



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PECTINA
A PARTIR DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus Sinensis*) PARA
USO COMERCIAL”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: KATHERIN MISHEL CHIMBO SILVA

DIRECTOR: B.Q.F. ADRIANA ISABEL RODRÍGUEZ BASANTES M. Sc

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Katherin Mishel Chimbo Silva**

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

Yo, KATHERIN MISHEL CHIMBO SILVA, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otra fuente 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, 17 de noviembre de 2022

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Katherin Ch', with stylized flourishes below the name.

Katherin Mishel Chimbo Silva

060463438-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus Sinensis*) PARA USO COMERCIAL**, realizado por la señorita: **KATHERIN MISHEL CHIMBO SILVA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
MVZ. Guillermo Eduardo Dávalos Merino Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-11-17
B.Q.F. Adriana Isabel Rodríguez Basantes MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-11-17
Ing. Mónica Lilian Andrade Avalos MSc ASESORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-11-17

DEDICATORIA

Este trabajo de Titulación lo dedico a Dios por concederme salud y vida, por haber brindado fortaleza y sabiduría a lo largo de esta trayectoria académica para sobrellevarla con fe y esperanza. A mi hija Kathlen Ashley Pucha Chimbo que fue la luz que iluminó mi camino en los momentos más difíciles, por ser mi inspiración y el motivo de superarme; recorrer este sendero a su lado sin duda fue la experiencia y bendición más bonita que pude tener.

A mi esposo Leonel quien, con su amor, apoyo incondicional y su esfuerzo ha logrado que pueda cumplir este proyecto.

A mis familiares y amigos por esas palabras de aliento, para que vean que los sueños también se pueden cumplir al revés a pesar de los errores simplemente hay que proponernos y luchar por ellos.

Katherin

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen por derramar en mi familia y en mí infinitas bendiciones, por darnos salud y vida porque a pesar de los obstáculos en el camino me permitieron concluirlos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a todos los docentes que compartieron sus conocimientos en las clases impartidas.

A mi esposo y a mi hija por ser mi soporte a lo largo de mi formación académica, por la dedicación tanto en lo económico como en lo sentimental.

A la Ing. Adriana Rodríguez y a la Ing. Mónica Andrade por su paciencia, tiempo, guía, apoyo y asesoramiento en el desarrollo de este Trabajo de Titulación.

Katherin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Identificación del Problema.....	3
1.3. Justificación del Proyecto.....	3
1.4. Beneficiarios Directos e Indirectos.....	4
1.4.1. <i>Beneficiarios Directos</i>	4
1.4.2. <i>Beneficiarios indirectos</i>	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Referencias teóricas.....	7
2.2.1. <i>Naranja (Citrus Sinensis)</i>	7
2.2.1.1. Origen y situación actual en el Ecuador.....	8
2.2.1.2. <i>Taxonomía</i>	8
2.2.2. <i>Cáscara de naranja</i>	8
2.2.2.1. <i>Composición fisicoquímica</i>	9
2.2.3. Pectina	10
2.2.3.1. <i>Estructura química</i>	10
2.2.4. <i>Clasificación de la pectina</i>	10
2.2.4.1. <i>Pectinas de alto Metoxilo</i>	11
2.2.4.2. <i>Pectinas de bajo metoxilo</i>	12

2.2.5.	<i>Métodos de extracción de pectina</i>	12
2.2.5.1.	<i>Hidrolisis ácida convencional</i>	13
2.2.5.2.	<i>Hidrolisis ácida asistida por microondas</i>	13
2.2.5.3.	<i>Hidrolisis enzimática</i>	13
2.2.6.	<i>Aplicación de la pectina</i>	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	15
3.1.	Localización del proyecto	15
3.2.	Ingeniería del proyecto	16
3.2.1.	<i>Tipo de estudio</i>	16
3.2.2.	<i>Metodología</i>	16
3.2.2.1.	<i>Métodos de investigación</i>	16
3.2.2.2.	<i>Técnicas</i>	16
3.2.3.	<i>Muestreo</i>	17
3.2.4.	<i>Caracterización de la materia prima a utilizar</i>	17
3.2.4.1.	<i>Análisis de las propiedades físico-químicas y microbiológicas</i>	17
3.2.5.	<i>Ensayo de obtención de pectina a escala de laboratorio</i>	20
3.2.5.1.	<i>Requerimiento de materiales, equipos y reactivos</i>	20
3.2.5.2.	<i>Descripción del proceso a nivel de laboratorio</i>	21
3.2.6.	<i>Caracterización del producto obtenido</i>	22
3.2.7.	<i>Determinación de las variables de proceso</i>	22
3.2.8.	<i>Cálculos de ingeniería</i>	23
3.2.8.1.	<i>Balance de materia</i>	23
3.2.8.2.	<i>Datos del Secado de Pectina</i>	27
3.2.8.3.	<i>Balance de energía</i>	28
3.2.9.	<i>Dimensiones de la planta</i>	30
3.2.9.1.	<i>Cálculo del rendimiento de la obtención de pectina a escala de laboratorio</i>	30
3.2.10.	<i>Diseño de equipos</i>	31
3.2.10.1.	<i>Tanque de lavado y desinfección</i>	31
3.2.10.2.	<i>Tanque para la inactivación enzimática</i>	32
3.2.10.3.	<i>Tanque de hidrolisis ácida</i>	34
3.2.10.4.	<i>Filtro</i>	39
3.2.10.5.	<i>Tanque de concentración de la solución y precipitación</i>	40
3.2.10.6.	<i>Secador de bandejas</i>	43
3.2.10.7.	<i>Molino de martillos</i>	44

3.3.	Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria	45
3.3.1.	<i>Equipos y maquinaria adicionales necesarios para la producción</i>	45
3.4.	Análisis de costo-beneficio para la producción industrial de pectina.....	48
3.4.1.	<i>Inversión fija</i>	48
3.4.2.	<i>Determinación de egresos</i>	50
3.4.3.	<i>Costos totales de inversión fija y egresos.....</i>	51
3.4.4.	<i>Determinación de ingresos anuales.....</i>	51
3.4.4.1.	<i>Costos de la producción por unidad producida.....</i>	51
3.4.4.2.	<i>Precio de venta unitario al público.....</i>	52
3.4.5.	<i>Cálculo del Valor actual neto, Tasa de retorno interno y Periodo de recuperación</i>	52
3.4.5.1.	<i>Valor actual neto (VAN).....</i>	52
3.4.5.2.	<i>Tasa Interna de Retorno (TIR).....</i>	53
3.4.5.3.	<i>Periodo de recuperación (PDR)</i>	53

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS.....	55
4.1.	Resultados de la caracterización de la materia prima (cáscara de naranja)	55
4.2.	Resultado de la obtención de pectina a nivel de laboratorio	56
4.2.1.	<i>Resultados del balance de materia y balance de energía</i>	56
4.3.	Resultado de las dimensiones de la planta	57
4.4.	Resultado del análisis de costo-beneficio para la producción	59
4.5.	Resultados de la validación del producto final	60
4.6.	Comparación de los análisis de la materia prima y la pectina obtenida	61

CONCLUSIONES.....	62
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	63
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Investigaciones realizadas sobre la obtención de pectina.....	7
Tabla 2-2:	Taxonomía de la naranja (<i>Citrus Sinensis</i>).....	8
Tabla 3-2:	Composición fisicoquímica de la cáscara de naranja (<i>Citrus Sinensis</i>).....	9
Tabla 4-2:	Características de pectinas de alto metoxilo.....	11
Tabla 5-2:	Características de pectinas de bajo metoxilo.....	12
Tabla 6-3:	Características geográficas del área de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias	15
Tabla 7-3:	Parámetros físico-químicos de la materia prima	17
Tabla 8-3:	Parámetros microbiológicos de la materia prima	19
Tabla 9-3:	Descripción del proceso a nivel de laboratorio	21
Tabla 10-3:	Parámetros físico-químicos del producto final	22
Tabla 11-3:	Parámetros microbiológicos del producto final.....	22
Tabla 12-3:	Variables de proceso de obtención de pectina.....	22
Tabla 13-3:	Datos experimentales del secado de pectina.....	27
Tabla 14-3:	Calculo del flujo de calor del proceso	29
Tabla 15-3:	Especificaciones técnicas del filtro.....	39
Tabla 16-3:	Especificaciones técnicas del secador de bandejas.....	44
Tabla 17-3:	Especificaciones técnicas del molino de martillos	44
Tabla 18-3:	Equipos y maquinaria adicional que se utiliza en el proceso de producción.....	48
Tabla 19-3:	Costos de inversión fija de la empresa	49
Tabla 20-3:	Costos totales de inversión fija de la empresa.....	49
Tabla 21-3:	Costos de materiales e insumos para la obtencion de pectina por lote	50
Tabla 22-3:	Costo de servicios básicos requeridos	50
Tabla 23-3:	Costos de mano de obra directa.....	50
Tabla 24-3:	Total de egresos anuales	51
Tabla 25-3:	Costos totales de inversión fija y egresos.....	51
Tabla 26-3:	Ingresos anuales.....	52
Tabla 27-3:	Cálculo del VAN	53
Tabla 28-3:	Cálculo del PDR.....	54
Tabla 29-4:	Resultados de la caracterización bromatológica de la materia prima.....	55
Tabla 30-4:	Resultados de la caracterización microbiológica de la materia prima.....	56
Tabla 31-4:	Resultados del balance de materia de la obtención de pectina a nivel de laboratorio	56
Tabla 32-4:	Resultados del balance de materia de la obtención de pectina a nivel de laboratorio	57

Tabla 33-4:	Resultados de las dimensiones de la planta	57
Tabla 34-4:	Resultados del análisis físico-químico de la pectina	60
Tabla 35-4:	Resultados del análisis microbiológico de la pectina	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Cáscara de naranja	9
Ilustración 2-2:	Estructura molecular básica de la pectina	10
Ilustración 3-2:	Pectina de alto metoxilo.....	11
Ilustración 4-2:	Pectina de bajo metoxilo.....	12
Ilustración 5-3:	Ubicación geográfica de ESPOCH	15
Ilustración 6-3:	Diagrama de humedad en base seca vs el tiempo	27
Ilustración 7-3:	Correlación geométrica del agitador y reactor	37
Ilustración 8-4:	Diagrama de comparación de resultados de los análisis	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

ANEXO B: OBTENCIÓN DE LA PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE LA NARANJA.

ANEXO C: DISEÑOS DE LOS TANQUES.

ANEXO D: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA DE PECTINA.

ANEXO E: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA EN EL LABORATORIO SAQMIC.

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue el diseñar un proceso de obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) para uso comercial; para lo cual se obtuvo la pectina a nivel de laboratorio, se determinó las variables de proceso, se realizó los cálculos de ingeniería y se validó el producto final. Para el proceso se seleccionó la materia prima a la cual se realizó la caracterización físico-química y microbiológica mediante un análisis bromatológico; seguido se sometió a la inactivación enzimática a una temperatura de 100° Celsius, luego se realizó la hidrólisis ácida en la que se controló las variables más importantes como son: pH 1.5, temperatura de 90° Celsius, tiempo de extracción de 60 minutos con agitación constante, para la etapa de precipitación se empleó etanol a 96° y el secado se efectuó durante 12 horas a una temperatura de 50° Celsius. Con los datos obtenidos a nivel de laboratorio se calculó el dimensionamiento de los equipos necesarios para el proceso en la que se estableció un flujo de alimentación de 500 kilogramos de cáscara de naranja, además se realizó el estudio costo-beneficio en el que se obtuvo los valores de: VAN \$220753.39, TIR de 94% y el PRI de 11 meses y 22 días. Para validar el proceso de obtención se realizó en un laboratorio externo la caracterización físico-química y microbiológica de la pectina en donde se obtuvo los resultados de: humedad 4.62%, cenizas 1.44%, proteína 0.02%, fibra 1.36%, grasa 3.44%, carbohidratos 70.49%, contenido de metoxilos 6.53%. Se concluyó que la pectina obtenida se encuentra dentro de los rangos señalados por la norma INEN 0427 considerándole un producto aceptable. Se recomienda que durante el proceso de hidrólisis ácida la agitación sea de manera constante para garantizar la reacción de sustitución nucleofílica

Palabras clave: <PECTINA>, <HIDRÓLISIS ÁCIDA>, <SECADO>, <CÁSCARA DE NARANJA>, <DISEÑO DE PROCESO>, <CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA>.



2358-DBRA-UTP-2022

[Handwritten signature]
14/12/2022

ABSTRACT

The objective of this project was to design a process to obtain pectin from orange peel (*Citrus Sinensis*) for commercial use; for this purpose, pectin was obtained at laboratory level, the process variables were determined, engineering calculations were made and the final product was validated. For the process, the raw material was selected and underwent physical-chemical and microbiological characterization by means of a bromatological analysis; then it was subjected to enzymatic inactivation at a temperature of 100° Celsius, followed by acid hydrolysis in which the most important variables were controlled, such as: pH 1.5, temperature of 90° Celsius, 60 minutes extraction time 12 with constant agitation, for the precipitation stage ethanol at 96° was used and drying was carried out for 12 hours at a temperature of 50° Celsius. With the data obtained at the laboratory level, the sizing of the equipment necessary for the process was calculated, in which a feed flow of 500 kilograms of orange peel was established, and a cost-benefit study was carried out, in which the following values were obtained: NPV \$220753.39, IRR of 94% and IRR of 11 months and 22 days. To validate the production process, a physicochemical and microbiological characterization of the pectin was carried out in an external laboratory, where the following results were obtained: 4.62% humidity, 1.44% ash, 0.02% protein, 1.36% fiber, 3.44% fat, 70.49% carbohydrates, 6.53% methoxyl content. It was concluded that the pectin obtained is within the ranges indicated by INEN 0427, considering it an acceptable product. It is recommended to keep the agitation constant during the acid hydrolysis process in order to guarantee the nucleophilic substitution reaction.

Key words: <PECTIN>, <ACID HYDROLYSIS>, <DRYING>, <ORANGE SHELL>, <PROCESS DESIGN>, <PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION>.


Ana Gabriela Reinoso Espinosa

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumo de jugos naturales ha aumentado debido a las propiedades que aportan a las personas, la elaboración de estos jugos naturales genera residuos orgánicos que al no ser tratados adecuadamente provocan una gran contaminación ambiental dentro de los mismos existen principios activos, contienen una variedad de nutrientes, aceites esenciales, pectinas, entre otros a los cuales se les puede dar un valor agregado a través de una transformación como es el caso de la obtención de la pectina de la cáscara provenientes de los jugos de naranja para su comercialización; además de ello ha aumentado la ingesta de dietas ricas en carbohidratos con alta carga glucémica como son las mermeladas que según (Valenzuela, Ortiz y Pérez, 2013, p.2) proporciona un consumo energético excesivo y una baja calidad nutricional que contribuye a enfermedades cardiovasculares que afectan nuestra salud, es por ello que se ha desarrollado el proyecto de un “Diseño de un proceso para la obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) para uso comercial” y así abordar esta problemática, pues se ha demostrado que pectinas casera extraída de productos orgánicos reducen la respuesta de glucémicas y tienen un importante potencial que contribuye para el tratamiento y prevención del diabetes (Muñoz, Montilla y Villamiel, 2021, p.4).

El trabajo de integración curricular es tipo proyecto técnico que abarca cuatro capítulos, en el Capítulo I se puntualiza el planteamiento del problema en el que se establece el aprovechamiento de los residuos para darle un valor nutricional, además plantea la justificación del presente procto y los objetivos con un fin benéfico para la sociedad. En el Capítulo II se detalla los antecedentes a la investigación y los fundamentos teóricos que sustenten el desarrollo y ayudan a una mejor comprensión del proyecto. En el Capítulo III se expone la metodología que se utilizara para la obtención de pectina en la que se detalla los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la materia prima (cáscara de naranja), las variables de proceso que intervienen, los cálculos de ingeniería, análisis de los costos- beneficios y los parámetros necesarios para el diseño del proceso de obtención de pectina. En el Capítulo IV se demuestran los resultados obtenidos en la caracterización de la materia prima, el análisis de costos y la validación de la caracterización del producto final. Finalmente se establecen las conclusiones y recomendaciones que se presentan.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La pectina es un coloide importante utilizado como fuente de fibra dietética en la industria alimenticia y farmacéutica, este corresponde al grupo de los polisacáridos y se localiza en algunos vegetales y frutas. Su fuente de extracción se localiza principalmente a las cáscaras de los cítricos debido a que contiene alrededor del 25% de sustancias pécticas lo que permite importante aprovechar las cáscaras resultantes de los jugos cítricos (Addosio et al, 2005, p.5).

La producción de este coloide inició en 1908 en Alemania a partir de los desechos de la elaboración de zumos de manzana; en la actualidad existen diferentes investigaciones de obtención de pectina a partir de los materiales vegetales y frutas en especial de los cítricos de diferente calidad, cada una de ellas difieren en el proceso o método de extracción debido a sus propiedades y a su posterior aplicación, la pectina se caracteriza por estar formada por ácido galacturónico que se encuentra en el grupo carboxilo (Álvarez, 2012, p.10). En el año 2003 se realizó una indagación en Medellín en el cual se dio a conocer el proceso de obtención a partir de la cáscara de naranja utilizando un proceso de hidrolisis durante diferentes tiempos y precipitación con alcohol lo que dio como resultado una pectina de buena apariencia y con excelentes características (Ferreira, 2007, p.75-80).

Fishman estudio la elaboración de la pectina a partir de cáscara de cítricos en la cual se realizó una extracción ácida a la cáscara mediante la introducción de vapor a baja presión dando como resultado una pectina de alto metoxilo, más tarde Liu y Yeoh estudiaron la obtención de pectina en diferentes relaciones de solventes, pH al igual que diferentes técnicas de obtención usando agua con un mejor rendimiento a través del método de Soxhlet (extracción con microondas) (Cerón y Cardona, 2011, p.2).

De acuerdo con Almeida et al (2019, pp.26-27) no existe una planta dedicada a la producción de pectina en el Ecuador por tal motivo las industrias alimenticias y farmacéutica importan desde otros países como Colombia, Argentina, México, Chile, entre otras, debido a la falta de producción las empresas ecuatorianas llegan a pagar altos valores por el producto.

1.2. Identificación del Problema

Nuestro país Ecuador, es conocido por su gran variedad de climas lo que le permite ser agrícola, biodiverso y producir una gran variedad de productos vegetales, hortalizas y frutas las mismas que son utilizadas como fuente de consumo directo, generando varios residuos orgánicos resultantes de hogares, restaurantes, mercados y vendedores ambulantes, parte de estos residuos desechado como desperdicios son causantes de una alta contaminación ambiental que puede perturbar a la salud de los seres humanos, daños al ecosistema, entre otros (Silva, Benito & Gomero, 2008, pp.175-199).

En la actualidad los productos bio naturales han adquirido una gran jerarquía debido a sus numerosos beneficios para la salud de las personas, entre ellos están la elaboración de pectina que es un polisacárido de principio vegetal que contiene características de gelificación, biocompatibilidad, con un gran número de foto nutrientes, flavonoides, turbidez y sus vitaminas A, C, permitiendo ser utilizada en la industria alimenticia actuando cuando como un aditivo y fuente de fibra dietética para la fabricación de mermeladas, gominolas, postres, entre otros, además se puede utilizar en la industria farmacéutica como desintoxicantes, antidiarreicos, entre otros, lo que permite reducir la intolerancia a la glucosa, absorben los jugos segregados por el hígado, disminuye el nivel de colesterol sanguíneo y de la fracción micro proteica, entre otros (Addosio et al, 2005, p.5).

Generalmente la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) en nuestro país es desechada y estás llegando rellenos sanitarios generando lisiados causando contaminación algunas fuentes de agua potable que se encuentran cerca, es por ello que se pretende dar valor secundario a estos residuos orgánicos aprovechando sus propiedades y obteniendo nuevos productos como la pectina para uso de las pequeñas y medianas industrias alimenticias de nuestro país y así contribuir con el progreso sustentable y económico del mismo.

1.3. Justificación del Proyecto

La pectina es una fibra natural que corresponde al grupo de los polisacáridos que se encuentra localizado en la lamela media y la pared primaria de las células vegetales, las misma que se emplea como aditivo a nivel industrial por ser gelificante, emulsificante, estabilizante y espesante que según Zegada, (2015, p.3) contiene aproximadamente una proporción de pectina en base húmeda de 7.73% para la producción de esta. Se puede obtener de la corteza de los residuos de vegetales y frutas, en el Ecuador no existe una planta productora o una variedad de empresas dedicadas a la producción de pectina por lo que el país es obligado a importar de los países fabricantes de pectina

como es de Estados Unidos, Colombia, México, Argentina y Chile, entre otros, ya que se requiere para diversos productos, pues importar este producto puede representar un costo relativamente alto que afecta al costo de producción (Almeida et al, 2019, pp.26-27).

Conociendo la alta demanda de pectina que existe en el país, que se necesita para varios productos alimenticios y farmacéuticos nace la necesidad de la obtención de un producto para las pequeñas y medianas empresas debido a que una de las principales industrias que han ido evolucionando su producción paulatinamente es la agroindustria que genera grandes ingresos al país, es por ello por lo que la pectina juega un rol significativo en el crecimiento de estas industrias.

Esta investigación proponen el uso de residuos como la cáscara de naranja en respuesta a la problemática como una necesidad para erradicar la contaminación ambiental de los residuos orgánicos que es provocada principalmente por los comerciantes de jugo de naranja en la ciudad de Riobamba, es por ello que se propone diseñar un proceso de obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) aprovechando conocimientos de ingeniería basado en un análisis experimental a nivel de laboratorio, proporcionando a estos residuos orgánicos un valor nutricional.

1.4. Beneficiarios Directos e Indirectos

1.4.1. Beneficiarios Directos

Todas las pequeñas y medianas industrias alimenticias y farmacéuticas dedicadas a la producción de mermelada, gominolas, entre otros productos.

1.4.2. Beneficiarios indirectos

- Los pequeños emprendedores de la ciudad de Riobamba.
- Las personas que consumen productos fabricados por las industrias alimenticias.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Diseñar un proceso para la obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) para uso comercial.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la cascara de naranja.
- Determinar las variables de proceso para la obtención de la pectina a partir de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*).
- Realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del proceso para la obtención de pectina.
- Validar el diseño de ingeniería propuesto a través de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto final con base a la norma INEN 0427.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

La pectina es un aditivo alimentario natural seguro, no tóxico, siendo ampliamente estudiada para las conservas de frutas, verduras y productos cárnicos debido a su buena formación de película y propiedades del gel. En los últimos años, varios investigadores se han centrado en la relación estructura-actividad de la pectina para mejorar su desempeño o confieren a la piscina nuevas propiedades funcionales a través de la modificación molecular en la cual se injertaron en moléculas de pectina en un sistema bifásico acuoso/orgánico catalizado por lipasa que parecía desempeñar un papel funcional durante la modificación al catalizar la hidrólisis de metilo, los enlaces éster de pectina en la fase acuosa y la esterificación entre el 4-OH y el $-COOH$ de pectina en la fase orgánica (Bingqing, 2021, p3).

Otros estudios realizados de la extracción de pectina, presentan un proceso de producción con la utilización de la cáscara de cítricos (limón) a escala piloto mediante hidrólisis ácida y precipitación con alcohol- etanol, el producto alcanzado presenta buen aspecto y características gelificantes que es posible obtener en un rendimiento aproximado al 10% con un pH próximo a 2 considerando un tiempo de hidrólisis ácida de 30 a 45 minutos, Para un mejor resultado se puede realizar otra hidrólisis de los residuos filtrados pues las propiedades fisicoquímicas en la actividad antioxidante de la pectina se evalúan mediante una serie de métodos de caracterización como la espectroscopia infrarroja que indica que el tratamiento enzimático no cambió la estructura primaria de la pectina (Devia, 2003, p.10).

Según Pancerz (2020, p.6) las propiedades de la pectina dependen de su fuente de adquisición, por lo que pueden variar significativamente, es por ello que se investigó las propiedades de la pectina extraídas de las grosella negra con especial énfasis en el comportamiento de los biopolímeros en soluciones acuosas, pues estas soluciones acuosas de los polisacáridos obtenidos se probaron con varios métricos métodos (osmometría de membrana, DLS, RMN, pruebas de viscosidad) que permitieron una descripción completa de las interacciones biopolímero-biopolímero y biopolímero-agua en el régimen diluido y semi diluido. La pectina de la grosella negra exhibe un comportamiento característico de los polielectrolitos, ya que los estudios de los resultados conseguidos muestran que, a pesar de su bajo peso molecular la pectina obtenida tiene una estructura altamente ramificada, lo que influye en fuertes interacciones intermoleculares en las soluciones.

Tabla 1-2: Investigaciones realizadas sobre la obtención de pectina.

Nº	Nombre de la investigación	Autor	Tipo	Año
1	Procesos para producir Pectinas Cítricas.	Jorge Devia	Artículo científico	2003
2	Pectinas: Aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial.	Ferreira Salomón	Tesis de grado	2007
3	Diseño de un proceso para la obtención de pectina en Medio ácido a partir de la cáscara de papa (<i>Solanum Tuberosum</i>).	Erika Toapanta	Tesis de grado	2018
4	Obtención de pectina a partir de la cáscara de zanahoria blanca (<i>Arracasia Xanthorrhiza</i>) y zanahoria amarilla (<i>Daucus Carota</i>).	Cristian Ramírez	Tesis de grado	2019
5	Obtainmen and characterisation of pectin from sunflower heads purified by menbrane separation techniques.	Nerea Muños, Marin Prodanov, Mar Villamiel, Antonia Montilla	Artículo científico	2020
6	Structural characterization of pectin obtained by different purification methods.	Zayniddin Muhidinov, Khurshed Ikromi, Abduvali Jonmurodov, Abubakr Nasriddinov.	Artículo científico	2021
7	Optimización del proceso de obtención de pectina a partir de <i>Syzygium malaccense</i> L. (Pomarrosa) mediante el uso de hidrólisis ácida.	Teobaldo Patiño	Tesis de grado (Posgrado)	2021
8	Pectins obtained by ultrasound from agroindustrial by-products.	Lia Gerschenson, Eliana Fissore, Ana Rojas, Alondra Idroyo	Artículo científico	2021

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Naranja (*Citrus Sinensis*)

La naranja (*Citrus Sinensis*) es un fruto carnoso liso de sabor dulce o agrio, es de forma esférica algo alargado de tamaño mediano de color intenso que contiene zumo con acidez elevada, este fruto aporta una gran cantidad de valor calórico, proteínas, fibra soluble (pectina), es bajo en grasa, contribuye a disminución de glucosa y el colesterol en la sangre (Campelo, 2020, pp.35-37).

2.2.1.1. Origen y situación actual en el Ecuador

La naranja (*Citrus Sinensis*) se inició en el sudeste de Asia y con las migraciones se ha repartido por varias partes del planeta, pues nuestro país es muy favorecido debido a su gran variedad de clima y suelos que son los factores necesarios para la agricultura es por ello que el cultivo de la naranja se convierte en un soporte rentable, sin embargo, los productores carecen de información técnica de su cultivo que implica una serie de etapas lo que provoca que la cadena de comercialización se beneficien debido a que los productores expendan su producto a los intermediarios directos que se aprovechan de la situación definiendo el precio de la fruta. Este fruto se da en zonas cálidas, en el Ecuador se da en provincias como Manabí, Esmeraldas, Bolívar, Santo Domingo, Tungurahua, Guayas y Los Ríos (Campelo, 2020, p.37-40).

2.2.1.2. Taxonomía

Tabla 2-2: Taxonomía de la naranja (*Citrus Sinensis*).

Familia	Rutaceae
Genero	Citrus
Especie	Citrus Sinensis
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindae (Sttanya ST)

Fuente: (Acebo, 2018, p.9).

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

2.2.2. Cáscara de naranja

Según Rincón, Vásquez & Padilla (2005, p.5) la cáscara de naranja no tiene mucha utilidad por lo que es desechada, pero contiene una gran cantidad de propiedades beneficiosas por lo que se ha encontrado que son fuente principal de antioxidantes naturales por lo que hoy en día se le utiliza como subproducto en la producción.



Ilustración 1-2: Cáscara de naranja.

Fuente: (Renancó, 2007, párr.1).

2.2.2.1. Composición fisicoquímica

Tabla 3-2: Composición fisicoquímica de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*).

PARÁMETRO	VALOR
Sólidos solubles (°Brix)	7.1 ± 1.2
Ph	3.93 ± 0.03
Total de acidez (g de ácido cítrico / 100 mL)	0.29 ± 0.03
Índice de formol	34 ± 2.4
Humedad %	85.9 ± 1.6
Grasa % (DM)	1.55 ± 0.17
Ceniza % (DM)	3.29 ± 0.19
Proteína % (DM)	6.16 ± 0.23
Carbohidratos % (DM)	89 ± 1.1
Azúcares neutrales	3.8 ± 0.3
Ácido urónico	7.1 ± 0.9
Lignina	3.2 ± 0.4
Pectina % (DM)	17 ± 5

Fuente: (Cerón & Cardona, 2011, p.15).

2.2.3. *Pectina*

La pectina es un polisacárido complejo que consta primariamente de residuos de ácido d-galacturónico esterificado en una cadena α -(1-4), este polisacárido contiene homogalacturónico y ramnogalacturónano, los más comunes son 1-arabinosa, d-galactosa y d-xilosa unidos covalentemente a los residuos de ramnosilo del esqueleto, se puede extraer de fuentes vegetales mediante tratamiento enzimático o hidrolisis química, pues su principal problema encontrado en el uso del tratamiento enzimático son sus complejos procesos de producción y su alto costo (Begum, 2021, p.6).

La pectina es heterogéneo, higroscópica, soluble en ácidos y agua con propiedades gelificantes, emulsificantes, espesantes y estabilizantes, está constituida de un tercio de pared celular de las planas dicotiledóneas y de algunas plantas monocotiledóneas, se encuentran entrecruzadas por otros polisacáridos (León, 2014, pp.106-110).

2.2.3.1. *Estructura química*

La pectina es un polisacárido complejo que abarca alrededor de 65% de elementos de ácido galacturónico, cuya fórmula química es $C_6H_{10}O_7$, con un numero de anillos que varían desde los 100 hasta los 100 cada uno con un grupo carboxilo (-COOH) que puede estar esterificado con metanol, originando esteres metílicos (-COOCH₃) o quedar neutralizado por una base (Patiño, 2021, p.18).

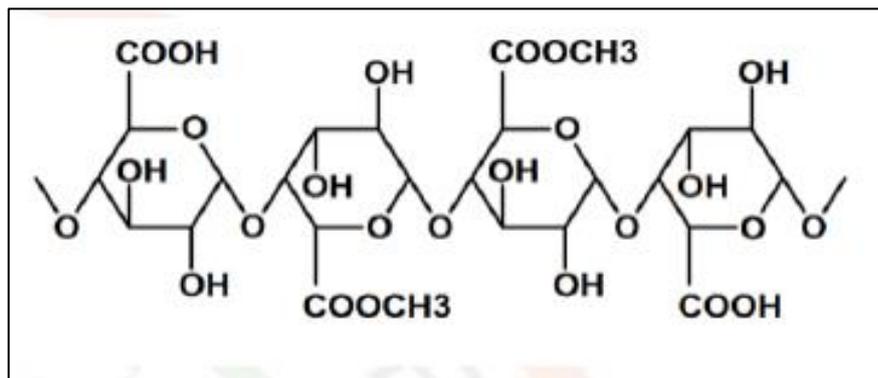


Ilustración 2-2: Estructura molecular básica de la pectina.

Fuente: (Zegada, 2015, p.3).

2.2.4. *Clasificación de la pectina*

La pectina se puede catalogar según su grado de esterificación que es mencionado en porcentaje, el cual varia, entre ellas tenemos:

2.2.4.1. Pectinas de alto Metoxilo

Según Ferreira (2007, p.90-92) las pectinas de alto metoxilo son las que se encuentran metiladas más del 50% de los grupos carboxílicos, éstas no forman geles si no se encuentran en medios azucarados con alrededor de (60-70%) en azúcar y con un pH entre 2.8-3.5. Este tipo de pectinas se subdividen en dos grupos:

- **Gelificación rápida:** Se tardan alrededor de 5 minutos, tiene entre 68 y 75% de grados de esterificación con metanol.
- **Gelificación lenta:** Se da a partir de los 5 minutos y tiene su grado de esterificación con metanol entre 60 y 68% (Ferreira, 2007, p.90-92).

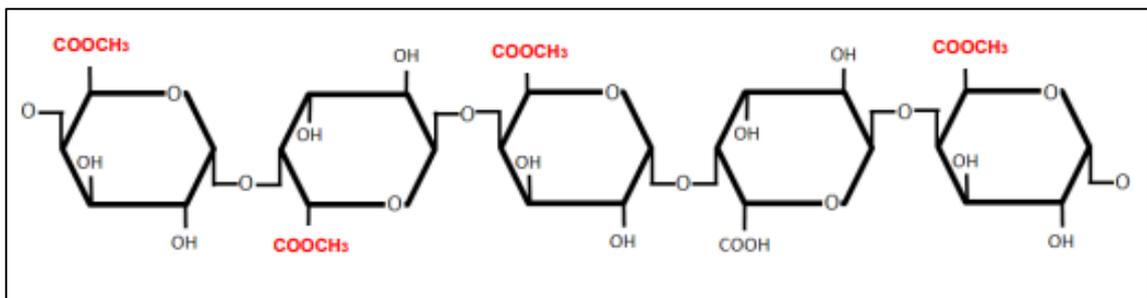


Ilustración 3-2: Pectina de alto metoxilo.

Fuente: (Montenegro, 2015, p.16).

Tabla 4-2: Características de pectinas de alto metoxilo.

PARÁMETRO	VALOR
Grado de esterificación	>50 %
Formación de gel	1 a 120 minutos
pH de gelificación	2.6 al 3.1
pH de disolución al 1%	3.3 al 6.2
Cenizas totales	<5%
Contenido de humedad	12%
Arsénico	3 ppm
Gérmenes	ausencia
Gérmenes totales	100 g
Aspecto	Polvo fino
Color	Crema
Granulometría	Inferior al 1%
Abertura de tamiz	0.31mm

Fuente: (Ramírez, 2019, p.125).

2.2.4.2. Pectinas de bajo metoxilo

Las pectinas de bajo metoxilo son las que tienen menos del 50% de los grupos carboxilos metilados, para la formación de geles es a través de entrecruzamiento de los iones habitualmente de calcio, es decir por la formación de enlaces de estos iones con las moléculas de pectina que se encuentran cerca y pueden alcanzar a un pH de 1 a 7, formando una red tridimensional. Estas pectinas no tienen la necesidad de depender del azúcar para gelificar, pero sí de la temperatura (Ferreira, 2007, p.91).

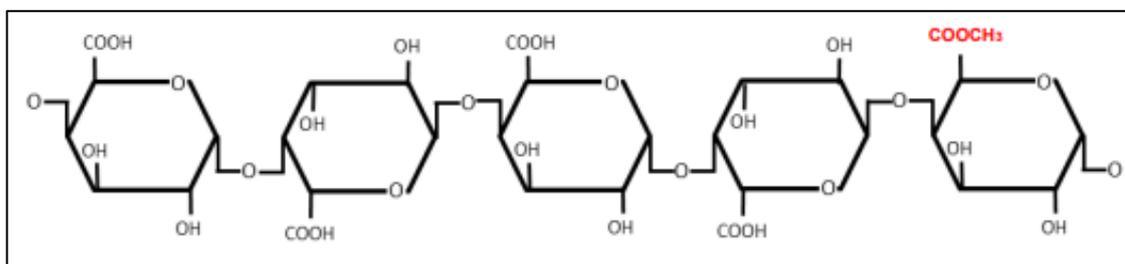


Ilustración 4-2: Pectina de bajo metoxilo.

Fuente: (Montenegro, 2015, p.17).

Tabla 5-2: Características de pectinas de bajo metoxilo.

PARÁMETRO	VALOR
Grado de esterificación	18 al 39%.
Formación de gel	12 a 85 minutos
pH de gelificación	3 a 4.2.
pH de disolución al 1%	3.3 al 5.2
Cenizas totales	12%
Contenido de humedad	3%
Arsénico	60 ppm
Gérmenes	ausencia
Gérmenes totales	100 g
Aspecto	Polvo fino
Color	Crema
Granulometría	Inferior al 1%
Abertura de tamiz	0.31mm

Fuente: (Ramírez, 2019, p.125).

2.2.5. Métodos de extracción de pectina

Hay varios métodos de obtención de pectina a partir de tejidos vegetales, los más mencionados para la extracción son:

2.2.5.1. Hidrolisis ácida convencional

Es un proceso en el cual el ácido pórico cataliza el fraccionamiento de un enlace químico mediante la sustitución nucleofílica, se ejecuta mediante la adición de agua acidificación a una temperatura aproximada de 90° C y un tiempo alrededor de 60 minutos (Franco, 2022, pp.36-37).

2.2.5.2. Hidrolisis ácida asistida por microondas

Este método permite obtener pectina en un menor tiempo, con un mejor rendimiento y una buena calidad del producto debido a que aplica un calentamiento homogéneo por radiación y no provoca la degradación térmica de proteínas (Franco, 2022, pp.36-37).

2.2.5.3. Hidrolisis enzimática

Este método utiliza enzimas y específicamente celulosa y xilanasas que permite la obtención de pectina sin estructura que no despolimeriza la molécula, se presenta como una alternativa amigable al medio ambiente debido a que produce menos residuos al evitar reacciones secundarias (Franco, 2022, pp.36-37).

2.2.6. Aplicación de la pectina

Las pectinas son compuestos que se localizan en la pared celular de vegetal o frutas, por lo que es muy utilizada en la industria alimenticia, cosmética y en el sector medicinal, entre otras aplicaciones más importantes tenemos:

- Se utiliza para la elaboración de jaleas, mermelada, conserva, golosinas, mayonesa, helados, aceites esenciales y pan con una relación con la harina del 5%.
- Ayuda al yogur en su firmeza y viscosidad.
- Es utilizado para formular fármacos para su posterior utilización en las terapias de cáncer de colon.
- Ayuda a estabilizar emulsiones.
- Es gelificante instantáneo del ambroxol y paracetamol.

- Se utiliza para la fabricación de pasta dental, geles de cabello y cremas.
- Sirve como absorbente en jabones.
- Se utiliza para controlar los niveles de colesterol en la sangre y para el tratamiento de reducción de peso.
- Se usa como empaque de las capsulas (Estrada, 2018, p.18).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del proyecto

El presente trabajo de integración curricular será realizado en la ciudad de Riobamba en la provincia de Chimborazo, en los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuyas características geográficas se muestran en la tabla 6-3.

Tabla 6-3: Características geográficas del área de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias.

PROVINCIA	Chimborazo
CANTÓN	Riobamba
PARROQUIA	Lizarzaburu
ALTITUD	2822 m.s.n.m.
LATITUD	1°39'21.5``S
CLIMA	Temperatura máxima promedio: 18° C
	Temperatura mínima promedio: 8° C

Fuente: (Google Maps, 2022).

Realizado por: Chimbo, K, 2022.



Ilustración 5-3. Ubicación geográfica de ESPOCH.

Fuente: (Google Maps, 2022).

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Tipo de estudio

Este proyecto de obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) es de tipo técnico debido a que se realizara mediante de la recopilación y selección de información de distintas fuentes bibliográfica referidas al tema y se basa a en un estudio experimental pues se utiliza la aplicación de operación unitaria las cuales necesita un control óptimo de las variables de proceso que intervienen con el propósito de formular una metodología adecuada para su obtención. La finalidad del estudio es investigar y deducir el procedimiento y un método de estudio adecuado para la obtención del producto de buena calidad y que cumpla con los requerimientos solicitados por la norma INEN, para su posterior aprovechamiento en el ámbito industrial.

3.2.2. Metodología

Para conseguir los objetivos planteados del presente proyecto se utilizará 3 métodos de investigación y técnicas específicas los que nos ayudará a determinar los parámetros principales que se utilizará en el proceso como: la caracterización de la materia prima (cáscara de naranja) y del producto final (pectina), cálculos de ingeniería, variables de procesos y la validación del proceso diseñado para la obtención de pectina.

3.2.2.1. Métodos de investigación

- **Método deductivo:** Envuelve el conocimiento preliminar, fundamentos teóricos y se llegara a conclusiones detalladas de la obtención del producto a partir de diferentes pruebas y ensayos a escala de laboratorio en la que intervienen distintos parámetros y variables de proceso.
- **Método inductivo:** Se deduce los procedimientos adecuados de la obtención de pectina a nivel industrial a partir de la recolección de la materia prima (cáscara de naranja) a través de la caracterización de la misma, que permitirá llegar a conclusiones generales de los cálculos de ingeniería y las variables de proceso.
- **Método experimental:** Se definirá el método de obtención y los equipos necesarios para la obtención del producto final, el cual convendrá alcanzar los requerimientos de la norma INEN mediante el manejo y control de las variables de proceso.

3.2.2.2. Técnicas

El presente trabajo de integración curricular se apoyará con la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN la cuales nos permitirá cumplir con los objetivos propuesto y a su vez a la aplicación de diferentes técnicas de laboratorio para la caracterización de la materia prima y el producto final lo cual certificará la calidad de este.

3.2.3. Muestreo

La recolección de la muestra de la materia prima para la obtención de pectina se realizará de acuerdo con la norma NTE INEN 1750:1994 Hortalizas y Frutas Muestreo, en la cual se preparará un lote para luego tomar la muestra al azar de diferentes puntos o lugares del lote.

3.2.4. Caracterización de la materia prima a utilizar

3.2.4.1. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas

La materia prima que se va a emplear para la obtención de pectina es la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) a la cual se realizara los siguientes parámetros:

Tabla 7-3: Parámetros fisicoquímicos de la materia prima.

CRITERIO	MÉTODO / DESCRIPCIÓN
Ceniza	<p>Mediante el método de incineración en mufla la cual se lleva a cabo por medio de la incineración seca y consiste en quemar la muestra problema en la mufla a una temperatura a una temperatura de $550^{\circ} \pm 25^{\circ} \text{C}$, para destruir la materia orgánica que se combustiona u oxida y forma CO_2 y agua, quedando la sustancia inorgánica (sales minerales) en forma de ceniza; la incineración se lleva a cabo hasta obtener ceniza de color gris o gris claro, para ello previamente se debe calcinar la muestra seca en la campana de gases hasta ausencia de humo. Las cenizas normalmente no son las mismas sustancias inorgánicas presente en el alimento original debido a la perdida de volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes.</p> $\%C = \frac{m1 - m}{m2 - m} * 100$ <p>Donde: %C = Contenido de cenizas en porcentaje de masa m = Masa de la cápsula vacía en g m1 = Masa de la cápsula con la muestra después de la incineración en g m2 = Masa de la cápsula con muestra antes de la incineración en g</p>

Humedad	<p>Mediante el método de desecación en la estufa de aire caliente que consiste en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa de la muestra desecada hasta masa constante en la estufa de aire caliente a la temperatura normalizada de $103^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$, la materia seca permanece en el alimento posterior a la remoción del agua, a la cual se conoce como sólido totales, materia seca, extracto seco o residuo seco.</p> $\%SS = \frac{m2 - m}{m1 - m} * 100$ <p>Donde:</p> <p>%SS = Sustancia seca en porcentaje de masa</p> <p>m = Masa de la cápsula en g</p> <p>m1 = masa de la cápsula con la muestra en g</p> <p>m2 = Masa de cápsula con la muestra después del calentamiento en g</p> $\%H = 100 - \%SS$ <p>%H = Contenido de humedad</p>
Proteína	<p>Mediante el método de Macrokjeldhal se realiza la determinación de proteína cruda sometiendo a digestión una muestra problema con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas concentradas se destruyen hasta formar CO₂ y agua; las proteínas se descomponen con la formación de amoníaco el cual es retenido por ácido sulfúrico en forma de sulfato de amonio, este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amonio solo sucede en medio básico.</p> $\%P = 1.4 * f * V * \frac{N}{m}$ <p>Donde:</p> <p>%P = Contenido de proteína en porcentaje de masa</p> <p>f = Factor para transformar el %N en proteína y es específico para cada alimento</p> <p>V = Volumen de HCl o H₂SO₄ N/10 empleado para titular la muestra en ml</p> <p>N = Normalidad del HCl</p> <p>m = Masa en gramos</p>
Fibra	<p>Mediante el método de Weende que se basa en la sucesiva separación de la ceniza, grasa, proteína y sustancias extraída libre de nitrógeno, la separación de estas se logra mediante el tratamiento con una solución débil de ácido sulfúrico y alcalin, agua caliente y acetona. El ácido sulfúrico hidroliza a los carbohidratos insolubles del almidón y parte de la hemicelulosa, los álcalis transforman en estado soluble a las sustancias albuminosas, separan la grasa, disuelven parte de la hemicelulosa y lignina, el éter o acetona extraen las resinas, colorantes, residuos de grasa y eliminan el agua. Después de este tratamiento el residuo es la fibra bruta; el método simula el ataque gástrico e intestinal que se produce en vivo.</p> $\% \text{Fibra} = \frac{P1 - P}{m} * 100$ <p>Donde:</p> <p>% Fibra = Fibra cruda o bruta en muestra seca y desengrasadas expresada en porcentaje en masa</p> <p>P = Masa del crisol más las cenizas después de la incineración en la mufla en g</p> <p>P1 = Masa del crisol más el residuo desecado en la estufa en g</p> <p>m = Masa de la muestra seca y desengrasada tomada en g</p>

Grasa	<p>Mediante el método de Goldfish a través de una extracción continua con un disolvente orgánico, este se calienta y se volatiliza para posteriormente condensarse sobre la muestra; el contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso entre la muestra y la grasa removida.</p> $\% G(\%Ex. E) = \frac{P1 - P}{m} * 100$ $\% G(\%Ex. E) = \frac{53.546 - 50.678}{2.004} * 100$ $\% G(\%Ex. E) = 1.4311\%$ <p>Donde:</p> <p>% G(%Ex. E) = Grasa cruda o bruta en muestra seca expresado en porcentaje en masa</p> <p>P1 = masa del balón más la grasa cruda o bruta extraída en g</p> <p>P = masa del balón de extracción vacía en g</p> <p>m = masa de la muestra seca tomada para la determinación en g</p>
Carbohidratos	<p>Para determinar los carbohidratos se realiza la diferencia de los análisis fisicoquímicos (proteína, grasa, humedad, cenizas, fibra)</p> $\%Carb = 100 - (\%P + \%G(\%Ex. E) + \%H + \%C + \%Fibra)$ <p>Donde:</p> <p>%Carb = Contenido de carbohidrato</p> <p>%P = Contenido de proteína en porcentaje de masa</p> <p>%G(%Ex. E) = Grasa cruda o bruta en muestra seca expresado en porcentaje en masa</p> <p>%H = Contenido de humedad</p> <p>%C = Contenido de cenizas en porcentaje de masa</p> <p>%Fibra = Fibra cruda o bruta en muestra seca y desengrasadas expresada en porcentaje en masa</p>

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Tabla 8-3: Parámetros microbiológicos de la materia prima.

CRITERIO	MÉTODO
Coliformes totales	<p>Mediante las placas de Petrifilm las mismas que contienen nutrientes de Bilis Rojo – Violeta, un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias.</p>
Mohos y levaduras	<p>Mediante las placas de Petrifilm el cual se basa en un cultivo que varía en una temperatura de 22° y 25°C, de las unidades propagadoras de mohos y levaduras, se utiliza una placa de recuento por siembra en profundidad y un medio que tenga un extracto de levadura, glucosa y sales minerales. El tiempo de incubación que se requiere para observa UFC/g es de 5 días con la temperatura mencionada</p> $N = \frac{\text{numero total de colonias contadas o calculadas}}{\text{Cantidad total de muestra sembrada}}$ $MR = \frac{\Sigma C}{V(n1 + 0,1m2)}$ <p>Donde:</p>

	<p>ΣC= Suma de las colonias contadas o calculadas en todas las placas.</p> <p>$n1$= Número de placas contadas de la primera dilución seleccionada.</p> <p>$n2$= Número de placas contadas de la segunda dilución seleccionada</p> <p>V= Volumen del inocuo sembrado en cada placa.</p>
--	--

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.2.5. *Ensayo de obtención de pectina a escala de laboratorio*

Para la obtención de pectina es necesario que la materia prima alcance con los rangos establecidos por la norma INEN correspondiente para asegurar una pectina de buena calidad para su posterior análisis.

3.2.5.1. *Requerimiento de materiales, equipos y reactivos*

Para la obtención de pectina a nivel de laboratorio se necesita varios materiales, equipos y reactivos los cuales son:

Materia prima e insumos

- Cáscara de naranja
- Etanol a 96°
- Ácido clorhídrico

Materiales y equipos

- Vasos de precipitación
- Probeta
- Termómetro
- Tela filtro
- Pipeta volumétrica
- Papel filtro
- Varilla de agitación
- Embudo de porcelana
- Vidrio reloj
- pH metro
- Secador de bandejas
- Balanza digital

- Reverbero
- Sorbona de gases
- Cofia, guantes, mascarilla

3.2.5.2. Descripción del proceso a nivel de laboratorio

Tabla 9-3: Descripción del proceso a nivel de laboratorio.

OPERACIÓN UNITARIA	DESCRIPCIÓN
Recolección de la materia prima	La recolección de la materia prima (cáscara de naranja) se recogió en fundas plásticas para la caracterización y la obtención del producto de los restaurantes cercanos mercado “Condamine” ubicado en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.
Lavado y desinfectado	La cáscara de naranja fue sometida a un lavado con abundante agua a temperatura ambiente para retirar impurezas como residuos sólidos o tierra y para su desinfección se usó hipoclorito de sodio a 100 ppm, 1 ml por cada litro de agua.
Inactivación enzimática	La cáscara de naranja lavada y desinfectada fue sometida a la inactivación enzimática con el objetivo de eliminar algún patógeno que pueda perturbar a la salud de las personas, inhibir la acción de las enzimas pécticas presentes y para impedir algún tipo de contaminación, para ello se calentó de agua hasta llegar a los 100° C, luego se colocó la materia prima, quedando lista para su posterior hidrolisis.
Hidrolisis ácida	La cáscara inactivada fue sometida a hidrolisis ácida en la que una molécula de agua se divide y rompe uno o más enlaces químicos los mismos que pasan a unir con otra especie química; manejando la relación de materia y agua 1:25 en la que se utilizó agua acidificada con ácido clorhídrico hasta obtener un pH de 1.5, esta se calienta hasta los 90° C y con agitación constante durante 60 minutos.
Filtración 1	El primer filtrado se utilizó una tela de lienzo y se realizó para separar la materia solida del líquido hidrolizado que contiene la pectina.
Concentración de la solución	Al líquido hidrolizado filtrado que contiene la pectina se realizó la concentración hasta el 50% a igual temperatura de extracción (Hidrolisis ácida).
Precipitación	A la solución concentrada se agregó etanol a 96° lentamente y con agitación constante durante 8 minutos.
Filtrado 2	La solución precipitada se procedió a filtrarla por acción de la gravedad, para ellos en un embudo en la que se añadió papel filtro en la parte superior para separar la pectina del líquido.
Secado	La pectina filtrada que se obtuvo en el papel filtro fue sometida a un secado en una estufa a 50° C durante un periodo de 12 horas.
Molienda	A la pectina seca se realizó el proceso de reducción de tamaño para una mejor dilución en la que se obtener un polvo más fino.
Tamizado	La pectina molida se procedió a tamizar para evitar el paso de partículas grandes que se dificulte la dilución en su aplicación, para ello se utilizó un tamiz de 300 µm.
Empacado	Finalmente, la pectina molida fue empacada en fundas de polietileno herméticas para evitar algún tipo de contaminación.

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.2.6. Caracterización del producto obtenido

A la pectina obtenida a partir de la cáscara de naranja se mandó a analizar en un laboratorio externo “SAQMIC” para validar el proceso de obtención, el mismo que en la tabla 10-3 y tabla 11-3 se detallan los métodos utilizados.

Tabla 10-3: Parámetros fisicoquímicos del producto final.

PARÁMETRO	MÉTODO
Humedad	INEN 1235
Ceniza	INEN 401
Proteína	INEN 1670
Fibra	INEN 522
Grasa	INEN 523
Carbohidrato	-----
Acidez libre expr. CO ₂	Owens
Peso equivalente	Owens
Contenido de metoxilo	Volumétrico

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Tabla 11-3: Parámetros microbiológicos del producto final.

PARÁMETRO	MÉTODO
Coliformes totales	INEN 1 529-6
Mohos y levaduras	INEN 1 529-10

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.2.7. Determinación de las variables de proceso

Luego de varios ensayos realizados a escala laboratorio para la obtención de pectina se concluyen que las variables más importantes son definidas como una condición dentro del proceso que afecta a la calidad del producto, las cuales se detallan en la tabla 12-3.

Tabla 12-3: Variables de proceso de obtención de pectina.

VARIABLE	PROCESO	PARÁMETRO
Temperatura	Etapa de inactivación enzimática	95° - 100° C
	Etapa de hidrolisis ácida	80° - 90° C
	Etapa de concentración de la solución	80° - 90° C
	Etapa de secado	50° - 60° C
Tiempo	Etapa de inactivación enzimática	5 - 8 min.
	Etapa de hidrolisis ácida	60 - 90 min
	Etapa de secado	12 - 15 horas
pH	Etapa de hidrolisis ácida	1.5 - 2

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.2.8. Cálculos de ingeniería

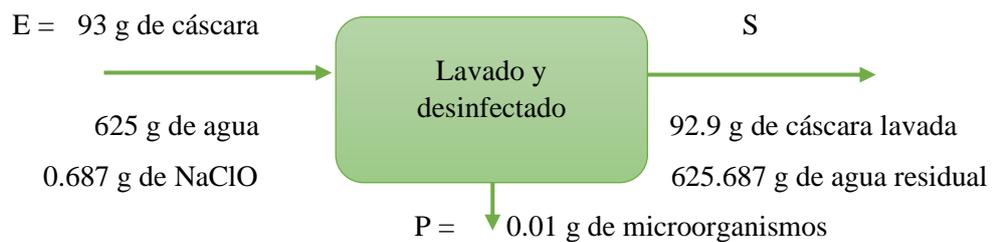
3.2.8.1. Balance de materia

Es elemental realizar el balance de masa para el diseño de los equipos que se debe efectuar en el procesamiento de pectina y posteriormente en la evaluación de costos.

El balance de masa se realizará en estado estacionario en el cual no genera acumulación.

Base de cálculo: gramos de cáscara de naranja

- *Lavado y desinfección de la materia prima*



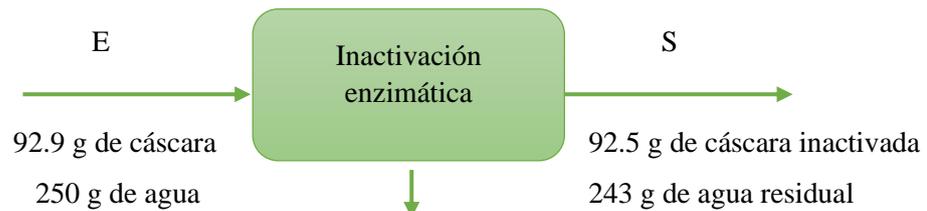
$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Cáscara lavada}}{\text{Cáscara de naranja}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{92.9 \text{ g}}{93 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 99.89 \%$$

- *Inactivación enzimática*



$$P = \text{Vapor} = 7 \text{ ml}$$

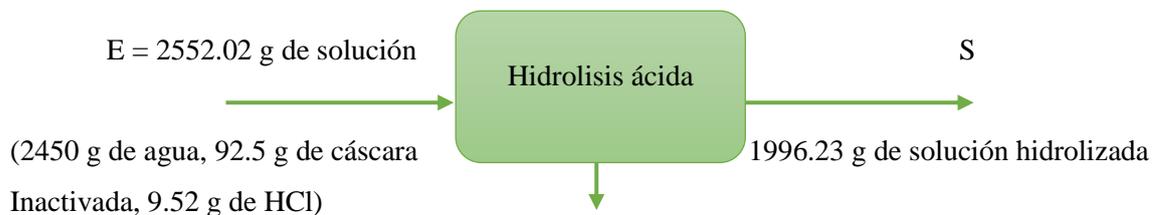
$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Cáscara inactivada}}{\text{Cáscara lavada}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{92.5 \text{ g}}{92.9 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 99.57 \%$$

- *Hidrolisis ácida*



$$P = 555.79 \text{ g de vapor}$$

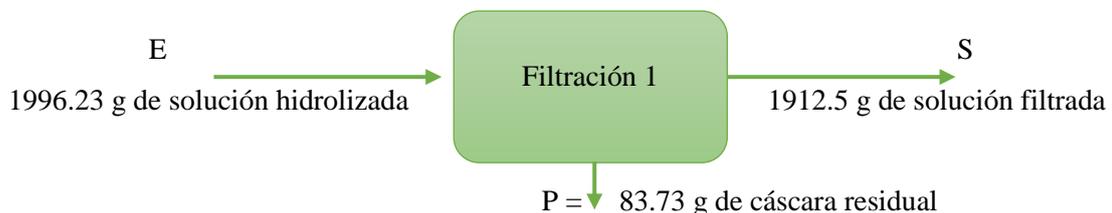
$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{solución hidrolizada}}{\text{mezcla de solución}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{1996.23 \text{ g}}{2552.02 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 78.22 \%$$

- *Filtración 1*



$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Solución filtrada}}{\text{solución hidrolizada}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{1912.5 \text{ g}}{1996.23 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 95.81 \%$$

- *Concentración de la solución*



$$P = 956.25 \text{ g de vapor}$$

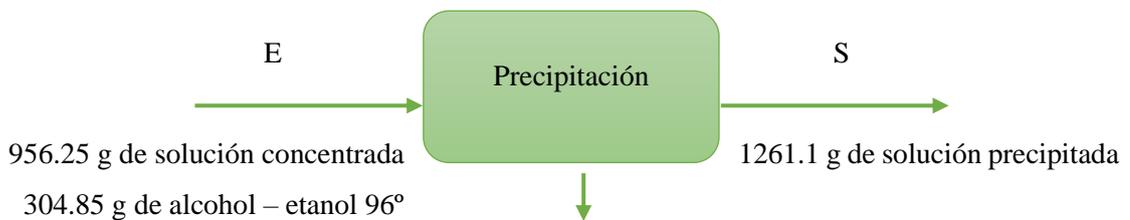
$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{solución concentrada}}{\text{solución hidrolizada}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{956.25 \text{ g}}{1912 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 50 \%$$

- *Precipitación*



$$P = 792.662 \text{ g de solución rechazada}$$

$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{pectina precipitada}}{\text{solución concentrada}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{1261.10 \text{ g}}{1261.10 \text{ g}} * 100$$

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

- *Filtración 2*



$$P = 1101.0121 \text{ g de solución residual}$$

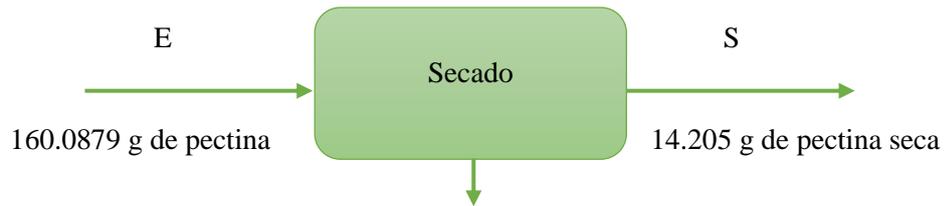
$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{pectina filtrada húmeda}}{\text{solución precipitada}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{160.0879 \text{ g}}{1261.1 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 12.69 \%$$

- *Secado*



$$P = 149,383 \text{ g de vapor}$$

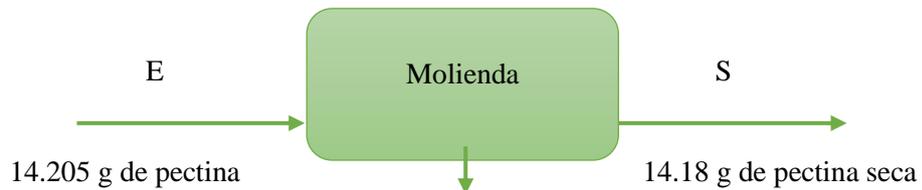
$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{pectina seca}}{\text{pectina humeda}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{14.205 \text{ g}}{160.0879 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 8.87 \%$$

- *Molienda*



$$P = 0.025 \text{ g de desperdicio}$$

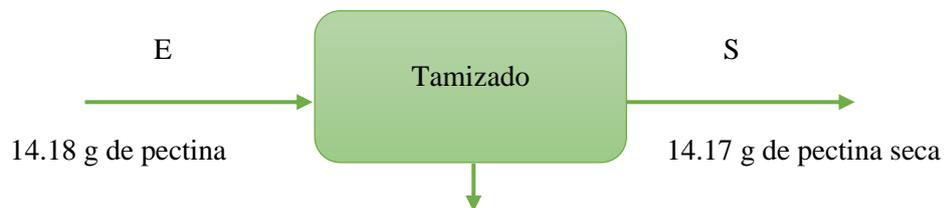
$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{pectina molida}}{\text{pectina seca}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{14.18 \text{ g}}{14.205 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 99.82 \%$$

- *Tamizado*



$$P = 0.01 \text{ g desperdicio}$$

$$E = S + P$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{pectina tamizada}}{\text{pectina molida}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{14.17 \text{ g}}{14.18 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 99.93 \%$$

3.2.8.2. Datos del Secado de Pectina

El secado de la pectina se realizó en una estufa durante 12 horas a una temperatura de 50° C, pues según (Vasquez et al., 2008, p.3) la temperatura optima para el secado de pectina es de 40° a 60° C para evitar la perdida de sus propiedades de gelificación y cantidad de metoxilos.

- *Datos obtenidos a escala de laboratorio*

Tabla 13-3: Datos experimentales del secado de pectina.

Tiempo de secado	Peso de la pectina (g)
0	160,0879
1	118,7698
2	86,2561
3	67,7425
4	50,1392
5	42,2425
6	38,3310
7	33,7762
8	26,9956
9	19,7896
10	15,5463
11	14,9678
12	14,2050

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

- **Sólido seco:** 14.205 g

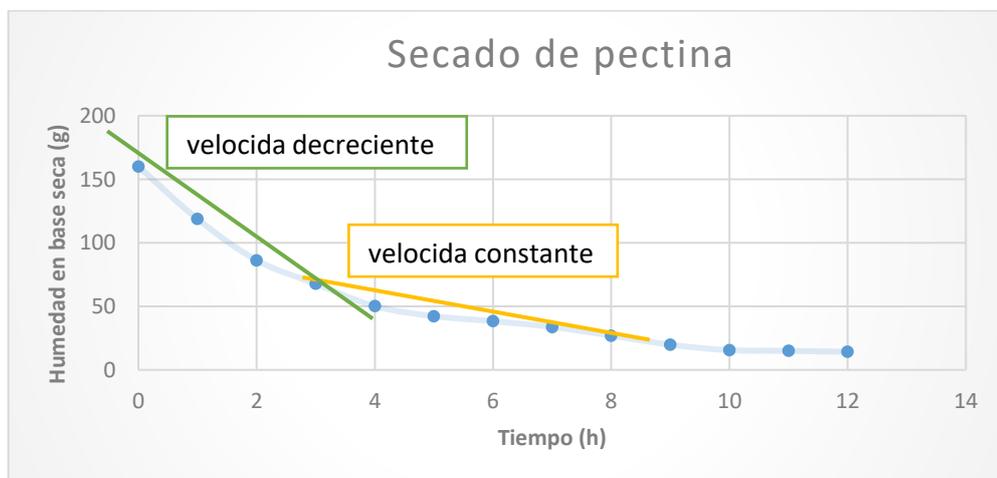


Ilustración 6-3: Diagrama de humedad en base seca vs el tiempo.

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.2.8.3. Balance de energía

El balance de energía ayuda a determinar el flujo de calor durante el proceso de obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja, el mismo que se realizara en estado estacionario el cual no genera acumulación.

- **Determinación de la constante de calorimetría**

$$\begin{aligned}
 q_{\text{agua al ambiente}} + q_{\text{agua caliente}} + q_{\text{calorímetro}} &= 0 \\
 m_1 s_{H_2O} (T_f - T_1) + m_2 s_{H_2O} (T_f - T_2) + C (T_f - T_1) &= 0 \\
 C &= \frac{m_1 s_{H_2O} (T_f - T_1) + m_2 s_{H_2O} (T_f - T_2)}{(T_1 - T_f)} \\
 C &= \frac{75g * 4.184 \frac{J}{g^{\circ}C} * (38 - 18)^{\circ}C + 75g * 4.184 \frac{J}{g^{\circ}C} * (38 - 70)^{\circ}C}{(18 - 38)^{\circ}C} \\
 C &= 188.28 \frac{J}{^{\circ}C}
 \end{aligned}$$

Donde:

m_1 = Masa del agua al ambiente

T_1 = Temperatura del agua al ambiente

m_2 = Masa del agua caliente

T_2 = Temperatura del agua caliente

T_f = Temperatura del calorímetro

s_{H_2O} = Calor específico del agua

- **Determinación de la capacidad específica**

$$\begin{aligned}
 q_{\text{agua al ambiente}} + q_{\text{cáscara de naranja}} + q_{\text{calorímetro}} &= 0 \\
 m_1 s_{H_2O} (T_3 - T_1) + m_2 s_{\text{cáscara}} (T_3 - T_2) + C (T_3 - T_1) &= 0 \\
 s_{\text{cáscara de naranja}} &= \frac{(m_1 s_{H_2O} + C) * (T_3 - T_1)}{m_2 (T_2 - T_3)} \\
 s_{\text{cáscara de naranja}} &= \frac{\left(100g * 4.184 \frac{J}{g^{\circ}C} + 188.28 \frac{J}{^{\circ}C}\right) * (20 - 18)^{\circ}C}{20g * (90 - 20)^{\circ}C} \\
 s_{\text{cáscara de naranja}} &= 0.867 \frac{J}{g^{\circ}C}
 \end{aligned}$$

Donde:

m_1 = Masa del agua al ambiente

T_1 = Temperatura del agua al ambiente

m_2 = Masa de la cáscara de naranja

T_2 = Temperatura del agua caliente con la cáscara de naranja

T_3 = Temperatura del calorímetro

C = Constante de calorimetría

▪ **Determinación del flujo de calor del proceso**

$$\cancel{\Delta E_c} + \cancel{\Delta E_p} + \Delta H = Q \pm \cancel{W}$$

$$\Delta H = Q$$

Donde:

ΔE_c = Variación de la energía cinética

ΔE_p = Variación de la energía potencial

ΔH = Variación de la entalpía

Q = Flujo de calor

W = Trabajo

$$Q = m C_{p_{cáscara}} \Delta T$$

Donde:

Q = Flujo de calor

m = masa de la cáscara de naranja

$C_{p_{cáscara}}$ = Capacidad calorífica de la cáscara de naranja

ΔT = Variación de la temperatura

Tabla 14-3: Cálculo del flujo de calor del proceso.

Flujo de calor de la inactivación enzimática	Flujo de calor de la hidrólisis ácida
$Q = 92.9 \text{ g} * 0.867 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (100 - 18)^\circ\text{C}$ $Q = 6604.63 \text{ J}$	$Q = 92.5 \text{ g} * 0.867 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (90 - 18)^\circ\text{C}$ $Q = 6576.195 \text{ J}$
Flujo de calor de la concentración de la solución	Flujo de calor del secado
$Q = 1912.5 \text{ g} * 0.867 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (90 - 30)^\circ\text{C}$ $Q = 99488.25 \text{ J}$	$Q = 160.0879 \text{ g} * 0.867 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (50 - 18)^\circ\text{C}$ $Q = 4441.478 \text{ J}$

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.2.9. Dimensiones de la planta

Según Almendaris (2018, pp.33-35) a nivel nacional se consume alrededor del 50% de la población consume jugo de naranja por sus propiedades que posee, este fruto aporta valor energético, proteínas, fibras solubles (pectinas), entre otras, pues la elaboración de estos jugos en los últimos años ha provocado una gran cantidad de cáscara que es desechada y al no ser tratada genera una alta contaminación ambiental.

En el presente proyecto se pretende reciclar la cáscara de naranja que provoca contaminación ambiental en la ciudad de Riobamba, por lo que se podría obtener una cantidad de materia prima considerable para implementar una planta de producción de pectina y contribuir con la problemática.

3.2.9.1. Cálculo del rendimiento de la obtención de pectina a escala de laboratorio

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{cantidad de pectina obtenida}}{\text{cantidad de materia prima}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{14.17 \text{ g}}{93 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 15.24\%$$

Según Chávez (2016, p.2) el rendimiento ideal de la extracción de pectina a partir de cítricos es aproximadamente de 12.20% a 18.69 % según el método de extracción de hidrolisis ácida utilizado; por lo que en base al rendimiento se puede considerar cuanto de pectina se conseguirá al introducir un flujo de alimentación de 500 Kg de materia prima (Cáscara de naranja) por cada lote de producción.

$$\text{Cantidad de pectina obtenida} = \frac{\text{Rendimiento \%} * \text{Cáscara de naranja}}{100 \%}$$

$$\text{Cantidad de pectina obtenida} = \frac{15.24 \% * 500 \text{ Kg}}{100 \%}$$

$$\text{Cantidad de pectina obtenida} = 76.20 \text{ Kg}$$

3.2.10. Diseño de equipos

3.2.10.1. Tanque de lavado y desinfección

- Volumen a ocupar la cáscara de naranja con agua

$$V_{CNA} = \frac{V_{exp} * \frac{FM}{lote}}{FM_{exp}}$$
$$V_{CNA} = \frac{0.65 \times 10^{-3} m^3 * 500 \frac{kg}{lote}}{0.100 kg}$$
$$V_{CNA} = 3.494 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

V_{exp} = Volumen experimental de cáscara de naranja con agua

$\frac{FM}{lote}$ = Flujo de materia prima a ingresar por lote

FM_{exp} = Flujo experimental de materia prima

- Volumen total del tanque de lavado

$$V_{FTL} = V_{CNA} * fs$$
$$V_{FTL} = 3.494 \frac{m^3}{lote} * 1.1$$
$$V_{FTL} = 3.8434 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

V_{CNA} = Volumen a ocupar de cascara de naranja con agua

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

- Diámetro interno del tanque de lavado

$$\phi_{TL} = \sqrt[3]{\frac{3V_{FTL}}{4\pi}} * 2$$
$$\phi_{TL} = \sqrt[3]{\frac{3 * 3.8434 m^3}{4\pi}} * 2$$
$$\phi_{TL} = 1.9434 m$$

Donde:

V_{FTL} = Volumen total del tanque de lavado

- Altura del tanque de lavado

$$h_{TL} = \frac{V_{FTL}}{\pi \left(\frac{\phi_{TL}}{2}\right)^2}$$
$$h_{TL} = \frac{3.8434 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{1.9434 \text{ m}}{2}\right)^2}$$
$$h_{TL} = 1.2956 \text{ m}$$

Donde:

V_{FTL} = Volumen total del tanque de lavado

ϕ_{TL} = Diámetro interno del tanque de lavado

3.2.10.2. Tanque para la inactivación enzimática

- Volumen a ocupar la cáscara de naranja lavada con agua

$$V_{CNLA} = \frac{V_{exp} * \frac{FM}{lote}}{FM_{exp}}$$
$$V_{CNLA} = \frac{3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{lote}}}{0.100 \text{ kg}}$$
$$V_{CNLA} = 1.5 \frac{\text{m}^3}{\text{lote}}$$

Donde:

V_{exp} = Volumen experimental de cáscara de naranja lavada con agua

$\frac{FM}{lote}$ = Flujo de materia prima lavada a ingresar por lote

FM_{exp} = Flujo experimental de materia prima lavada

- Volumen total del tanque de inactivación enzimática

$$V_{FTI} = V_{CNLA} * fs$$

$$V_{FTI} = 1.5 \frac{m^3}{lote} * 1.1$$

$$V_{FTI} = 1.65 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

V_{CNLA} = Volumen a ocupar de cascara de naranja lavado con agua

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

- Diámetro interno del tanque de inactivación enzimática

$$\phi_{TI} = \sqrt[3]{\frac{3V_{FTI}}{4\pi} * 2}$$

$$\phi_{TI} = \sqrt[3]{\frac{3 * 1.65m^3}{4\pi} * 2}$$

$$\phi_{TI} = 1.47m$$

Donde:

V_{FTI} = Volumen total del tanque de inactivación enzimática

- Altura del tanque de inactivación enzimática

$$h_{TI} = \frac{V_{FTL}}{\pi \left(\frac{\phi_{TI}}{2}\right)^2}$$

$$h_{TI} = \frac{1.65 m^3}{\pi \left(\frac{1.47m}{2}\right)^2}$$

$$h_{TI} = 0.97 m$$

Donde:

V_{FTL} = Volumen total del tanque de inactivación enzimática

ϕ_{TI} = Diámetro interno del tanque de inactivación enzimática

- Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de inactivación enzimática

$$h_{chaquetaTI} = h_{TI} * fs$$

$$h_{chaquetaTI} = 0.97m * 1.1$$

$$h_{chaquetaTI} = 1.067 m$$

Donde:

h_{TI} = Altura del tanque de inactivación enzimática

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

- Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque de inactivación enzimática

$$\Phi_{chaquetaTI} = \Phi_{TI} * fs$$

$$\Phi_{chaquetaTI} = 1.47 m * 1.1$$

$$\Phi_{chaquetaTI} = 1.62 m$$

Donde:

Φ_{TI} = Diámetro interno del tanque de inactivación enzimática

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

3.2.10.3. *Tanque de hidrolisis ácida*

- Volumen a ocupar la cáscara de naranja inactivada enzimáticamente con agua

$$V_{CNIA} = \frac{V_{exp} * \frac{FM}{lote}}{FM_{exp}}$$

$$V_{CNIA} = \frac{2.55 \times 10^{-3} m^3 * 500 \frac{kg}{lote}}{0.0985 kg}$$

$$V_{CNIA} = 12.944 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

V_{exp} = Volumen experimental de cáscara de naranja inactivada con agua

$\frac{FM}{lote}$ = Flujo de materia prima inactivada enzimáticamente a ingresar por lote

FM_{exp} = Flujo experimental de materia prima inactivada enzimáticamente

- Volumen a ocupar de ácido clorhídrico al 37% para obtener un pH de 1.5

$$V_{HCl\ 37\%} = \frac{V_{expHCl37\%} * V_{CNAHA}}{V_{exp}}$$

$$V_{HCl\ 37\%} = \frac{7.75 \times 10^{-6} m^3 * 12.944 \frac{m^3}{lote}}{2.55 \times 10^{-3} kg}$$

$$V_{HCl\ 37\%} = 0.0393 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

$V_{expHCl37\%}$ = Volumen experimental de ácido clorhídrico al 37%

V_{CNAHA} = Volumen a ocupar la cáscara de naranja inactivada enzimáticamente con agua

V_{exp} = Volumen experimental a ocupar la cáscara de naranja inactivada con agua

- Volumen total a ocupar de cáscara de naranja inactivada enzimáticamente con agua acidificada

$$V_{TCNAA} = V_{CNIA} + V_{HCl\ 37\%}$$

$$V_{TCNAA} = 12.944 \frac{m^3}{lote} + 0.0393 \frac{m^3}{lote}$$

$$V_{TCNAA} = 12.9833 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

V_{CNIA} = Volumen a ocupar la cáscara de naranja inactivada enzimáticamente con agua

$V_{HCl\ 37\%}$ = Volumen a ocupar de ácido clorhídrico al 37% para obtener un pH de 1.5

- Volumen total del tanque de hidrolisis ácida

$$V_{FTHA} = V_{TCNAA} * fs$$

$$V_{FTHA} = 12.9833 \frac{m^3}{lote} * 1.2$$

$$V_{FTHA} = 15.5799 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

V_{TCNAA} = Volumen a ocupar de cáscara de naranja inactivada con agua acidificada

fs = Factor de seguridad considerado al 20%

- Diámetro interno del tanque de hidrolisis ácida

$$\begin{aligned}\phi_{THA} &= \sqrt[3]{\frac{3V_{FTHA}}{4\pi}} * 2 \\ \phi_{THA} &= \sqrt[3]{\frac{3 * 15.5799m^3}{4\pi}} * 2 \\ \phi_{THA} &= 3.0987m\end{aligned}$$

Donde:

V_{FTHA} = Volumen total del tanque de hidrolisis ácida

- Altura del tanque de hidrolisis ácida

$$\begin{aligned}h_{THA} &= \frac{V_{FTHA}}{\pi \left(\frac{\phi_{THA}}{2}\right)^2} \\ h_{THA} &= \frac{15.5799 m^3}{\pi \left(\frac{3.0987m}{2}\right)^2} \\ h_{THA} &= 2.0659 m\end{aligned}$$

Donde:

V_{FTHA} = Volumen total del tanque de hidrolisis ácida

ϕ_{THA} = Diámetro interno del tanque de hidrolisis ácida

- Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de hidrolisis ácida

$$h_{chaquetaTHA} = h_{THA} * fs$$

$$h_{chaquetaTHA} = 2.0659m * 1.1$$

$$h_{chaquetaTHA} = 2.2724m$$

Donde:

h_{THA} = Altura del tanque de hidrolisis ácida

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

- Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque de hidrolisis ácida

$$\begin{aligned}\phi_{ChaquetaTHA} &= \phi_{THA} * fs \\ \phi_{ChaquetaTHA} &= 3.0987m * 1.1 \\ \phi_{ChaquetaTHA} &= 3.4086 m\end{aligned}$$

Donde:

ϕ_{THA} = Diámetro interno del tanque de hidrolisis ácida

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

Sistema de agitación

Para el sistema de agitación en el proceso de hidrolisis ácida se va a implementar turbo agitadores o agitadores de turbina que poseen rodets que combinan flujos axiales y radiales los mismos que facilitan el trabajo en sólidos en suspensión y líquidos viscosos debido a que las corrientes bajan, luego con el movimiento de estos se levantan los sólidos.

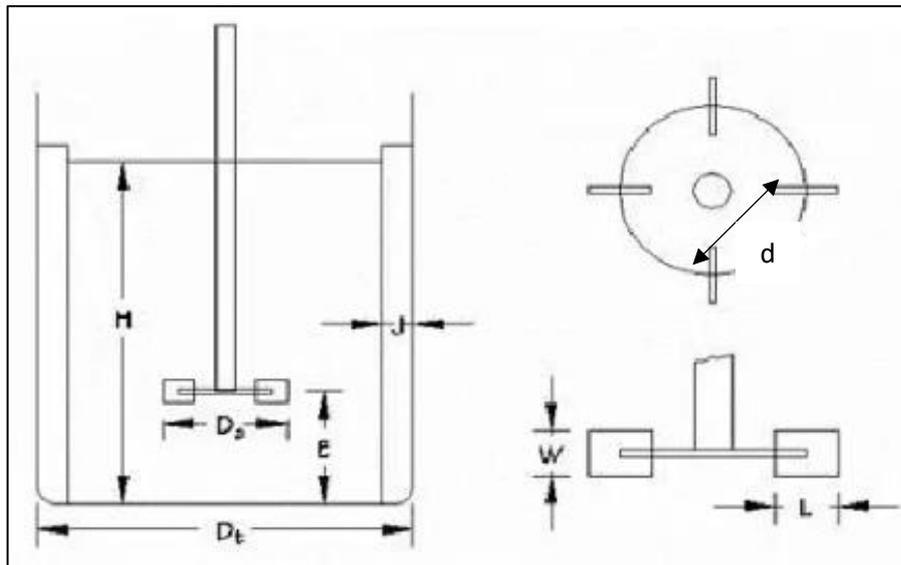


Ilustración 7-3: Correlación geométrica del agitador y reactor.

Fuente: (Castillo, p.36).

- Diámetro interno del tanque de hidrolisis ácida

$$Dt = \phi_{THA} = 3.0987m$$

- Altura del llenado del tanque de hidrolisis ácida

$$H = \frac{V_{TCNAA}}{\pi \left(\frac{\phi_{THA}}{2} \right)^2}$$

$$H = \frac{12.9833 \frac{m^3}{lote}}{\pi \left(\frac{3.0987m}{2} \right)^2}$$

$$H = 1.7216 m$$

Donde:

V_{TCNAA} = Volumen a ocupar de cáscara de naranja inactivada con agua acidificada

ϕ_{THA} = Diámetro interno del tanque de hidrolisis ácida

- Altura desde el fondo del tanque hasta el centro del agitador

$$E = Da = 1.0329 m$$

- Diámetro del agitador

$$Da = \frac{1}{3} * Dt$$

$$Da = \frac{1}{3} * 3.0987m$$

$$Da = 1.0329 m$$

Donde:

Dt = Diámetro interno del tanque de hidrolisis ácida

- Ancho de las paletas en el turbo agitador o agitador de turbina

$$W = \frac{1}{5} * Da$$

$$W = \frac{1}{5} * 1.0329 m$$

$$W = 0.2066 m$$

Donde:

Da = Diámetro del agitador

- Longitud de las paletas del agitador de turbina

$$L = \frac{1}{4} * Da$$

$$L = \frac{1}{4} * 1.0329 m$$

$$L = 0.2582 m$$

Donde:

Da = Diámetro del agitador

- Distancia entre paleta

$$d = \frac{2}{3} * Dt$$

$$d = \frac{2}{3} * 3.0987m$$

$$d = 2.0658 m$$

Donde:

Dt = Diámetro interno del tanque de hidrolisis ácida

3.2.10.4. Filtro

Los filtros nos ayudaran a separar la solución ácida que contiene la pectina y los residuos cáscara de naranja, este no tiene ecuaciones de cálculo por lo que se tomó las consideraciones más importantes para su elección.

Tabla 15-3: Especificaciones técnicas del filtro.

ESPECIFICACIONES	EQUIPO
Fabricante	Shanghai Dahang
Modelo	XG80/1250-Uk
Material	Acero inoxidable (AISI 304)
Nº de placas	99
Dimensiones (mm)	11260 x 2200 x 1820
Potencia (KW)	11
Capacidad (L)	7600
Precio (\$)	1500.00

Fuente: (Shanghai Dahang, 2022, p.1).

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.2.10.5. *Tanque de concentración de la solución y precipitación*

- Volumen a ocupar la solución que contiene la pectina hidrolizada

$$V_{SPH} = \frac{V_{expc} * V_{TCNAA}/lote}{V_{SCexp}}$$

$$V_{SPH} = \frac{1.9125 \times 10^{-3} m^3 * 12.9833 \frac{m^3}{lote}}{2.25 \times 10^{-3} m^3}$$

$$V_{SPH} = 11.0358 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

V_{expc} = Volumen experimental de solución que contiene la pectina hidrolizada

V_{TCNAA} = Volumen total a ocupar de cáscara de naranja inactivada enzimáticamente con agua acidificada por lote

V_{SCexp} = Volumen experimental a ocupar de cáscara de naranja inactivada enzimáticamente con agua acidificada

- Volumen total del tanque de concentración y precipitación

$$V_{FTCP} = V_{SPH} * fs$$

$$V_{FTCP} = 11.0358 \frac{m^3}{lote} * 1.2$$

$$V_{FTCP} = 13.2429 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

V_{SPH} = Volumen a ocupar la solución que contiene la pectina hidrolizada

fs = Factor de seguridad considerado al 20%

- Diámetro interno del tanque de concentración y precipitación

$$\Phi_{TCP} = \sqrt[3]{\frac{3V_{FTCP}}{4\pi} * 2}$$

$$\Phi_{TCP} = \sqrt[3]{\frac{3 * 13.2429 m^3}{4\pi} * 2}$$

40

$$\phi_{TCP} = 2.9354 \text{ m}$$

Donde:

V_{FTCP} = Volumen total del tanque de concentración y precipitación

- Altura del tanque de concentración y precipitación

$$h_{TCP} = \frac{V_{FTCP}}{\pi \left(\frac{\phi_{TCP}}{2} \right)^2}$$

$$h_{TCP} = \frac{13.2429 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{2.9354 \text{ m}}{2} \right)^2}$$

$$h_{TCP} = 1.9569 \text{ m}$$

Donde:

V_{FTCP} = Volumen total del tanque de concentración y precipitación

ϕ_{TCP} = Diámetro interno del tanque de concentración y precipitación

- Altura de la chaqueta de calentamiento para el tanque de concentración y precipitación

$$h_{chaquetaTCP} = h_{TCP} * fs$$

$$h_{chaquetaTCP} = 1.9569 \text{ m} * 1.1$$

$$h_{chaquetaTCP} = 2.1526 \text{ m}$$

Donde:

h_{TCP} = Altura del tanque de concentración y precipitación

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

- Diámetro de la chaqueta de calentamiento para el tanque de concentración y precipitación

$$\phi_{ChaquetaTCP} = \phi_{TCP} * fs$$

$$\phi_{ChaquetaTCP} = 2.9354 \text{ m} * 1.1$$

$$\phi_{ChaquetaTCP} = 3.2289 \text{ m}$$

Donde:

ϕ_{TCP} = Diámetro interno del tanque de concentración y precipitación

f_s = Factor de seguridad considerado al 10%

Sistema de agitación

- Diámetro interno del tanque de concentración y precipitación

$$Dt_{cp} = \phi_{TCP} = 2.9354 \text{ m}$$

- Altura del llenado del tanque de concentración y precipitación

$$H_{TCP} = \frac{V_{SPH}}{\pi \left(\frac{\phi_{TCP}}{2} \right)^2}$$
$$H_{TCP} = \frac{11.0358 \frac{m^3}{lote}}{\pi \left(\frac{2.9354 \text{ m}}{2} \right)^2}$$
$$H_{TCP} = 1.6307 \text{ m}$$

Donde:

V_{SPH} = Volumen a ocupar la solución que contiene la pectina hidrolizada

ϕ_{TCP} = Diámetro interno del tanque de concentración y precipitación

- Diámetro del agitador

$$D_{acp} = \frac{1}{3} * Dt_{cp}$$
$$D_{acp} = \frac{1}{3} * 2.9354 \text{ m}$$
$$D_{acp} = 0.9785 \text{ m}$$

Donde:

Dt_{cp} = Diámetro interno del tanque de concentración y precipitación

- Altura desde el fondo del tanque hasta el centro del agitador

$$E = D_{acp} = 0.9785 \text{ m}$$

- Ancho de las paletas en el turboagitador o agitador de turbina

$$Wcp = \frac{1}{5} * Dacp$$

$$Wcp = \frac{1}{5} * 0.9785m$$

$$Wcp = 0.1957 m$$

Donde:

$Dacp$ = Diámetro del agitador

- Longitud de las paletas del agitador de turbina

$$Lcp = \frac{1}{4} * Dacp$$

$$Lcp = \frac{1}{4} * 0.9785 m$$

$$Lcp = 0.2446 m$$

Donde:

$Dacp$ = Diámetro del agitador

- Distancia entre paleta

$$dcp = \frac{2}{3} * Dtcp$$

$$dcp = \frac{2}{3} * 2.9354 m$$

$$dcp = 1.9569 m$$

Donde:

$Dtcp$ = Diámetro interno del tanque de concentración y precipitación

3.2.10.6. Secador de bandejas

El secador de bandejas sirve para secar la pectina húmeda obtenida de la etapa de precipitación a través de aire caliente la cual no posee ecuaciones específicas para su diseño, pero de acorde a las necesidades se eligió un secador de bandejas adecuado para el proceso y el flujo de alimentación que va a ingresar.

Tabla 16-3: Especificaciones técnicas del secador de bandejas.

ESPECIFICACIONES	EQUIPO
Fabricante	Alibaba
Modelo	HONG JIN
Dimensiones (mm)	620 x 500 x 480
Temperatura	30° - 350° C
Bandejas	20 unidades
Capacidad (Kg)	200
Potencia (KW)	2
Voltaje (V)	200
Control	Digital
Frecuencia (Hz)	60
Material	Acero inoxidable
Precio (\$)	1580.00

Fuente: (Alibaba, 2022, p.1).

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.2.10.7. Molino de martillos

El molino es esencial en el proceso sirve para la reducción del tamaño de la pectina seca, el cual no tiene ecuaciones específicas, pero se eligió uno equipo acorde a las necesidades de la producción.

Tabla 17-3: Especificaciones técnicas del molino de martillos.

ESPECIFICACIONES	EQUIPO
Fabricante	Alibaba
Modelo	XPE
Capacidad (Kg)	40 – 1800
Dimensiones	Variable como volumen
Potencia (KW)	1.5
Voltaje (V)	180 V – 430 V
Control	Digital
Capacidad de procesamiento (T/h)	0.04 – 3
Tiempo de espera (segundos)	< 5
Material	Acero inoxidable
Precio (\$)	880

Fuente: (Alibaba, 2022, p.1).

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.3. Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria

3.3.1. Equipos y maquinaria adicionales necesarios para la producción

Tanque de almacenamiento del ácido clorhídrico

- Volumen a ocupar de ácido clorhídrico al 37% para obtener un pH de 1.5

$$V_{HCl\ 37\%} = 0.0393 \frac{m^3}{lote}$$

- Volumen total del tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico

$$\begin{aligned} V_{TAHCl} &= V_{HCl\ 37\%} * fs \\ V_{TAHCl} &= 0.0393 \frac{m^3}{lote} * 1.1 \\ V_{TAHCl} &= 0.04323 \frac{m^3}{lote} \end{aligned}$$

Donde:

$V_{HCl\ 37\%}$ = Volumen a ocupar de ácido clorhídrico al 37% para obtener un pH de 1.5

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

- Diámetro interno del tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico

$$\begin{aligned} \emptyset_{TAHCl} &= \sqrt[3]{\frac{3V_{TAHCl}}{4\pi}} * 2 \\ \emptyset_{TAHCl} &= \sqrt[3]{\frac{3 * 0.04323\ m^3}{4\pi}} * 2 \\ \emptyset_{TAHCl} &= 0.4354\ m \end{aligned}$$

Donde:

V_{TAHCl} = Volumen total del tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico

- Altura del tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico

$$h_{TAHCl} = \frac{V_{TAHCl}}{\pi \left(\frac{\Phi_{TAHCl}}{2} \right)^2}$$

$$h_{TAHCl} = \frac{0.04323 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{0.4354 \text{ m}}{2} \right)^2}$$

$$h_{TAHCl} = 0.2903 \text{ m}$$

Donde:

V_{TAHCl} = Volumen total del tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico

Φ_{TAHCl} = Diámetro interno del tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico

Tanque de almacenamiento del alcohol Etanol al 96°

- Volumen a ocupar la solución que contiene la pectina concentrada

$$V_{SC} = \frac{V_{SPH}}{2}$$

$$V_{SC} = \frac{11.0358 \frac{\text{m}^3}{\text{lote}}}{2}$$

$$V_{SC} = 5.5179 \frac{\text{m}^3}{\text{lote}}$$

Donde:

V_{SPH} = Volumen a ocupar la solución que contiene la pectina hidrolizada

- Volumen a ocupar de alcohol 96° en un 40%

$$V_{A \text{ al } 40\%} = V_{SC} * 40\%$$

$$V_{A \text{ al } 40\%} = 5.5179 \frac{\text{m}^3}{\text{lote}} * 40\%$$

$$V_{A \text{ al } 40\%} = 2.2072 \frac{\text{m}^3}{\text{lote}}$$

Donde:

V_{SC} = Volumen a ocupar la solución que contiene la pectina concentrada

- Volumen total del tanque de almacenamiento de alcohol Etanol 96°

$$V_{TAA} = V_{A \text{ al } 40\%} * fs$$

$$V_{TAA} = 2.2072 \frac{m^3}{lote} * 1.1$$

$$V_{TAA} = 2.4279 \frac{m^3}{lote}$$

Donde:

$V_{A \text{ al } 40\%}$ = Volumen a ocupar de alcohol 96° en un 40%

fs = Factor de seguridad considerado al 10%

- Diámetro interno del tanque de almacenamiento de alcohol Etanol 96°

$$\phi_{TAA} = \sqrt[3]{\frac{3V_{TAA}}{4\pi} * 2}$$

$$\phi_{TAA} = \sqrt[3]{\frac{3 * 2.4279 \text{ m}^3}{4\pi} * 2}$$

$$\phi_{TAA} = 1.6675 \text{ m}$$

Donde:

V_{TAA} = Volumen total del tanque de almacenamiento de alcohol Etanol 96°

- Altura del tanque de almacenamiento de alcohol Etanol 96°

$$h_{TAA} = \frac{V_{TAA}}{\pi \left(\frac{\phi_{TAA}}{2}\right)^2}$$

$$h_{TAA} = \frac{2.4279 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{1.6675 \text{ m}}{2}\right)^2}$$

$$h_{TAA} = 1.1117 \text{ m}$$

Donde:

V_{TAA} = Volumen total del tanque de almacenamiento de alcohol Etanol 96°

ϕ_{TAA} = Diámetro interno del tanque de almacenamiento de alcohol Etanol 96°

Tabla 18-3: Equipos y maquinaria adicional que se utiliza en el proceso de producción.

EQUIPO	FUNCIÓN	ESPECIFICACIONES
Columna de rectificación de alcohol	Será empleada para la recuperación de alcohol que será utilizado para la precipitación de pectina.	Fabricante: Alibaba Modelo: LEÑO Capacidad (L): 50 – 50000 Potencia (KW): 0.55 – 72 Bomba al vacío (KW): 1.5 – 11 Material: Acero inoxidable Voltaje (V): 120 – 480 Forma de calentamiento: Vapor o eléctrico Precio (\$):1800
Tamices vibratorios	Será empleados para la separación de partículas según su tamaño.	Fabricante: Alibaba Modelo: ZN-800mm Capacidad (Kg): 100 (10T/h) Diámetro (mm): 400 – 2000 Material: Acero inoxidable Capas: 3 Forma: Redondo – circular Voltaje (V): 220 Precio (\$):1500
Dosificadora y selladora	Será de ser utilizada para sellar las fundas para su posterior comercialización.	Fabricante: Alibaba Modelo: JA-A14 Velocidad máxima (pieza/min): 180 Material: Acero inoxidable Panel de control: Pantalla táctil 10.1” Rango de pesaje (g):10 – 1000 Dimensiones (mm): 1950*1650*1650 Precio (\$):5000

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.4. Análisis de costo-beneficio para la producción industrial de pectina

Se efectúa un análisis de costo-beneficio que presentaría la planta de producción de pectina, con el propósito de determinar la viabilidad que tiene la ejecución del proyecto.

3.4.1. Inversión fija

Es la cantidad económica de los bienes tangibles que la empresa necesita adquirir para empezar con la producción, en las siguientes tablas 19-3 se detallarán los costos necesarios.

Tabla 19-3: Costos de inversión fija de la empresa.

EQUIPOS Y MAQUINARIA PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE PECTINA			
Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Tanque de lavado y desinfección	1	850	850
Tanque de inactivación enzimática	1	3000	3000
Tanque de hidrolisis ácida	1	12500	12500
Tanque de concentración y precipitación	1	10000	10000
Caldera	1	1600	1600
Filtro prensa	1	1500	1500
Secador de bandejas	1	1580	1580
Molino de martillos	1	880	880
Tanque de almacenamiento de alcohol Etanol 96°	1	200	200
Columna de destilación	1	1800	1800
Tanque de almacenamiento de HCl	1	200	200
Tamices vibratorios	1	1500	1500
Dosificadora y selladora	1	5000	5000
SUBTOTAL			40610
INVERSIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA ÁREA DE PRODUCCIÓN			
Mano de obra para la instalación de equipos		500	500
Mano de obra para la instalación de infraestructura		700	700
Capacitaciones a los socios y trabajadores		300	300
SUBTOTAL			1500
ADECUACIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN			
Infraestructura		1500	1500
Terreno		8000	8000
Implementación de servicios básicos (agua, luz, internet, etc.)		5000	5000
SUBTOTAL			14500

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Tabla 20-3: Costos totales de inversión fija de la empresa.

INVERSION	COSTO (\$)
Equipos y maquinaria para el área de producción de pectina	40610
Inversión de recursos humanos para área de producción	1500
Adecuación del área de producción	14500
Subtotal	56610
Imprevisto (5%)	2830,50
TOTAL	59440,5

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.4.2. Determinación de egresos

Es la cantidad económica que se requiere para pagar la adquisición de patrimonios necesarios para el funcionamiento de la empresa; en la tabla 21-3, tabla 22-3 y tabla 23-3 se detallan los costos para la obtención de pectina.

Tabla 21-3: Costos de materiales e insumos para la obtención de pectina por lote.

MATERIALES O INSUMOS	VALOR POR PRESENTACIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	CANTIDAD REQUERIDA	VALOR TOTAL (\$)
Cáscara de naranja	00,00	0,00	550 Kg	00,00
Ácido clorhídrico	\$4,85 por 1L	4,85	40L	194,00
Alcohol Etanol 96°	\$3,60 por 4L	0,90	1100L	990,00
Agua	\$0,20 por 20L	0,01	20000L	200,00
Fundas de polietileno	\$0,02 por envase	0,02	76,2 unidades	1,52
Etiquetas	\$0,01 por envase	0,01	76,2 unidades	0,76
TOTAL DIARIO				1386,28
TOTAL MENSUAL				27725,72
TOTAL ANUAL				332708,64

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Tabla 22-3: Costo de servicios básicos requeridos.

SERVICIO BÁSICO	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Energía eléctrica	50	600
Agua potable	40	480
Telefonía	25	300
Internet	30	360
TOTAL	145	1740

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Tabla 23-3: Costos de mano de obra directa.

PERSONAL	CANTIDAD	TOTAL MENSUAL (\$)	TOTAL ANUAL (\$)
Operario	1	500	6000
Jefe de administración	1	500	6000
Técnico de laboratorio	1	700	8400
TOTAL		1600	20400

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Tabla 24-3: Total de egresos anuales.

DESCRIPCIÓN	VALOR ANUAL (\$)
Materiales e insumos	332708,64
Servicios básicos	1740,00
Mano de obra	20400,00
Subtotal	354848,64
Imprevistos 5%	17742,43
TOTAL	372591,07

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.4.3. Costos totales de inversión fija y egresos

En la tabla 25-3 se detalla un resumen total de los costos totales de inversión fija y de los egresos de la producción

Tabla 25-3: Costos totales de inversión fija y egresos.

DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
Inversión fija	59440,5
Egresos	372591,072
TOTAL	432031,57

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.4.4. Determinación de ingresos anuales

Los ingresos son las cantidades económicas (ganancias) en la cual se determina el precio de venta por unidad del producto obtenido al público en general, su producción será de 6 lotes por semana, cada lote con 74,2 unidades de 1Kg, con una utilidad de ganancia deseada del 20%.

3.4.4.1. Costos de la producción por unidad producida

$$CP = \frac{\text{Inversión fija} + \text{egresos anuales}}{N^{\circ} \text{ unidades producidas} * \text{Dias produccion mensual} * \text{por meses totales}}$$
$$CP = \frac{59440,50 + 372591,07}{72,2 * 25 * 12}$$
$$CP = 19,89$$

3.4.4.2. Precio de venta unitario al público

$$PVP = CP \left(\frac{100}{100 - U} \right)$$
$$PVP = 19,89 \left(\frac{100}{100 - 20} \right)$$
$$PVP = 24,86$$

Donde:

CP = Costo de la producción por unidad producida

U = Utilidad deseada del 20%

A continuación, en la tabla 26-3 se detalla los costos de producción anual e ingresos anuales.

Tabla 26-3: Ingresos anuales.

UNIDADES PRODUCIDAS ANUALES (KG)	COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL (\$)	COSTO DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD (\$)	PVP (\$)	INGRESOS ANUALES
17328 (1Kg)	344660,21	19,89	24,86	430825,26

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.4.5. Cálculo del Valor actual neto, Tasa de retorno interno y Periodo de recuperación

Se valora con la factibilidad del presente proyecto para su implementación y desarrollo, a través de la determinación de: Valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR) y el Periodo de recuperación (PDR).

3.4.5.1. Valor actual neto (VAN)

La determinación del VAN permite determinar la viabilidad del proyecto siendo un indicador de inversión, además ayuda a percibir cuánto va a ganar o perder el socio al ejecutarse el proyecto, para hay que tomar en cuenta los siguientes criterios:

- $VAN < 0$: Proyecto no viable, debido que se generan pérdidas.
- $VAN > 0$: Proyecto viable, debido a que puede generar beneficios o ganancias.
- $VAN = 0$: Proyecto de inversión insignificante, debido a que puede generar pérdidas o ganancias.

$$VAN = -Inv + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

Tabla 27-3: Cálculo del VAN.

PERIODO INICIAL	INVERSIÓN INICIAL (\$)			
0	Inversión fija = 59440,50			
Periodos (años)	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	Flujo de caja (\$) Fj	$\frac{Ft}{(1+i)^t}$
1	430825,261	372591,072	58234,19	52940,17
2	430825,261	372591,072	58234,19	48127,43
3	430825,261	372591,072	58234,19	43752,21
4	430825,261	372591,072	58234,19	39774,73
5	430825,261	372591,072	58234,19	36158,84
Tasa de descuento	i = 10%		VAN (\$):	220753,39

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

3.4.5.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR establece la tasa de rentabilidad (ganancia o pérdida) que se presenta al ejecutar el presente proyecto, para determinar se debe interpretar cuando:

- **TIR > i:** La tasa de rendimiento es mayor a la tasa mínima de rentabilidad, la inversión en el proyecto es rentable.
- **TIR < i:** La tasa de rendimiento tiene una baja rentabilidad, por lo que la inversión en el proyecto es rechazada.
- **TIR = i:** La inversión en el proyecto se debería llevar a cabo en caso de mejorar el enfoque competitivo.

Se realizó a través la utilización de la hoja de cálculo de Microsoft Excel, se calculó utilizando la función “=TIR (valores; [estimar])” se obtuvo un valor de:

94%

3.4.5.3. Periodo de recuperación (PDR)

El PDR calcula el tiempo estimado en la que se recuperaría la inversión inicial que se necesita para poner en ejecución al proyecto y en la que se generara ganancias.

$$PDR = \text{Último período acumulado negativo} + \frac{\text{Último flujo acumulado negativo}}{\text{Flujo de caja del año siguiente}}$$

Tabla 28-3: Cálculo del PDR.

PERIODO (AÑO)	FLUJO DE CAJA	FLUJO ACUMULADO
0	-59440,50	-59440,50
1	58234,19	-1206,31
2	58234,19	57027,87
3	58234,19	115262,07
4	58234,19	173496,25
5	58234,19	231730,446

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

$$PDR = 1 + \frac{-1206,31}{57027,87}$$

$$PDR = 0,9788 \text{ años} = 11 \text{ meses y } 22 \text{ días}$$

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de la caracterización de la materia prima (cáscara de naranja)

Se realizó el análisis fisicoquímica y microbiológica de la cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) que se utilizó para la obtención de pectina, en la cual se efectuó en el Laboratorio de bromatología de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la que se obtuvo los valores que se detalla en la tabla 29-4.

Tabla 29-4: Resultados de la caracterización bromatológica de la materia prima.

Requisito	Unidad	Método	Resultado
Humedad	%	Desecación en la estufa de aire	84.4616
Ceniza	%	Incineración en la mufla	3.0342
Proteína	%	Macrokjeldhal	4.0381
Fibra	%	Weende	2.4563
Grasa	%	Goldish	1.4532
Carbohidrato	%	Cálculo de la diferencia de los análisis	4.5566

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Para el proceso de obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja, empiezan en la selección de la materia prima, a pesar de que no existe una normativa técnica específica que detalle los requerimientos necesarios, se compararon con estudios recientes con el mismo fin. En a los análisis físico-químicos se calcularon los siguientes valores: la humedad se tuvo un valor de 84.46% mismo que se encuentra de los límites permisibles, en cuanto a cenizas se obtuvo un valor de 3.03%, la cantidad de proteína mostro un resultado de 4.03%, fibra se obtuvo un valor de 2.45%, la cantidad de grasa se tuvo un valor de 1.45% y finalmente el resultado de carbohidratos se realizó a través del cálculo de diferencias de los demás análisis dando como resultado 4.55% todos estos valores están dentro de los rangos admisibles para su utilización. Al observar los valores obtenidos en cada análisis y compararlos con los límites establecidos por (Cerón & Cardona, 2011, p.15), se concluye que la cáscara de naranja se encuentra en perfecto estado para la producción de pectina.

Tabla 30-4: Resultados de la caracterización microbiológica de la materia prima.

Requisito	Unidad	Método	Resultado
Mohos y levaduras	UFC/g	Placas de Petrifilm	49
Coliformes totales	UFC/g	Placas de Petrifilm	< 10

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

En el análisis microbiológico de la materia prima empleada, se determinó los siguientes valores: < 10 UFC/g de coliformes totales y 49 UFC/g de mohos y levaduras, por lo que concluye que los datos obtenidos están dentro de los rangos permitidos concluyendo como una materia apta para ser utilizada.

4.2. Resultado de la obtención de pectina a nivel de laboratorio

En la obtención de pectina se inició con 93 g de cáscara de naranja a las siguientes condiciones: pH de 1.5, tiempo de extracción de 60 minutos y a una temperatura de 90° C de la cual se obtuvo 14.17 g de pectina seca, que dio como resultado un rendimiento de 15.24%. Según (Chavez, 2016, p.2) el rendimiento ideal de la extracción de pectina a partir de cítricos es aproximadamente de 12% a 18.69% según el método de extracción utilizado, lo que nos permite deducir que se encuentra dentro del rango establecido.

4.2.1. Resultados del balance de materia y balance de energía

El balance de masa se realizó en estado estacionario en el cual no genera acumulación, con una base de cálculo de gramos de cáscara de naranja, en la tabla 31-4 se detallará los resultados.

Tabla 31-4: Resultados del balance de materia de la obtención de pectina a nivel de laboratorio.

Etapas	Entrada (g)	Salida (g)	Rendimiento (%)
Lavado y desinfectado	93	92.9	99.89
Inactivación enzimática	92.9	92.5	99.57
Hidrolisis ácida	2552.02	1996.23	78.22
Filtración 1	1996.23	1912.5	83.73
Concentración de la solución	1912.5	956.25	50
Precipitación	1261.1	1261.1	100
Filtración 2	1261.1	160.0879	12.69
Secado	160.0879	14.205	8.87
Molienda	14.205	14.18	99.82
Tamizado	14.18	14.17	99.93
Empaquetado	14.17	14.17	100

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Las etapas con menor rendimiento es la concentración de solución con el 50% debido a que es necesario reducir la solución de pectina para evitar desperdiciar el alcohol etanol, la filtración con un rendimiento del 12.69% y el secado con un rendimiento del 8.87%, por la pérdida de materia en los equipos y herramientas utilizadas. Se obtuvo un rendimiento de 15.24%, es decir que el diseño de proceso es aceptable según (Chavez, 2016, p.2).

Tabla 32-4: Resultados del balance de materia de la obtención de pectina a nivel de laboratorio.

Etapa	Flujo de calor (J)
Inactivación enzimática	6604.63
Hidrolisis ácida	6576.19
Concentración de la solución	99488.25
Secado	4441.478

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

Para el resultado del balance de energía se determinó el flujo de calor para el proceso de inactivación enzimática de 6604.63 J, para la hidrolisis ácida 6576.19 J, para la concentración de la solución de 99488.25 J y finalmente para el secado de 4441.478 J.

4.3.Resultado de las dimensiones de la planta

Para las dimensiones de los equipos para el diseño de la planta se tomó como referencia los valores experimentales de la obtención del producto a nivel de laboratorio, para las cuales se utiliza un material de acero inoxidable (AISI 304) y se detalla en la tabla 33-4.

Tabla 33-4: Resultados de las dimensiones de la planta.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Tanque de lavado y desinfección		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen total del tanque	3.84	m^3
Diámetro interno del tanque	1.94	m
Altura del tanque	1.29	m
Tanque de inactivación enzimática		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen total del tanque	1.65	m^3
Diámetro interno del tanque	1.47	m
Altura del tanque	0.97	m
Altura de la chaqueta de calentamiento	1.067	m
Diámetro de la chaqueta de enfriamiento	1.62	m

Tanque de hidrolisis ácida		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen total del tanque	15.58	m ³
Diámetro interno del tanque	3.098	m
Altura del tanque	2.061	m
Altura de la chaqueta de calentamiento	2.27	m
Diámetro de la chaqueta de enfriamiento	3.41	m
Sistema de agitación		Turboagitadores
Altura del llenado del tanque	1.72	m
Diámetro del agitador	1.03	m
Ancho de las paletas	0.20	m
Longitud de las paletas	0.26	m
Distancia entre paletas	2.06	m
Filtro de prensa		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Nº de placas	99	Unidades
Presión de trabajo	0.8	Mpa
Dimensiones	11.26x2.2x1.82	m
Potencia	11	KW
Capacidad	7.6	m ³
Tamaño de placas	1.5	m
Tanque de concentración de la solución y precipitación		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen total del tanque	13.24	m ³
Diámetro interno del tanque	2.93	m
Altura del tanque	1.95	m
Altura de la chaqueta de calentamiento	2.15	m
Diámetro de la chaqueta de enfriamiento	3.23	m
Sistema de agitación		Turboagitacion
Altura del llenado del tanque	1.63	m
Diámetro del agitador	0.98	m
Ancho de las paletas	0.19	m
Longitud de las paletas	0.24	m
Distancia entre paletas	1.95	m
Secador de bandejas		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Dimensiones	0.62x0.5x0.48	m
Temperatura	30° – 350°	°C
Bandejas	20	Unidades
Capacidad	200	Kg
Potencia	2	KW
Frecuencia	60	Hz
Molino de martillos		

Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Capacidad	40 – 1800	Kg
Potencia	1.5	KW
Capacidad de procesamiento	0.04 – 3	Kg / h
Tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen total del tanque	0.043	m^3
Diámetro interno del tanque	0.43	m
Altura del tanque	0.29	m
Tanque de almacenamiento de alcohol etanol a 96°		
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
Volumen total del tanque	2.42	m^3
Diámetro interno del tanque	1.66	m
Altura del tanque	1.11	m

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

El dimensionamiento de los equipos para el diseño ingenieril será dimensionado para una producción por lotes de 152.4 Kg, en la que se obtuvieron los siguientes valores de los volúmenes: el tanque de lavado y desinfección de $3.84 m^3$, el tanque de inactivación enzimática de $1.65 m^3$, el tanque de hidrolisis ácida de $15.58 m^3$ con un sistema de agitación de turbina, el tanque de concentración de la solución de $13.24 m^3$ con un sistema de agitación de turbina y para los equipos como el filtro de presa, secador de bandejas y molino de martillos que no poseen ecuaciones se eligió de acorde a las necesidades.

A demás se realizó los cálculos para el tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico con un volumen de $0.043 m^3$, y para el tanque de almacenamiento de alcohol etanol a 96° de un volumen de $2.42 m^3$.

4.4. Resultado del análisis de costo-beneficio para la producción

En el análisis de costos-beneficios se analizó la inversión fija de los bienes tangibles de la empresa En el análisis de costos-beneficios se analizó la inversión fija de los bienes tangibles de la empresa como el costo de maquinarias y equipos, inversión en recursos humanos y adecuaciones del área de producción que sumo 59440.5\$ y los egresos como materiales e insumos, servicios básicos y la mano de obra que suma 372591.07\$ mientras que los ingresos son: costo de producción por unidad es de 19.89\$ y el precio unitario de venta al público es de 24.86\$ dándonos un ingreso anual por las unidades producidas y comercializadas de 430825.26\$, obteniendo como resultado un VAN de 220753.39\$ resultando factible el implemento y desarrollo del proyecto con su TIR de 94% y su periodo de recuperación de lo invertido de 11 meses con 22 días.

4.5. Resultados de la validación del producto final

En la tabla 34-4 se muestra los valores obtenidos de la caracterización de física-química y microbiológica que se realizó en el laboratorio de SAQMIC que representa la validación del proceso del producto final, mediante la norma INEN.

Tabla 34-4: Resultados del análisis fisicoquímico de la pectina.

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
Humedad	%	INEN 1235	4.62
Ceniza	%	INEN 401	1.44
Proteína	%	INEN 1670	0.02
Fibra	%	INEN 522	1.36
Grasa	%	INEN 523	3.44
Carbohidrato	%	----	70.49
Acidez libre expr. CO ₂	mg/mEq	Owens	0.54
Peso equivalente	mg/mEq	Owens	1836
Contenido de metoxilo	%	Volumétrico	6.53

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

En la caracterización física-química realizada en el Laboratorio SAQMIC para validar el producto final se obtuvo los siguientes resultados: humedad 4.62%, cenizas 1.44%, proteína 0.02%, fibra 1.36%, grasa 3.44%, carbohidratos 70.49%, acidez libre expr. CO₂ 0.54 mg/mEq, peso equivalente 1836 mg/mEq, contenido de metoxilos 6.53%, los mismo que según el organismo de control de pureza de pectina los valores resultantes de la pectina obtenida se encuentran dentro del rango por lo que se concluye que es una pectina obtenida se encuentra en el grupo de alto metoxilo, la misma que requiere más del 60% de azúcar para poder gelificar.

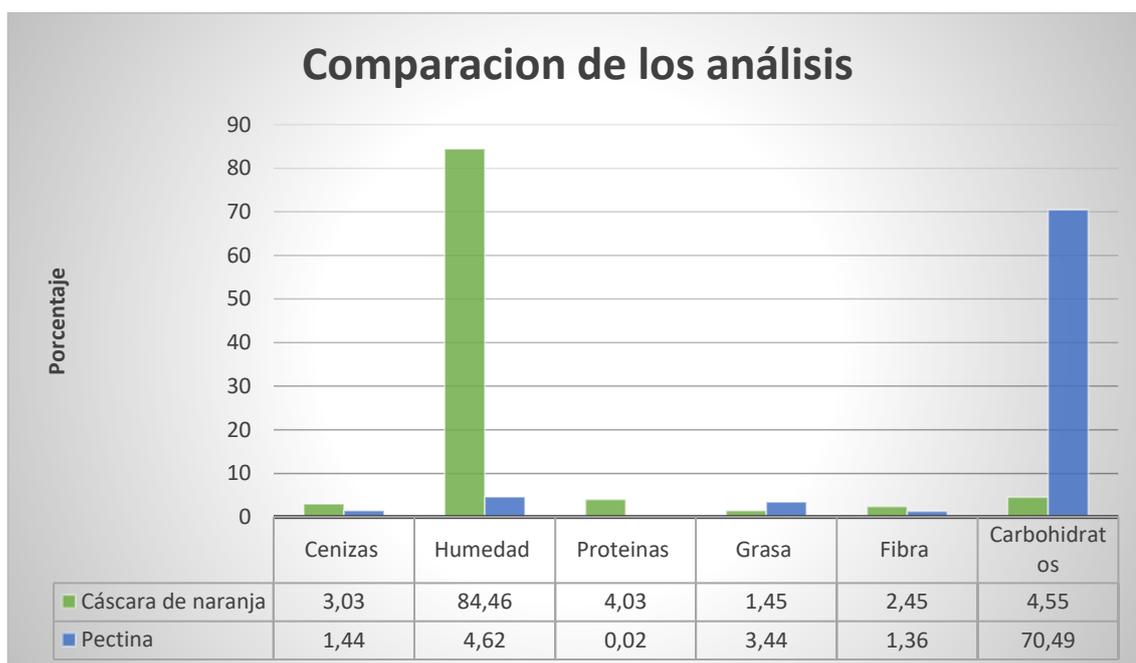
Tabla 35-4: Resultados del análisis microbiológico de la pectina.

Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	INEN 1 529-6	> 10
Mohos y levaduras	UFC/g	INEN 1 529-10	80

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

En el análisis microbiológico de la pectina obtenida, se determinó los siguientes valores: > 10 UFC/g de coliformes totales y 80 UFC/g de mohos y levaduras, lo que implica que los datos obtenidos están dentro de los rangos permitidos para ser utilizada.

4.6. Comparación de los análisis de la materia prima y la pectina obtenida



Ilustracion 8-4: Diagrama de comparacion de resultados de los análisis.

Realizado por: Chimbo, K, 2022.

En la ilustración 8-3 se detalla los resultados que se obtuvo en los análisis, en la materia prima se obtuvo en Cenizas un valor de 3.03% mientras que en el producto obtenido disminuyó a 1.44%, Humedad de la materia prima fue de 84.46% mientras que en el producto obtenido disminuyó a 4.62%, Proteína de la materia prima fue 4.03% mientras que en el producto obtenido disminuyó a 0.02%, Grasa en la materia prima fue de 1.45% mientras que en el producto obtenido aumentó a 3.44%, Fibra de la materia prima fue de 2.45% mientras que en el producto obtenido disminuyó a 1.36% y finalmente en Carbohidratos la materia prima obtuvo un resultado de 4.55% mientras que en el producto obtenido aumentó a 70.49%.

CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima mediante un análisis bromatológico en el cual se obtuvieron los siguientes resultados: humedad 84.46%, cenizas 3.03%, proteína 4.03%, fibra 2.45%, grasa 1.45% y finalmente carbohidratos 4.55%.
- A nivel experimental de laboratorio se obtuvo pectina bajo condiciones óptimas de pH 1.5, con un tiempo de extracción de 60 minutos a una temperatura de 90° C, con una relación de agua-cáscara de 1/25 y se utilizó como medio extractante al ácido clorhídrico 37.2%, con la que se obtuvo un rendimiento de 15.24%; con un pretratamiento de la materia prima (lavado y desinfectado y la inactivación enzimática) y finalmente para la precipitación se utilizó alcohol a 96°.
- Se realizó el diseño de ingeniería tomando como referencia la parte experimental de laboratorio estableciendo un flujo de alimentación de 500 kg de cáscara de naranja, para los respectivos dimensionamientos de los diferentes equipos y procesos que forman parte de este diseño que son el tanque de lavado y desinfección con un volumen de 3,84 m³, tanque de inactivación enzimática con un volumen de 1.65 m³, tanque de hidrolisis ácida con un volumen de 15.58 m³, filtro de prensa, tanque de concentración de la solución con un volumen de 13.24 m³, secador de bandejas y el molino de bolas los cuales poseerán material es de acero inoxidable AISI 304, siendo estos equipos necesarios para la línea de producción de pectina.
- Mediante la realización del estudio de costo-beneficio para la implementación del proceso productivo de obtención de pectina se obtuvo que el periodo de retorno de la inversión será de 11 meses y 22 días validándolos a través del cálculo de la tasa interna de retorno que es de 94% y el valor actual neto de 220753.39\$.
- Se validó el diseño de ingeniería mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto final obteniendo los valores de: humedad 4.62%, cenizas 1.44%, proteína 0.02%, fibra 1.36%, grasa 3.44%, carbohidratos 70.49%, acidez libre expr. CO₂ 0.54 mg/mEq, peso equivalente 1836 mg/mEq, contenido de metoxilos 6.53% los mismos que se encuentran dentro de los límites de la norma INEN 0427.

RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta la temperatura correspondiente para que se dé una inactivación enzimática eficiente.
- Durante el proceso de hidrólisis ácida se recomienda que la agitación sea de manera constante para garantizar la reacción de sustitución nucleofílica.
- Se recomienda que el alcohol etílico residual sea utilizado o recuperado a través de un proceso específico para que la industria tenga un producto secundario para su comercialización.
- Se recomienda la implementación del diseño propuesto y una vez implementado el diseño realizar mantenimientos preventivos para que el proceso funcione adecuadamente.

BIBLIOGRAFÍA

ACEBO, G. *Evaluación del comportamiento agro morfológico en cultivo establecido de Citrus sinensis (naranja) a la aplicación de fertilización edáfica y foliar* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí, Ecuador. 2018. pp. 9 [Consulta: 2022-05-08]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1386/1/UNESUM-ECUA-ING.AGROPE-2018-27.pdf>

ADDOSIO, R., PÁEZ, G., MARÍN, M., MÁRMOL, Z, & FERRER, J. “Obtención y caracterización de pectina a partir de la cascara de parchita”. *Revista de la Facultad de Agronomía* [en línea], 2005, (Venezuela) 22(3), pp.1-5. [Consulta: 2022-04-18]. ISSN 0378-7818. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000300004#:~:text=La%20corteza%20de%20la%20parchita,tiene%20alto%20contenido%20de%20metoxilo.

ALIBABA.COM. *Alibaba.com.* [En línea] 2022. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/Hongjin-Precise-Professional-Circulation-Hot-Air_1600526893532.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.565f7267C9bDhh&s=p.

ALMEIDA, C., CARRILLO, I., CHAMORRO, A., & PALACIOS, C. “Diseño de un proceso piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos”. *Investigación y desarrollo* [en línea], 2019, (Ecuador) 1(2), pp.23-29. [Consulta: 2022-04-18]. ISSN 1390-7042. Disponible en: <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.1274>

ALMENDARIS, M. *Clarificación de jugo de naranja (Citrus Sinensis) mediante la utilización de diferentes niveles de quitosano* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 33-35 [Consulta: 2022-06-28]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8134/1/27T0391.pdf>

ALVAREZ, E. *Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Universidad de Cartajena, Cartajena de Indias, Colombia. 2012. pp. 10 [Consulta: 2022-05-10]. Disponible en: <https://repositorio.unicartajena.edu.co/bitstream/handle/11227/109/Trabajo%20de%20grado-Extraccion%20y%20caracterizacion%20de%20pectina%20a%20partir%20de%20cascaras%20de%2>

Oplatano%20para%20desarrollar%20un%20dise%C3%B1o%20genera~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BEGUM, R. "Evaluation of gelation properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) waste pectin". *Elsevier* [en línea], 2021, (Ecuador) 2(2), pp.1-6. [Consulta: 2022-05-18]. ISSN 100-160. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666893921001286>

BINGQING, H. " Investigation of the pectin grafting with gallic acid and propyl gallate and their antioxidant activities, antibacterial activities and fresh keeping performance". *National Library of Medicine* [en línea], 2021, (USA) 4(13), pp.3. [Consulta: 2022-05-17]. ISSN 0343-0350. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34492247/>

CAMPELO, A. *Situación actual de los productores de naranja (Citrus sinensis) en el Ecuador* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador. 2020. pp. 10 [Consulta: 2022-05-10]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8500>

CASTILLO, V. *Diseño y calculo de un agitador de fluidos.* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile. 2013. pp. 36 [Consulta: 2022-05-25]. Disponible en: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf

CERÓN, C., & CARDONA, C. "Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja". *Ingeniería y Ciencia* [en línea], 2011, (Colombia) 7(13), pp.65–86. [Consulta: 2022-05-21]. ISSN 1794–9165. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v7n13/v7n13a04.pdf>

CHAVEZ, J. "Extracción de pectina a partir de cáscara de "naranja criolla" (*Citrus aurantium L.*) proveniente de la Provincia de Rodríguez de Mendoza". *Ingeniería y Ciencia* [en línea], 2016, (Colombia) 3(5), pp.1–5. [Consulta: 2022-05-30]. ISSN 124-126. Disponible en: <http://repebis.upch.edu.pe/articulos/invest.amazon/v3n1/a5.pdf>

DEVIA, J. *Proceso para producir pectinas cítricas.* *Revista Universidad EAFIT* [en línea], 2003, (Colombia) 5(29), pp.10. [Consulta: 2022-05-30]. ISSN 0109-0851. Disponible en: [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/17236/document%20-%202020-08-21T205613.555.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=Un%20proceso%20patentado%20\(Glahn%2C%202001,equivalente%20mayor%20de%20100%20micr%C3%B3metros.](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/17236/document%20-%202020-08-21T205613.555.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=Un%20proceso%20patentado%20(Glahn%2C%202001,equivalente%20mayor%20de%20100%20micr%C3%B3metros.)

ESTRADA, N. *Extracción y caracterización de pectina a partir de la pulpa de artocarpus heterophyllus lam (jackfruit)* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. 2018. pp. 18 [Consulta: 2022-05-11]. Disponible en: <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4119>

FRANCO, I. *Obtención de pectina a partir de la cáscara de pepino (cucumis sativus) mediante hidrólisis ácida como aprovechamiento de residuos hortícolas* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. 2022. pp. 36-37 [Consulta: 2022-07-11]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Franco%20Carvache%20Ivonne%20Maoly.pdf>

FERREIRA, S. "Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de residuos de su procesamiento industrial". *Proceditor Ltda* [en línea], 2007, (Colombia) 5(186), pp.75-80. [Consulta: 2022-05-10]. ISSN 978-9582. Disponible en: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Archivos_Libros/Libros_Farmacia/Pectinas/pectinas.pdf

HERBSTREITH&FOX. *The Specialists for Pectin.* [En línea] 2022. [Consulta: 2022-07-02] Disponible en: <https://www.herbstreith-fox.de/>.

INEN. *Concervas vegetales mermeladas de ciruela requisitos. Instituto Ecuatoriano De Normalización NTE INEN 427*, 2005.

INEN. *Frutas frescas Limon requisitos. Instituto Ecuatoriano De Normalización NTE INEN 1757*, 2016.

LEON, C. *Extracción y caracterización química de las pectinas de la cáscara de maracuyá amarillo* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Universidad Nacional del Callao, Callao, Peru. 2014. pp. 106-110 [Consulta: 2022-06-11]. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3606/Leon%20Mejia%20y%20Riveros%20Nones_titulo%20quimica_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MONTENEGRO, E. 2015. *Obtención de pectina de Nopal (Opuntia spp), a diferentes tiempos y temperaturas, utilizando ácido sulfúrico* [en línea] (Trabajo de titulación). (Tercer nivel) Universidad Politecnica Estatal del Carchi, Tulcan, Ecuador. 2015. pp. 16 [Consulta: 2022-06-21]. Disponible en:

SILVA, N., BENITES, E., & GOMERO, J. “Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana”. *Ingeniería Industrial* [en línea], 2008, (Peru) 2(26), pp.175-199. [Consulta: 2022-05-16]. ISSN 1025-9929. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/2438>

VALENZUELA, L., ORTIZ, B., & PEREZ, C. “Estudio comparativo del efecto metabólico de arepas enriquecidas con pectina extraída de guayaba (*Psidium guajava* L.) o pectina cítrica comercial”. *Revista Colombiana de Química* [en línea], 2013, (Colombia) 42(3), pp.2. [Consulta: 2022-05-09]. ISSN 0120-2804. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042013000300001

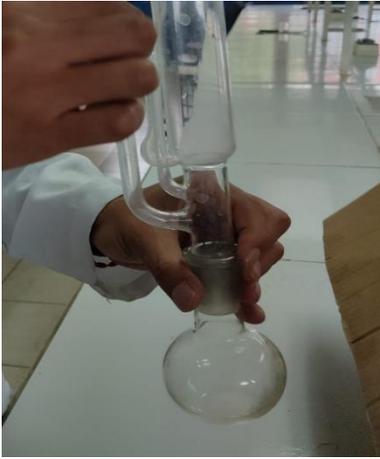
VASQUEZ, R., RUESGA, L., ADDOSIO, R., MARÍN, M., & PÁEZ, G. “Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa AAB*, subgrupo plátano) clon Hartón”. *Revista de la Facultad de Agronomía* [en línea], 2008, (Venezuela) 25(2), pp.1-5. [Consulta: 2022-05-19]. ISSN 0378-7818. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200008#:~:text=Es%20posible%20obtener%20pectina%20con,de%20hidr%C3%B3lisis%20de%2060%20minutos.

ZEGADA, V. 2015. “Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (*hmo*)”. *Investigaciones & Desarrollo* [en línea], 2015, (Bolivia) 1(15), pp.1-6. [Consulta: 2022-05-09]. ISSN 1814-6333. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100007



ANEXOS

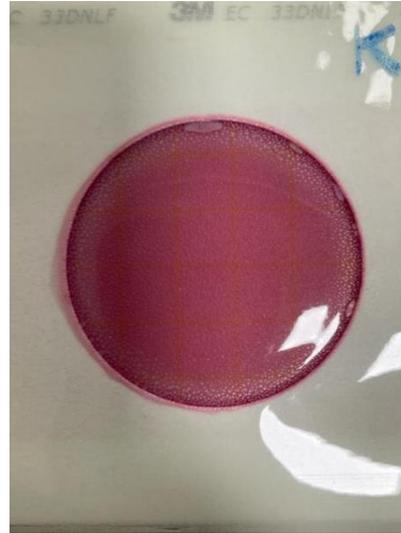
ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 		
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Katherin Chimbo</p>	<p>CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA</p>		
<p>a) Determinación de cenizas b) Determinación de humedad c) Determinación de proteínas d) Determinación de grasa</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>				

e)



f)

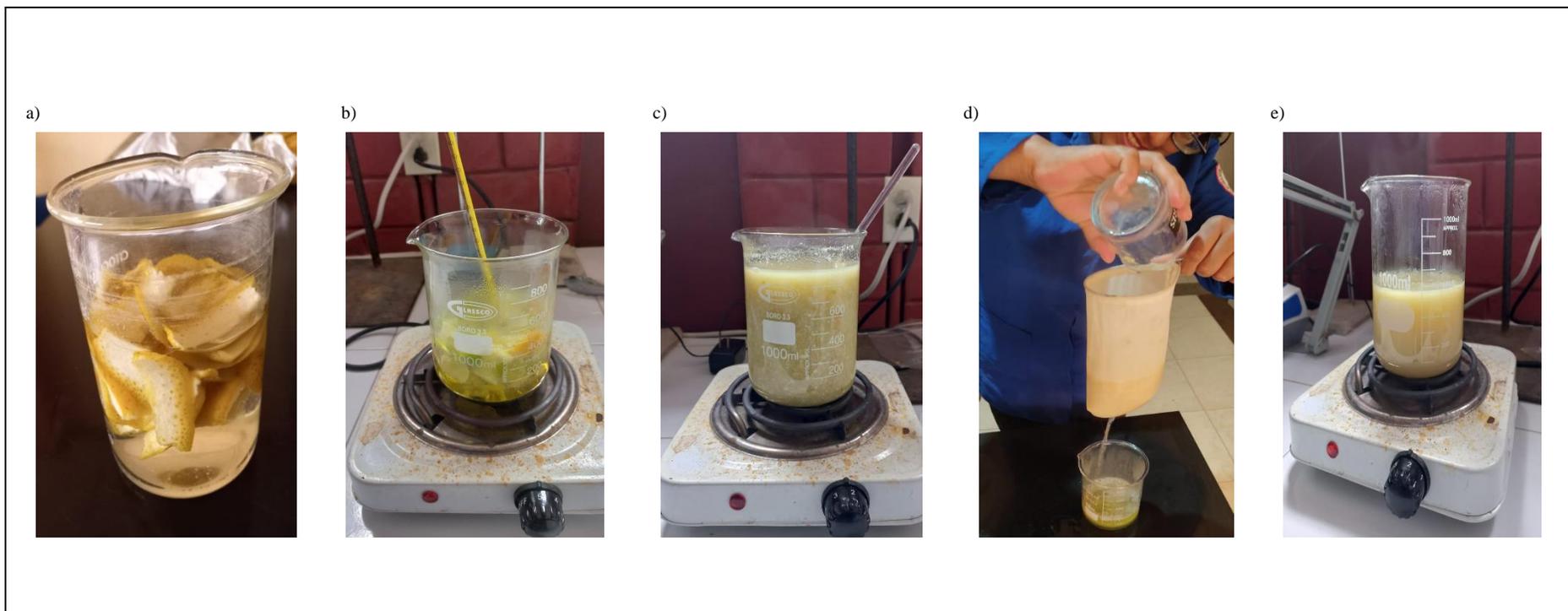


g)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Katherin Chimbo	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
e) Determinación de Fibra f) Determinación de Coliformes totales g) Determinación de Mohos y levaduras	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				
			1	1:1	2022/07/20

ANEXO B: OBTENCIÓN DE LA PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE LA NARANJA



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	OBTENCIÓN DE LA PECTINA		
a) Lavado y desinfectado de la materia prima b) Inactivación enzimática c) Hidrolisis ácida d) Filtración 1 e) Concentración de la solución	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				
			1	1:1	2022/07/20

f)



g)



h)



i)



j)



NOTAS:

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

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

OBTENCIÓN DE LA PECTINA

- f) Precipitación
g) Filtración 2
h) Secado
i) Triturado
j) Tamizado

- Aprobado Preliminar
 Certificado Por aprobar
 Información Por calificar

ELABORADO POR:
Katherin Chimbo

LÁMINA

ESCALA

FECHA

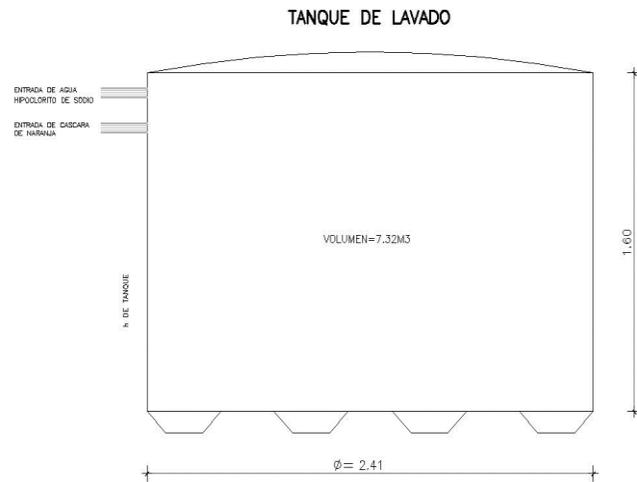
1

1:1

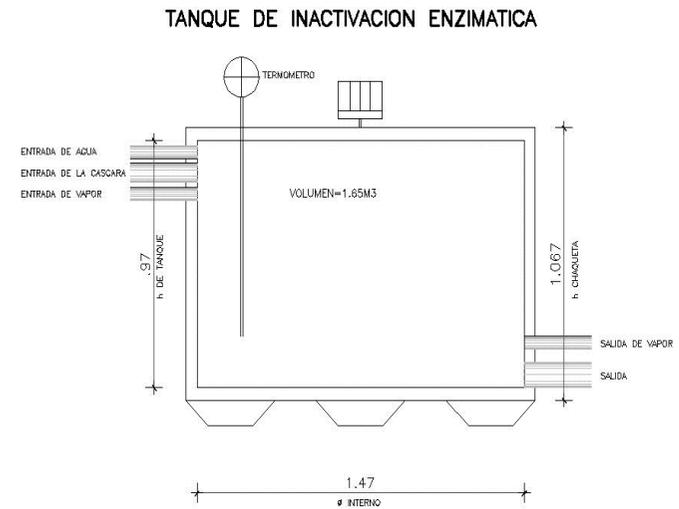
2022/07/20

ANEXO C: DISEÑOS DE LOS TANQUES

a)

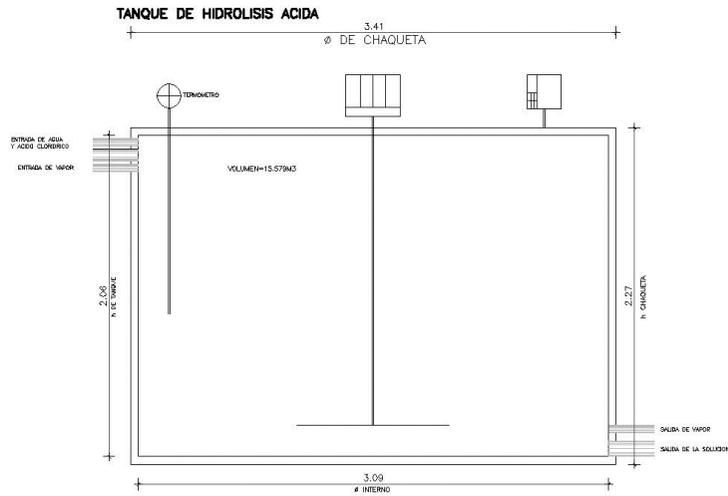


b)



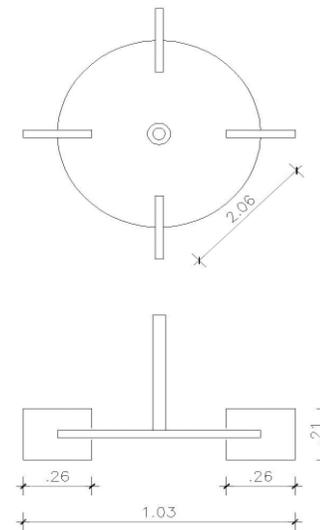
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Diseño de los tanques		
a) Tanque de lavado y desinfección	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				

c)



d)

TURBO AGITADOR



NOTAS:

- c) Tanque de hidrolisis ácida
- d) Agitador de turbina

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

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

ELABORADO POR:
Katherin Chimbo

Diseño de los tanques

LÁMINA

ESCALA

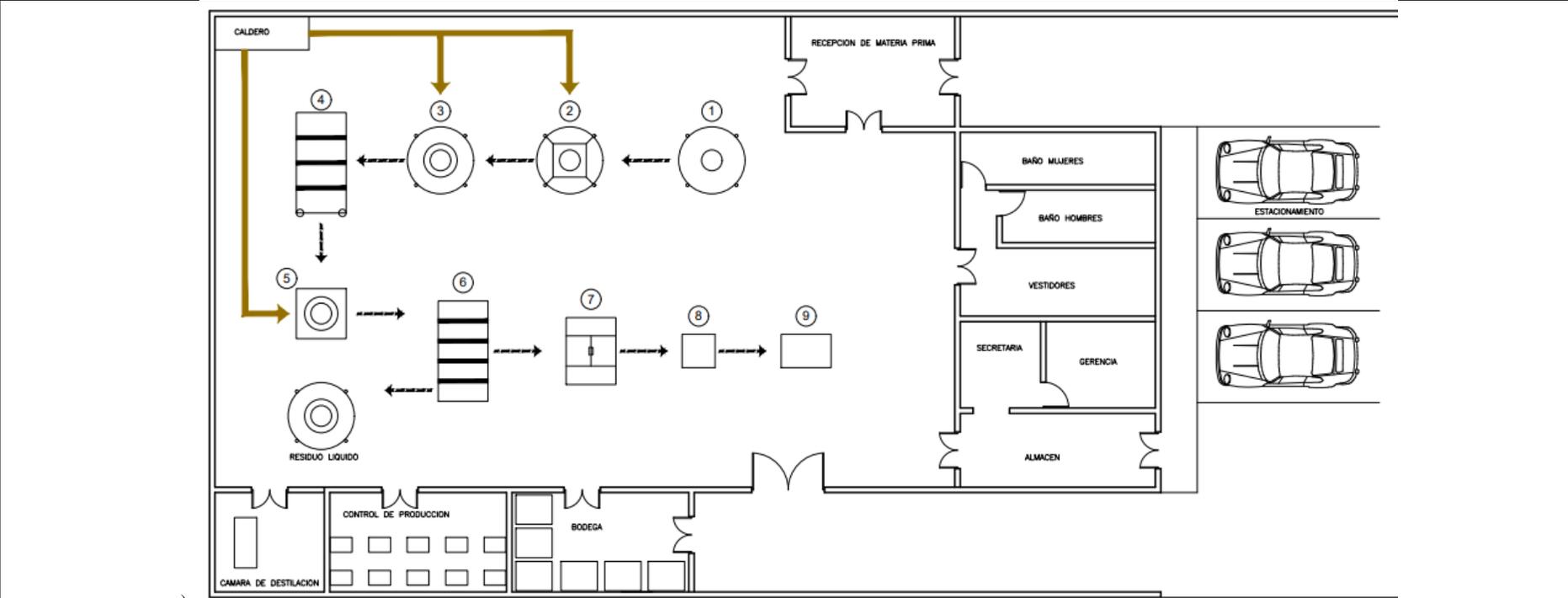
FECHA

1

1:1

2022/07/20

ANEXO D: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA DE PECTINA



a)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA DE PECTINA		
a) Distribución de la Planta Procesadora de Pectina	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				

ANEXO E: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA EN EL LABORATORIO SAQMIC



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 26 de julio del 2022
Análisis solicitado por: Srta. Katherin Chimbo Silva
Tipo de muestras: Muestras de pectina de Cáscara de Naranja
Localidad: Riobamba

Análisis Físico: Sensorial

Color	Ligeramente amarillento
Olor	Inoloro
Aspecto	Homogéneo, finamente granulado

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Humedad	%	INEN 1235	4.62
Ceniza	%	INEN 401	1.44
Proteína (BS)	%	INEN 1670	0.02
Grasa (BS)	%	INEN 523	3.44
Fibra (BS)	%	INEN 522	1.36
Carbohidrato	%	-	70.49
Acidez libre expr. CO ₂	meq/g	Owens	0.54
Peso equivalente	mg/meq	Owens	1 836.0
Contenido de metoxilo	%	Volumetría	6.53

Análisis Microbiológico

Parámetros	Unid.	Método	Resultado
Coliformes Totales	UFC/g	INEN 1 529-6	>10
Mohos y Levaduras	UFC/g	INEN 1 529-10	80

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322

Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador





UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 06 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Katherin Mishel Chimbo Silva
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



2358-DBRA-UTP-2022