Mucílago de nopal</i>	10
2.2.2.	<i>Resina</i>	12
2.2.2.1.	<i>Tipos de resinas</i>	12
2.2.2.2.	<i>Destilación</i>	13
2.2.2.3.	<i>Terpenos</i>	13
2.2.2.4.	<i>Producto secundario de la destilación: Aguarrás</i>	14

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	16
3.1.	Planificación	16
3.1.1.	<i>Tipo de proyecto</i>	16
3.1.2.	<i>Nivel de investigación para el proyecto técnico</i>	16
3.1.2.1.	<i>Estudio de intervención</i>	16
3.2.	Caracterización de la materia prima	20
3.2.1.	<i>Muestreo</i>	20
3.3.	Determinación de variables del proceso	21
3.3.1.	<i>Determinación de variables para la Obtención del nopal</i>	21
3.3.2.	<i>Determinación de variables para la destilación</i>	22
3.3.3.	<i>Determinación de variables para el producto final</i>	22
3.4.	Obtención del mucílago de nopal (<i>Opuntia ficus indica</i>)	23
3.4.1.	<i>Parte experimental</i>	23
3.4.1.1.	<i>Materiales</i>	23
3.4.1.2.	<i>Reactivos</i>	23
3.4.1.3.	<i>Equipos</i>	24
3.4.2.	<i>Pasos para la obtención del mucílago.</i>	24
3.4.2.1.	<i>Extracción del mucílago de nopal (baba)</i>	24
3.4.2.2.	<i>Obtención de la resina.</i>	24
3.4.3.	<i>Descripción del proceso</i>	25

3.4.3.1.	<i>Diagrama de flujo del proceso</i>	26
3.5.	Consideraciones de diseño de los sistemas de operación	27
3.5.1.	<i>Recepción de la materia prima</i>	27
3.5.2.	<i>Escobillado de la materia prima</i>	27
3.5.3.	<i>Lavado de la materia prima</i>	28
3.5.4.	<i>Pesaje de la materia prima</i>	29
3.5.5.	<i>Mondado de la materia prima</i>	29
3.5.6.	<i>Troceado de la materia prima</i>	30
3.5.7.	<i>Triturado de la médula de nopal</i>	31
3.5.8.	<i>Calentamiento</i>	32
3.5.9.	<i>Filtración</i>	32
3.5.10.	<i>Centrifugado</i>	33
3.6.	Cálculos para el diseño de sistemas de operación	35
3.6.1.	<i>Cálculo de materia prima necesaria para la producción</i>	35
3.6.1.1.	<i>Cálculo del contenido de médula que posee el cladodio</i>	35
3.6.1.2.	<i>Rendimiento del mucílago</i>	35
3.6.1.3.	<i>Cálculo de la cantidad de nopal (kilogramos)</i>	36
3.6.1.4.	<i>Cálculo de la cantidad de nopal (pencas)</i>	36
3.6.2.	<i>Diseño del tanque de lavado</i>	37
3.6.2.1.	<i>Cálculo de las medidas promedio del nopal</i>	37
3.6.2.2.	<i>Cálculo del tiempo de lavado</i>	38
3.6.3.	<i>Diseño del tanque de agitación</i>	39
3.6.3.1.	<i>Cálculo para el volumen del tanque de agitación.</i>	39
3.6.3.2.	<i>Cálculo para la altura del tanque de agitación</i>	40
3.6.3.3.	<i>Cálculo de la Superficie útil del tanque de agitación</i>	42
3.6.3.4.	<i>Diseño del agitador</i>	42
3.6.4.	<i>Diseño del destilador</i>	44
3.6.4.1.	<i>Volumen del nopal en el destilador</i>	44
3.6.4.2.	<i>Volumen en la cámara de ebullición</i>	44
3.6.4.3.	<i>Altura de las cámaras de ebullición</i>	45
3.6.4.4.	<i>Calor necesario para el destilar el mucílago de nopal</i>	46
3.6.4.5.	<i>Potencia necesaria para el proceso de destilación</i>	47
3.6.4.6.	<i>Cálculo del diámetro del destilador</i>	47
3.6.4.7.	<i>Transferencia de calor en el destilador</i>	48

3.6.4.8.	<i>Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor.....</i>	50
3.6.4.9.	<i>Cálculo de la fuente de calor para el destilador</i>	51
3.6.4.10.	<i>Cálculo para la zona de condensación.....</i>	51
3.7.	Balances de materia	56
3.7.1.	<i>Balance de materia del escobillado de la materia prima</i>	56
3.7.2.	<i>Balance de materia para el sistema de lavado</i>	56
3.7.3.	<i>Balance de materia para el mondado</i>	57
3.7.4.	<i>Balance de materia para el troceado</i>	58
3.7.5.	<i>Balance de materia para el triturado.....</i>	58
3.7.6.	<i>Balance de materia para el calentamiento</i>	59
3.7.7.	<i>Balance de materia para el tamizado</i>	59
3.7.8.	<i>Balance de materia para el centrifugado</i>	60
3.8.	Estado dinámico.....	62

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	63
4.1.	Resultados de la caracterización de la materia prima	63
4.2.	Validación de los datos obtenidos de la resina	63
4.3.	Resultados del diseño del proceso para la elaboración de resina	64
4.4.	Proceso de producción.....	65
4.5.	Resultados del espectro IR.....	66
4.5.1.	<i>Espectro del mucílago de nopal sin destilar</i>	66
4.5.2.	<i>Espectro del Aguarrás.....</i>	69
4.6.	Análisis costo beneficio del proceso	70

CONCLUSIONES	72
---------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	73
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Ubicación y datos meteorológicos del área de experimentación (MINABRADEC)	4
Tabla 2-2: Ubicación y datos meteorológicos del área experimental en la ESPOCH	4
Tabla 1-2: Estudios realizados que afectan directa e indirectamente a la obtención de la resina	6
Tabla 2-2: Clasificación taxonómica del nopal	8
Tabla 3-2: Composición química de la penca de nopal (porcentaje)	9
Tabla 4-2: Propiedades del aguarrás	14
Tabla 1-3: Condiciones óptimas empleadas para obtener el biopolímero de nopal.	18
Tabla 2-3: Variables para la obtención del mucílago de nopal.	21
Tabla 3-3: Variables de la destilación del mucílago de nopal	22
Tabla 4-3: Variables del producto final.....	22
Tabla 5-3: Determinación del método para el control de variables.	22
Tabla 6-3: Pesos de nopal con cáscara y sin cáscara.....	35
Tabla 7-3: Datos para determinar la cantidad de mucílago de nopal	35
Tabla 8-3: Medidas de la muestra de nopal	37
Tabla 9-3: Tiempo del tiempo promedio del lavado	38
Tabla 10-3: Pesos de la médula de nopal con agua.....	39
Tabla 11-3: Consideraciones geométricas impulsor tipo paletas.....	42
Tabla 12-3: Datos experimentales para determinar el calor necesario para el destilador	46
Tabla 13-3: Diámetros y radios externos e internos.	48
Tabla 14-3: Datos para el cálculo del flujo másico.....	51
Tabla 1-4: Resultados del análisis bromatológico de la penca de nopal	63
Tabla 2-4: Validación de la resina	63
Tabla 3-4: Resultados.....	64
Tabla 4-4: Resultados del espectro IR con muestra de mucílago de nopal sin destilar.....	66
Tabla 5-4: Señales del espectro IR de la goma laca	67
Tabla 6-4: Señales del espectro de la resina sintética	68
Tabla 7-4: Resultados del espectro para el aguarrás	70
Tabla 8-4: Detalle de la inversión.....	70
Tabla 9-4. Costo de mano de obra	71
Tabla 10-4: Costo de requerimientos energéticos.....	71
Tabla 11-4: Costos totales de implementación	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Georreferenciación de la Empresa MINABRADEC CÍA LTDA	4
Figura 2-2: Georreferenciación de la Facultad de ciencias. ESPOCH	5
Figura 1-2: Cosecha de nopal	8
Figura 2-2: Propuesta de estructura parcial para del biopolímero de Opuntia ficus-indica	11
Figura 3-2: Mucílago de nopal	11
Figura 4-2: Esquema de una columna de destilación.....	13
Figura 5-2: Estructura química de algunos terpenos.....	14
Figura 1-3: Plantación de nopal en Cubijés.....	20
Figura 2-3: Mesa para seleccionar la materia prima	27
Figura 3-3: Escobillado manual del nopal	27
Figura 4-3: Escobillado del nopal.....	28
Figura 5-3: Lavado con cepillo de cerdas plásticas	28
Figura 6-3: Pesaje de la materia prima	29
Figura 7-3: Mondado de la materia prima.....	29
Figura 8-3: Troceado manual de la materia prima.....	30
Figura 9-3: Troceado de la materia prima.....	30
Figura 10-3: Triturado de la materia prima.....	31
Figura 11-3: Calentamiento de la materia prima	32
Figura 12-3: Filtración de la mezcla	32
Figura 13-3: Mezcla antes de ser centrifugado.....	33
Figura 14-3: Separación de la fibra de nopal	33
Figura 15-3: Destilación del mucílago del nopal.....	34
Figura 16-3: Medición de la muestra.....	37
Figura 1-4: Espectro IR para el mucílago de nopal.....	66
Figura 2-4: Espectro infrarrojo de una muestra identificada como goma laca.....	67
Figura 3-4: IR de una muestra identificada como PVA y un monómero acrílico	68
Figura 4-4: Espectro IR para el aguarrás.....	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Experimentos del triturado relación nopal/agua	31
Gráfico 1-4: Proceso de producción	65

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA

ANEXO B: PROTOTIPO DE TANQUE DE LAVADO

ANEXO C: PROTOTIPO DEL TANQUE DE AGITACIÓN

ANEXO D: APLICACIÓN DE EMPASTE

ANEXO E: NORMA NTE INEN-ISO 3219

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue diseñar un proceso para la elaboración de una resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal para empastes en la empresa MINABRADEC CIA. LTDA., para lo cual se extrajo la baba mediante un proceso que constó de: escobillado, lavado, pesado mondado, troceado, triturado, calentado, filtrado y centrifugado; después se sometió a destilación mejorando las características de la resina. La caracterización de la materia prima se efectuó en SAQMIC laboratorio certificado donde se obtuvo del nopal muestreado 94,80% de humedad y un pH de 5.1 como parámetros más destacados, se determinó las variables que intervinieron en el proceso: viscosidad, rendimiento, tiempo y temperaturas de operación, pH, sólidos, concentración de materia prima, etc. Con los datos obtenidos se procedió a realizar los cálculos pertinentes para diseñar el proceso dando como resultado que para generar 250 kg/h de resina se necesita 691 pencas de materia prima. Para la validación del producto final se llevó a cabo pruebas químicas mediante el espectro IR donde se determinó la presencia de grupos funcionales (OH, aminas, etc.) que pertenecen a este tipo de resinas. También se determinó que posee un pH de 5, viscosidad de 2500 Cp y 49% en la cantidad de sólidos, estos datos se encuentran dentro de los rangos de demanda del producto y su respectiva norma INEN. Se concluye que la resina cumple las características vinil acrílicas tanto física como químicamente, y es apta para el uso de empastes. Se recomienda el estudio de uso de aditivos en la formulación de la resina con el fin de mejorar sus propiedades.

PALABRAS CLAVE:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA, DISEÑO DEL PROCESO, RESINA VINIL ACRÍLICA, BABA DE NOPAL, USO DE EMPASTES MINABRADEC (EMPRESA)



17-06-2020

0060-DBRAI-UPT-2020

SUMMART/ABSTRACT

The main objective of this work was to design a process for the elaboration of a vinyl acrylic resin from the nopal slime for fillings in the MINABRADEC CIA company. LTDA., For which the slime was extracted through a process that consisted of: brushing, washing, heavy peeling, chopping, crushing, heating, filtering and spinning; it was then subjected to distillation improving the characteristics of the resin. The characterization of the raw material was carried out in a SAQMIC certified laboratory where 94.80% of humidity and a pH of 5.1 were obtained from the sampled cactus as the most outstanding parameters, the variables that intervened in the process were determined: viscosity, performance, time and operating temperatures, pH, solids, raw material concentration, etc. With the data obtained, the pertinent calculations were carried out to design the process, resulting in the fact that to generate 250 kg / h of resin, 691 stacks of raw material are needed. For the validation of the final product, chemical tests were carried out using the IR spectrum where the presence of functional groups (OH, amines, etc.) belonging to this type of resins was determined. It was also determined that it has a pH of 5, viscosity of 2500 Cp and 49% in the amount of solids, these data are within the ranges of demand for the product and its respective INEN standard. It is concluded that the resin meets the vinyl acrylic characteristics both physically and chemically, and is suitable for the use of fillings. The study of the use of additives in the formulation of the resin is recommended in order to improve its properties.

KEYWORDS:

ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY, PROCESS DESIGN, VINYL ACRYLIC RESIN, NOPAL BABA, USE OF MINABRADEC FILLINGS (COMPANY)

INTRODUCCIÓN

Minabradec cia. Ltda es una compañía creada en 2002 y constituida legalmente el 27 de abril del 2010, ubicada en la ciudad de Riobamba y dedicada al procesamiento de minerales abrasivos en general (Minabradec cia. Ltda, 2020). Su intención de crecer en el mercado permite la creación de nuevos productos, es así, una resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal para empastes.

El nopal posee la capacidad de ajustarse a condiciones ambientales las cuales pueden ser inapropiadas para otras plantas, sin embargo presenta un mayor rendimiento en climas áridos, con temperatura entre 15 a 20 °C, aprovechando de esta manera suelos marginados por circunstancias agrícolas, ecológicas y climatológicas, o ambientes frágiles e inestables por sobreexplotación de recursos (Quiguango, 2011, p.1). Esta cetácea se encuentra en países como México, Marruecos, Túnez, Eritrea, Etiopía, Argentina, Perú, Bolivia, Brasil, Estados Unidos, España, Italia, Israel, Irán y Sudáfrica (Salehi et al., 2018, p.2) En Ecuador, se cultiva 180 hectáreas de extensión primordialmente en las provincias de Imbabura, Chimborazo, Loja y Tungurahua.

México es el principal productor de nopal, dispone un cultivo de 10400 hectáreas y exportan 1500 toneladas de nopal fresco y 3500 toneladas procesadas hacia Estados Unidos, Canadá y países europeos (López, 2018, p.1). Sus características lo hacen interesante a nivel industrial, ya que se pueden obtener varios productos, desde pintura, alimentos, cosmetología, medicina hasta el manejo biotecnológico, conservación de suelos, etc. (Quiguango, 2011, p.1)

El nopal produce una sustancia polimérica compleja, conocida como mucílago, altamente gomosa y espesa, además posee propiedades tensoactivas similares a diversas gomas naturales y propiedades modificadoras como la viscosidad, elasticidad y textura, así mismo, tiene cualidades como ser buen gelificante, espesante y emulsificante (Álvarez et al, 2007; citado en Rodríguez, 2011). Cárdenas et al., (1998), explica que al ser “utilizado con cal aumenta sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua, siendo esta mezcla aplicada en monumentos y edificios históricos.” (Cárdenas et al., 2008; citado en Orozco, 2017, p.35). Gracias a todas estas características, la baba de nopal sirve como resina para empastes, ya que mantendrá unidas todas sus partículas.

En Ecuador debido a la variedad de sus climas resulta imprescindible llevar a cabo investigaciones o desarrollo de productos innovadores como es en este caso el nopal, puesto que este puede ser aprovechado en gran medida como alternativa en formulaciones o creación de nuevos artículos para el mercado interno.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

1.1.1. Planteamiento del problema

La empresa MINABRADEC posee varios años en el mercado local y nacional, es por ello su interés de expandirse con una nueva línea de productos que cumplan con los lineamientos de la empresa y los estándares de calidad que rigen en el país, uno de esos productos es la resina, este compuesto es importante ya que sirve como ligante en la fabricación de cola blanca y es materia prima para empastes y pinturas. (Padilla, 2017, p.18). Sin embargo, MINABRADEC presenta ciertas limitaciones como no contar con el diseño del proceso ni con una formulación para la elaboración de este producto.

Se quiere desarrollar una resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal, debido a que esta planta crece en climas áridos y en condiciones adversas, convierte a la serranía de nuestro país como un punto favorable de producción, la resina para empastes funciona como protector, confiriéndole características de resistividad y durabilidad al empaste.

Los aditivos con nopal han sido aprovechados en materiales de construcción incluso cuando el cemento no era manufacturado a nivel industrial. Díaz 2017, expresó que “el mucílago del nopal es un biopolímero coagulante que se ha utilizado para impermeabilizar, tapar poros o resanar. Incluso, hay restauradores del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) que lo utilizan como pegamento”, detalló. (Díaz, 2017; citado en Iresiduo, 2017: IA)

1.1.2. Justificación del proyecto

MINABRADEC al ser una empresa con proyecciones de crecimiento tiene la necesidad de emprender con una nueva línea de productos en este caso la obtención de resina para su posterior uso en empastes y pinturas.

Es por esta razón que la empresa requiere del diseño del proceso de resina a partir del nopal para la elaboración de empastes, para el desarrollo de forma económica e investigativa y de esta manera seguir incursionando en el mercado y en la industria de la pintura, generando empleo.

El desarrollo de la investigación plantea diseñar un proceso para elaborar una resina vinil acrílica con ingredientes naturales (baba de nopal), analizando las propiedades y ventajas que nos pueda brindar y que beneficien al cuidado del ambiente, a la durabilidad y calidad comparándola con la normativa vigente en el país, además de ello generando fuentes de ingreso mejorando la economía local y nacional.

La finalidad de un cambio social es transformar la cultura de utilización de productos sintéticos que contaminan al ambiente, sustituyéndolos por productos naturales que reduzcan el impacto negativo y mejorando la economía de la empresa MINABRADEC CÍA LTDA.

1.1.3. Beneficiarios directos e indirectos.

1.1.3.1. Beneficiarios directos

Con la creación de un nuevo producto se favorece sustancialmente a la empresa MINABRADEC y sus proveedores de materia prima, además de generar nuevos campos laborales beneficiando a los empleados de la empresa, asimismo es de mutuo beneficio para la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) e investigadores (Tesisistas).

1.1.3.2. Beneficiarios indirectos

Son las personas que adquieran el producto fabricado por la empresa MINABRADEC, población en general.

1.2. Localización del proyecto

El presente proyecto se desarrollará en las instalaciones de la Empresa MINABRADEC CÍA LTDA y los laboratorios de la facultad de ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Tabla 1-1: Ubicación y datos meteorológicos del área de experimentación (MINABRADEC)

Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Maldonado
Localización coordenadas Utm	17 S 763360m E UTMX, 9814293,1m N UTM Y
Localización coordenadas geográfica	1°40'43.3236"de latitud Sur y a 78°37'58.5048" longitud Oeste
Dirección	Av. Antonio Santillán
Temperatura	8°- 19°C
Altitud	2822 m. s. n. m

Fuente: Google Maps, 2019

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2019



Figura 1-1: Georreferenciación de la Empresa MINABRADEC CÍA LTDA

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2019

Tabla 2-2: Ubicación y datos meteorológicos del área experimental en la ESPOCH

Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Lizarzaburo
Localización coordenadas Utm	17 M 758393.95 m E UTM 9817026.05 m S
Localización coordenadas geográfica	78°40'39.24"de longitud occidental y a 1°39'14.58" de latitud sur.

Dirección	78°40'39.24" de longitud occidental y a 1°39'14.58" de latitud sur.
Temperatura	8°- 19°C
Altitud	2822 m. s. n. m

Fuente: Google Maps, 2019

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2019



Figura 2-2: Georreferenciación de la Facultad de ciencias. ESPOCH

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2019

1.3. Objetivos del proyecto

1.3.1. *Objetivo General*

- Diseñar un proceso para la elaboración de una resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal para empastes en la empresa MINABRADEC CÍA LTDA

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Efectuar la caracterización físico química de la materia prima utilizada en la producción de resinas vinil acrílicas
- Determinar las variables de proceso que caracterizan a la producción de resinas vinil acrílicas
- Realizar un diseño de proceso para obtener la resina vinil acrílica
- Validar el producto final comparándolo con la norma NTE INEN- ISO 3219

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes del proyecto

Con relación al proyecto técnico “Diseño del proceso para la elaboración de una resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal para empastes en la empresa MINABRADEC CIA LTDA” se encontraron los siguientes estudios que afecta directa e indirectamente al proyecto.

Tabla 1-2: Estudios realizados que afectan directa e indirectamente a la obtención de la resina

Nº	Año	Tipo	Nombre de la investigación	Autor (es)	Lugar
1	2007	Tesis	Cultivo e industrialización de la tuna	Gisella González, Ana Icaza	Ecuador
2	2012	Tesis	Modificación de biopolímeros extraído de nopal (<i>Opuntia ficus indica</i>) y su aplicación para la remoción de metales pesados en agua.	Montserrat Ovando Franco	México
3	2012	Artículo científico	Adhesivo de nopal en pinturas a la cal	Vargas Lorena, Arroyo Gabriela, Jiménez Deny, Hernández Alejandro, López Olivia, Herrera Carlos, Gómez Blanca, González Federico, Aguilar J	México, Perú
4	2013	Tesis	Secado por aspersión de mucílago de nopal (<i>Opuntia ficus indica</i>) y su efecto en las propiedades reológicas de los polvos reconstituidos.	Frank Manuel León Martínez	México

5	2016	Libro	Conceptos básicos sobre biopolímeros y aditivos biotecnológicos para materiales de construcción ecoeficientes.	Ivanov, V., Stabnikov, V.	Singapur, Ucrania
6	2018	Artículo científico	Desarrollo de películas plastificadas comestibles a partir del mucílago <i>Opuntia ficus-indica</i> : un estudio comparativo de varios plastificantes de poliol.	Rim Gheribi, Laura Puchot, Pierre Verge, Najeh Jaoued, Grayaa Youssef Habibi, Khaoula Khwaldia	Túnez, Luxemburgo
7	2019	Artículo científico	Las cáscaras de tuna como un valioso recurso de polisacárido de valor agregado: estudio de las propiedades estructurales, funcionales y formadoras de película.	Rim Gheribi, Grayaa Youssef Habibi, Khaoula Khwaldia	Túnez, Luxemburgo
8	2019	Artículo científico	Aplicaciones de biomonomeros y biomateriales modificados: una perspectiva de África	Sanaa, R., Medimagh, R	Túnez

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

2.2. Marco teórico

2.2.1. Nopal (*Opuntia ficus indica*)

2.2.1.1. Taxonomía

”La tuna pertenece a la familia de las cactáceas del género *Opuntia*, especie *ficus indica*. La taxonomía de las *Opuntias* es muy compleja debido a que el fenotipo varía según las condiciones agroecológicas del lugar, además de la existencia de muchos híbridos. Es por esto que sólo un trabajo de campo intensivo permitiría identificarlas claramente.” (Scheinvar, 1999, citado en Chicaiza et al, 2016)

Tabla 2-2: Clasificación taxonómica del nopal

REINO	<i>Vegetal</i>
DIVISIÓN	<i>Angiospermae</i>
CLASE	<i>Dicotyledonae</i>
ORDEN	<i>Opuntiales</i>
FAMILIA	<i>Cactaceae</i>
SUBFAMILIA	<i>Opuntioideae</i>
TRIBU	<i>Opuntiae</i>
GÉNERO	<i>Opuntia</i>
ESPECIE	Varios nombres

Fuente: (Sánchez, 2015, p. 6)

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

2.2.1.2. Características climáticas para el cultivo

El ministerio de agricultura y ganadería expresó en su página oficial que:

“En Ecuador se cultivan cuatro variedades de tuna: la tuna amarilla sin espina, la amarilla con espina, la blanca y la silvestre, principalmente en las provincias de Imbabura, Loja, Santa Elena y Tungurahua, con una extensión aproximada de 180 hectáreas.” (Ministerio de agricultura y ganadería, 2020)



Figura 1-2: Cosecha de nopal

Fuente: Ministerio de agricultura y ganadería

“Manifiestan que las temperaturas óptimas para un buen desarrollo fisiológico y productivo encuentran en zonas con rangos de 15 a 20 grados centígrados, aunque también se cultiva en zonas a temperaturas menores y mayores a los señalados pero con rendimientos menores, razón por la cual recomendamos seguirlos rangos señalados. No pueden soportar más de 5 días de heladas fuertes, sobre todo si la plantación es joven, los niveles de precipitación de las plantas en estado silvestre van de los 250 a 800 mm. Sin embargo para un desarrollo adecuado de la planta es necesario de riego adicional en cultivos comerciales”. (Centro agrícola de Quito, 1992; citado en Chicaiza, 2016)

2.2.1.3. Generalidades del nopal

Tanto como Villegas y De Gante 1997, Granados et al., 2000 y Santana 2001, concuerdan que el nopal es una planta rastrera, es densamente ramificado y su altura puede llegar alcanzar hasta 5 metros (Sáenz et al., 2006, p.7). Su tronco duro varía entre 20 y 50 cm de, sus cladodios o ramas tienen un largo y ancho de 30 a 60 cm y 20 a 40 cm respectivamente, con un espesor entre 2-3 cm (Hernández, 2016, p.14). Además de contener “aproximadamente de 35 a 40 % de arabinosa, 20 a 25% de galactosa y xilosa cada una, y de 7 a 8% de ramnosa y ácido galacturónico cada uno”. (Gibson et al., 1990; citado en Rodríguez et al., 2011)

El género *Opuntia ficus*, comúnmente conocido como nopal, produce un hidrocoloide llamado mucílago (Fluxá, 1991; citado en Quispe, 2012), este género posee redes moleculares capaces de retener gran cantidad de agua (Saag et al, 1975; citado en Quispe, 2012).

Tabla 3-2: Composición química de la penca de nopal (porcentaje)

Parámetros	Askar y El Samahy. (1981)	Muñoz de Chávez et al. (1995)	Pimienta. (1990)	Sawaya et al. (1983)	Sepúlveda y Sáenz. (1990)	Rodríguez et al. (1996)
Humedad	85,1	91,0	85 – 90	85,6	83,8	84,2
Proteína	0,8	0,6	1,4 – 1,6	0,21	0,82	0,99
Grasa	0,7	0,1	0,5	0,12	0,09	0,24
Fibra	0,1	0,2	2,4	0,02	0,23	3,16
Ceniza	0,4	-----	-----	0,44	0,44	0,51
Azúcar total	-----	8,1	10 – 17	12,8	14,06	10,27
Vit. C (mg/100 g)	25,0	22,0	4,6 - 4,1	22,00	20,33	22,56
Beta caroteno (mg/100 g)	-----	-----	Trazas	Trazas	0,53	-----

Fuentes: (Sáenz et al., 2006, p. 10)

Adaptado por: Rodríguez, Natalia, 2020

El pH de *Opuntia ficus* indica no depende de su edad pues este se mantiene constante hasta valores cercanos a 6, esto lo diferencia de otras especies como el *Opuntia streptacantha* ya que su pH varía según su edad y puede estar comprendido entre valores de 3 a 6. (Sáenz, 2006, p.10)

2.2.1.4. Mucílago de nopal

El mucílago de nopal es una sustancia polimérica compleja, altamente ramificada (MacGarvie y Parolis, 1979; citado en Vargas et al., 2016), con peso molecular en el orden de los millones de Dalton 3×10^6 Da (Cárdenas, et al., 1979; citado en Vargas et al., 2016), $4,3 \times 10^6$ Da (Trachtemberg y Mayer, 1981; citado en Vargas et al., 2016). Según Sáenz et al., 2004 citado en Jiménez, 2014, “es una sustancia altamente gomosa y espesa” este mucílago se expande al existir una fricción con el agua, “presentando propiedades tensoactivas similares a diversas gomas naturales”. El mucílago de nopal posee “propiedades modificadoras como la viscosidad, elasticidad y textura además posee cualidades como ser un buen gelificante, espesante y emulsificante.” (Álvarez et al, 2007; citado en Rodríguez, 2011)

“La proporción de los monómeros en la molécula varía de acuerdo a diversos factores de la planta, como: Variedad, edad, condiciones ambientales y estructura de extracción empleada” (Abraján, 2008; citado en Jiménez, 2014)

Masschelein-Kleiner, 1995 citado en Orozco, 2017 nos explica acerca los polímeros naturales que contiene el mucílago de nopal:

“Contiene principalmente dos polímeros naturales orgánicos: amilasa y amilo pectina. La amilasa se encuentra formando una cadena helicoidal que en solución tiene la capacidad de formar películas delgadas que, al secar, presentan alta rigidez. El amilo pectina, como todo compuesto de alto peso molecular, presenta viscosidad elevada en estado puro, pero es altamente soluble en agua. Combinadas y encontrándose en solución acuosa, ambas pueden formar capas con diferentes propiedades mecánicas y en particular fuertes características de cohesión” (Orozco, 2017, p.34)

Según García, 2017 expone sobre la estructura del mucílago de nopal, explica que:

“La primera estructura fue propuesta por McGarvie y Parolis (1981a y b), quienes describieron que el mucílago estaba constituido por una molécula de cadena lineal con unidades de (1-4) ácido α -D-galacturónico y (1-2) β -L-ramnosa unidas a cadenas laterales de (1-6)- α -D-galactosa con residuos de O-4 ramnosa. Los residuos de galactosa presentan sustituyentes en las posiciones O-3, o doble sustitución en O-3 y O-4. La composición de las cadenas periféricas es compleja;

identificándose por lo menos 20 tipos diferentes de oligosacáridos (la mayoría de ellos disacáridos y trisacáridos)". (García, 2017, p.12)

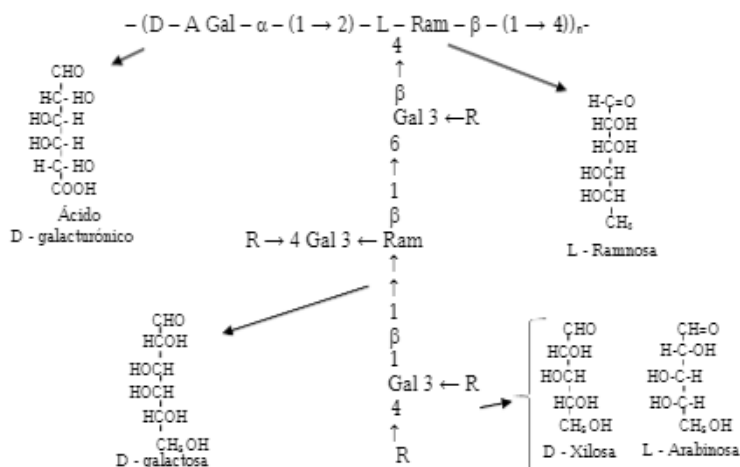


Figura 2- 2: Propuesta de estructura parcial para del biopolímero de *Opuntia ficus-indica*

Fuente: (García, 2017, p. 12)

Según Orozco, 2017, explica la influencia que tiene el agua con el mucílago de nopal, afirma que:

“Los mucílagos en contacto con el agua forman unas dispersiones viscosas y poseen una enorme facilidad de embeberla; propiedad de suma importancia en el mecanismo de retención del agua de las cactáceas. Los mucílagos están contenidos dentro de las grandes células vesiculares de los parénquimas.” En México el mucílago se ha usado con cal (Ca (OH)₂) puesto que de acuerdo con Cárdenas et al., (1998) aumenta sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua, siendo esta mezcla aplicada en monumentos y edificios históricos.” (Orozco, 2017, p.35)



Figura 3-2: Mucílago de nopal

Fuente: (Vargas et al., 2016)

2.2.2. Resina

Berenguer et al., 2007 explica que “una resina es una sustancia orgánica, amorfa, sólida o semifluida, en general insoluble en agua, y soluble, bajo ciertas condiciones, en numerosos disolventes orgánicos, con poca tendencia a cristalizar”.

De forma general se puede entender que “la resina está formada por una mezcla heterogénea de diferentes tipos de terpenos” (Arrabal et al., 2014; citado en Michavila et al., 2017). “Los principales precursores de los componentes de la resina se sintetizan por dos caminos: acetato/mevalonato (citosólica) y por el camino independiente del mevalonato (plastídica)” (Trapp y Croteau, 2001; citado en Michavila et al., 2017). El primer camino mencionado forma sesquiterpenos y triterpenos, mientras que el segundo camino genera monoterpenos, diterpenos y tetraterpenos. “Los terpenoides que finalmente formarán parte de la resina son originados por las terpenoide sintasas específicas de cada uno, a partir de los precursores originados en cada camino”. (Trapp y Croteau, 2001; citado en Michavila et al., 2017).

2.2.2.1. Tipos de resinas

Quiroz nos brinda una clasificación de resinas, sintéticas o naturales, y nos explica:

“Las resinas naturales comunes como el copal y la colofonia, están constituidos primordialmente por terpenoides y compuestos fenólicos; las gomo-resinas como la mirra y la asfétida, son polisacáridos; las óleo-resinas como copaiba y trementina contienen ácidos grasos y glicerol; los bálsamos como el estoraque y el bálsamo de Perú contienen fenoles y ésteres; y las glucosinas como la jalapa y el podófilo, tripertenos, entre otras sustancias”. (Quiroz et al., 2015)

También existe una clasificación entre resinas duras como el copal que se solubilizan en presencia de alcohol y con un alto punto de fusión, por otro lado se encuentran las resinas suaves u oleo- resinas con gran porcentaje de aceites en su composición. (Quiroz et al., 2015)

Los polímeros bioactivos o resinas naturales comúnmente no se disuelven en agua, además de impedir la adsorción del agua ya que esto ayuda a restringir el desarrollo de microorganismos. (Brand et al., 2006; citado en Quiroz et al., 2015)

Varios polímeros de condensación son conocidos como resinas sintéticas, un ejemplo de ello son las resinas gliptal de urea-formaldehído. Se clasifican como: termoplásticas o termoestables. La más representativa es la resina de fenol-formaldehído, “producida por la reacción de copolimerización

entre fenol y aldehído fórmico, en presencia de ácidos o bases. Se llega a un polímero ramificado, termoestable, a través de una serie de pasos intermedios que no se detallan, conocido con el nombre de baquelita, de gran aplicación industrial, sobre todo como aislante térmico y eléctrico.” (Espinoza, 2015, p. 12)

2.2.2.2. Destilación

Este proceso se fundamenta en el calentamiento de una mezcla, separando sus componentes a distintos puntos de ebullición para después condensarlos y aprovechar sus propiedades. (Aja, 2006, p. 27)

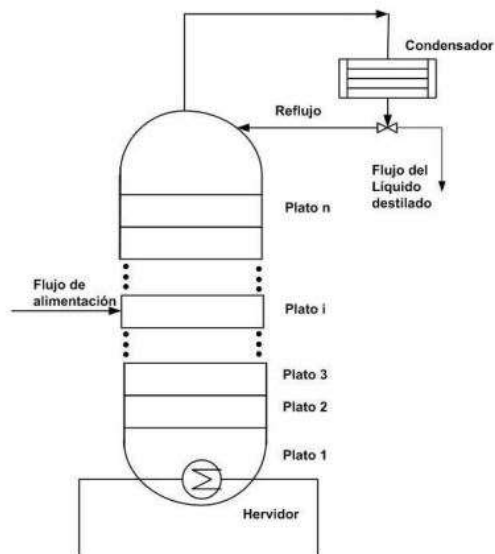


Figura 4-2: Esquema de una columna de destilación

Fuente: López, 2008, p. 13

2.2.2.3. Terpenos

Son hidrocarburos, elementos naturales constituidos por unidades de isopreno (Breitmaier, 2008; citado en Castillo, 2015), al poseer más de 30000 especies conforman un variado y amplio grupo de terpenos. El término terpeno deriva de la palabra trementina y son los principales componentes de los aceites esenciales y resinas vegetales. (Castillo, 2015, p.15)

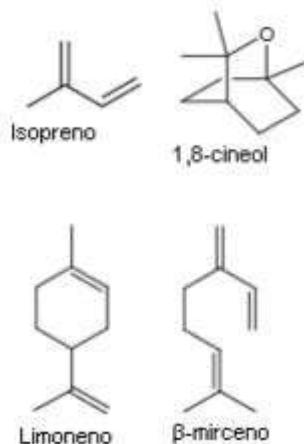


Figura 5-2: Estructura química de algunos terpenos

Fuente: Morales, 2013

2.2.2.4. Producto secundario de la destilación: Aguarrás

Se describe al aguarrás, como un líquido volátil “producido mediante la destilación de la resina. Es un líquido casi incoloro de olor muy característico. Está formado por una mezcla de hidrocarburos terpénicos, mayormente α -Pino y β -Pino. También mirceno, careno, canfeno, y terpinolenos en menores cantidades”. (Lapeña, 2017, p.38)

Tabla 4-2: Propiedades del aguarrás

Propiedad	Unidades	Valor
Densidad	g/cm ³	0,86
Punto de ebullición	°C	<150
Temperatura de inflamación	°C	<33

Fuente: Lapeña, 2017

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Las principales características:

- Inmiscible con el agua
- Líquido inflamable
- Peligroso para el medio ambiente
- Corrosivo y tóxico (Lapeña, 2017, p.38)

Aplicaciones

- Disolventes de pinturas
- Materia prima para la formación de pinturas
- Formulación de repelentes de piojos, geles o pomadas.
- Elaboración de fragancias (Lapeña, 2017, p.38).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Planificación

3.1.1. Tipo de proyecto

El proyecto “**DISEÑO DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA RESINA VINIL ACRÍLICA A PARTIR DE LA BABA DE NOPAL PARA EMPASTES EN LA EMPRESA MINABRADEC CIA LTDA**” es de tipo técnico ya que implica de ensayos de laboratorio cualitativos y cuantitativos, además de ello se realizó la revisión bibliográfica pertinente al tema, todo esto permitirá caracterizar la materia prima, la formulación del producto y la validación del mismo.

3.1.2. Nivel de investigación para el proyecto técnico

3.1.2.1. Estudio de intervención

El trabajo de investigación es teórico y experimental, ya que esto contribuirá con una mejor metodología para resolver posibles interrogantes que se puedan presentar en el transcurso de la obtención de resina vinil acrílica con nopal.

Se inició caracterizando el nopal y obteniendo un método de extracción que nos permita extender la vida útil del mucílago ya que este es sensible a un ataque microbiano debido a su alta actividad de agua ($>0,8A_w$), es decir, el agua necesaria para el crecimiento de microorganismos y su composición en temperatura ambiente dura alrededor de 2-3 días (García, 2017, p.13), según la bibliografía revisada nos propone diversos métodos de extracción, la mayoría de ellos utiliza solventes orgánicos, como etanol, isopropanol o acetona (Medina et al., 2000; Sepúlveda et al., 2007; Cai et al., 2008; Rodríguez-González et al., 2014; Otálora et al., 2015; citados en García, 2017, p.13). Aun así, dichos solventes confieren ciertas características al producto final, incluso en algunos casos lo hacen insoluble al agua.

En la tabla siguiente se resume los procedimientos encontrados en revisión bibliográfica usados para la extracción del mucílago de nopal. El rendimiento se ve afectado por diversas circunstancias como: edad de los cladodios, proceso de extracción, relación nopal/agua, mucílago/solvente, tiempo, temperatura de extracción, pH y humedad (García, 2017, p. 13). Además señalan también que el contenido de mucílago que poseen los cladodios varían según su clima, temperatura o la exposición a lluvias “debido a la capacidad de estos polisacáridos para absorber el agua; ya que, cuando hay sequía se sintetizaría más mucílago que cuando no la hay” (García, 2017, p. 13). Así mismo a mayor temperatura, mayor es el rendimiento de mucílago (García et al., 2013; Medina et al., 2013; León et al., 2010). Sepúlveda et al., 2007; proponen incrementar el agua en relación nopal/agua para obtener un mayor rendimiento de extracción. (Sepúlveda et al., 2017; citado en García, 2017).

Tabla 1-3: Condiciones óptimas empleadas para obtener el biopolímero de nopal.

Autores	Edad nopal (años/meses)	Proceso	Relación (nopal: agua)	Temperatura °C	Tiempo (h)	Relación (mucílago: solvente)	pH o °Brix	Rendimiento	Fin/proósito
Otálora et al. (2015)	-----	Cortado solo médula 2mm espesor	1:2	20	24	1:3 etanol	-----	0,61%	Micro encapsulación de betalainas obtenidas de tuna purpura
Rodríguez et al. (2014)	Nopalitos frescos	Cortado 2 mm	1:8 1:2 macerado en etanol 1:1	83 22	2	1:4 etanol 96% 1:1 etanol 1%	4,45 pH	0,5- 0,6%	Optimización de la extracción
García et al. (2013)	12 meses	12,5 cm largo -2 mm ancho	1:4	80	1	-----	1 °Brix	0,85%	Propiedades reológicas y físicas del mucílago.
Medina et al. (2013)	6 meses	Molido y macerado	2:1	-----	24	-----	4,8 pH /1 °Brix	-----	Micro encapsulación mediante secado por A.
Rodríguez et al. (2011)	-----	-----	1:2	80	1	1:4 etanol	4,5 pH	0,5- 0,6%	Optimización extracción del mucílago de nopal
León et al. (2010)	-----	2 mm espesor	1:3	86	3,6	-----	3 °Brix	0,70%	Secado por pulverización

Yahia, et al. (2009)	-----	Homogenizado	-----	80	2	1:1,5	-----	0,70%	Extracción y características químicas del muclago
Sepúlveda et al. (2007)	2-3 años	Molido	1:7	40	4	1:3 etanol y 1:4 Propan-2- ol	-----	1,5%	Extracción y caracterización
Cai et al. (2008)	-----	Molido	1:3 Éter de petróleo y luego extracción de agua	86,01	3,61	1:4 etanol 95°C por 48 h 4°C	-----	0,698 %	Extracción, purificación y caracterización.
Abraján. (2008)	1 año	Molido	1:5	-----	1	1:3	-----	0,85%	Efecto del método de extracción
Medina et al. (2000)	-----	Molido	-----	-----	-----	1:2 Acetona	-----	-----	Propiedades reológicas

Fuente: García, 2017

Adaptado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.2. Caracterización de la materia prima

Los análisis para caracterizar el nopal (*Opuntia ficus indica*) fueron realizados en un laboratorio certificado, SAQMIC, que cuenta con la experiencia y confiabilidad necesaria para este tipo de procedimientos, ya que estos ensayos se basan en las normas INEN y en equipos de tecnología.

3.2.1. Muestreo

Se realizó un muestreo simple aleatorio, en la propiedad del Ing. Cesar Coronel ubicada en la parroquia rural Cubijés perteneciente a Riobamba, dicha parroquia cuenta con un relieve colinado de 2560 – 2520 msnm, posee un suelo arenoso con presencia de ceniza volcánica y se puede diferenciar cuatro tipos de suelo, el nopal se desarrolla en un suelo seco árido, con pH alto. Su clima en la mayoría de extensión es seco templado y en pequeño porcentaje es sub-húmedo templado. (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE CUBIJES, 2015)



Figura 1-3: Plantación de nopal en Cubijés

Fuente: Rodríguez, Natalia, 2020

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Se escogió al azar diez cladodios de nopal, de 2 años de edad, con medidas de 20-29 cm de largo, 12-17 cm de ancho y 0,3-0,8 cm de espesor con un peso de 1-3 kg aproximadamente, se retiró las espinas, se procedió a lavar con agua potable y se llevó al laboratorio de la facultad de ciencias para la extracción de mucílago y a SAQMIC para los posteriores análisis de caracterización.

A SAQMIC se entregó una penca o cladodio, las determinaciones humedad, ceniza, pH, acidez titulable expresada como ácido cítrico, clorofila y carotenoides son las necesarias para obtener este tipo de productos.

3.3. Determinación de variables del proceso

Para determinar las variables que intervienen en el proceso de elaboración de resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal se considerará desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto final, es decir, todas las etapas involucradas durante este proceso.

Para ello se realizó ensayos en los laboratorios de la Facultad de Ciencias en la ESPOCH que cuentan con el equipamiento necesario para obtener la resina, la simulación a escala de laboratorio nos brinda una noción real para el diseño del proceso para este producto, mediante datos, donde la base del producto final será de 250 kg/h.

Identificadas las variables del proceso y con los datos obtenidos se puede determinar cuanta materia prima se necesita para el proceso, los equipos y maquinaria a utilizar, tiempos de producción, mano de obra, etc., ya que todo esto intervendrá en la calidad del producto final.

3.3.1. Determinación de variables para la Obtención del nopal

Tabla 2-3: Variables para la obtención del mucílago de nopal.

Operación	Variables	Control
Obtención del mucílago de nopal	Licuada	pH
	E1= 1:2 (nopál/agua)	Rendimiento
	E2=2:3 (nopál/agua)	Viscosidad

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.3.2. Determinación de variables para la destilación

Tabla 3- 3: Variables de la destilación del mucílago de nopal

Operación	Variables	Control
Destilación	T= 90°C	Temperatura

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.3.3. Determinación de variables para el producto final

Tabla 4-3: Variables del producto final

Producto final	Variables	Control
Resina vinil acrílica a partir de baba de nopal	Tiempo de producción Concentración de materia prima	Rendimiento Viscosidad pH Sólidos

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Tabla 5-3: Determinación del método para el control de variables.

Determinación	Equipos y materiales
pH	OAKTON pH 700 pH/mv/°C/°F meter
Viscosidad	Viscosímetro Brookfield
Sólidos	Estufa Pol-Eko Aparatura SR

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.4. Obtención del mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*)

3.4.1. Parte experimental

3.4.1.1. Materiales

- Balón de destilación de dos bocas capacidad 2 litros
- Refrigerante
- Codo
- Pinzas
- Soporte universal
- Matraz Erlenmeyer
- Mangueras
- Magneto
- Termómetro
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitación
- Tubos graduados Eppendorf
- Frascos de vidrio ámbar
- Tamiz
- Papel filtro poro N° 01
- Cuchillo
- Corchos
- Teflón

3.4.1.2. Reactivos

- Agua destilada
- Nopal

3.4.1.3. Equipos

- Agitador magnético
- Licuadora industrial
- Balanza mecánica
- Balanza analítica

3.4.2. Pasos para la obtención del mucílago.

3.4.2.1. Extracción del mucílago de nopal (baba)

García (2017) cita a Sepúlveda et al. (2007) y recomienda cosechar nopales de 1-2 años de edad, de 2 kg en peso aproximado, un ancho de 24,1 cm, largo 48 cm y grosor de 2,4 cm, en promedio. Los cladodios fueron seleccionados y cortados por la mañana, realizando un corte en la base del nopal después se llevó al laboratorio para comenzar con el proceso.

En primer lugar se retiró las espinas de los cladodios con ayuda de un cuchillo, se procedió a lavar con agua potable, se tomó el primer peso, se quitó la corteza (epidermis y clorénquima) de los cladodios para extraer únicamente la médula, después se cortó finamente con el fin de obtener toda la baba del nopal posible, se registró el segundo peso, una vez realizado todo esto se dividió la muestra en dos partes y se trituró en una licuadora industrial en relación 1:2 y 1:3 (nopal/agua) por 15 minutos, se calentó durante tres horas controlando la temperatura según Rodríguez et al., (2011) debe estar en 70°C con agitación constante, se filtró con un tamiz con tamaño de apertura de 1,70 mm y se procedió a centrifugar por quince minutos a 3000 rpm. En este punto se tomó una pequeña muestra para realizar los análisis IR, una vez culminado este proceso.

3.4.2.2. Obtención de la resina.

La muestra obtenida pasa a un proceso de destilación, nivel laboratorio, controlando la temperatura entre 80 y 90 °C y una vez se obtuvo la primera gota de destilado la temperatura permanece constante. Se toma una muestra para análisis IR del recipiente recolector.

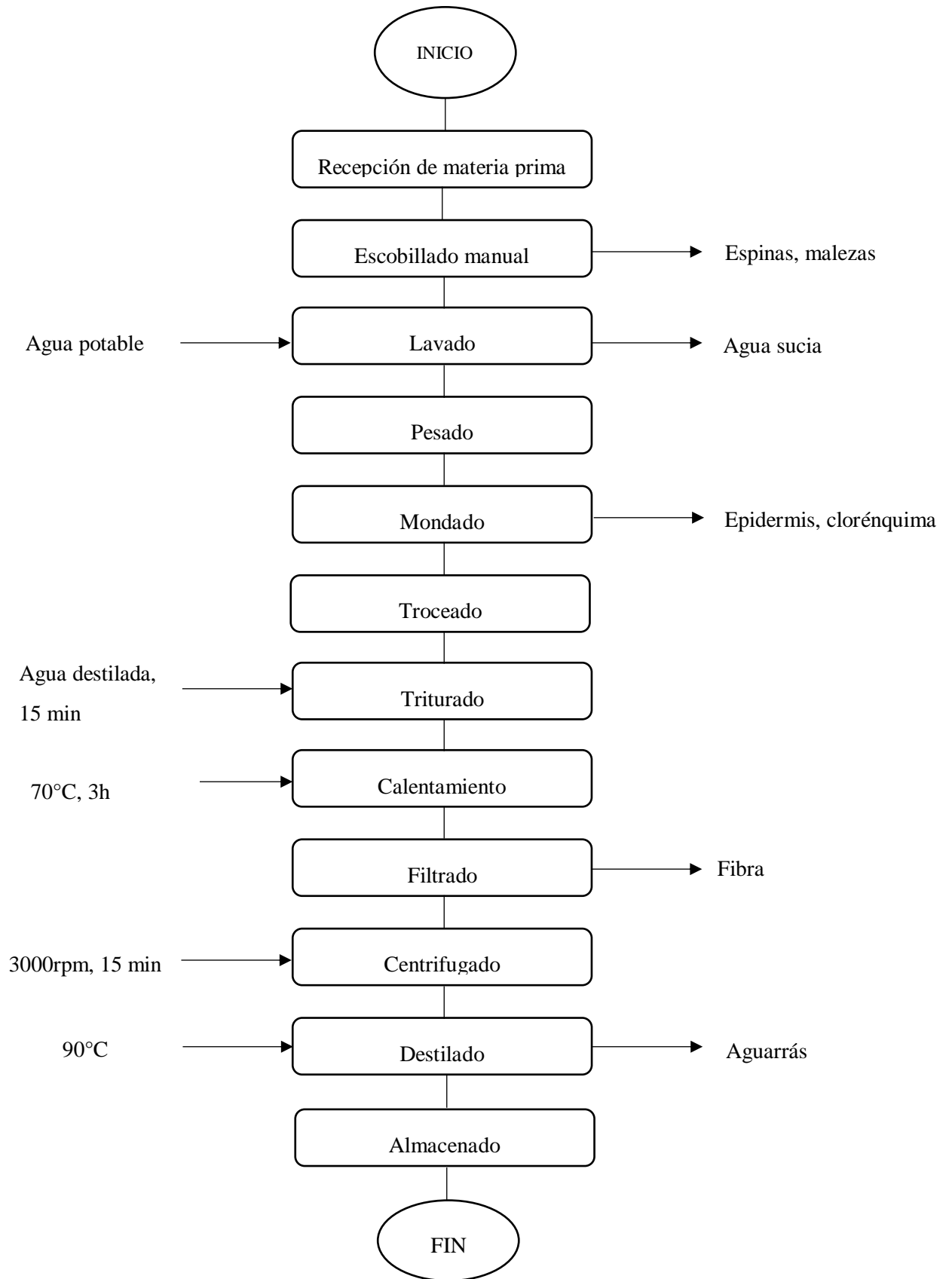
El residuo del balón es la resina se toma viscosidad, sólidos y pH.

La resina obtenida se conservó en envases ámbar y se almaceno en un lugar fresco y libre de humedad.

3.4.3. Descripción del proceso

- Escobillado: consta en retirar todas las espinas del cladodio de nopal con ayuda de un cuchillo y guantes con el fin de prevenir accidentes, picaduras, etc. Si el cladodio presenta daños en su epidermis también se elimina en esta operación.
- Pesaje: se determina el peso de la muestra para controlar de mejor manera la producción.
- Lavado: se limpia con agua potable la muestra, eliminando impurezas.
- Pelado: se quita la corteza con ayuda de un cuchillo.
- Troceado: dividir en trozos la muestra con dimensiones de 1 cm x 1 cm.
- Triturado: consiste en moler la muestra con ayuda de un molino, licuadora, etc.
- Calentamiento: aplicación de calor, consiste en aumentar la temperatura de manera controlada por un tiempo definido mejorando características de la muestra.
- Filtrado: retención de componentes sólidos, después de hacer pasar una muestra por un tamiz.
- Centrifugado: separar los componentes por medio de fuerza centrífuga.
- Destilado: Separa el aguarrás de la resina.
- Almacenado: Conservar las muestras en condiciones optimas

3.4.3.1. Diagrama de flujo del proceso



3.5. Consideraciones de diseño de los sistemas de operación

3.5.1. Recepción de la materia prima

La materia prima será seleccionada de manera manual con ayuda de operadores, quienes se encargarán de identificar las características adecuadas del nopal para el proceso, es decir que tengan un color y textura apropiada además de ello no presenten malezas. Los cladodios que no cumplan estas especificaciones serán separadas del proceso para obtener un mucílago de calidad.

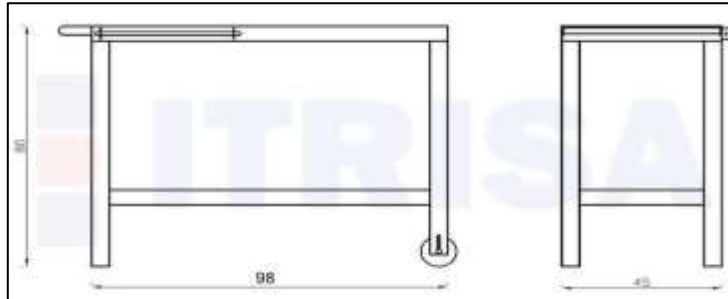


Figura 2-3: Mesa para seleccionar la materia prima

Fuente: <http://www.itrisa.com/ACCESORIOS/BARBACOAS/586-MESA-INOX-980>

3.5.2. Escobillado de la materia prima

Este punto se lleva a cabo de manera manual mediante el uso de un cuchillo afilado, con el fin de retirar todas las espinas del cladodio, el operador deberá usar guantes de palma de cuero sintético para evitar accidentes, gafas de protección, así como también vestimenta adecuada. Los cladodios escobillados pasaran a canastas para su próxima operación.



Figura 3-3: Escobillado manual del nopal

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020



Figura 4-3: Escobillado del nopal

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.3. *Lavado de la materia prima*

Esta sección se encargará de limpiar los cladodios de cualquier tipo de residuo como polvo, diminutas espinas y cualquier otro contaminante que este pueda tener para ello se ha seleccionado un lavado manual por inmersión con agua potable adicionando hipoclorito de sodio hasta 5% (v/v) (Guerrero, 2018, p.35). Con cepillos de polipropileno duro para remover cualquier impureza que contenga el nopal. El material del tanque será acero inoxidable con un caudal de agua adecuado y forma rectangular y esquinas serán curvadas para evitar la acumulación de impureza en estas zonas. (Guerrero, 2018).



Figura 5-3: Lavado con cepillo de cerdas plásticas

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.4. *Pesaje de la materia prima*

Una vez limpia la muestra, libre de espinas y cualquier otro contaminante procedemos a pesar para tener un mejor control del proceso evitando pérdidas. Esto se realizará en una balanza mecánica.



Figura 6-3: Pesaje de la materia prima

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.5. *Mondado de la materia prima*

Aquí se separa la médula de la corteza del cladodio, reduciendo la presencia de clorofila, el operador realizará de forma manual con ayuda de un cuchillo, la corteza que sale de esta operación se puede reutilizar como abono o alimento para caballos, etc.



Figura 7-3: Mondado de la materia prima

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.6. Troceado de la materia prima

Reducción de tamaño de la muestra manualmente, cortando en pequeños cubos. La mesa de selección, escobillado, el sistema de lavado, mondado y troceado de materia prima se ubicará de manera lineal garantizando la ergonomía del operario, optimizando los recursos tiempo, espacio, etc.,



Figura 8-3: Troceado manual de la materia prima

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020



Figura 9-3: Troceado de la materia prima

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.7. Triturado de la médula de nopal

Se adiciona agua destilada a la médula y se reduce el tamaño de partícula mediante una licuadora industrial de acero inoxidable, durante 15 minutos con el fin de extraer todo el mucílago.

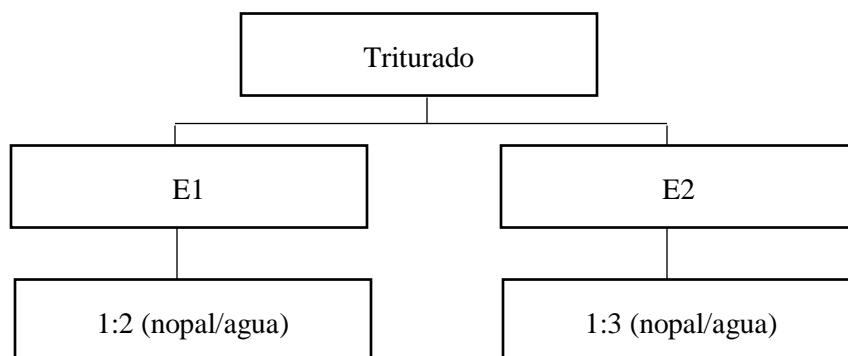


Gráfico 1-3: Experimentos del triturado relación nopal/agua

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020



Figura 10-3: Triturado de la materia prima

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.8. *Calentamiento*

Después del triturado, la mezcla debe pasar por un calentamiento con el fin de que todo el mucílago o baba se libere, con la adición de calor se acelera el proceso. Esto se lo realizará en un tanque con agitación constante y capacidad adecuada para el proceso donde la temperatura debe mantenerse a 70 °C durante 3 horas.



Figura 11-3: Calentamiento de la materia prima

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.9. *Filtración*

Mediante una malla que separa la fibra del mucílago que contiene la mezcla, tamiz N°12, tamaño de abertura 1,70mm.



Figura 12-3: Filtración de la mezcla

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.10. Centrifugado

Gracias a la diferencia de densidades de los componentes de la mezcla (fibra-mucílago) y al movimiento rotacional se produce una fuerza mayor que la gravedad separando la parte sólida de la líquida que no pudo retener el tamiz en la etapa de filtración, es decir, la fuerza centrífuga provoca la sedimentación de las partículas insolubles. (Batson et al., 2012, pp.18-19)



Figura 13-3: Mezcla antes de ser centrifugado

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020



Figura 14-3: Separación de la fibra de nopal

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.11. Destilado

El equipo de destilación está provisto de una zona de alimentación donde ingresa la mezcla, en la parte superior se separa el aguarrás como producto secundario, esta sustancia se evapora y a través de un intercambiador de calor se condensa para la recolección, en la parte inferior se encuentra el residuo (resina vinil acrílica). Este equipo está diseñado con material de acero inoxidable.



Figura 15-3: Destilación del mucílago del nopal

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

3.5.12. Almacenado

La resina obtenida se deposita en tachos plásticos que no permitan el paso de la luz solar, para después ser almacenados en un lugar fresco, libre de humedad y bajo sombrar hasta salir a la venta.

3.6. Cálculos para el diseño de sistemas de operación

3.6.1. Cálculo de materia prima necesaria para la producción

3.6.1.1. Cálculo del contenido de médula que posee el cladodio

Tabla 6-3: Pesos de nopal con cáscara y sin cáscara

Nopal	E1 (kg)	E2 (kg)	Promedio (Kg)
Cáscara	2.008	3.178	2.593
Médula	1.474	1.589	1.532

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Donde:

E1: Experimento 1

E2: Experimento 2

Ecuación 1-3:

$$\%cont. de la médula = \frac{\text{peso de la médula}}{\text{peso de nopal con cáscara}} * 100$$

$$\%cont. de la médula = \frac{1.531 \text{ kg}}{2.593 \text{ kg}} * 100$$

$$\%cont. de la medula = 59.06\%$$

3.6.1.2. Rendimiento del mucílago

Tabla 7-3: Datos para determinar la cantidad de mucílago de nopal

Nopal	E1 (kg)	E2 (kg)	Promedio (Kg)
Médula	1.474	1.589	1.532
Mucílago de nopal	0.939	1.069	1.0043

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Ecuación 2-3:

$$R = \frac{\text{Cant. de mucílago}}{\text{Cant. de nopal usado}}$$

Donde:

R: Rendimiento

$$R = \frac{1.0043 \text{ kg}}{1.532 \text{ kg}} * 100$$

$$R = 65.6\%$$

3.6.1.3. Cálculo de la cantidad de nopal (kilogramos)

$$\frac{2.593 \text{ kg/h}}{X} = \frac{1.0043 \text{ kg/h}}{250 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Cantidad de nopal} = 645.47 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad \text{Capacidad de una hora de operación.}$$

$$250 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ De mucílago obtenido}$$

3.6.1.4. Cálculo de la cantidad de nopal (pencas)

Ecuación 3-3:

$$\text{Cant. pencas de nopal} = \frac{\text{cant. de médula}}{\text{peso de cladodio de nopal}}$$

$$\text{Cant. pencas de nopal} = \frac{645,47 \text{ kg}}{0.9353 \text{ kg}}$$

$$\text{Cant. pencas de nopal} = 690.12$$

$$\text{Cant. pencas de nopal} = 691$$

3.6.2. Diseño del tanque de lavado

3.6.2.1. Cálculo de las medidas promedio del nopal

Para determinar las medidas se recolectó 10 pencas de nopal al azar y con ayuda de un pie de rey se tomó las medidas: largo, ancho y espesor de la muestra; adicional a esto se pesó cada uno de los cladodios los datos se registraron en la siguiente tabla.



Figura 16-3: Medición de la muestra

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Tabla 8-3: Medidas de la muestra de nopal

N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso (gr)
1	21,0	12,1	0,7	898,2
2	21,5	14,0	0,7	900,5
3	23,0	13,0	0,8	899,0
4	22,0	13,2	0,9	823,2
5	20,0	11,6	0,7	780,3
6	24,1	16,1	0,8	989,9
7	28,3	16,9	0,9	1059,3
8	28,2	15,9	0,8	1003,1
9	28,9	16,9	1,0	1100,0
10	24,6	14,3	0,9	999,5
PROMEDIO	24,16 ≈ 25	14,4 ≈ 15	0,8 ≈ 1	935,3

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Con las medidas obtenidas se considera un tanque tipo rectangular, con medidas 1,5 metros de largo, 1 metro de ancho y 0,6 metros de altura., donde aproximadamente caben 720 pencas.

3.6.2.2. Cálculo del tiempo de lavado

Tabla 9-3: Tiempo del tiempo promedio del lavado

Tiempo de lavado de cada cladodio (s)	Promedio de lavado (s)
3,6	4,32
5,5	
4,6	
4,3	
4,2	
3,7	
3,4	
4,1	
4,5	
5,3	

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Tiempo promedio de lavado =4,32 s

$$691 \text{ pencas} * \frac{4,32 \text{ s}}{1 \text{ penca}}$$

$$2985,12\text{s} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 49,75 \text{ min} \approx 50 \text{ min}$$

Se ubicaran 2 operadores

$$\frac{50 \text{ min}}{2 \text{ operadores}} = 25 \text{ min}$$

3.6.3. Diseño del tanque de agitación

3.6.3.1. Cálculo para el volumen del tanque de agitación.

Tabla 10-3: Pesos de la médula de nopal con agua

Nopal	E1 (kg)	E2 (kg)	Promedio (Kg)
Médula	1,474	1,598	1,532
Médula más agua	4,422	6,392	5,407

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Donde:

E1: Experimento 1

E2: Experimento 2

$$\frac{1.532 \text{ kg}}{X} = \frac{1.0043 \text{ kg/h}}{250 \text{ kg/h}}$$

$$X = 381.360 \text{ kg}$$

1525,44 kg de médula de nopal más agua

En 1525,44 kg de médula de nopal más agua hay 1359,93 L ya que la densidad del nopal es de 1,759 kg/L

$$V_N = 1,3599 \text{ m}^3$$

Donde:

V_N: Volumen de la medula del nopal más agua

Factor de seguridad 0,15

Ecuación 4-3:

$$V_S = V_N * 0,15$$

Donde:

V_S: Volumen nominal del tanque de agitación

$$V_S = 1,3599 * 0,15$$

$$V_S = 0,2039 \text{ m}^3$$

Ecuación 5-3:

$$V_{TA} = V_S + V_N$$

Donde:

V_{TA} : Volumen del tanque de agitación

$$V_{TA} = (0,2039 + 1,3599) \text{ m}^3$$

$$V_{TA} = 1,5638 \text{ m}^3$$

3.6.3.2. Cálculo para la altura del tanque de agitación

Ecuación 6-3:

$$V_{TA} = A * h_{TA}$$

Donde:

A : Área

h_{TA} : altura del tanque de agitación

Ecuación 7-3:

$$A = \pi * r^2$$

Donde:

r : Radio

Ecuación 8-3:

$$r = \frac{\varnothing_{TA}}{2}$$

Donde:

\varnothing_{TA} : Diámetro del tanque de agitación

Remplazamos:

Ecuación 9-3:

$$A = \pi \frac{\phi_{TA}^2}{4}$$

Se tiene la relación (diámetro/altura) entre 1,25 - 2,00, se escoge el valor de 1,3 por estabilidad. (Padilla, 2017, p. 45)

Ecuación 10-3:

$$h = 1,3\phi_{TA}$$

Remplazamos:

Ecuación 11-3:

$$V_{TA} = \pi \frac{\phi_{TA}^2}{4} * 1,3\phi_{TA}$$

Despejamos el diámetro

Ecuación 12-3:

$$\phi_{TA} = \sqrt[3]{\frac{4V_{TA}}{1,3\pi}}$$

$$\phi_{TA} = \sqrt[3]{\frac{4(1,5638m^3)}{1,3\pi}}$$

$$\phi_{TA} = 1.153 m \approx 1,2 m$$

Remplazamos los datos obtenidos en la Ecuación 10-3:

$$h_{TA} = 1,3\phi_{TA}$$

$$h_{TA} = 1,3 * 1.2 m$$

$$h_{TA} = 1,56 m \approx 1,6 m$$

3.6.3.3. Cálculo de la Superficie útil del tanque de agitación

Ecuación 9-3:

$$A = \pi \frac{\phi_{TA}^2}{4}$$

$$A = \pi \frac{1,2^2}{4}$$

$$A = 1,13 \text{ m}^2$$

Ecuación 13-3:

$$\text{Superficie útil} = \frac{1,13 * 75\%}{100\%}$$

$$\text{Superficie util} = 0,848 \text{ m}^2$$

3.6.3.4. Diseño del agitador

Se eligió un agitador tipo paletas debido a que es ideal para trabajar a bajas velocidades y con fluidos viscosos (Castillo, 2013)

Tabla 11-3: Consideraciones geométricas impulsor tipo paletas

W/Da= 1	Da/Ø_{TA}=0,33	E/Dt=0,34
----------------	-------------------------------	------------------

Fuente: (Castillo, 2013, p.30)

Donde:

W: Ancho de paleta

Da: Diámetro de las palas

Dt: Diámetro del tanque

E: Distancia desde el fondo del tanque hasta el impulsor

3.6.3.4.1. *Cálculo de la distancia del fondo a la base del impulsor*

Ecuación 14-3:

$$E/\phi_{TA} = 0,34$$

$$E = 0,34 * \phi_{TA}$$

$$E = 0,34 * 1200\text{mm}$$

$$E = 408\text{ mm} = 40.8\text{ cm} = 0,41\text{ m}$$

3.6.3.4.2. *Cálculo del diámetro de las palas*

Ecuación 15-3:

$$D_a/\phi_{TA} = 0,33$$

$$D_a = 0,33 * \phi_{TA}$$

$$D_a = 0,33 * 1200\text{ mm}$$

$$D_a = 396\text{ mm} = 0,396\text{ m} \approx 0,40\text{ m}$$

3.6.3.4.3. *Cálculo del ancho de la paleta*

Ecuación 16-3:

$$W/D_a = 0,2$$

$$W = 0,2 * D_a$$

$$W = 0,2 * 400\text{ mm}$$

$$W = 80\text{ mm} = 0,08\text{ m}$$

3.6.3.4.4. *Cálculo de la altura de la chaqueta para el ingreso de vapor*

Ecuación 17-3:

$$h_{chaqueta} = \frac{h_{TA}}{1 + f}$$

Donde:

h_{TA} : Altura del tanque de agitación

f : Factor de seguridad 10%

$h_{chaqueta}$: Altura de la chaqueta

$$h_{chaqueta} = \frac{1,6 \text{ m}}{1 + 0,10}$$

$$h_{chaqueta} = 1.45 \text{ m}$$

3.6.4. Diseño del destilador

3.6.4.1. Volumen del nopal en el destilador

$$\rho_{Nopal} = 1,759 \text{ kg/L}$$

Ecuación 18-3:

$$\rho_{Nopal} = \frac{m_N}{V_N}$$

Donde:

ρ_{Nopal} : Densidad del mucílago de nopal

m_N : Masa del mucílago de nopal

V_N : Volumen del nopal

Ecuación 19-3:

$$V_N = \frac{m_N}{\rho_{Nopal}}$$

$$V_N = \frac{656,55 \text{ kg}}{1,759 \text{ kg/L}}$$

$$V_N = 373,25 \text{ L} = 0,37 \text{ m}^3$$

3.6.4.2. Volumen en la cámara de ebullición

Ecuación 20-3:

$$V_C = f_s * V_N$$

Donde:

V_C: Volumen nominal en la cámara de ebullición

fs: factor de seguridad

$$V_c = 0,15 * 373,25 L$$

$$V_c = 55,98 L$$

Ecuación 21-3:

$$V_{ce} = V_N + V_c$$

Donde:

V_{ce}: Volumen en la cámara de ebullición

$$V_{ce} = (373,25 + 55,98)L$$

$$V_{ce} = 429,23 L = 0,43 m^3$$

3.6.4.3. *Altura de las cámaras de ebullición*

Ecuación 22-3:

$$\frac{H}{D} = 1$$

Donde:

H: Altura de la cámara de ebullición

D: Diámetro de la cámara de ebullición

$$H = D$$

Ecuación 23-3:

$$V_{ce} = \pi * r^2 * H$$

Donde:

r: radio de la cámara de ebullición

$$V_{ce} = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * H$$

$$V_{ce} = \pi * \frac{D^2}{4} * D$$

$$V_{ce} = \pi * \frac{D^3}{4}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_{ce}}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * (0,429 \text{ m}^3)}{\pi}}$$

$$D = H = 0,81 \text{ m}$$

3.6.4.4. Calor necesario para el destilar el mucílago de nopal

Tabla 12-3: Datos experimentales para determinar el calor necesario para el destilador

$C_{p_{\text{nopal}}}$	T_{nopal}	$T_{\text{ebullición nopal}}$	m_{nopal}
3,91 kJ/kg °C	15 °C	90°C	656,55 kg

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Donde:

T_{nopal} : Temperatura del mucílago de nopal

m_{nopal} : Masa del mucílago de nopal

$C_{p_{\text{nopal}}}$: Capacidad calorífica del mucílago de nopal

Ecuación 24-3:

$$Q_{\text{nopal}} = m_{\text{nopal}} C_{p_{\text{nopal}}} \Delta T$$

Donde:

Q_{nopal} : Calor necesario para destilar el nopal

ΔT : Variación de temperatura

$$Q_{nopal} = 656,55 \text{ kg} * \frac{3,91 \text{ kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (90 - 15)^\circ\text{C}$$

$$Q_{nopal} = 192533,2875 \text{ kJ}$$

3.6.4.5. Potencia necesaria para el proceso de destilación

$$t = 3h$$

Ecuación 25-3:

$$W = \frac{Q_{nopal}}{t}$$

Donde:

W: Potencia

t: Tiempo

$$W = \frac{192533,2875 \text{ kJ}}{3 \text{ h}}$$

$$W = 17,82 \text{ KW}$$

3.6.4.6. Cálculo del diámetro del destilador

Conductividad del acero inoxidable AISI 304:

$$K_1 = 16,3 \text{ W/mK}$$

Recomendación técnica, aumentar 2,5 cm a cada lado del tanque:

Ecuación 26-3:

$$D_e = D + 0,05m$$

$$D_e = 0,81 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$$

Donde:

D_e: Diámetro del destilador

D: Diámetro de la cámara de ebullición

$$D_e = 0,86 \text{ m}$$

Tabla 13-3: Diámetros y radios externos e internos.

$D = 0,81 \text{ m}$	$r = 0,405 \text{ m}$
$D_e = 0,86 \text{ m}$	$r_e = 0,43 \text{ m}$

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Donde:

r: Radio de la cámara de ebullición

r_e: Radio del diámetro del destilador

3.6.4.7. Transferencia de calor en el destilador

3.6.4.7.1. Cálculo de resistencia por conducción

Ecuación 27-3:

$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r}\right)}{2\pi L K_1}$$

Donde:

R₁: Resistencia térmica por conducción

2πL: área normal a la dirección de transferencia de calor

K₁: Conductividad del acero inoxidable AISI 304

$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{0,43}{0,405}\right)}{2\pi(0,86\text{m})(16,3 \text{ W/mK})}$$

$$R_1 = 7,22 * 10^{-4} \text{ W/K}$$

3.6.4.7.2. Cálculo de resistencia por convección

Ecuación 28-3:

$$\frac{H}{D_s} = 1$$

Donde:

D_s: Diámetro que ocupa el mucílago de nopal

$$H = D_s$$

Ecuación 29-3:

$$V_d = \pi * r_s^2 * H$$

Donde:

r_s: Radio que ocupa el mucílago de nopal

$$V_d = \pi * \left(\frac{D_s}{2}\right)^2 * H$$

$$V_d = \pi * \frac{D_s^2}{4} * D_s$$

$$V_d = \pi * \frac{D_s^3}{4}$$

$$D_s = \sqrt[3]{\frac{4V_d}{\pi}}$$

$$D_s = \sqrt[3]{\frac{4 * (0,37 \text{ m}^3)}{\pi}}$$

$$D_s = 0,778 \text{ m}$$

$$r_s = 0,389 \text{ m}$$

Conductividad del material:

$$K_2 = 0,58 \text{ W/mK}$$

Ecuación 30-3:

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{r}{r_s}\right)}{2\pi LK}$$

Donde:

R₂: Resistencia por convección

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{0,405}{0,389}\right)}{2\pi(0,81m)(0,58 W/mK)}$$

$$R_2 = 0,0136 \frac{W}{K}$$

3.6.4.8. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

Ecuación 31-3:

$$U = \frac{1}{A\left(R_1 + \left(\frac{1}{R_2}\right)^{-1}\right)}$$

Donde:

U: Coeficiente global de transferencia de calor

Ecuación 32-3:

$$A = \frac{V_{ce}}{H}$$

$$A = \frac{0,429 m^3}{0,81 m}$$

$$A = 0,529 m^2$$

$$U = \frac{1}{0,529 m^2 \left(7,22 * 10^{-4} W/K + \left(\frac{1}{0,0136}\right)^{-1}\right)}$$

$$U = 131,98 \frac{W}{Km^2}$$

3.6.4.9. Cálculo de la fuente de calor para el destilador

Se optó por un calentamiento por resistencias eléctricas, debido a que la transferencia de calor se produce netamente por conducción, además de ser económicamente viable.

Calor requerido:

$$Q = 17820 \text{ W}$$

Calor en la unidad de calentamiento:

$$Q_{\text{unidad de calentamiento}} = 5080 \text{ W}$$

Ecuación 33-3:

$$\text{unidades} = \frac{Q_{\text{requerido}}}{Q_{\text{unidad de calentamiento}}}$$

$$\text{unidades} = \frac{17820 \text{ W}}{5080 \text{ W}}$$

$$\text{unidades} = 3,507 \approx 4$$

Total, de unidades: 4 resistencias de cerámica

3.6.4.10. Cálculo para la zona de condensación

3.6.4.10.1. Cálculo del flujo másico

Tabla 14-3: Datos para el cálculo del flujo másico

T_1	T_2	$C_{p_{\text{agua}}}$
293 °K	333°K	4,183 Kj/kg°K

Fuente: (Cengel y Boles, 2012, p. 191)

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Donde:

T1: Temperatura a la que ingreso el agua

T2: Temperatura salida de agua

C_p_{agua}: Capacidad calorífica del agua

Ecuación 34-3:

$$Q_{agua} = \dot{m}C_{p_{agua}}(\Delta T)$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico

ΔT : Variación de temperatura

Q_{agua}: Calor específico del agua

Ecuación 35-3:

$$Q_{nopal} = Q_{agua}$$

Donde:

Q_{nopal}: Calor necesario para destilar el nopal

$$192533,28 \text{ kJ} = \dot{m}C_p(\Delta T)$$

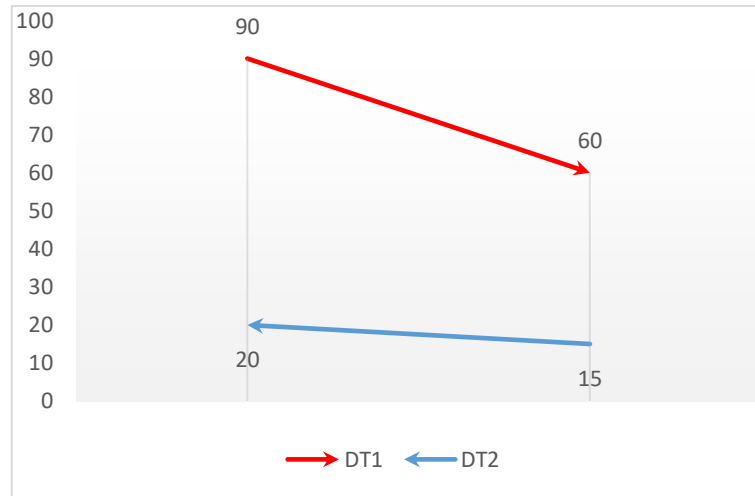
$$\dot{m} = \frac{192533,28 \text{ kJ}}{\left(4,183 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ } ^\circ\text{K}\right) (333 - 293) ^\circ\text{K}}$$

$$\dot{m} = 1150,68 \text{ kg } H_2O$$

$$\dot{m} = \frac{1150,68 \text{ kg}}{3 \text{ h}}$$

$$\dot{m} = 383 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0,106 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

3.6.4.10.2. Cálculo de la diferencia de temperatura media logarítmica MLDT



Enfriamiento en contracorriente:

Ecuación 36-3:

$$\Delta T = (T_{final} - T_{inicial})$$

Donde:

T_{final}: Temperatura final

T_{inicial}: Temperatura inicial

$$\Delta T1 = (90 - 60)^{\circ}C$$

$$\Delta T1 = 30^{\circ}C$$

$$\Delta T2 = (20 - 15)^{\circ}C$$

$$\Delta T2 = 5^{\circ}C$$

Ecuación 37-3:

$$MLDT = \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{\ln\left(\frac{\Delta T2}{\Delta T1}\right)}$$

Donde:

MLDT: diferencia de temperatura media logarítmica

$$MLDT = \frac{(30 - 5)^{\circ}C}{\ln\left(\frac{30}{5}\right)}$$

$$MLDT = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 287,102 \text{ } ^\circ\text{K}$$

3.6.4.10.3. Cálculo del calor necesario para el enfriamiento

Ecuación 38-3:

$$Q = m_g C_{p_g}(T_1 - T_2) + m_l(h_{t_2} - h_{t_1})$$

Donde:

Q: Calor necesario para el enfriamiento (kJ/s)

m_g: Flujo másico del gas

C_{p_g}: Calor específico del gas

m_l: Flujo másico del líquido

h_{t2}: Entalpía del agua a la condición de temperatura 2 (kJ/kg de H₂O)

h_{t1}: Entalpía del agua a la condición de temperatura 2 (kJ/kg de H₂O)

$$Q = (1,8 * 10^{-2}) * (1,37) * (333 - 293) + (0,106) * (1306,02 - 1545,9)$$

$$Q = 23,20 \text{ kJ/s}$$

3.6.4.10.4. Cálculo del área del intercambiador para condensación

Ecuación 39-3:

$$A_i = \frac{Q}{V * MLDT}$$

Donde:

A_i: Área del intercambiador

V: Volumen de los tubos

$$A_i = \frac{24,78}{(0,1384)(287,10)}$$

$$A_i = 0,62 \text{ m}^2$$

3.6.4.10.5. Cálculo de número de tubos del intercambiador

$$D = 0,0256 \text{ m equivalente}$$

$$Dm = 0,021 \text{ m}$$

$$L = 2,43 \text{ m}$$

Ecuación 40-3:

$$nT = \frac{A_i}{\pi DL}$$

Donde:

nT: Número de tubos del intercambiador

$$nT = \frac{0,62}{\pi * (0,0250) * (2,43)}$$

$$nT = 3,24 \approx 4 \text{ tubos}$$

3.7. Balances de materia

3.7.1. Balance de materia del escobillado de la materia prima



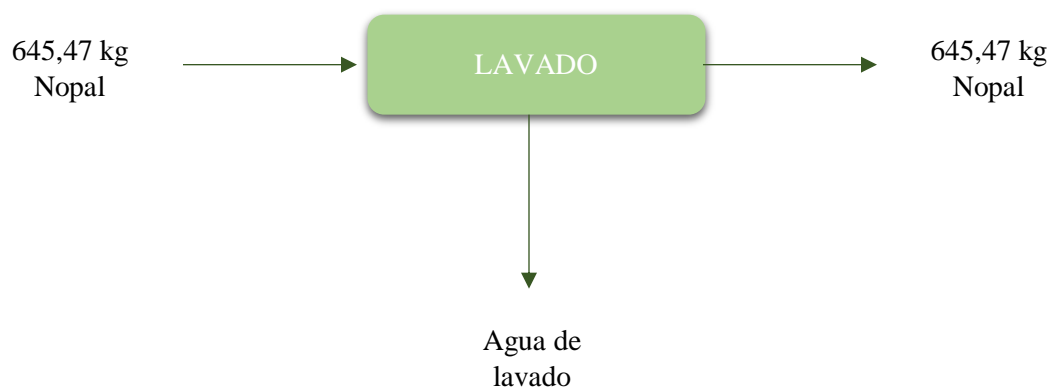
Ecuación 41-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad Obtenida}}{\text{Cantida que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{645,47}{709,97} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 90,92\%$$

3.7.2. Balance de materia para el sistema de lavado



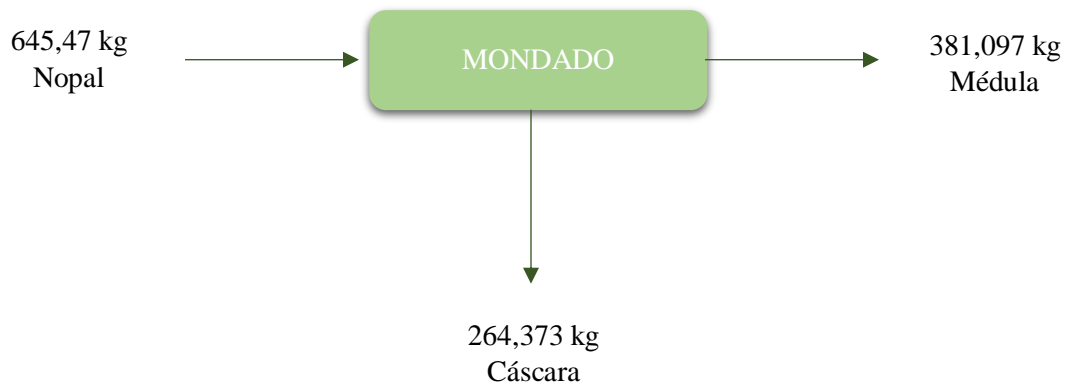
Ecuación 42-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad Obtenida}}{\text{Cantida que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{645,47 \text{ kg}}{645,47 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 100 \%$$

3.7.3. Balance de materia para el mondado



Ecuación 43-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Médula Obtenida}}{\text{Nopal que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{381,097 \text{ kg}}{645,47 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 59,04 \%$$

3.7.4. Balance de materia para el troceado



Ecuación 44-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Médula Obtenida}}{\text{Médula que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{381,097 \text{ kg}}{381,097 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 100\%$$

3.7.5. Balance de materia para el triturado



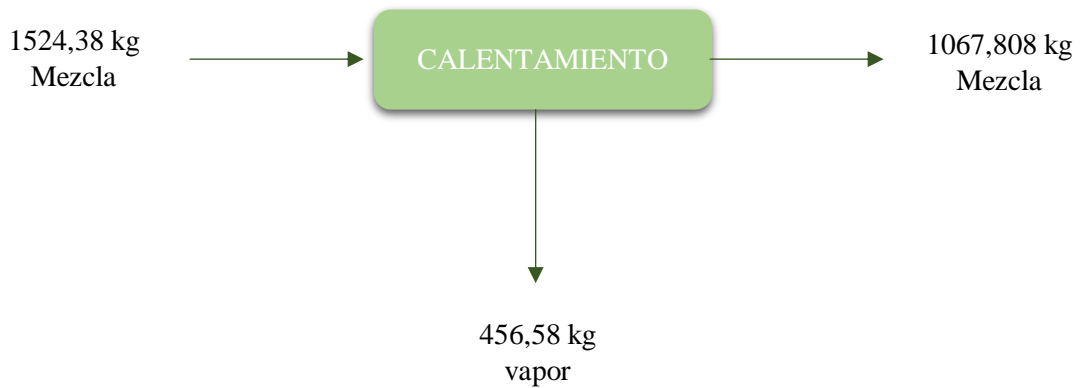
Ecuación 45-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Mezcla Obtenida}}{\text{Cantida que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{381,097 \text{ kg} + 1143,29 \text{ kg}}{1524,38 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 100 \%$$

3.7.6. Balance de materia para el calentamiento



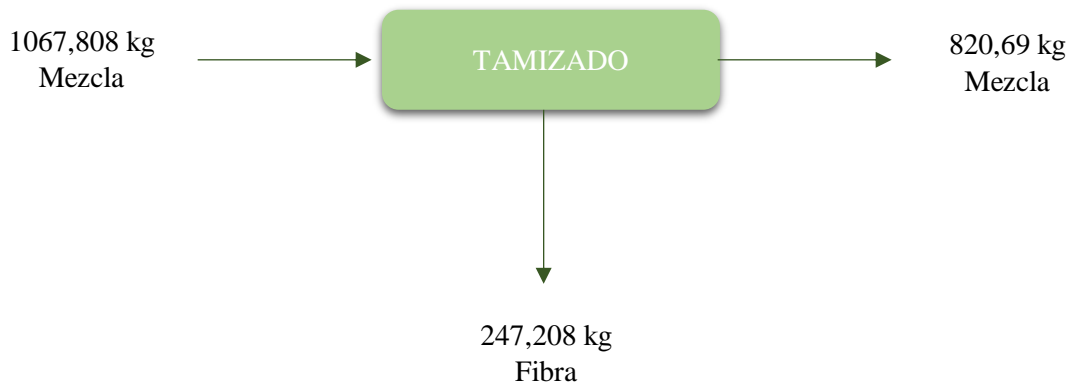
Ecuación 46-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Mezcla Obtenida}}{\text{Mezcla que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1067,808 \text{ kg}}{1524,38 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 70,04 \%$$

3.7.7. Balance de materia para el tamizado



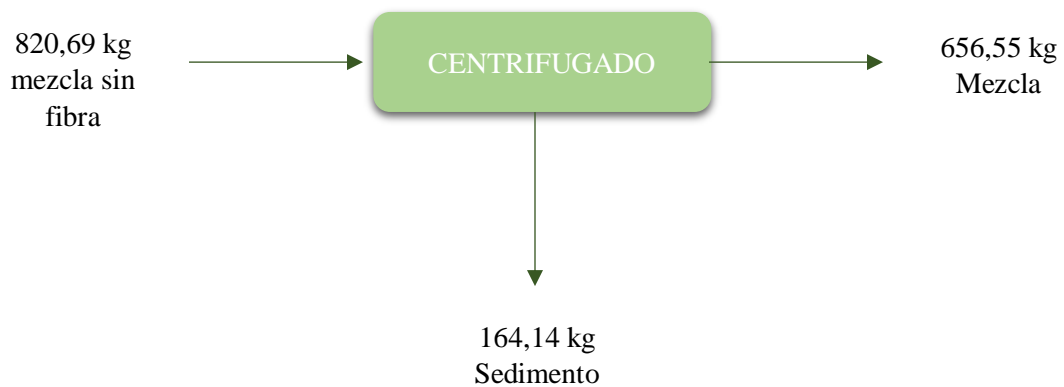
Ecuación 47-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Mezcla sin Fibra Obtenida}}{\text{Mezcla que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{820,69 \text{ kg}}{1067,808 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 76,85 \%$$

3.7.8. Balance de materia para el centrifugado



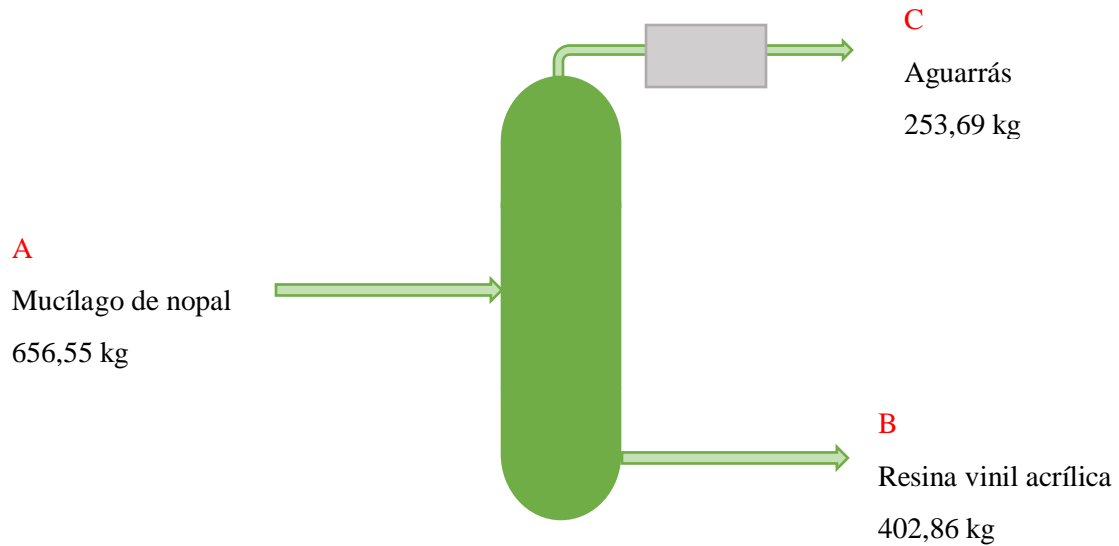
Ecuación 48-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad Obtenida}}{\text{Cantida que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{656,55 \text{ kg}}{820,69 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 79,99\%$$

3.7.9. Balance de materia para la destilación



Ecuación 49-3:

$$A = B + C$$

Donde:

A: Masa que ingresa al destilador

B: Masa Resina destilada

C: Masa del aguarrás

$$m = \rho * v$$

$$m = \frac{1,759kg}{L} * 0,25L$$

$$m = 0,43 kg$$

$$\frac{0,43 kg}{656,55 kg} = \frac{0,26385 kg}{B}$$

$$B = 402,86 kg \text{ Resina Vinil Acrílica}$$

$$656,55 kg = 402,86 kg + C$$

$$C = 253,69 kg \text{ aguarrás}$$

Concentración de la resina

Ecuación 51-3:

$$CONCENTRACIÓN = \frac{\text{Cantidad de resina obtenida (kg)}}{\text{Volumen de mucílago de nopal usado(L)}}$$

$$CONCENTRACIÓN = \frac{402,86 \text{ kg}}{373,25 \text{ L}}$$

$$CONCENTRACIÓN = 1,0793 \text{ kg/L}$$

Ecuación 52-3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de Resina Obtenida}}{\text{Cantida Mezcla que Ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{402,86 \text{ kg}}{656,55 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 61,36 \%$$

3.8. Estado dinámico

$$\frac{dm}{dT} = m_A - m_B - m_C$$

$$\frac{dm}{dT} = \frac{Q_A}{CpT} - \frac{Q_B}{CpT} - \frac{Q_C}{CpT}$$

$$\frac{dm}{dT} = \frac{1}{Cp} \left(\frac{Q_A}{T} - \frac{Q_B}{T} - \frac{Q_C}{T} \right)$$

$$Cp * dm = \left(\frac{Q_A}{T} - \frac{Q_B}{T} - \frac{Q_C}{T} \right) * dT$$

$$Cp * \int_{m_o}^{m_i} dm = \int_{T_o}^{T_i} \left(\frac{Q_A - Q_B - Q_C}{T} \right) dT$$

$$Cp(m_i - m_o) = \left|_{T_o}^{T_i} \ln T \right.$$

$$Cp(m_i - m_o) = (Q_A - Q_B - Q_C)(\ln T_i - \ln T_o)$$

$$(m_i - m_o) = \frac{(Q_A - Q_B - Q_C)(\ln T_i - \ln T_o)}{Cp}$$

Nota: Se plantea un modelo dinámico para el control automático del proceso

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de la caracterización de la materia prima

Tabla 1-4: Resultados del análisis bromatológico de la penca de nopal

Determinaciones	Unidades	Resultados
Humedad	%	94,80
Ceniza	%	2,74
pH	Unid	5,1
Acidez titulable	%	0,38
Clorofila	mg/100gr	8,50
Carotenoides	mg/100gr	1,63

Fuente: SAQMIC, 2020

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

4.2. Validación de los datos obtenidos de la resina

Tabla 2-4: Validación de la resina

VALIDACIÓN DE LA RESINA VINIL ACRÍLICA A PARTIR DE LA BABA DE NOPAL					
PARÁMETROS	DEMANDA DE MERCADO	EXPERIMENTACIÓN	CUMPLE		OBSERVACIONES
			SI	NO	
Porcentaje de solidos a 105°C	50 ± 1(%)	49 %	X		En una estufa durante 2,5 horas se sometió a 105°C una muestra sobre papel aluminio
Viscosidad	1500-3000 cP	2500	X		Este resultado se obtiene mediante un viscosímetro Brookfield de manera directa
pH	4-5	5	X		Este parámetro se lo determinó en el equipo pH-metro de forma directa

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

4.3. Resultados del diseño del proceso para la elaboración de resina

Tabla 3-4: Resultados

Operación	Equipo	Variable	Símbolo	Valor	Unidad
Recepción de la materia prima y escobillado	Mesa industrial	Largo de la mesa	L_{mesa}	2	m
		Ancho de la mesa	A_{mesa}	1,5	m
		Altura de la mesa	h_{mesa}	1	m
Pesaje	Balanza mecánica				
Sistema de lavado	Tanque de lavado	Largo del tanque	L_{lavado}	1,5	m
		Ancho del tanque	A_{lavado}	1	m
		Profundidad del tanque	h_{lavado}	0,6	m
Mondado Troceado	Mesa industrial	Largo de la mesa	L_{mesa}	2	m
		Ancho de la mesa	A_{mesa}	1,5	m
		Altura de la mesa	h_{mesa}	1	m
Triturado	Licuadora industrial	Capacidad		0,90	m ³
		Potencia	W	25	Kw
Calentamiento	Tanque de agitación	Volumen del tanque	V_{TA}	1,6	m ³
		Diámetro del tanque	\varnothing_{TA}	1,2	m
		Altura del tanque	h_{TA}	1,6	m
		Superficie útil	Superf. útil	0,8	m ²
	Agitador	Distancia del fondo a la base del impulsador	E	0,41	m
		Diámetro del impulsor	D_a	0,4	m
		Ancho de la paleta	W	0,08	m
		Altura de la chaqueta para el ingreso de vapor	h_{chaqueta}	1,45	m
Filtrado	Tamiz	Tamaño de apertura		1,7	mm
Centrifugado	Centrifuga industrial	Capacidad		0,50	m ³
		Rpm		3000	Rpm
Destilación	Destilador	Volumen en cámara de ebullición	V_{CE}	0,43	m ³
		Altura en la cámara de ebullición	H	0,81	m
		Calor necesario	Q_{nopal}	1925533,3	Kj
		Potencia necesaria	W	17,82	Kw
		Diámetro de la cámara de ebullición	D	0,86	m
		Coefficiente global de transferencia de calor	U	131,98	w/(km ²)
		Resistencias	R	4	Unidades

	Calor para el intercambiador	Q	23,20	kJ/s
	Área del intercambiador	A_i	0,62	m ²
	Número de tubos para el intercambiador	nT	4	tubos
	Tipología de enfriamiento			Contracorriente

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

4.4. Proceso de producción

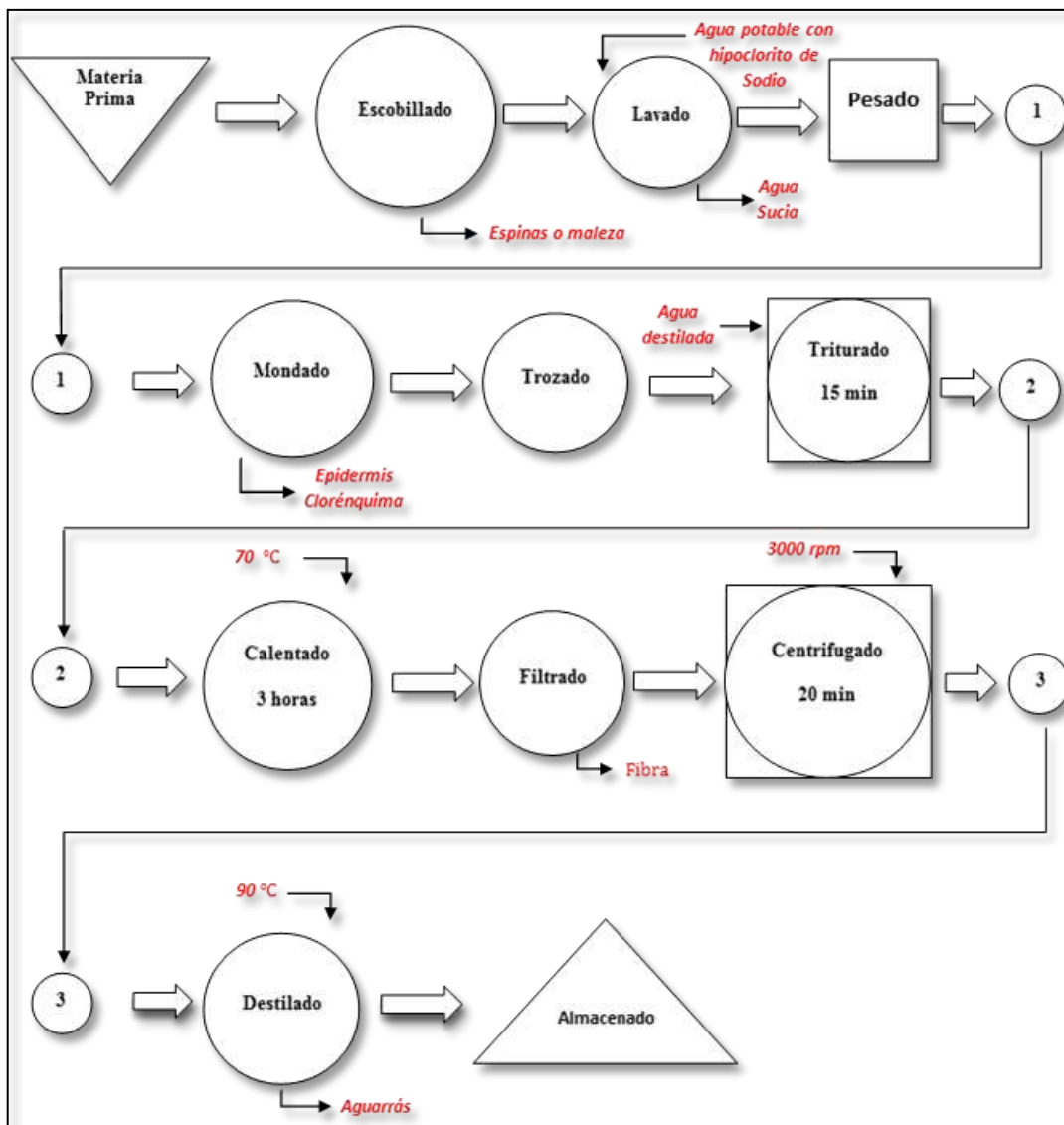


Gráfico 1-4: Proceso de producción

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

4.5. Resultados del espectro IR

4.5.1. Espectro del mucílago de nopal sin destilar

El nopal posee una infinidad de compuestos en su pared celular, es por esto que determinar su composición se torna algo complicado, es decir, no es exacta. El mucílago de nopal está constituido por compuestos orgánicos complejos como celulosa, lignina, proteínas, etc. Y por compuestos inorgánicos en pequeñas cantidades como calcio, magnesio, etc. (Ovando, 2012)

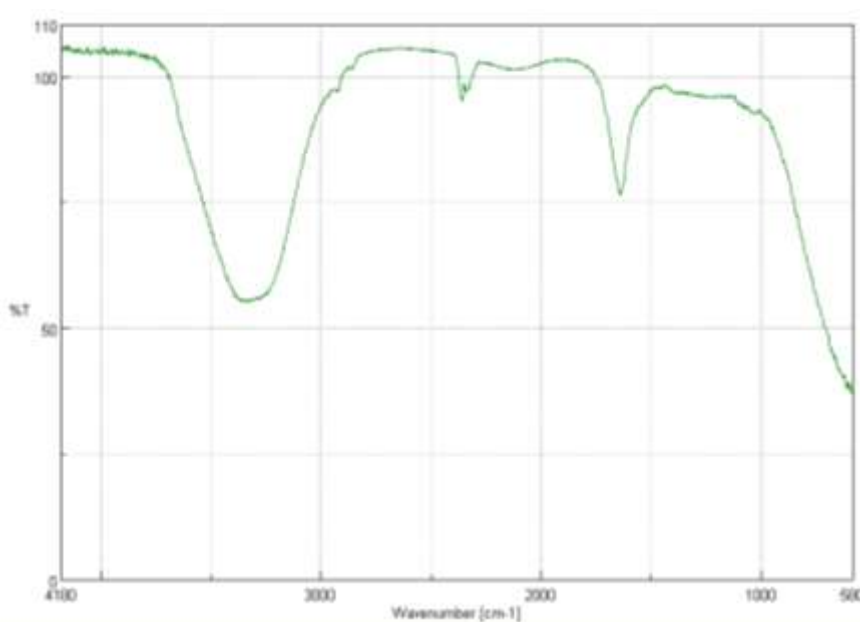


Figura 1-4: Espectro IR para el mucílago de nopal.

Fuente: Laboratorio de química instrumental ESPOCH, 2020

Tabla 4-4: Resultados del espectro IR con muestra de mucílago de nopal sin destilar.

Número de onda [cm-1]	%T	Intensidad	Grupo funcional asociado	Características
3325.64	55.4399	Intensa	N-H / O-H	<p>Poliméricas</p>
2919.7	97.1811	Media	C-H estiramiento	Aquí aparecen las aminas y un pequeño sobretono de carbonilo
2846.42	102.284	Débil	Aminas	Sobretono de carbonilo
2356.59	95.6124	Débil	Aminas	Sobretono de carbonilo
1637.27	76.6376	Media	C=C	Presencia de alquenos

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

La destilación permite obtener un producto con mayor presencia de poli fenoles totales, gran actividad oxidante como se muestra en el análisis IR de la muestra obtenida misma que por sus características es un producto con una alta viabilidad para la generación de resinas en el campo industrial.

Para comparar los datos obtenidos anteriormente se analizó con dos espectros IR de bibliografía encontrada, en la siguiente figura podemos observar el espectro infrarrojo de una resina natural;

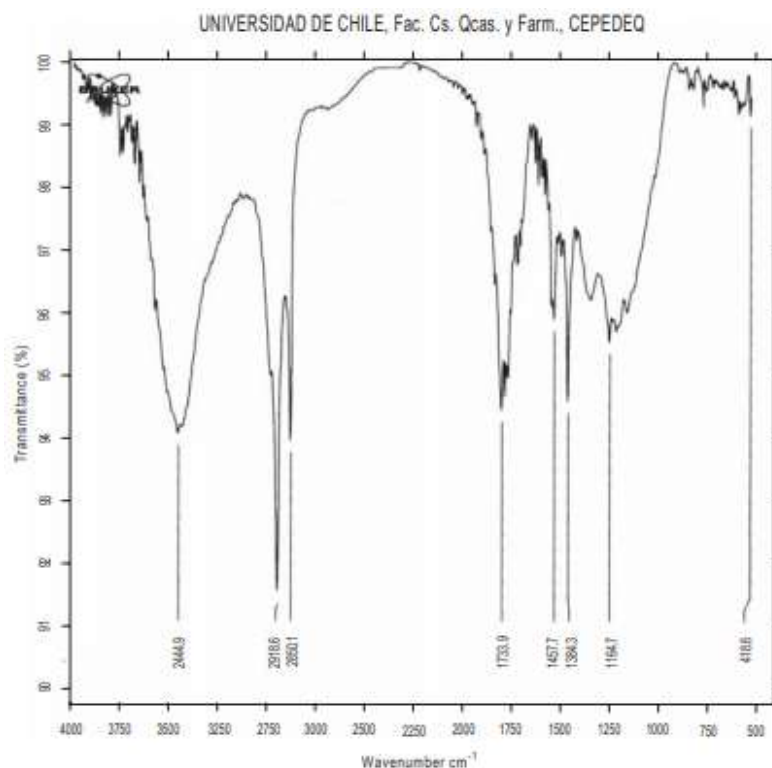


Figura 2-4: Espectro infrarrojo de una muestra identificada como goma laca

Fuente: Acevedo et al., 2003

Donde se observan las siguientes señales:

Tabla 5-4: Señales del espectro IR de la goma laca

Número de onda [cm ⁻¹]	Grupo funcional asociado
3444.9	Tensión O-H banda ancha
2918.6	Tensión C-H alcanos CH ₃
2850.1	Tensión C-H alcanos CH ₂
aprox. 2700	Tensión C-H aldehídos
1733.9	Tensión C=O
1457.7	Deformación simétrica -CH ₂
1384.3	Deformación C-O-C asimétrico
1260	tensión C-O-C
1164.7	tensión C-O simétrico

Fuente: Acevedo et al., 2003

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

El segundo espectro es una resina sintética, PVA con un monómero acrílico:

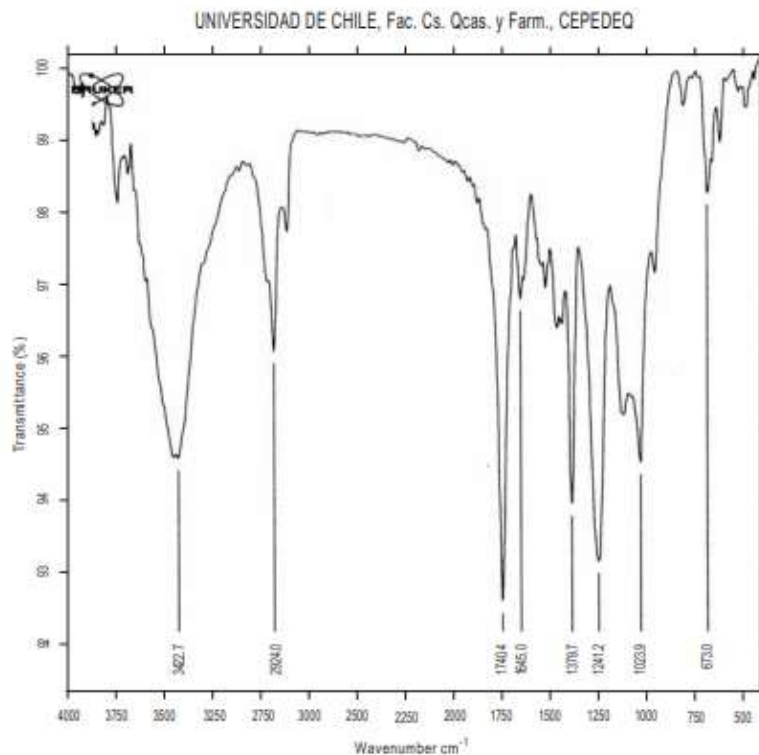


Figura 3-4: IR de una muestra identificada como PVA y un monómero acrílico

Fuente: Acevedo et al., 2003

Tabla 6-4: Señales del espectro de la resina sintética

Número de onda [cm-1]	Grupo funcional asociado
3422.7	Tensión O-H, banda ancha
2924.0	Tensión C-H alcanos CH3
aprox. 2850.0	Tensión C-H alcanos CH2
1740.4	Tensión C=O
1645.0	Tensión C=C
1379.7	Deformación deflexión -CH3
1241.2	Tensión C-O-C asimétrico
1023.9	Tensión C-O simétrico
673.0	Flexión fuera del plano =C-H

Fuente: Acevedo et al., 2003

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

En todos los espectros se observa una señal prominente con número de onda de 3325.64 cm^{-1} , 3444.9 cm^{-1} y 3422.7 cm^{-1} perteneciente a la resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal, resina natural (goma laca) y a la resina sintética (PVA con monómero acrílico respectivamente), esta banda ancha indica la presencia del grupo O-H; las señales en los tres espectros son similares donde únicamente difiere una de otra el grupo funcional que se ha encontrado debido a que este le otorga las

características a cada producto, es así, el caso de la resina natural (goma laca) donde se nota una señal cercana a 2700 cm^{-1} y debido a un fuerte pico se determina la presencia de aldehídos (Acevedo et al., 2003, p.108), la misma ausencia de dicha señal en el espectro de la resina sintética y la aparición de alquenos en 1645 y 673 cm^{-1} sugiere que se trata de una resina PVA con monómero acrílico (Acevedo et al., 2003, p. 109), en el caso de la resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal, se observa señales débiles de 2846.42 y 2356.27 cm^{-1} donde figura el grupo amina debido a los componentes estructurales del nopal y presencia de alquenos en 1637.27 cm^{-1} , la similitud del espectro con los espectros hallados en bibliografía nos afirma que el producto analizado es una resina vinil acrílica.

4.5.2. Espectro del Aguarrás

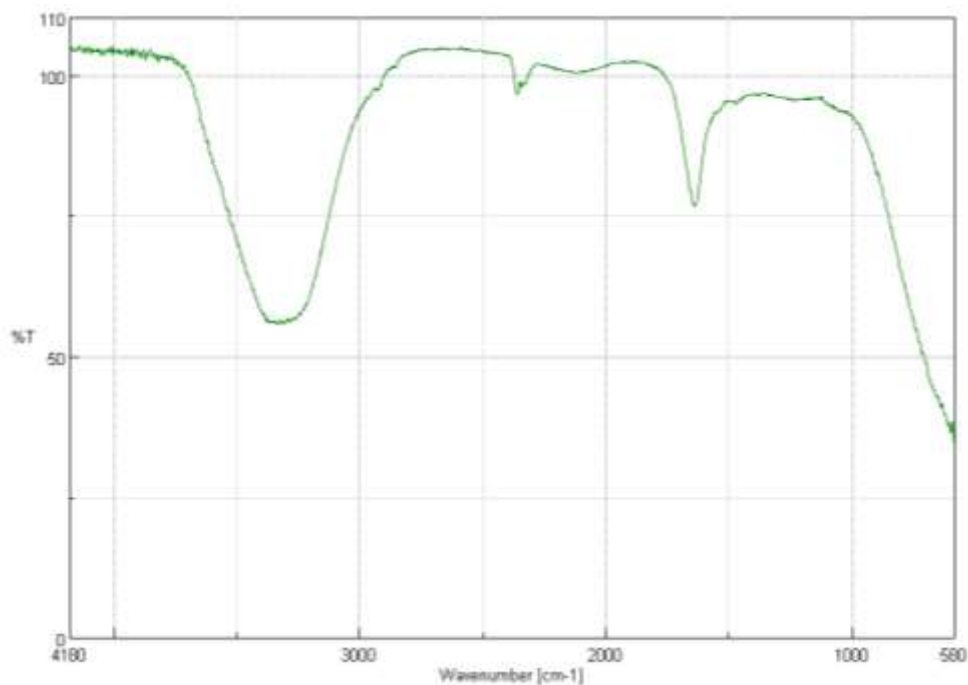


Figura 4-4: Espectro IR para el aguarrás.

Fuente: Laboratorio de química instrumental ESPOCH, 2020

Tabla 7-4: Resultados del espectro para el aguarrás

Número de onda [cm-1]	%T	Intensidad	Grupo funcional asociado
3341.07	55.886	Intensa	OH
2361.41	96.4597	Media	C-H
2325.73	98.4399	Débil	Acetileno Central, desaparece si la simetría es alta
1637.27	76.6494	Baja	Sobretono de las flexiones fuera del campo C-H y combinaciones
1538.92	93.5893	Variable	Núcleo bencénico

Elaborado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Aguarrás, como subproducto de la destilación del mucílago del nopal representa utilidad para el área de cosmetología por la presencia de compuestos aromáticos como fenólicos que permitirán a este desarrollar nuevos productos, dejando abierta la posibilidad de expandir el estudio de esta.

4.6. Análisis costo beneficio del proceso

Tabla 8-4: Detalle de la inversión

DENOMINACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tanque de lavado	1	1000	1000
Mesa de selección	2	290	580
Mesa de Escobillado	2	290	580
Mesa de mondado	1	290	290
Mesa troceado	1	290	290
Licadora industria (GY- 5l)(25kw)	1	3000	3000
Centrifuga sinfín/cestillo	1	4000	4000
Tanque de calentamiento	1	3023	3023
Destilador tipo batch	1	3500	3500
Balanza	1	400	400
Bandas Transportadoras	5	200	1000
Nopal	710	1	710
Subtotal			18373
	INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA		
Infraestructura	1	80000	80000
Mano de obra	1	3000	3000
Transporte de agua	1	500	500
Subtotal			83500

	DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO		
Camión de transporte	1	24990	24990
Subtotal			24990
TOTAL			126863

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Tabla 9-4: Costo de mano de obra

COSTOS DE MANO DE OBRA			
PERSONAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Operarios	5	400	2000
Técnicos	1	500	500
Chofer	1	400	400
Subtotal			2900
TOTAL			2900

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Tabla 10-4: Costo de requerimientos energéticos

COSTOS DE REQUERIMIENTOS ENERGETICOS			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Energía	Kw/mes	0.02 Kwh	500
Agua Potable	m^3/mes	0.35 mm^3	100
Subtotal			600
TOTAL			600

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

Tabla 11-4: Costos totales de implementación

COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN	
DETALLE	COSTO TOTAL
Costos de implementación	126863
Costos de mano de obra	2900
Requerimientos energéticos	600
TOTAL	130363

Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

CONCLUSIONES

- Se caracterizó la materia prima, el nopal, obteniéndose los siguientes resultados: tiene un 94,80% de humedad, presenta un pH ácido de 5,1; además de poseer poli fenoles totales y gran actividad oxidante ideal para este tipo de resinas.
- Las variables del proceso que caracterizan a la producción de resinas de este tipo son: tiempo de operación, concentración de materia prima, capacidad del destilador, temperatura del destilador; el tiempo de destilación del mucílago de nopal es de una hora, ingresando con una concentración de 1,07 kg/L a una temperatura de 90°C.
- Se diseñó el proceso para la obtención de la resina el mismo constará de: un tanque de agitación y un destilador tipo Batch con capacidad de 1600 L y 430 L respectivamente, ambos en material de acero inoxidable. Se requerirá también las operaciones de: selección, lavado, escobillado, mondado y troceado de materia prima para las que se utilizarán mesas industriales y un tanque de lavado, operaciones como el triturado, filtrado y centrifugado se realizará por medio de tamices, licuadora y centrifugadora industrial.
- Se validó el diseño del proceso para la elaboración de resina vinil acrílica a partir de la baba de nopal para empastes mediante pruebas rigurosas obteniendo los siguientes datos, porcentaje de sólidos a 105°C de 49%, viscosidad de 2500 cP y un pH de 5, los parámetros antes mencionados se rigen a la norma NTE INEN-ISO 3219. A su vez cumple también con características químicas como poseer una gran actividad oxidante como se muestra en el análisis IR de la muestra obtenida siendo estas características para generar resinas de este tipo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental para el fortalecimiento y mejoramiento del proceso productivo, en virtud de generar condiciones adecuadas garantizando un proceso sostenible.
- Es necesario que el nopal tenga dos a tres años de edad para obtener un mayor rendimiento del mucílago.
- Se recomienda realizar un estudio acerca del aguarrás obtenido como subproducto de la destilación, para posibles aplicaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAJÁN VILLASEÑOR, Myrna Alicia. Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Politécnica De Valencia, Valencia, España. 2008. pp. 33-56. [Consulta: 2019-10-23]. Disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf>

ACEVEDO RAMOS, Rodrigo, et al. Identificación de barnices en pintura de caballete por cromatografía en placa fina (TLC) y espectroscopia infrarroja (FTIR). [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2003. pp. 1-24. [Consulta: 2019-11-01]. Disponible en:

http://www.patrimoniocultural.gob.cl/dinamicas/DocAdjunto_132.pdf.

AJA MORATAYA, Roderico Aníbal. Destilación de la resina de pino ocote (*pinus oocarpa schiede ex schldtl*) extraída en el Municipio de Granados, baja Verapaz para la obtención y caracterización de colofonia (rosyn) a nivel laboratorio. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad De San Carlos De Guatemala, Guatemala. 2006. pp. 27-30. [Consulta: 2019-11-22]. Disponible en:

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0978_Q.pdf

BERENGUER SUBILS, José; & ESPADALÉ ALONSO, Rosa. Colofonia. Riesgos asociados a su utilización. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2007. pp. 1-3. [Consulta: 2020-03-10]. Disponible en:

<https://www.insst.es/documents/94886/327740/752.pdf/b7d8f0ee-1bfe-4e97-ac78-8b84d9d25f58>

CASTILLO RODRÍGUEZ, Alexis. Síntesis de terpenos bioactivos: Empleo de *Bellardia trixago* y ciclaciones biomiméticas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad de Granada, Granada, España. 2015. pp. 15-30. [Consulta: 2020-01-12]. Disponible en:

<https://hera.ugr.es/tesisugr/2495438x.pdf>

CENGEL, Yunes; & BOLES, Michael. *Termodinámica*. [En línea] Mc Graw-Hill, 1996, p. 191. [Consulta: 2020-04-18]. Disponible en:

<http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodin%C3%A2mica/Material%20Did%C3%A1tico/Livro%20-%20Cengel/Termodinamica%20-%20Cengel%207th%20-%20espanhol.pdf>

CHICAIZA CHICAIZA, Liliana Elizabeth; & PALLO CHANGOTASIG, Jessica Cristina. Elaboración de néctar de dos variedades de tuna (Opuntia Ficus y Opuntia Boldinghii) utilizando dos tipos de endulzantes (stevia y miel de abeja) y dos antioxidantes (Ácido Ascórbico y Meta Bisulfito de Sodio) en los laboratorios de la carrera de ingeniería agroindustrial en la Universidad Técnica De Cotopaxi en el periodo 2014-2015. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador. 2016. pp. 4-11. [Consulta: 2019-11-02]. Disponible en:

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2642/1/T-UTC-00178.pdf>

ESPINOZA ORTEGA, María. Influencia de tres variables en la obtención y propiedades fisicoquímicas de la oleoresina del Pinus tecunumanii. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 2005. pp. 12-20. [Consulta: 2019-10-23]. Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1752/K50.E8-T.pdf?sequence=1>

GARCÍA NAUTO, Nidia. Optimización de la extracción acuosa secado del biopolímero de nopal (opuntia ficus-indica). [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2017. pp. 12-20. [Consulta: 2020-02-05]. Disponible en:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IPJa46yAK3kJ:repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151051/Optimizaci%25C3%25B3n-de-la-extraccion-acuosa-y-secado-del-biopolimero-de-nopal-%2528Opuntia-Ficus-Indica%2529.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIA RURAL DE CUBIJÍES. *Componente biofísico de la Parroquia Rural de Cubijíes.* 2015. [Consulta: 2020-02-14]. Disponible en:

http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660822960001_DIAGNOSTICO%20POR%20COMPONENTES_15-05-2015_23-14-21.pdf

GUERRERO RODRÍGUEZ, Jhonny Leonardo. Diseño del proceso industrial para la obtención de vino a base de tuna (Opuntia ficus-indica), para la empresa Vita Tuna. [En línea] (Trabajo de

titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 35-40. [Consulta: 2020-02-15]. Disponible en:

<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/8984/1/96T00474.pdf>

HERNÁNDEZ ROSAS, Armando. Caracterización del nopal forrajero. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México. 2016. pp. 14-23 [Consulta: 2020-01-06]. Disponible en:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7934/T20738%20HERNANDEZ%20ROSAS,%20ARMANDO%20%20MON.pdf?sequence=1>

IRESIDUO. *La adición de nopal a los materiales de construcción aumenta su durabilidad..2017.* [Consulta: 2020-01-15]. Disponible en:

<https://iresiduo.com/noticias/mexico/conacyt/17/01/18/adicion-nopal-materiales-construccion-aumenta-durabilidad>

JIMÉNEZ FERNÁNDEZ, Evelyn Ester. Obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (*Opuntia ficus indica*) a partir de diferentes métodos de extracción. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2014. pp. 3-14. [Consulta: 2019-10-25]. Disponible en:

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130028/Obtencion-del-mucilago-de-la-cascara-de-la-tuna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LAPEÑA ESTEBAN, Andrea. Estudio de las utilizaciones y componentes de la resina natural de pino. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, España. 2017. pp. 38-40. [Consulta: 2020-12-22]. Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/104553/Treball%20Final%20de%20Grau%20Andrea%20Lape%C3%B1a%20Esteban.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LÓPEZ ESTRADA, Francisco Ronay. Caracterización y Validación Dinámica de una Planta Piloto de Destilación. [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Morelos, México. 2008. p. 13. [Consulta: 2019-10-25]. Disponible en:

<https://www.cenidet.edu.mx/subplan/biblio/seleccion/Tesis/ME%20Francisco%20%20Ronay%20Lopez%20%20Estrada%202008.pdf>

LÓPEZ PÉREZ, Greysi. Producción de cuatro variedades de nopal verdura bajo macro túnel. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México. 2018. pp. 1-2. [Consulta: 2019-10-25]. Disponible en:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45201/GREYSI%20LOURDES%20LOPEZ%20PEREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MERCADO MUÑOZ, Fermín. Diversidad y sistemática del genero Opuntia s.s., en la región de los Cabos, Baja California Sur, México. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México. 2014. pp. 3-7. [Consulta: 2019-11-03]. Disponible en:

https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/129/1/mercado_f.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. La producción de tuna, una actividad rentable. 2020. [Consulta: 2020-03-15]. Disponible en:

<https://www.agricultura.gob.ec/la-produccion-de-tuna-una-actividad-rentable/>

MORALES GALLEGOS, Johanna Ivonne. Estudio de las emisiones de terpenos por la especie nativa schinus molle l. (pimiento), sus variaciones temporales y su contribución al mejoramiento del inventario de emisiones de la región metropolitana. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2013. p. 24. [Consulta: 2020-02-19]. Disponible en:

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:0Dvjc4i8I0sJ:repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115135/morales_ji.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec

OROZCO SILVAS, Elizabeth. Elaboración y caracterización de películas de mucílago de nopal-pectina: efecto de la concentración del mucílago de nopal en las propiedades fisicoquímicas y mecánicas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. 2017. pp. 34-35. [Consulta: 2019-11-10]. Disponible en:

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67766/Tesis%20Eli%20%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PADILLA CALUÑA, Alex Patricio. Diseño de un reactor para la fabricación de resinas vinílicas utilizadas en la elaboración de colas blancas en la empresa Pintuglobal del cantón Mocha. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 18-45. [Consulta: 2019-10-26]. Disponible en:

<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/6594/1/96T00388.pdf>

QUIGUANGO YASELGA, Wilson Kleber. Utilización de la penca de nopal (*Opuntia ficus indica*), para la elaboración de jugo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, Ecuador. 2011. p. 1. [Consulta: 2019-12-20]. Disponible en:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/379/1/03%20AGI%20278%20TESIS.pdf>

QUIROZ CARRANZA, Joaquín Antonio; & MAGAÑA ALEJANDRO, Miguel Alberto. “Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales”. *Madera y Bosques*, [En línea], 2015, (México) 21(3), pp. 171-183, 172. [Consulta: 2020-01-30]. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n3/v21n3a13.pdf>

QUISPE JIMÉNEZ, Haydee. Aplicación del mucílago extraído de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la clarificación del agua del río Uchusuma. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Tacna, Tacna, Perú. 2012. pp. 13-20. [Consulta: 2019-10-30]. Disponible en:

<http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/529/TG0393.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Saharí, et al. Optimización de la extracción del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*). 2006. Trabajo presentado en XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.

SÁENZ, Carmen, et al. Utilización agroindustrial del nopal. 2006. [Consulta: 2019-12-28]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=llaxlnmJjFoC&pg=PA10&lpg=PA10&dq=humedad+ceniza+carotenoides+del+nopal&source=bl&ots=AeK-C3Ep7t&sig=ACfU3U0AA9WXiOCG1dRA-vFOGi2qLIV3kw&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiLpfvu1IvoAhUCHqwKHYF7A6UQ6AEwAHoECAsQAQ#v=onepage&q=humedad%20ceniza%20carotenoides%20del%20nopal&f=false>

SANTOS HALISCAK, José Argelio. Evaluación nutricional de variedades nativas y mejoradas de nopal (*Opuntia sp.*) para consumo animal. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma De Nuevo León, Monterrey, México. 2015. pp. 12-15. [Consulta: 2019-10-25]. Disponible en:

<http://eprints.uanl.mx/13646/1/1080238031.pdf>

SALEHI, Elnaz, et al. “*Opuntia ficus indica* fruit gum: Extraction, characterization, antioxidant activity and functional properties”. *Carbohydrate Polymers* [En línea], 2018, (Irán) 11(35), pp. 2-3. . [Consulta: 2019-12-22]. Disponible en:


<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.035>

VARGAS RODRÍGUEZ, Lorena., et al. J. (2016). “Propiedades físicas del mucílago de nopal”. *Acta Universitaria* [En línea], 2016, (México) 26(1), pp. 8-11. [Consulta: 2019-12-20]. doi: 10.15174/au.2016.839. Disponible en:

<https://doi.org/10.15174/au.2016.839>

ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA


Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos


CÓDIGO: 273-19

CLIENTE: Srta. Natalia Rodríguez
TIPO DE MUESTRA: Nopal
FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de diciembre del 2019
FECHA DE MUESTREO: 27 de diciembre del 2019


EXAMEN FISICO
COLOR: Característico
OLOR: Característico
ASPECTO: Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Humedad	%	INEN 1235	94.80
Cenizas	%	INEN 401	2.74
Acidez titulable expresada como ácido cítrico	%		0.38
pH	Unid	Potenciométrico	5.1
Clorofila	mg / 100 g	-	8.50
Carotenoides	mg / 100 g	-	1.63

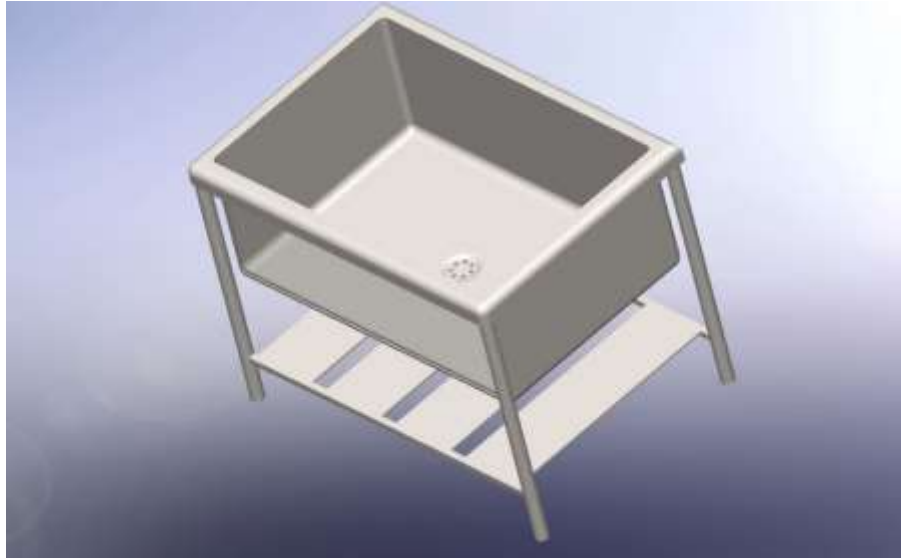
RESPONSABLE:


Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en laboratorio.


Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

ANEXO B: PROTOTIPO DE TANQUE DE LAVADO

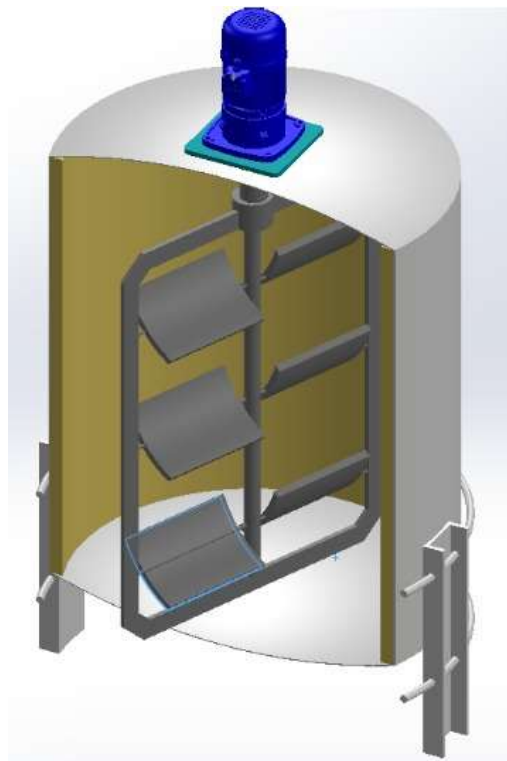
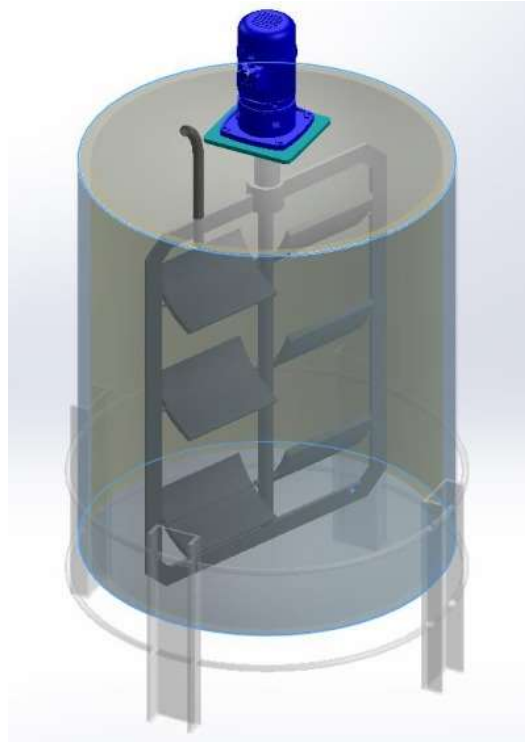


Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020



Realizado por: Rodríguez, Natalia, 2020

ANEXO C: PROTOTIPO DEL TANQUE DE AGITACIÓN



ANEXO D: APLICACIÓN DE EMPASTE



ANEXO E: NORMA NTE INEN-ISO 3219



Quito – Ecuador

NORMA
TECNICA
ECUATORIANA

NTE INEN-ISO 3219

Primera edición
2014-01

PLÁSTICOS. POLÍMEROS/RESINAS EN ESTADO LÍQUIDO, EN EMULSIÓN O EN DISPERSIÓN. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD CON EL VISCOSÍMETRO ROTACIONAL, CON UNA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN EN TALLA DEFINIDA (ISO 3219:1993, IDT)

PLASTICS. POLYMERS/RESINS IN THE LIQUID STATE OR AS EMULSIONS OR DISPERSIONS. DETERMINATION OF VISCOSITY USING A ROTATIONAL VISCOSIMETER WITH DEFINED SHEAR RATE (ISO 3219:1993, ID)

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 3219:1993.

DESCRIPTORES: Plástico, polímero, resina, ensayo, determinación, viscosidad.
ICS: 83.080.20

16
Páginas

© ISO 1993 – Todos los derechos reservados.
© INEN 2014.

Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3219 es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 3219:1993, "*Plastics. Polymers/resins in the liquid state or as emulsions or dispersions. Determination of viscosity using a rotational viscosimeter with defined shear rate*", la fuente de la traducción es la norma adoptada por AENOR. El comité nacional responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana y de su adopción es el Comité Interno del INEN.

2014-0651

© ISO 1993 – Todos los derechos reservados
© INEN 2014

- 5 -

ISO 3219:1993

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Internacional establece los principios generales de un método de ensayo para la determinación de la viscosidad de los polímeros y de las resinas (que se presentan bajo forma líquida, emulsión o dispersión) por medio de un viscosímetro con una rotación y geometría normalizadas y con una velocidad de deformación en cizalla definida.

Las determinaciones de viscosidad efectuadas conforme a esta norma consisten en establecer la correlación entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de deformación en cizalla. Los resultados obtenidos con los distintos instrumentos conformes con esta norma son comparables, y se aplican, tanto para los instrumentos con cizalla controlada, como para los aparatos con esfuerzo controlado.

2 NORMAS PARA CONSULTA

La siguiente norma contiene las disposiciones que, por medio de la referencia hecha en este texto, constituyen disposiciones válidas para esta Norma Internacional. En el momento de la publicación, la edición a la que se hace referencia se hallaba en vigor. Toda norma está sujeta a revisiones y los acuerdos basados en esta Norma Internacional tienen la posibilidad de hacer referencia a la última edición de la norma abajo citada. Los miembros de CEI e ISO tienen registros de las Normas Internacionales que están en vigor en un momento dado.

ISO 219:1977 – *Plásticos. Atmósferas normalizadas para acondicionamiento y ensayo.*

3 PRINCIPIO DEL METODO

Se mide la viscosidad de un fluido de muestra usando un viscosímetro rotacional de características definidas, que permita medir, simultáneamente, la velocidad de deformación en cizalla y el esfuerzo de cizalla aplicado.

La viscosidad η se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

donde

τ es el esfuerzo de cizalla;

$\dot{\gamma}$ es la velocidad de deformación en cizalla.

De acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad de viscosidad dinámica es el pascal segundo (Pa · s):

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$$

NOTAS

- 1 Los símbolos están de acuerdo con la Norma ISO 31-3:1992, *Magnitudes y unidades. Parte 3: Mecánica*.
- 2 Cuando la viscosidad depende de la velocidad de deformación en cizalla a que ha sido efectuada la medida, es decir, $\eta = f(\dot{\gamma})$, se dice que el fluido posee un comportamiento no newtoniano. Los fluidos cuya viscosidad no depende de la velocidad de deformación en cizalla se considera que tienen un comportamiento newtoniano.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN-ISO 3219	TITULO: PLASTICOS. POLIMEROS/RESINAS EN ESTADO LIQUIDO, EN EMULSION O EN DISPERSION. DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD CON EL VISCOSIMETRO ROTACIONAL, CON UNA VELOCIDAD DE DEFORMACION EN CIZALLA DEFINIDA (ISO 3219:1993, IDT)	Código: ICS 83.080.20
---	--	---------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2013-11-25	REVISION: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: 2013-11-27 al 2013-12-12

Comité Interno del INEN:
Fecha de iniciación: 2013-12-13
Integrantes del Comité Interno:

Fecha de aprobación: 2013-12-13

NOMBRES:

Eco. Agustín Ortiz (Presidente)
Ing. José Luis Pérez
Ing. Paola Castillo
Ing. Tatiana Briones

Ing. Laura González
Ing. Bolívar Cano
Ing. Gonzalo Arteaga (Secretaría Técnica)

INSTITUCION REPRESENTADA:

DIRECCION EJECUTIVA
COORDINACION GENERAL TECNICO
DIRECCION DE NORMALIZACION
DIRECCION DE VALIDACION Y
CERTIFICACION
DIRECCION DE METROLOGIA
DIRECCION DE REGLAMENTACION
DIRECCION DE NORMALIZACION

Otros trámites: Compromiso Presidencial N° 20549 del 08 de junio del 2013, para el fortalecimiento de normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 158 de 2014-01-09

Por Resolución No. 13532 de 2013-12-20



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 17 / 06 /2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Natalia Samara Rodríguez Vicente
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Facultad de Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



17-06-2020

0060-DBRAI-UPT-2020