



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

**“DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PECTINA EN  
MEDIO ÁCIDO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum  
tuberosum*)”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: ERIKA GABRIELA TOAPANTA CAJAMARCA**

**DIRECTOR: ING. MARIO GUSTAVO VILLACRÉS ÁLVAREZ**

**Riobamba – Ecuador**

**2018**

**© 2018, Erika Gabriela Toapanta Cajamarca**

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE 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 EN MEDIO ÁCIDO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*)**”, de responsabilidad de la señorita: ERIKA GABRIELA TOAPANTA CAJAMARCA, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Mario Villacrés Álvarez .....

.....

.....

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Ing. Sonia Vallejo .....

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Erika Gabriela Toapanta Cajamarca, declaro que el presente Trabajo de Titulación son de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Titulación.

Erika Gabriela Toapanta Cajamarca

065004266-6

## **DEDICATORIA**

Dedico este Trabajo de Titulación a Dios por permitirme experimentar nuevos logros, por guiarme y bendecirme siempre y sobre todo demostrarme su amor a pesar de las dificultades y errores cometidos.

A mis padres que con su apoyo y esfuerzo han permitido que cada uno de mis sueños se vayan concretando.

A mis hermanos y hermanas que sin duda hay sido mi soporte a lo largo de esta experiencia académica.

Erika Gabriela

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por bendecirme y cuidarme siempre, a pesar de las dificultades y sobre todo por su amor infinito.

A mis padres por el esfuerzo y dedicación que han puesto tanto en la parte económica como en la sentimental para la finalización de un logro académico más.

A mis hermanos y hermanas por su apoyo y soporte a lo largo de mi formación académica, sin duda se han convertido en el motivo por quienes superarme y seguir logrando muchas metas más.

Al Ing. Mario Villacrés, director de este Trabajo de Titulación no solo por su aporte en la parte académica, sino también por su amistad y sobre todo por los consejos que estoy segura serán de utilidad en la vida futura.

Al Ing. Marco Chuiza, por su amistad y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo.

A la Ing. Sonia Vallejo, por su aporte con la redacción de este Trabajo de Titulación.

A mis amigas y amigos que han sido mi apoyo y fortaleza en momentos de angustia, las mismas que se han convertido en una segunda familia, personas en la cual podré confiar siempre.

Erika Gabriela

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Identificación del Problema .....	1
1.2. Justificación del Proyecto .....	2
1.3. Beneficiarios Directos e Indirectos .....	2
1.3.1. <i>Beneficiarios Directos</i> .....	2
1.3.2. <i>Beneficiarios Indirectos</i> .....	2
1.4. Marco Conceptual.....	2
1.4.1. <i>Papa</i> .....	2
1.4.1.1. <i>Variedad de papa en el Ecuador</i> .....	3
1.4.2. <i>Cáscaras de Papa</i> .....	4
1.4.3. <i>Pectina</i> .....	5
1.4.3.1. <i>Estructura Química de la Pectina</i> .....	6
1.4.4. <i>Pectinas de Bajo Metoxilo</i> .....	7
1.4.5. <i>Pectinas de Alto Metoxilo</i> .....	8
1.4.6. <i>Características de las Pectinas de Alto y Bajo Metoxilo</i> .....	8
1.4.7. <i>Aplicaciones de las pectinas</i> .....	9
1.4.7.1. <i>Industria Cosmética</i> .....	9
1.4.7.2. <i>Industria Alimentaria</i> .....	9
1.4.7.3. <i>Sector Medicinal</i> .....	9
1.4.8. <i>Demanda de Pectina en el Ecuador</i> .....	10
1.4.9. <i>Procesos de Extracción de Pectina</i> .....	10
1.4.9.1. <i>Hidrólisis Ácida</i> .....	10
1.4.9.2. <i>Hidrólisis Enzimática</i> .....	11
1.4.10. <i>Procesos involucrados en la extracción de pectina</i> .....	11
1.4.10.1. <i>Inactivación enzimática- Escaldado</i> .....	11
1.4.10.2. <i>Hidrólisis Ácida</i> .....	11
1.4.10.3. <i>Filtrado</i> .....	12
1.4.10.4. <i>Precipitación</i> .....	13
1.4.10.5. <i>Secado</i> .....	13
1.4.10.6. <i>Molienda</i> .....	13
1.4.11. <i>Diseño Experimental utilizado</i> .....	13

1.4.11.1.	<i>Método Taguchi</i> .....	13
<b>CAPÍTULO II</b>		
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.</b>	<b>Objetivo General</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>3.</b>	<b>ESTUDIO TÉCNICO</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1.</b>	<b>Localización del Proyecto</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2.</b>	<b>Ingeniería del Proyecto</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3.</b>	<b>Parte Experimental</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3.1.</b>	<i>Obtención de Pectina a Escala Laboratorio</i> .....	<b>17</b>
3.3.1.1.	<i>Proceso de pre-tratamiento de la materia prima</i> .....	17
3.3.1.2.	<i>Diagrama del proceso de pre-tratamiento de la materia prima</i> .....	18
<b>3.3.2.</b>	<i>Proceso de Obtención de la Pectina de las cáscaras de papa</i> .....	<b>18</b>
3.3.2.1.	<i>Proceso de Hidrólisis Ácida</i> .....	20
3.3.2.2.	<i>Diagrama del proceso de obtención de pectina en el laboratorio</i> .....	21
<b>3.3.3.</b>	<i>Caracterización de la Pectina obtenida</i> .....	<b>22</b>
<b>3.3.4.</b>	<i>Análisis de Espectro Infrarrojo</i> .....	<b>24</b>
<b>3.4.</b>	<b>Datos</b> .....	<b>24</b>
<b>3.4.1.</b>	<i>Balance de masa del proceso de pre-tratamiento de la materia prima</i> .....	<b>24</b>
<b>3.4.2.</b>	<i>Balance de masa de la obtención de la pectina a escala laboratorio</i> .....	<b>25</b>
<b>3.4.3.</b>	<i>Datos de Secado de la Pectina</i> .....	<b>27</b>
<b>3.5.</b>	<b>Dimensionamiento de la planta</b> .....	<b>31</b>
<b>3.5.1.</b>	<i>Cálculo de rendimiento de la pectina obtenida a nivel laboratorio</i> .....	<b>32</b>
<b>3.5.2.</b>	<i>Tanque de Lavado, Desinfección</i> .....	<b>32</b>
<b>3.5.3.</b>	<i>Máquina de Cortado</i> .....	<b>34</b>
<b>3.5.4.</b>	<i>Inactivación Enzimática</i> .....	<b>34</b>
<b>3.5.5.</b>	<i>Tanque de Hidrólisis ácida</i> .....	<b>36</b>
<b>3.5.6.</b>	<i>Filtro Prensa 1</i> .....	<b>47</b>
<b>3.5.7.</b>	<i>Tanque de Concentración y Precipitación</i> .....	<b>48</b>
<b>3.5.8.</b>	<i>Secador</i> .....	<b>54</b>
<b>3.5.9.</b>	<i>Molino de bolas</i> .....	<b>55</b>
<b>3.5.10.</b>	<i>Equipos Adicionales</i> .....	<b>55</b>
3.5.10.1.	<i>Tanque de Almacenamiento de HCl- Dosificador</i> .....	55
3.5.10.2.	<i>Tanque de Almacenamiento de Alcohol Etanol 96°</i> .....	57

<b>3.6.</b>	<b>Balance de Masa y Energía .....</b>	<b>58</b>
3.6.1.	<i>Lavado y Desinfección .....</i>	58
3.6.2.	<i>Máquina de Cortado.....</i>	58
3.6.3.	<i>Inactivación Enzimática .....</i>	59
3.6.4.	<i>Hidrólisis Ácida.....</i>	61
3.6.5.	<i>Filtro Prensa 1.....</i>	63
3.6.6.	<i>Concentración .....</i>	64
3.6.7.	<i>Precipitación.....</i>	66
3.6.8.	<i>Filtro Prensa 2.....</i>	66
3.6.9.	<i>Secado.....</i>	67
<b>3.7.</b>	<b>Requerimiento de Equipos y Maquinaria .....</b>	<b>68</b>
3.7.1.	<i>Costos Variables .....</i>	68
3.7.2.	<i>Costos fijos.....</i>	69
3.7.3.	<i>Costo total.....</i>	69
3.7.4.	<i>Precio de venta .....</i>	69
3.7.5.	<i>Punto de Equilibrio .....</i>	70
3.7.6.	<i>Maquinaria y Equipos.....</i>	70
3.7.7.	<i>Mantenimiento y seguros .....</i>	70
3.7.8.	<i>Muebles y Enseres.....</i>	71
3.7.9.	<i>Depreciación.....</i>	72
3.7.10.	<i>Presupuesto de ventas .....</i>	72
3.7.11.	<i>Presupuesto de Costos.....</i>	73
3.7.12.	<i>Flujo de caja.....</i>	75
<b>3.8.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>77</b>
3.8.1.	<i>Caracterización de la materia prima (Cáscaras de papa).....</i>	77
3.8.2.	<i>Obtención de la pectina a Escala Laboratorio .....</i>	78
3.8.3.	<i>Caracterización de la Pectina Obtenida .....</i>	78
3.8.4.	<i>Análisis de Espectro Infrarrojo .....</i>	79
3.8.5.	<i>Dimensionamiento de la Planta.....</i>	80
	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>83</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Características de la papa Super Chola.....	4
<b>Tabla 2-1:</b>	Porcentaje de pectina en frutas y vegetales .....	6
<b>Tabla 3-1:</b>	Características de las pectinas .....	8
<b>Tabla 4-1:</b>	Empresas importadoras de pectina .....	10
<b>Tabla 5-3:</b>	Localización del Proyecto .....	16
<b>Tabla 6-3:</b>	Proceso de pre-tratamiento de la materia prima .....	17
<b>Tabla 7-3:</b>	Proceso de obtención de pectina a escala laboratorio.....	18
<b>Tabla 8-3:</b>	Factores de la Hidrólisis ácida.....	20
<b>Tabla 9-3:</b>	Condiciones de operación de la hidrólisis ácida.....	21
<b>Tabla 10-3:</b>	Metodología de caracterización de la pectina.....	22
<b>Tabla 11-3:</b>	Grupos funcionales característicos de la pectina.....	24
<b>Tabla 12-3:</b>	Balance de masa del pre-tratamiento de la materia prima.....	24
<b>Tabla 13-3:</b>	Balance de masa de la inactivación enzimática de la materia prima.....	25
<b>Tabla 14-3:</b>	Balance de masa de la obtención de la pectina.....	26
<b>Tabla 15-3:</b>	Datos experimentales de secado .....	27
<b>Tabla 16-3:</b>	Datos de sólido seco y área de secado .....	27
<b>Tabla 17-3:</b>	Datos de velocidad de secado.....	29
<b>Tabla 18-3:</b>	Especificaciones técnicas de la máquina de cortado .....	34
<b>Tabla 19-3:</b>	Especificaciones técnicas del filtro prensa .....	47
<b>Tabla 20-3:</b>	Especificaciones técnicas del secador de bandejas.....	54
<b>Tabla 21-3:</b>	Especificaciones técnicas del molino de bolas .....	55
<b>Tabla 22-3:</b>	Balance de Energía de la inactivación enzimática.....	59
<b>Tabla 23-3:</b>	Balance de Energía de la Hidrólisis ácida .....	61
<b>Tabla 24-3:</b>	Balance de Energía de la Concentración .....	64
<b>Tabla 25-3:</b>	Costos Variables .....	68
<b>Tabla 26-3:</b>	Costos Fijos .....	69
<b>Tabla 27-3:</b>	Precio de venta .....	69
<b>Tabla 28-2:</b>	Punto de Equilibrio.....	70
<b>Tabla 29-3:</b>	Maquinaria y Equipos.....	70
<b>Tabla 30-3:</b>	Mantenimiento y seguros .....	70
<b>Tabla 31-3:</b>	Muebles y Enseres.....	71
<b>Tabla 32-3:</b>	Depreciación de Maquinaria.....	72
<b>Tabla 33-3:</b>	Presupuesto de Ventas .....	72

<b>Tabla 34-3:</b>	Presupuesto de Costos .....	73
<b>Tabla 35-3:</b>	Flujo de Caja .....	75
<b>Tabla 36-3:</b>	Análisis Bromatológico de la materia prima .....	77
<b>Tabla 37-2:</b>	Análisis Microbiológico de la materia prima .....	77
<b>Tabla 38-3:</b>	Pectina obtenida a escala laboratorio.....	78
<b>Tabla 39-3:</b>	Datos caracterización de la Pectina .....	78
<b>Tabla 40-3:</b>	Resultados análisis Espectro Infrarrojo .....	79
<b>Tabla 41-3:</b>	Resultados dimensionamiento de los equipos .....	80
<b>Tabla 42-3:</b>	Organismo reguladores de pureza de pectina .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Porcentaje de nutrientes de la papa.....	3
<b>Figura 2-1:</b>	Cáscaras de papa.....	5
<b>Figura 3-1:</b>	Estructura moléculas básica de la pectina.....	6
<b>Figura 4-1:</b>	Pectina- Contenido de Metoxilo.....	7
<b>Figura 5-1:</b>	Pectina Bajo Metoxilo.....	7
<b>Figura 6-1:</b>	Pectina Alto Metoxilo.....	8
<b>Figura 7-1:</b>	Proceso de Hidrólisis de la Pectina.....	12
<b>Figura 8-1:</b>	Entradas y Salidas en el Método Taguchi.....	14
<b>Figura 9-2:</b>	Ubicación del proyecto.....	16
<b>Figura 10-2:</b>	Diseño Experimental Taguchi.....	20
<b>Figura 11-2:</b>	Relaciones geométricas del agitador y reactor.....	40
<b>Figura 12-2:</b>	Correlaciones de ancho y diámetro de las paletas.....	41
<b>Figura 13-2:</b>	Diagrama Numero de Reynolds vs Numero de potencia.....	43
<b>Figura 14-2:</b>	Relaciones del agitador y el tanque.....	51
<b>Figura 15-2:</b>	Espectro Infrarrojo de la pectina obtenida.....	79

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Diagrama de Humedad en base seca vs Tiempo .....	28
<b>Gráfico 2-2:</b>	Diagrama Humedad media vs Velocidad de secado .....	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Organismos Reguladores de Pureza de Pectina
- ANEXO B:** Política de recolección de la materia prima
- ANEXO C:** Materia Prima (Cáscaras de papa)
- ANEXO D:** Obtención de la Pectina
- ANEXO E:** Caracterización de la pectina obtenida
- ANEXO F:** Esquema de los Tanques
- ANEXO G:** Distribución de la Planta Procesadora de Pectina
- ANEXO H:** Resultados de la caracterización de la materia prima en el Laboratorio SAQMIC
- ANEXO I:** Resultados de la caracterización de la pectina en el Laboratorio LACONAL

## ABREVIATURAS

$V_{\text{Cáscaras de papa LDI}}$	Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua ( $L$ )
$C$	Flujo de materia prima que ingresa al proceso ( $kg/lote$ )
$C_i$	Cantidad de materia prima experimental de ingreso al proceso ( $kg$ )
$V_{TLDI}$	Volumen total del Tanque de Lavado, e Inactivación Enzimática
$V_{\text{Cáscaras de papa LDI}}$	Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua ( $L$ )
$\emptyset$	Diámetro interno del tanque ( $m$ )
$h$	Altura del tanque ( $m$ )
$h_{\text{chaqueta}}$	Altura chaqueta de calentamiento( $m$ )
$\emptyset_{\text{chaqueta}}$	Espesor de la chaqueta de calentamiento ( $m$ )
$h$	Coefficiente de calor para el calentamiento con chaqueta ( $W/m^2\text{°C}$ )
$m$	Cantidad de la solución ácida ( $kg$ )
$A$	Área de transferencia de calor ( $m^2$ )
$C_p$	Capacidad calorífica del agua ( $KJ/kg.\text{°C}$ )
$T_1$	Temperatura de saturación del vapor a 150 psi ( $\text{°C}$ )
$t_1$	Temperatura de entrada de agua al equipo ( $\text{°C}$ )
$t_2$	Temperatura de salida de agua al equipo ( $\text{°C}$ )
$V_{\text{Cáscaras de papa HA}}$	Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua ( $L$ )
$V_{HCl\ 37\%}$	Volumen a ocupar del HCl para obtener un pH 1,5 ( $L$ )
$V_{\text{expHCl}}$	Volumen experimental cantidad de ácido clorhídrico ( $L$ )
$V_{\text{Cáscaras de papa HA}}$	Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua ( $L$ )
$V_{THA}$	Volumen total del Tanque de la Hidrólisis Ácida
$V_{\text{Cáscaras de papa HA}}$	Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua ( $L$ )
$V_{\text{exp}}$	Volumen experimental cantidad de agua
1,1	Factor de seguridad considerando el 10 %
$\emptyset_{\text{rodete}}$	Diámetro del rodete ( $m$ )
$L_{\text{brazo}}$	Longitud del brazo ( $m$ )
$E_{\text{rodete}}$	Espesor del rodete ( $m$ )
$D_{RF}$	Distancia entre el rodete y el fondo del tanque ( $m$ )
$C$	Altura del agitador respecto a la base del tanque reactor ( $m$ )
$H$	Altura de llenado del tanque reactor ( $m$ )
$Da$	Diámetro del impulsor ( $m$ )
$D$	Diámetro interno del tanque reactor ( $m$ )
$L$	Longitud de la paleta ( $m$ )
$W$	Altura de la paleta ( $m$ )

$d$	Distancia entre paletas ( $m$ )
$D$	Diámetro interno del tanque reactor ( $m$ )
$P$	Potencia del Agitador ( $kW$ )
$N_p$	Numero de potencia
$n^3$	Velocidad de agitación ( $\frac{rev}{min}$ )
$Da^5$	Diámetro del impulsor
$\rho_{Suspensión}$	Densidad de la suspensión (cáscara, solución ácida)
$N_{Re}$	Número de Reynolds
$NP$	Número de Prandtl
$C_p$	Calor específico ( $Kcal/kg. °K$ )
$k$	Conductividad térmica ( $Kcal/m. h. °K$ )
$\mu$	Viscosidad del agua a 18 °C ( $kg/mh$ )
$k$	Conductividad térmica ( $Kcal/m. h. °K$ )
$\mu_{100}$	Viscosidad del agua a 100 °C ( $kg/ms$ )
$h_t$	Coefficiente individual de transferencia de calor ( $W/m^2°C$ )
$h_{gl}$	Coefficiente global limpio al interior de tanque ( $W/m^2°C$ )
$h_{ch}$	Coefficiente individual de transferencia de calor de la chaqueta ( $W/m^2°C$ )
$R$	Resistencia de la pared que se desprecia
$h_{gs}$	Coefficiente global sucio al interior de tanque ( $W/m^2°C$ )
$V_P$	Volumen tanque de precipitación ( $L$ )
$V_{SH}$	Volumen solución de hidrólisis
$V_{etanol 96°}$	Volumen de Alcohol Etanol 96°
$D_t$	Diámetro interno del tanque reactor ( $m$ )
$H$	Altura de llenado del tanque reactor ( $m$ )
$Da$	Diámetro del agitador ( $m$ )
$B$	Ancho de la placa deflectora
$E$	Distancia del fondo con el rodete
$S$	Separación entre agitadores
$W$	Ancho de las paletas
$V_{TCl}$	Volumen total del Tanque contenedor del Ácido Clorhídrico
$V_{HCl 37\%}$	Volumen a ocupar del HCl para obtener un pH 1,5( $L$ )
$LDA$	Agua para lavado y desinfección
$LDB$	Cáscara de papa a procesar
$LDC$	Cáscara de papa Lavada y Desinfectada
$LDR$	Agua de lavado y desinfección - Residuo

<i>MCD</i>	Cáscara de papa cortada
<i>MCR</i>	Cáscara de papa cortada - Residuo
<i>IEG</i>	Agua para inactivación enzimática
<i>IEH</i>	Cáscara de papa inactivada enzimáticamente
<i>IER</i>	Cáscara de papa inactivada enzimáticamente- Residuo
<i>HAI</i>	Agua para Hidrólisis ácida
<i>HAI</i>	Ácido clorhídrico
<i>HAK</i>	Solución de Hidrólisis
<i>HAR</i>	Solución de Hidrólisis - Residuos
<i>FPL</i>	Líquido de Hidrólisis
<i>FPR</i>	Líquido de Hidrólisis – Residuos
<i>PN</i>	Alcohol Etanol 96°
<i>PO</i>	Solución Precipitada
<i>PR</i>	Solución Precipitada – Residuos
<i>FP2P</i>	Mezcla de etanol y solución acida
<i>FP2R</i>	Mezcla de etanol y solución acida - Residuo
<i>FPQ</i>	Pectina húmeda
<i>SR</i>	Pectina Seca
<i>SRR</i>	Pectina Seca – Residuos

## RESUMEN

Se diseñó el proceso para la obtención de pectina a partir de las cáscaras de papa (*Solanum tuberosum*) en el Laboratorio de Química Analítica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para ello se realizaron varios procesos empezando por el pre-tratamiento de la materia prima a la cual se determinó las características fisicoquímicas con un análisis bromatológico donde se obtuvieron los siguientes valores: Fibra 4.37 %, Humedad 83.72 %, la materia prima utilizada fue de la (Variedad de papa - Superchola). Seguido, se realizó la hidrólisis ácida donde se utilizó un diseño experimental -Taguchi, el mismo que permitió interactuar las variables más importantes desde este proceso: pH, temperatura y tiempo de hidrólisis encontrando de esta manera las mejores condiciones de extracción: pH 1.5, tiempo de extracción 60 min y temperatura de extracción 90 °C, con estas condiciones se obtuvo un rendimiento del 14.34%. Para la precipitación de la pectina se utilizó etanol al 96° con una relación del 40 % para el líquido de hidrólisis y el secado que se realizó a una temperatura de 50 °C. Con los datos obtenidos de la parte experimental se procedió a realizar el dimensionamiento de los equipos para una producción de 129,06 kg de pectina, utilizando como alimentación 900 kg de cáscaras de papa, se realizó un estudio financiero donde se obtuvieron los siguientes valores: TIR 94% y VAN \$ 684.276,0. Para validar el diseño del proceso se realizó la caracterización de la pectina extraída, obteniendo los siguientes valores: ácido galacturónico 78.21 %, humedad 7.93 %, contenido de metoxilos 11.2 % y cenizas 1.49 %, estos valores fueron comparados con los rangos establecidos por la Asociación Internacional de Productores de Pectina para pureza de pectinas, los mismos que se encuentran dentro de los rangos y por lo tanto se considera aceptable la pectina obtenida.

**Palabras claves:** <PECTINA>, <HIDRÓLISIS ÁCIDA>, <PRECIPITACIÓN>, <SECADO>, <CÁSCARAS DE PAPA (*Solanum tuberosum*)>, <ÁCIDO GALACTURÓNICO>, < HUMEDAD>.

## ABSTRACT

The present research work proposes for designing the process for obtaining pectin from potato husks (*Solanum tuberosum*) at laboratory Analytical Chemistry at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. It carried out several processes, starting with the pre-treatment of raw material to which the physicochemical characteristics were determined with a bromatological analysis where the following values were obtained: Fiber 4.37%, Humidity 83.72%, Raw material used was the (Variety of potato-Superchola). Then, acid hydrolysis was performed where an experimental design-Taguchi was used, which allowed to interact the most important variables from this process: pH, temperature and hydrolysis time found in this way the best extraction conditions: pH 1.5, extraction time 60' and extraction temperature 90 °C; with these parameters, a yield of 14.34% was obtained. For pectin precipitation 96<sup>0</sup> ethanol was used with a ratio of 40% for the hydrolysis liquid and the drying was carried out at a temperature of 50 °C. With data obtained from the experimental part, the sizing of the equipment was carried out for a production of 129.06 kg from pectin, using as feed 900 kg of potato husk; A financial study was conducted where the following values were obtained: IRR 94% and VAN \$ 684.276,0. Validating the design of the process the characteristics from extracted pectin were obtained with the following values: 78.21% galacturonic acid, 7.93% humidity, 11.2% methyl's content and 1.49% ashes, these values compared with the ranges established by International Pectin Products Association IPPA for purity pectin, which are found within of ranges and therefore pectin obtained is considered acceptable.

**Key words:** <PECTIN>, <ACID HYDROLYSIS>, <PRECIPITATION>, <DRYING>, <POTATO SHELLS (*Solanum tuberosum*)>, <GALACTURONIC ACID>, < HUMIDITY>.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

#### **1.1. Identificación del Problema**

En la ciudad de Riobamba se genera una gran cantidad de residuos orgánicos (provenientes de hogares y de centros comerciales – restaurantes y mercados) el porcentaje de materia orgánica corresponde a un 64,78% y en mercados asciende a un 91%, los mismos que en parte son arrojados como desperdicios, causando un alto nivel de contaminación y también son utilizados como parte de la alimentación casera de los animales. Entre la generación de residuos están las cáscaras de papa que estas se dan en gran volumen, por la utilización diaria en la dieta alimenticia de los ciudadanos Riobambeños. (Jara and Moral, 2014, p 29)

Las cáscaras de papa están siendo utilizadas como potencial investigativo, para poder obtener nuevos productos como aditivos químicos uno de ellos es la obtención de fibra dietética (mezcla de hemicelulosa, celulosa, lignina y pectina). Adicional a esto en la actualidad nuestro país no cuenta con la producción propia de pectinas, apartir de residuos orgánicos, creando así una dependencia tecnológica de los países que producen este tipo de aditivos químicos que son utilizados como espesantes en la fabricación de jaleas, mermeladas, fármacos, etc; por su alto poder de gelificación. (Quispe, 2014, p 10)

Nuestro país en los últimos años ha ido aumentando la importación de pectinas, el dato más actual es para el año 2015, el volumen de importación fue de 44,88 toneladas métricas generando grandes cantidades de inversión cerca de 762.960 dólares anuales, las principales importaciones de pectina las concentran 5 empresas (Industrias Lácteas Toni, Alpina Productos Alimenticios Alpiecuador S.A., Ecuajugos S.A., Provequim C.A.) las cuales fueron adquiridas a un precio promedio de \$23,50 por Kg según (Morley, 2015, p 25)

Por tal motivo la presente investigación pretende aprovechar los residuos orgánicos generados en la ciudad, como son las cáscaras de papas dando un valor agregado a este, obteniendo pectina de

alto poder gelificante para que pueda ser utilizada en las pequeñas industrias alimenticias de nuestro país, pudiendo desempeñar un papel importante en el desarrollo sustentable y económico de nuestro país.

## **1.2. Justificación del Proyecto**

La pectina es un polisacárido con un alto poder de gelificación, de alto uso industrial que se puede obtener de las cortezas de frutos y vegetales, en el Ecuador no existe una industria que genere este tipo de aditivos alimenticios, por la cual se realizan importaciones de diferentes países fabricantes de pectina, los principales productores son Dinamarca, Holanda, Estados Unidos, Canadá, México, Suiza y Alemania, para ser utilizado en las pequeñas industrias alimenticias del Ecuador.

Conociendo de la inexistencia en el país de industrias dedicadas a la obtención de pectinas y sobre todo de la importancia a nivel industrial, se ha planteado el diseño del proceso de la obtención de pectina a partir de las cáscaras de papa, basado en el análisis experimental de laboratorio. Se considera de importancia aprovechar los residuos orgánicos generados por la actividad doméstica alimenticia en los hogares, centros comerciales (restaurantes y mercados) de la Ciudad de Riobamba como las cáscaras de papas, las mismas que contiene una gran cantidad de fibra 14,21% de la cual se puede obtener una cantidad apreciable de pectina, la misma que pueda ser aprovechada en la industria alimenticia como aditivo químico, de esta manera se puede minimizar el impacto ambiental de los residuos. (Quispe, 2014, p 25)

## **1.3. Beneficiarios Directos e Indirectos**

### ***1.3.1. Beneficiarios Directos***

Las industrias alimenticias dedicadas a la elaboración de mermeladas, jaleas, etc

### ***1.3.2. Beneficiarios Indirectos***

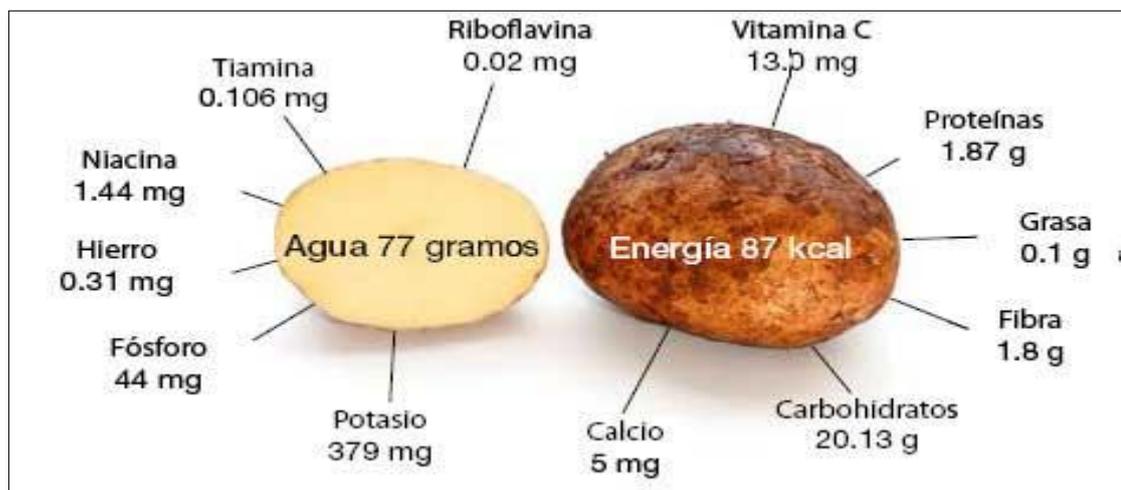
Los comerciantes y consumidores de los productos realizados por las industrias alimenticias.

## **1.4. Marco Conceptual**

### ***1.4.1. Papa***

La papa es uno de los alimentos más importantes de la canasta básica familiar, su cultivo es de gran interés después del trigo, arroz y el maíz en el país existe una gran variedad de papas, estas se cultivan en climas templados, subtropicales y tropicales. La papa es considerada en Ecuador por su valor económico de producción, su aporte nutricional y sobre todo por ser una fuente de ingresos a pequeños agricultores. El cultivo de este se distribuye en las regiones interandinas siendo las más principales Carchi, Chimborazo, Tungurahua, Pichincha, Cotopaxi y Cañar.(INIAP, 2015, p 4)

Los factores que tienen efecto sobre los nutrientes de la papa son la edad, madurez, clima, suelo y sobre todo las prácticas durante el cultivo, almacenamiento y procesamiento. Es importante mencionar que la fibra alimentaria se encuentra en la piel, la fibra está formada por celulosa, sustancias pépticas y hemicelulosa. (Marcial Iza, 2013, p 12)



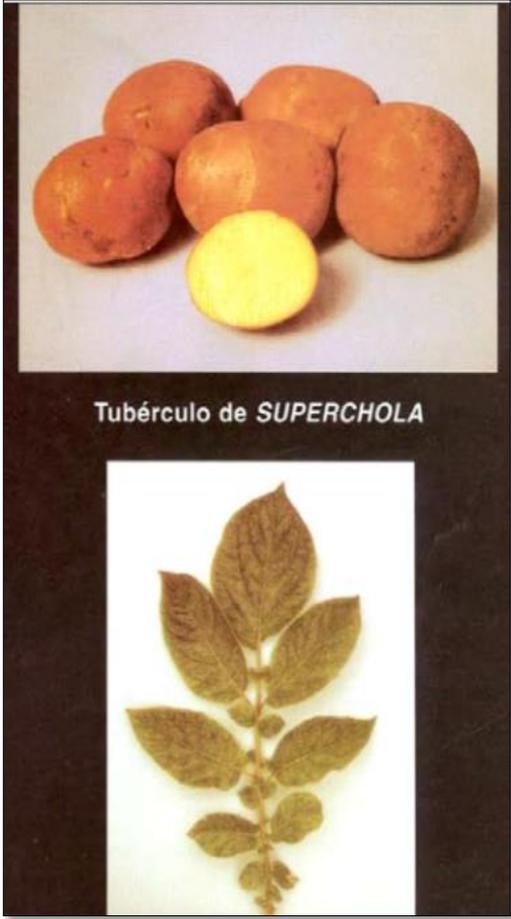
**Figura 1-1:** Porcentaje de nutrientes de la papa

Fuente:(Marcial Iza, 2013)

#### 1.4.1.1. Variedad de papa en el Ecuador

Existe una infinita variedad de papas que se comercializan en los mercados del Ecuador, para esta investigación se utilizó la variedad de papa Super Chola considerada una de las más utilizadas en las familias ecuatorianas.

**Tabla 1-1:** Características de la papa Super Chola

Variedad	Super Chola
<p><b>Origen genético</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Curipamba negra* Solanum demissum</li> </ul>	
<p><b>Características Agronómicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Maduración:</b> Semitardía</li> <li>• <b>Contenido de materia seca:</b> 24%</li> </ul>	
<p><b>Usos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Consumo en fresco:</b> sopas y puré</li> <li>• <b>Consumo para procesamiento:</b> papas fritas en forma de hojuelas.</li> </ul>	
<p><b>Zona de cultivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carchi y Pichincha</li> </ul> <p><b>Altitud de Cultivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2800 a 3600 m</li> </ul>	
<p><b>Características tubérculo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medianos, piel rosada y lisa, pulpa amarilla pálida sin pigmentación</li> </ul>	
<p><b>Demanda por consumidor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocupa el primer lugar con el 30,4% de papa comercializada</li> </ul>	

Fuente:(INIAP, 2015)

#### 1.4.2. Cáscaras de Papa

Según (Melissa *et al.*, 2016, p 15) las cáscaras de papa no tienen mucha utilidad, sin embargo, tiene un gran contenido de almidón el mismo que tiene una excelente textura y sirve para dar mayor viscosidad que los almidones comunes.

La cáscara de la papa es un alimento muy nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en almidón, así como funciones reguladoras del organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Además, tiene un contenido no

despreciable de proteínas, presentando éstas un valor biológico, que son muy buenas para la salud. (Center, 2015, p 13)



**Figura 2-1:** Cáscaras de papa

**Fuente:**(Cocina, 2018)

Las cáscaras de papa han sido tomadas en cuenta por el Programa Marco de la Comisión Europea para generar biopolímeros, siendo estos cada vez de mayor utilidad y se ha constituido una alternativa de los plásticos convencionales derivados del petróleo.

### **1.4.3. Pectina**

La pectina es un polisacárido de origen vegetal que está constituido principalmente de ácido D-galacturónico unido mediante enlaces  $\alpha - (1,4)$  glucosídicos, estos están esterificados con alcohol se encuentra en las cáscaras de las frutas y vegetales que luego de pasar por procesos industriales como es la hidrólisis ácida se convierte en un sólido elástico (gel).(Mendoza V., Jiménez F. and Ramírez N., 2017, p 16)

Según (Galeas, 2015, p 12) la pectina se encuentra en la pared celular de los vegetales y frutas, estos están unidos por puentes de hidrógeno con otros polisacáridos como la hemicelulosa, celulosa y lignina proporcionando rigidez y firmeza a la pared celular. La pectina fue descubierta por primera vez por el Químico Braconnot, quien pudo observar características de gelificación.

Las pectinas en los vegetales constituyen aproximadamente el 35% de la pared celular de las dicotiledóneas.

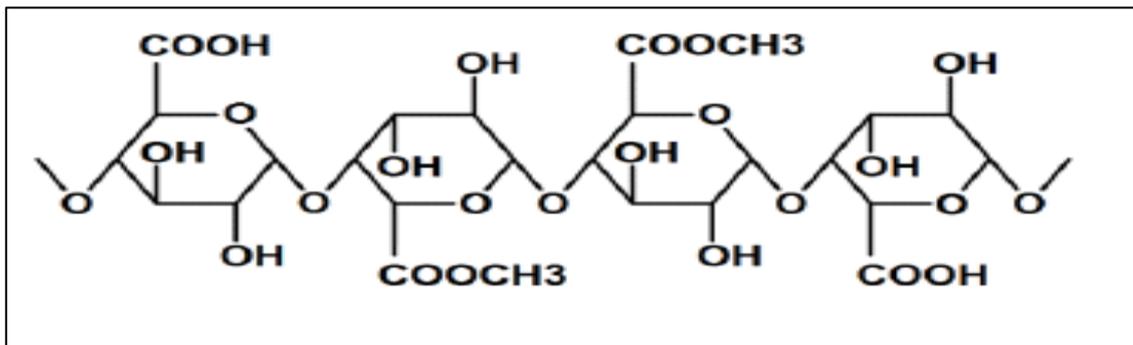
**Tabla 2-1:** Porcentaje de pectina en frutas y vegetales

Fruta o Verdura	Pectina Total (%)
Manzana	0,47
Fresa	0,52
Frambuesa	0,36
Zanahoria	1
Patata	0,36
Brócoli	0,51

Fuente: (Schultz, 2009)

#### 1.4.3.1. Estructura Química de la Pectina

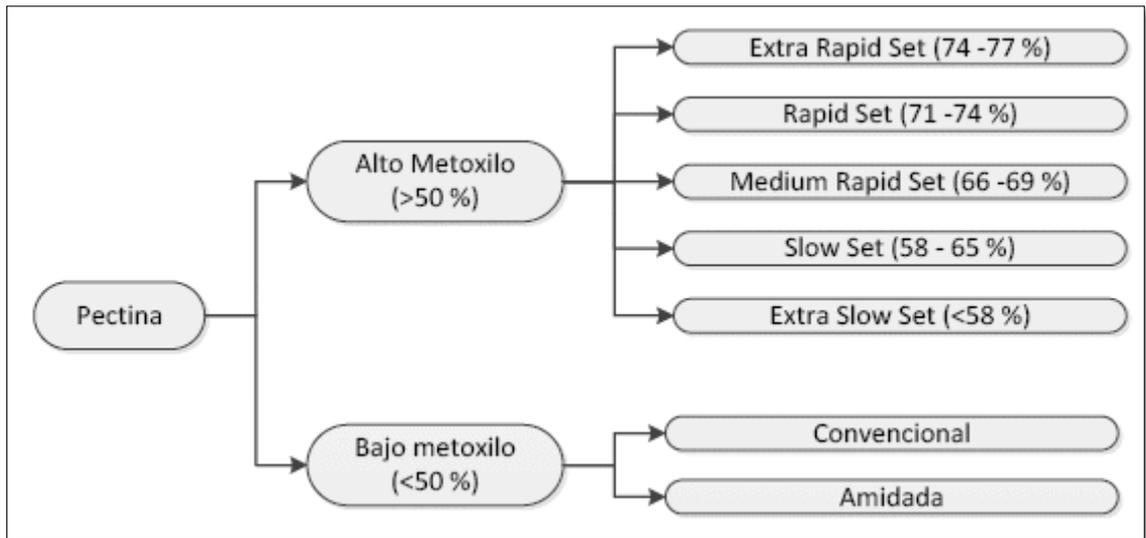
La pectina tiene 65% de unidades de ácido galacturónico formadas por anillos, cada anillo posee un grupo carboxilo (-COOH) que están esterificados con alcohol produciendo ésteres metílicos (-COOCH<sub>3</sub>) o neutralizarse con una base.



**Figura 3-1:** Estructura moléculas básicas de la pectina

Fuente:(Navarro García Ginés, 1985)

Las pectinas se clasifican de acuerdo al contenido de metoxilo siendo estas: de bajo y alto metoxilo.

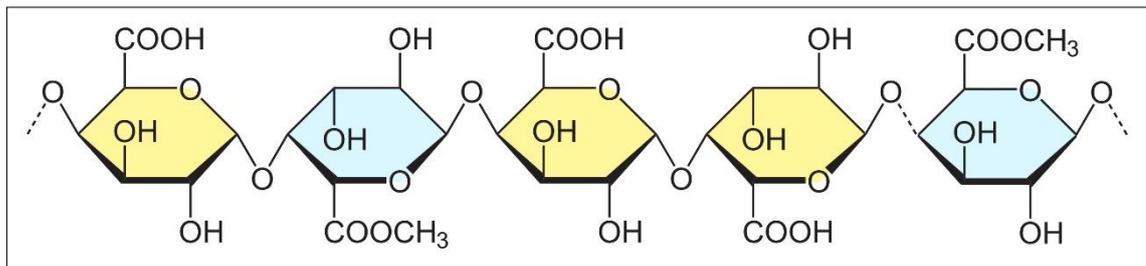


**Figura 4-1:** Pectina- Contenido de Metoxilo

Fuente:(Navarro García Ginés, 1985)

#### 1.4.4. Pectinas de Bajo Metoxilo

Las pectinas de bajo metoxilo no necesitan de un medio azucarado para gelificar, pero requieren de la presencia de cationes divalentes como el calcio para formar uniones moleculares, además debe contar con un pH en intervalos de 2,5 a 6,5.(Saavedra, 2015, p 12)

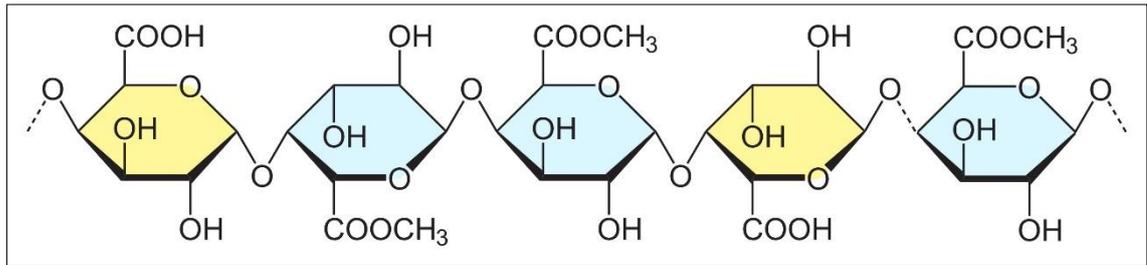


**Figura 5-1:** Pectina Bajo Metoxilo

Fuente: (Silvateam, 2018)

#### 1.4.5. Pectinas de Alto Metoxilo

Las pectinas de alto metoxilo forman geles en medios muy azucarados es decir más del 60% de contenido de azúcar, además este medio debe contar con un pH comprendido entre 2,7 y 3,4. (Saavedra, 2015, p 9)



**Figura 6-1:** Pectina Alto Metoxilo

**Fuente:** (Silvateam, 2018)

#### 1.4.6. Características de las Pectinas de Alto y Bajo Metoxilo

(Navarro García Ginés, 1985, p 19) describe las características de las pectinas desde su % de esterificación hasta la granulometría.

**Tabla 3-1:** Características de las pectinas

<p style="text-align: center;"><b>PECTINAS DE ALTO METÓXILO</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PECTINAS DE BAJO METÓXILO</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de esterificación: &gt; 50 %</li> <li>• Formación de gel (minutos): 1-120</li> <li>• pH de gelificación óptimo: 2,6-3,1</li> <li>• Cenizas totales (%): &lt; 5</li> <li>• Perdida por secado (%): ≈ 12</li> <li>• Arsénico (ppm): &lt; 3</li> <li>• Plomo (ppm): &lt; 10</li> <li>• Cobre (ppm): &lt; 60</li> <li>• Gérmenes patógenos: Ausencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de esterificación: &lt; 50 %</li> <li>• Formación de gel (minutos): 1-120</li> <li>• pH de gelificación óptimo: 3-4,2</li> <li>• Perdida por secado (%): ≈ 12</li> <li>• Arsénico (ppm): &lt; 3</li> <li>• Plomo (ppm): &lt; 10</li> <li>• Cobre (ppm): &lt; 60</li> <li>• Gérmenes patógenos: Ausencia</li> <li>• Gérmenes totales por gramos: &lt; 1000</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gérmenes totales por gramos: &lt; 1000</li> <li>• Aspecto: Polvo fino color crema</li> <li>• Granulometría: Inferior al 1%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspecto: Polvo fino color crema</li> <li>• Granulometría: Inferior al 1%</li> </ul>
--	--

**Fuente:** (Navarro García Ginés, 1985)

#### ***1.4.7. Aplicaciones de las pectinas***

(Escobedo, 2013, p 25) indica que las pectinas tienen varias aplicaciones en las diferentes industrias, descritas a continuación.

##### *1.4.7.1. Industria Cosmética*

- Se utiliza para la elaboración de cremas y geles para el cabello.
- Se utiliza para la elaboración de pastas dentífricas
- Se utiliza como absorbentes en jabones.

##### *1.4.7.2. Industria Alimentaria*

- Se utiliza en la elaboración de jaleas, mermeladas y compotas
- Se utiliza en la elaboración de pan, con una relación del 5% con la harina.
- En una concentración del 0,15% ayuda a la firmeza y viscosidad el yogurt.
- Se utiliza en la elaboración de golosinas (gomos de frutas y rellenos).

##### *1.4.7.3. Sector Medicinal*

- Prolongador de antibióticos y analgésicos.
- Aumenta la viscosidad.
- Estabiliza emulsiones.
- Gelificante instantáneo del paracetamol y ambroxol.

#### 1.4.8. Demanda de Pectina en el Ecuador

Según (Ecuador, 2018, p 35) no registran datos de que exista alguna empresa productora de pectina, lo que se registra son datos de importación de algunas empresas que requieren para la comercialización en el país y de igual forma para el consumo en la industria como tal, a continuación se detallan algunas de las empresas.

**Tabla 4-1:** Empresas importadoras de pectina

<b>Empresas Ecuatorianas</b>	
Industria Láctea TONI S. A.	
Resiquim S. A.	
Industria de productos Alimenticios IMPROLAC	
Plastiquim S. A.	
Ecuajugos S. A.	
Productos Alpina	

Fuente:(Galeas, 2015)

Estas empresas se dedican a la elaboración de productos alimenticios como jugos, mermeladas, pastas, etc y también son empresas proveedoras de aditivos químicos en el país. En el Ecuador la demanda de importaciones de pectina es alta en los últimos 4 años se ha importado aproximadamente cerca de 194,18 Toneladas, siendo nuestros mayores proveedores Estados Unidos y Francia.(Galeas, 2015, p 25)

#### 1.4.9. Procesos de Extracción de Pectina

Existen varios métodos de extracción de pectina, los más conocidos y que se utilizan en la industria son los siguientes:

##### 1.4.9.1. Hidrólisis Ácida

La hidrólisis ácida es un proceso donde un ácido prótico cataliza la división de un enlace químico a través de una sustitución nucleofílica, con la adición de agua. Este proceso consiste en un calentamiento de un ácido, material vegetal y agua, con una constante agitación. (Wikipedia, 2018)

#### 1.4.9.2. Hidrólisis Enzimática

La hidrólisis enzimática utiliza pectinesterasa o pectinmetilesterasa lo que no despolimeriza la molécula de pectina haciendo que las pectinas de alto metoxilo se conviertan en pectinas de bajo metoxilo y estas a su vez sean más resistentes.(Bravo, 2015, p 10)

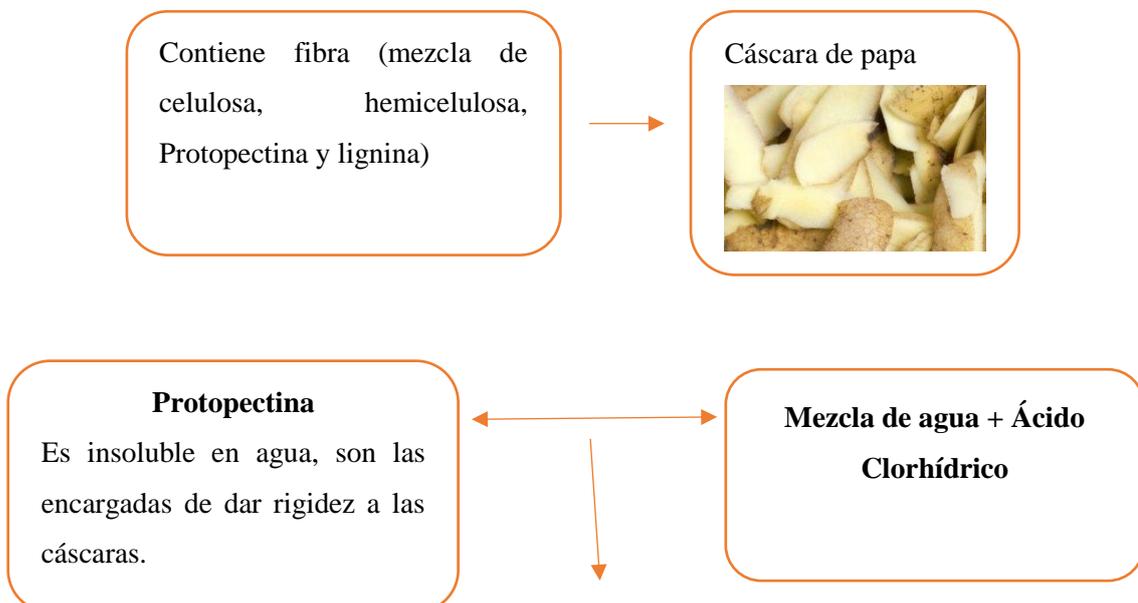
#### 1.4.10. Procesos involucrados en la extracción de pectina

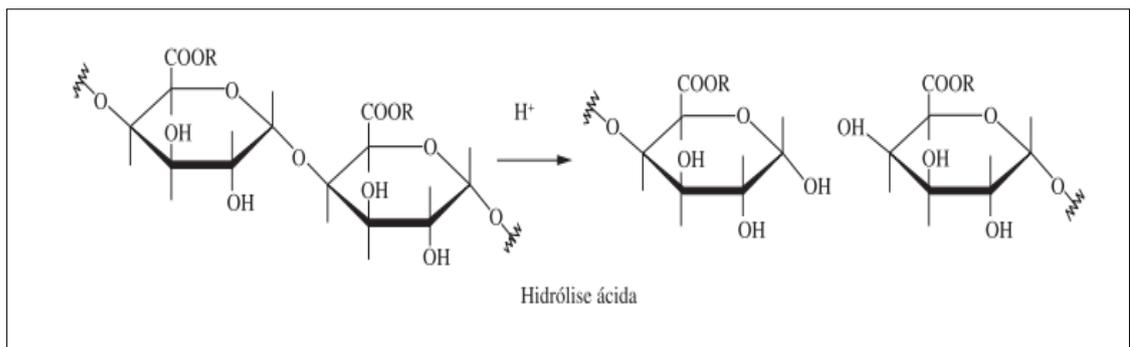
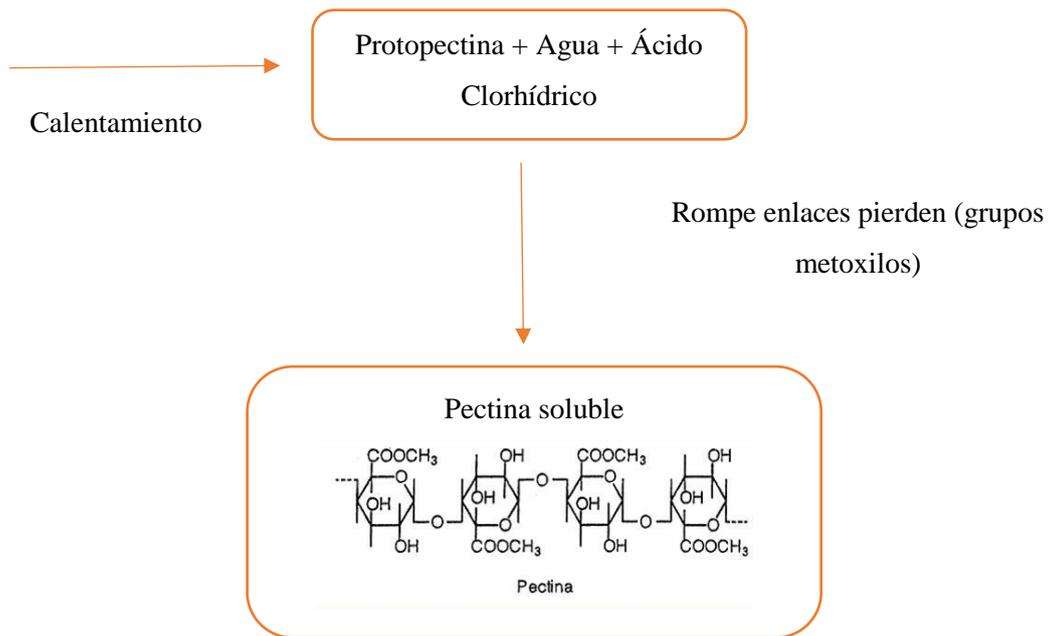
##### 1.4.10.1. Inactivación enzimática- Escaldado

La inactivación enzimática se realiza llevando a ebullición la mezcla de agua y el material vegetal (cáscaras de papa), esto con el fin de eliminar la actividad de las enzimas pectinasas (proteínas que rompen las cadenas de pectina) que actúan de manera sinérgica y secuencial además son producidas por microorganismo como: hongos, bacterias y levaduras. La inactivación enzimática ayuda a eliminar microorganismos, suciedades presentes en las cáscaras de papa de esta manera se hace más eficiente el proceso de extracción.(Barragán *et al.*, 2014, p 74)

##### 1.4.10.2. Hidrólisis Ácida

(Galeas, 2015, p 36) toma en cuenta que una buena extracción se da en los siguientes parámetros: pH (entre 1,5 a 3); la temperatura (de 80°C a 100°C) y el tiempo de calentamiento (de 45 min a 90 min). El proceso de hidrólisis que sufre las cáscaras de papa es la siguiente:





**Figura 7-1:** Proceso de Hidrólisis de la Pectina

**Fuente:**(Canteri, y P, 2012)

#### 1.4.10.3. Filtrado

El filtrado es una operación unitaria que consiste en separar los sólidos de una suspensión por medio de un filtro, tamiz, etc. Esto se realiza con el fin de separar la materia vegetal (cáscaras de papa) de la solución líquida, la misma que contiene las sustancias pécticas extraídas.(Schultz, 2009, p 23)

#### *1.4.10.4. Precipitación*

La precipitación ocurre cuando una sustancia insoluble se forma en la disolución debido a una reacción química. Esto se realiza para poder separar la solución ácida de la pectina se emplea alcoholes (Etanol 96°), estos son utilizados en la industria alimentaria por su costo económico y por no presentar ningún efecto nocivo además es importante mencionar que la pectina es insoluble en alcohol, debe ser utilizado en pequeñas cantidades porque el mismo aumenta el porcentaje de cenizas en el producto final.(Schultz, 2009, p 12)

#### *1.4.10.5. Secado*

El secado es un proceso donde se da la remoción de humedad, según (Galeas, 2015, p 28) la temperatura adecuada para secar la pectina es de 50 °C, la misma que permite alcanzar el parámetro de humedad especificado por el IPPA de igual forma la pectina seca no pierde ninguna de sus propiedades gelificantes.

#### *1.4.10.6. Molienda*

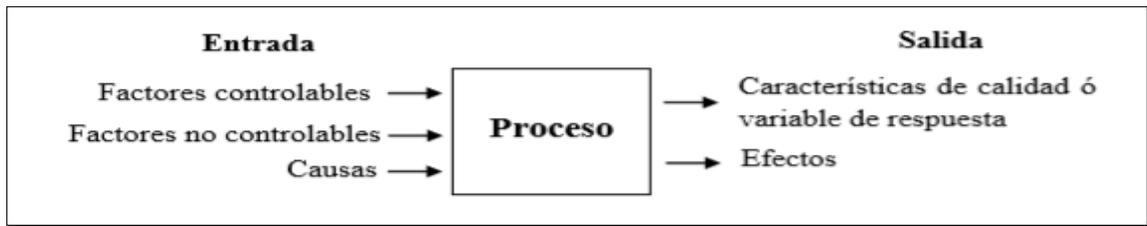
El proceso de molienda de la pectina se realiza con el fin de obtener partículas pequeñas- polvo fino y que este pueda disolverse, así su poder gelificante y capacidad de solubilidad no son limitado.(Bravo, 2015, p 32)

### ***1.4.11. Diseño Experimental utilizado***

#### *1.4.11.1. Método Taguchi*

El método Taguchi es un método de diseño experimental que permite determinar los factores que afectan a un proceso realizando experimentos, los mismos que son combinando con factores y niveles previamente escogidos evaluándose el efecto que producen.

Tiene mucha importancia en la minimización de la variabilidad de procesos, es una herramienta que no se concentra en variables de proceso más bien esta se encarga de ajustar variables que son difíciles de controlar y que afectan significativamente al proceso, su objetivo principal es buscar una mínima variación en las características de calidad importantes para el cliente y por cual minimiza los costos de calidad.



**Figura 8-1:** Entradas y Salidas en el Método Taguchi

Fuente:(Escobedo, 2013)

## CAPÍTULO II

### 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### 2.1. Objetivo General

- Diseñar un proceso de obtención de pectina en medio ácido a partir de las cáscaras de papa (*Solanum tuberosum*).

#### 2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*)
- Obtener a escala de laboratorio la pectina de las cáscaras de papa (*Solanum tuberosum*), mediante hidrólisis ácida modificando valores de temperatura y pH.
- Identificar variables de proceso en la obtención de la pectina
- Realizar el diseño de ingeniería (cálculos técnicos, tamaño y/o dimensionamiento, tipo de materiales, automatización y presupuesto)
- Validar el diseño de ingeniería a través de la caracterización de la pectina obtenida según los valores establecidos por el IPPA (International Pectin Producers Association)

## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO TÉCNICO

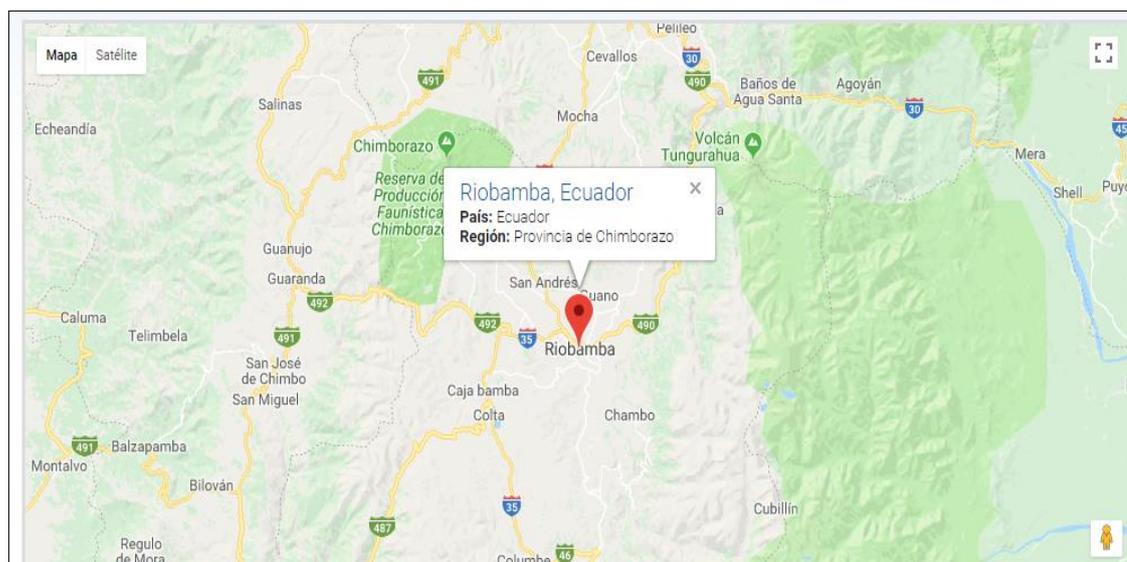
#### 3.1. Localización del Proyecto

Este proyecto pretende ser implementado en:

**Tabla 5-3:** Localización del Proyecto

<b>UBICACIÓN</b>	<b>Cantón Riobamba</b> , perteneciente a la provincia de Chimborazo, Ecuador.
<b>LATITUD</b>	-1.67098 m
<b>LONGITUD</b>	-78.6471176 m
<b>ALTITUD</b>	2758 m
<b>CLIMA</b>	<b>Temperatura máxima:</b> 19 °C
	<b>Temperatura mínima:</b> 9 °C

Fuente: (GeoDatos, 2018)



**Figura 9-2:** Ubicación del proyecto

Fuente:(Google, 2013)

### 3.2. Ingeniería del Proyecto

La parte experimental se realizó en los Laboratorios de Química Instrumental y Química Analítica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### 3.3. Parte Experimental

#### 3.3.1. Obtención de Pectina a Escala Laboratorio

Se desarrolló a escala de laboratorio la obtención de la pectina tomando en cuenta los siguientes pasos:

##### 3.3.1.1. Proceso de pre-tratamiento de la materia prima

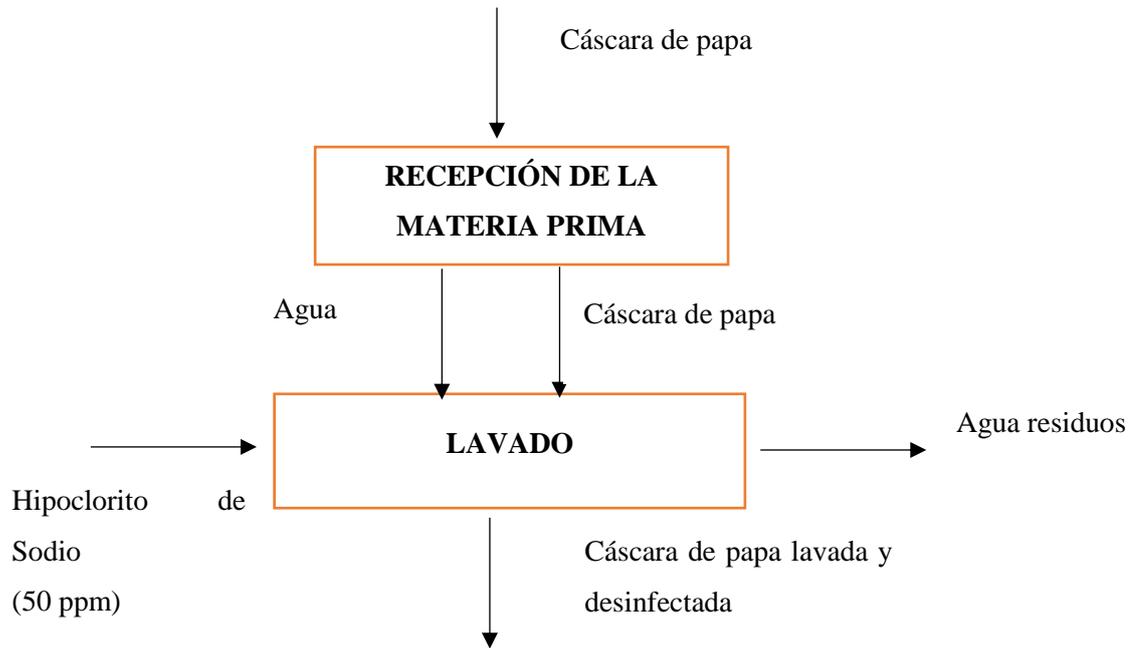
El proceso de pre-tratamiento de la materia prima (cáscaras de papa) se realizó con el fin de mejorar el proceso de extracción de pectina (hidrólisis ácida):

**Tabla 6-3:** Proceso de pre-tratamiento de la materia prima

Proceso	Descripción
<b>Recolección de materia prima</b>	Las cáscaras de papa se recogieron de los restaurantes cercanos a la ESPOCH – Riobamba y de algunos hogares en bolsas de plástico, se elige una cantidad de 150 g de cáscaras para la caracterización y obtención de pectina.
<b>Lavado y Desinfección</b>	Las cáscaras se sometieron a un lavado con agua fría hasta retirar todos los residuos de tierra y los posibles residuos de otros alimentos, usando abundante agua y para la desinfección se utilizó Hipoclorito de Sodio (100ppm), 2 ml por cada litro de agua.

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

3.3.1.2. Diagrama del proceso de pre-tratamiento de la materia prima



3.3.2. Proceso de Obtención de la Pectina de las cáscaras de papa

Para realizar la obtención de la pectina a escala laboratorio se utilizó 10 g de muestra húmeda de las cáscaras de papa (Humedad 83,72 %)

**Tabla 7-3:** Proceso de obtención de pectina a escala laboratorio

Proceso	Descripción
<b>Inactivación Enzimática</b>	La inactivación enzimática se realiza con el fin de mejorar el proceso de extracción, y sobre todo inhibir la acción de las enzimas pécticas presentes, especialmente la pectinasa (enzima degradante de la pectina) además de microorganismos presentes en el material seleccionado esta se calentó hasta alcanzar la temperatura de 100 °C, quedando el material listo para la hidrólisis ácida. Por cada 100 g de materia se agrega 200 ml de agua.
<b>Hidrólisis Ácida</b>	Se utilizó un vaso de precipitación, tomando en cuenta la relación de agua con la materia (1/25), el agua debe estar acidulada por tal motivo se utilizó HCl, hasta obtener el pH requerido 1,5. El agua debe estar caliente hasta obtener el valor de 90 °C, al mismo tiempo se va

	agregando la muestra y con una agitación constante para que no se deposite en el fondo, el tiempo de hidrólisis es de 60 min.
<b>Filtrado 1</b>	El filtrado es necesario para poder separar la materia sólida del líquido en donde se encuentra la pectina, se realizó con una tela de lienzo.
<b>Concentración</b>	Se realiza la concentración hasta el 50% del líquido de hidrólisis filtrado a la misma temperatura de extracción.
<b>Precipitado</b>	A la solución de hidrólisis se agregó etanol (96°) lentamente y con agitación contante durante 5 minutos (tomando en cuenta que en la etapa de precipitado se utiliza el 40 %).
<b>Filtrado 2</b>	Se realizó con un embudo en el cual se coloca en la parte superior papel filtro de mayor porosidad, esto permite la separación por acción de la gravedad de la concentración de etanol y pectina (quedando está en la parte superior del papel filtro).
<b>Secado</b>	La pectina obtenida en el papel filtro se secó en una estufa a 50 °C por 12 horas, se pesó para obtener el rendimiento de la pectina obtenida.
<b>Molienda</b>	Se realizó la molienda de la pectina para obtener un polvo más fino, y esta pueda disolverse así su poder gelificante y capacidad de solubilidad no son limitados por el tamaño de las partículas.
<b>Empacado</b>	Finalmente, la pectina obtenida fue empaquetada en bolsas de polietileno herméticas, para su análisis posterior.

**Realizado por:** TOAPANTA Erika, 2018

### 3.3.2.1. Proceso de Hidrólisis Ácida

Para el proceso de hidrólisis ácida se tomó en cuenta el siguiente diseño experimental.

#### Diseño Experimental – Método Taguchi

**Tabla 8-3:** Factores de la Hidrólisis ácida

N	FACTORES	INDICADOR	NIVELES	
1	pH	H <sup>+</sup>	A1 = 1,5	A2 = 3
2	Temperatura de Hidrólisis	°C	B1 = 90	B2 = 80
3	Tiempo de Hidrólisis	min	C1 = 60	C2 = 45

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

Como el método Taguchi explica el diseño experimental para este proyecto será  $2^3$  debido a que posee 3 factores indicadores y dos niveles por lo tanto se deben realizar 8 experimentos, pero con la ayuda de un Software Minitab (confianza que normalmente es del 95% con 5% de probabilidad de error) se redujeron el número de experimentos para mejorar la eficiencia del proceso, y de igual forma simplificar esfuerzos de diseño estadístico.

Columnas del arreglo de L4(2<sup>3</sup>): 1 2 3

### Diseño de Taguchi

Resumen del diseño

Arreglo de Taguchi L4(2<sup>3</sup>)

Factores: 3

Corridas: 4

Columnas del arreglo de L4(2<sup>3</sup>): 1 2 3

Hoja de trabajo 3 \*\*\*

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	A	B	C			
1	1	1	1			
2	1	2	2			
3	2	1	2			
4	2	2	1			
5						

**Figura 10-2:** Diseño Experimental Taguchi

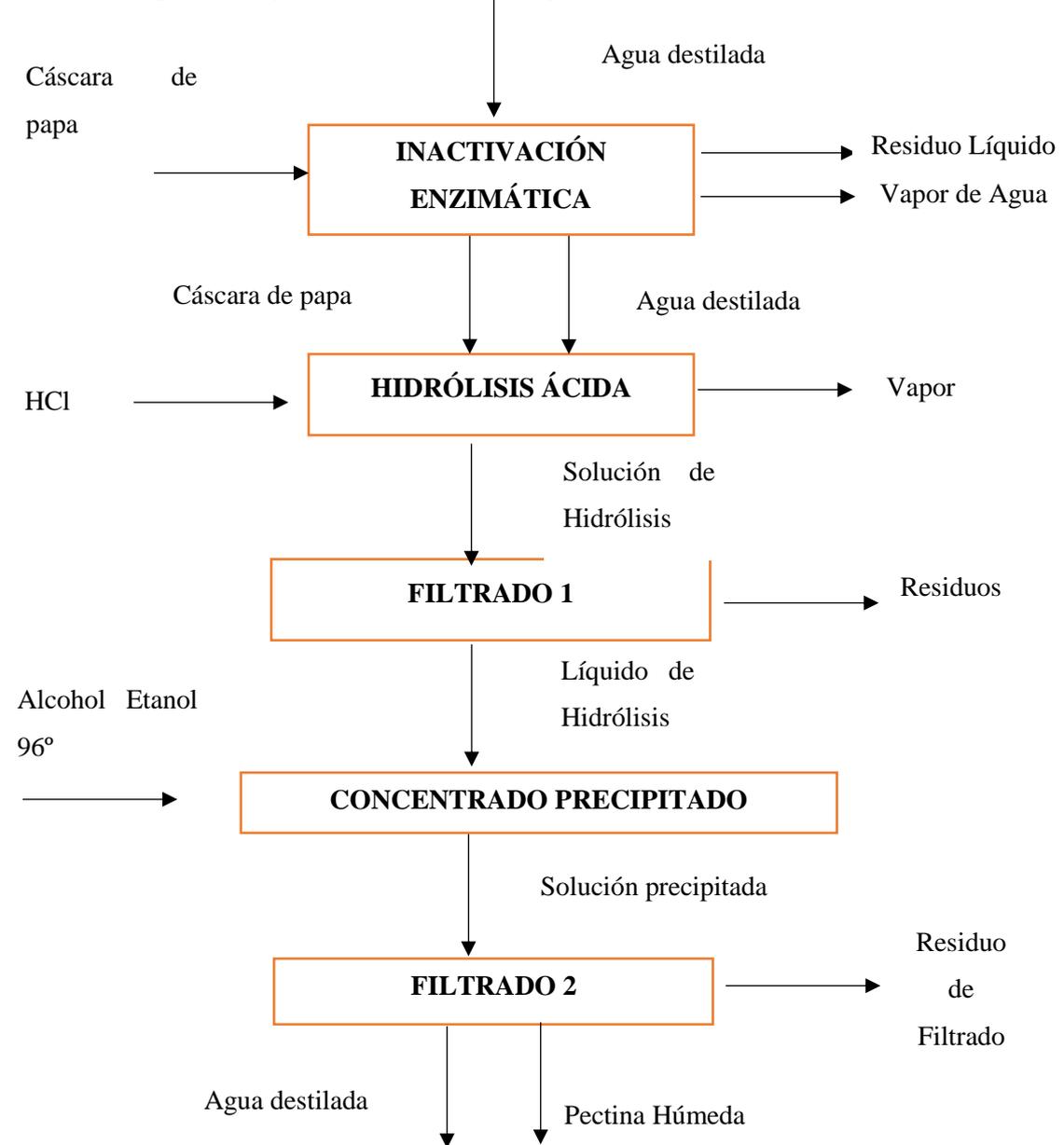
Fuente: Software Minitab

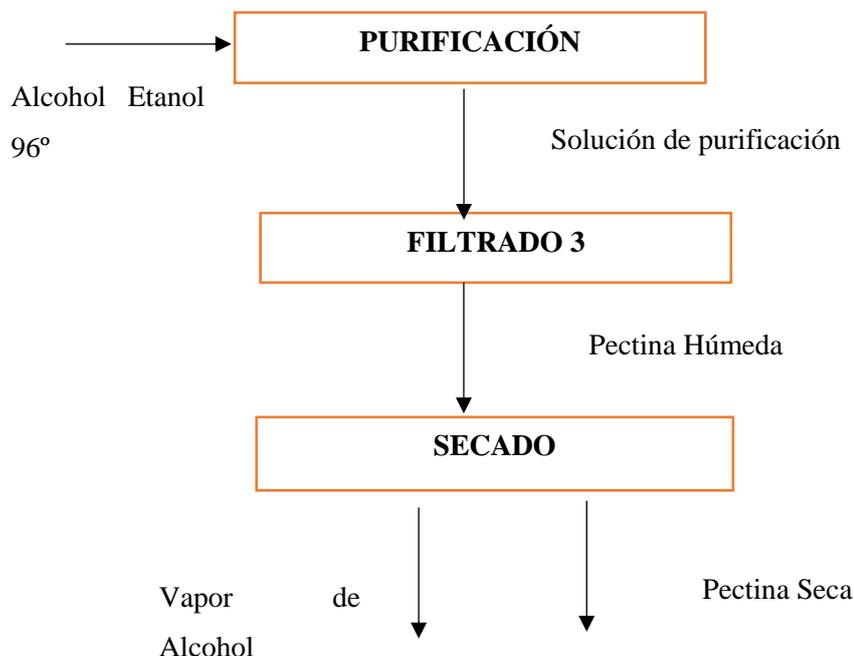
**Tabla 9-3:** Condiciones de operación de la hidrólisis ácida

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
<b>CONDICIONES</b>	<b>Acido:</b> HCl <b>pH:</b> 1,5 <b>Temperatura:</b> 90 °C <b>Tiempo de extracción:</b> 60 min	<b>Acido:</b> HCl <b>pH:</b> 1,5 <b>Temperatura:</b> 80 °C <b>Tiempo de extracción:</b> 45 min	<b>Acido:</b> HCl <b>pH:</b> 3 <b>Temperatura:</b> 90 °C <b>Tiempo de extracción:</b> 45 min	<b>Acido:</b> HCl <b>pH:</b> 3 <b>Temperatura:</b> 80 °C <b>Tiempo de extracción:</b> 60 min

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

3.3.2.2. Diagrama del proceso de obtención de pectina en el laboratorio





### 3.3.3. Caracterización de la Pectina obtenida

Se realizaron los siguientes análisis para poder identificar el grado de pureza de la pectina obtenida.

**Tabla 10-3:** Metodología de caracterización de la pectina

<b>Determinación del Rendimiento de la pectina</b>	
Para determinar el rendimiento de la Pectina se utiliza la siguiente expresión:	
$\text{Rendimiento de pectina} = \frac{\text{peso de la pectina obtenida}}{\text{peso cáscara procesada}} * 100$	
<b>Acidez libre (AL) y peso equivalente (PE)</b>	
Se determina realizando una titulación con hidróxido de sodio 0,1 N, esto se calcula relacionando el peso de la muestra (mg) y los miliequivalentes (Volumen consumido * normalidad de la Solución) de hidróxido de sodio gastados en la titulación hasta obtener un pH 7,5	
$\text{Peso equivalente (PE)} = \frac{\text{mg componente ácido}}{\text{meq (A) NaOH}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>meq (A) NaOH : meq de NaOH utilizados en la titulación</li> <li>componente ácido: mg de pectina</li> </ul>	$\text{Acidez libre (AL)} = \frac{\text{meq (A) NaOH}}{\text{mg componente ácido}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>meq (A) NaOH: meq de NaOH utilizados en la titulación</li> <li>componente ácido: mg de pectina</li> </ul>
<b>Contenido de Metoxilo (Me)</b>	

<p>Se determina con la solución empleada para la determinación del peso equivalente y acidez, en la cual, se agrega hidróxido de sodio 0,25 N, para desesterificar la pectina; la solución se neutraliza con ácido clorhídrico 0,25 N y se titula con hidróxido de sodio 0,1N, para determinar el porcentaje de metóxilo, hasta obtener un pH de 7,5</p>
$\% \text{ Metoxilo } (Me) = \frac{\text{meq B} * 31 * 100}{\text{mg componente ácido}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 31 : Peso molecular del metoxilo (CH<sub>3</sub>) expresado en mg/meq</li> <li>• meq B : meq de NaOH utilizados en la titulación</li> </ul> <p style="text-align: center;">componente ácido: Peso de la muestra (mg)</p>
<p><b>Grado de Esterificación (Ge)</b></p>
<p>El grado de esterificación, se calcula relacionando los meq B gastados en la titulación de determinación del porcentaje de metoxilación y la suma del total de los meq A gastados en la titulación de determinación del peso equivalentes y meq B</p>
$\% \text{ Grado de esterificación } (Ge) = \frac{\text{meq B}}{\text{meq A} + \text{meq B}}$ <p>meq A = <math>\text{Volumen}_{\text{NaOH}} * \text{Normalidad}_{\text{NaOH}}</math> (Titulación Peso Equivalente)</p> <p>meq B = <math>\text{Volumen}_{\text{NaOH}} * \text{Normalidad}_{\text{NaOH}}</math> (Titulación Contenido Metoxilos)</p> <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• meq A : miliequivalentes utilizados en la primera titulación NaOH 0,1 N</li> <li>• meq B : miliequivalentes utilizados de NaOH 0,1 N en la segunda titulación para determinar el contenido de metóxilo</li> </ul>
<p><b>Contenido de ácido anhidro Galacturónico (AAG)</b></p>
<p>Permite conocer el grado de pureza de la sustancia péctica, debido a que la pectina es un polisacárido constituido no solo por ácido D-galacturónico, sino también, en su estructura, el 10% o más de la cadena puede representar otros azúcares, como arabinosa, glucosa y ramnosa</p>
$\% \text{ AAG} = \frac{176 * 100 - (\text{meq A} + \text{meq B})}{\text{mg componente ácido}}$ <p>meq A = <math>\text{Volumen}_{\text{NaOH}} * \text{Normalidad}_{\text{NaOH}}</math> (Titulación Peso Equivalente)</p> <p>meq B = <math>\text{Volumen}_{\text{NaOH}} * \text{Normalidad}_{\text{NaOH}}</math> (Titulación Contenido Metoxilos)</p> <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 176 : peso molecular del ácido anhídrido galacturónico expresado en mg/meq</li> <li>• componente ácido: Peso de la muestra (mg)</li> <li>• meq A : miliequivalentes utilizados en la primera titulación NaOH 0,1 N</li> <li>• meq B : miliequivalentes utilizados de NaOH 0,1 N en la segunda titulación para determinar el contenido de metóxilo</li> </ul>

**Fuente:** (Mendoza V., Jiménez F., y Ramírez N., 2017)

**Realizado por:** TOAPANTA Erika, 2018

### 3.3.4. Análisis de Espectro Infrarrojo

El análisis de espectro infrarrojo se debe realizar con la finalidad de observar los grupos funcionales de la pectina característicos, según (Álvarez, 2007) es una huella digital que permite identificar un compuesto o investigar la composición de una muestra esta se basa en que las sustancias tienen enlaces químicos con frecuencia de vibración específicas que corresponden a los niveles de energía de cada molécula, este espectro se grafica (Transmitancia vs Longitud de onda).

Los picos característicos en ciertas longitudes de onda de las pectinas se describen a continuación:

**Tabla 11-3:** Grupos funcionales característicos de la pectina

Grupo Funcional	Longitud de Onda $\lambda(\text{cm}^{-1})$
C=O del éster	1730-1760
C=O del ácido	1600-1645
C-H	1360-1380
C-O	1000-1300
-OH	3300-3400

Fuente:(Schultz, 2009)

### 3.4. Datos

#### 3.4.1. Balance de masa del proceso de pre-tratamiento de la materia prima

**Tabla 12-3:** Balance de masa del pre-tratamiento de la materia prima

Recepción de la Materia Prima	Lavado y Desinfección			
	Entrada		Salida	
Cáscara de papa	Agua	Hipoclorito de sodio (50 ppm)	Agua Residuos	Cáscara de papa Lavada y Desinfectada
150,702 g	2000 ml	2 ml	1898 ml	254,702 g

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

**3.4.2. Balance de masa de la obtención de la pectina a escala laboratorio**

**Tabla 13-3:** Balance de masa de la inactivación enzimática de la materia prima

	<b>Inactivación Enzimática</b>			
	Materia Prima	Agua Destilada	Cáscara de papa Inactivada enzimática	Residuo Líquido
<b>Muestras</b>	171,751 g	429,37 ml	176,041 g	425,08 ml

**Realizado por:** TOAPANTA Erika, 2018

**Tabla 14-3:** Balance de masa de la obtención de la pectina

# Muestra	Cáscara de papa inactivada enzimática	Ácido Clorhídrico	Agua Destilada	Solución de Hidrolisis	Vapor	Residuo de Hidrólisis	Líquido de Hidrólisis	Alcohol Etanol	Solución precipitada	Residuo Filtrado	Pectina húmeda	Vapor de Alcohol	Pectina Seca
Muestra 1	10,039 g	0,78 ml	250 ml	200 ml	60,819	8,533 g	191,467 ml	153,173 ml	344,464 ml	332,476 ml	11,988 g	10,548	1,44 g
Muestra 2	10,061 g	0,78 ml	250 ml	225 ml	35,841	8,303 g	216,697 ml	173,357 ml	390,054 ml	382,561 ml	7,493 g	6,593	0,90 g
Muestra 3	10,113 g	0,1 ml	250 ml	75 ml	185,213	9,854 g	65,146 ml	52,116 ml	117,262 ml	112,826 ml	4,436 g	3,836	0,60 g
Muestra 4	10,386 g	0,1 ml	250 ml	187 ml	73,486	10,826 g	176,174 ml	140,939 ml	317,113 ml	314,667 ml	2,446 g	2,246	0,20 g

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.4.3. Datos de Secado de la Pectina

- El secado de la pectina se realizó en una estufa a una temperatura de 50 °C, según (Galeas, 2015) es la ideal para que la pectina húmeda, pueda deshidratarse sin que pierda sus propiedades gelificantes la misma es directamente proporcional con la cantidad de metoxilos, mientras mayor es la cantidad de metoxilo mayor es su poder de gelificación.
- Es necesario tomar en cuenta que la humedad de la pectina debe alcanzar una el 12% como máximo, este valor lo estable los organismos de regulación de pureza de la pectina

#### Datos obtenidos a nivel laboratorio

**Tabla 15-3:** Datos experimentales de secado

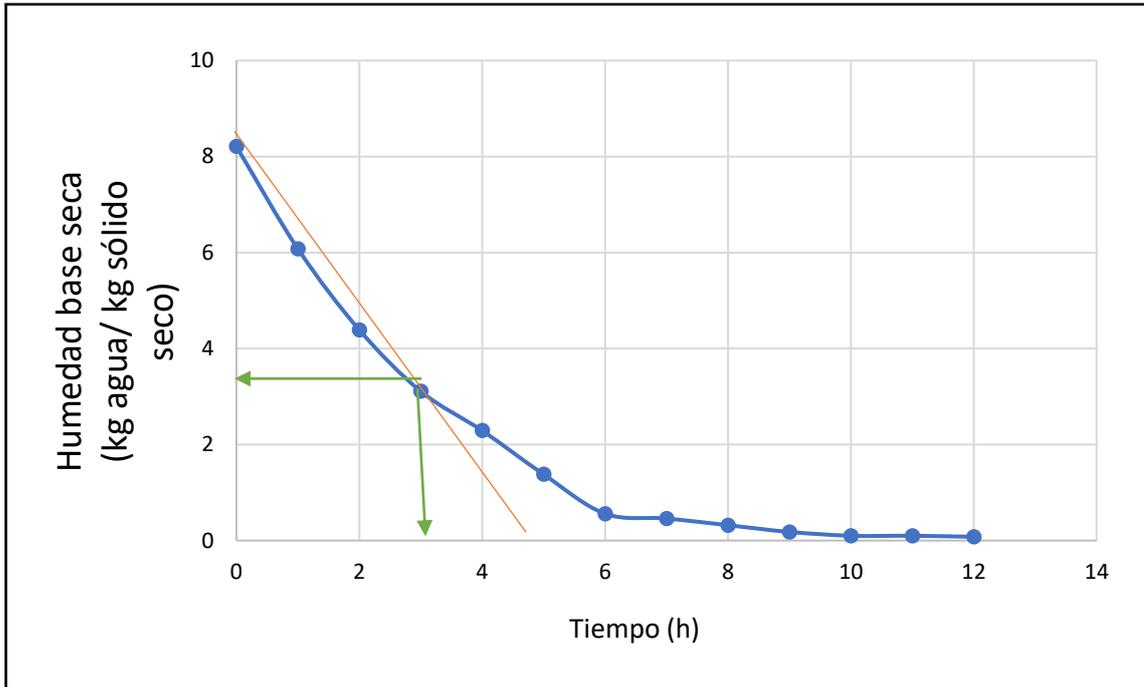
Tiempo	Peso Pectina (kg)
0	0,01198
1	0,009208
2	0,007018
3	0,005348
4	0,004158
5	0,003098
6	0,002028
7	0,001908
8	0,001746
9	0,001536
10	0,001434
11	0,0014
12	0,0014

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

**Tabla 16-3:** Datos de sólido seco y área de secado

Sólido seco (kg)	0,0014
Área de secado (m <sup>2</sup> )	0,0456

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018



**Gráfico 1-2:** Diagrama de Humedad en base seca vs Tiempo

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

**Ecuación 1:** Humedad base seca

$$x_{bs} = \frac{\text{masa de agua}}{\text{masa sólido seco}}$$

**Ecuación 2:** Humedad media

$$\bar{X} = \frac{x_n + x_{n+1}}{2}$$

**Ecuación 3:** Variación del tiempo

$$\Delta\theta = \theta_n + \theta_{n+1}$$

**Ecuación 4:** Variación de Humedad

$$\Delta X = x_n - x_{n-1}$$

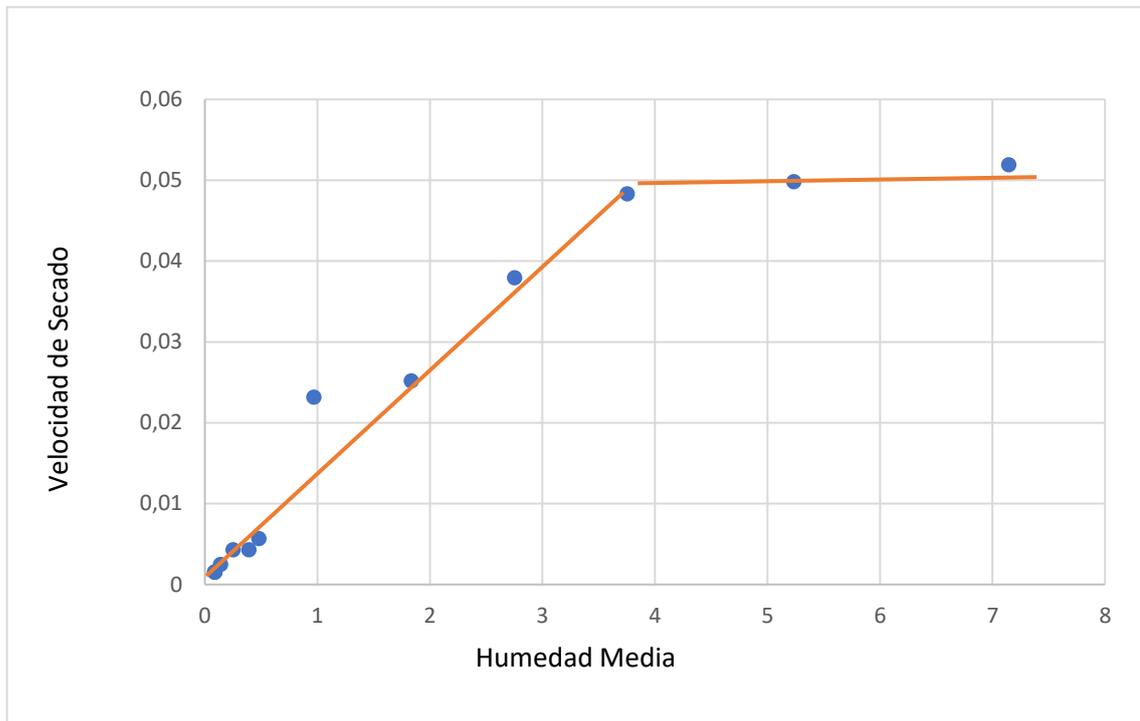
**Ecuación 5:** Velocidad de secado

$$W = \frac{S}{A} \left( -\frac{dX}{d\theta} \right)$$

**Tabla 17-3:** Datos de velocidad de secado

<b>Tiempo</b>	<b>Humedad base seca (kg agua/ kg sólido seco)</b>	$\bar{X}$	$\Delta\theta$	$\Delta X$	$W$
0	8,21	7,145	1	-2,31	0,05192
1	6,08	5,235	1	-1,69	0,0498
2	4,39	3,753	1	-1,28	0,04829
3	3,11	2,752	1	-0,91	0,03793
4	2,29	1,835	1	-0,87	0,02517
5	1,38	0,97	1	-0,82	0,02315
6	0,56	0,48	1	-0,18	0,005684
7	0,46	0,39	1	-0,14	0,004298
8	0,32	0,25	1	-0,14	0,004298
9	0,18	0,14	1	-0,08	0,00245
10	0,10	0,0895	1	-0,0505	0,0015
11	0,079	0,0895	1	-0,0505	0,0015
12	0,079	0,0895	1	-0,0505	0,0015

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018



**Gráfico 2-2:** Diagrama Humedad media vs Velocidad de secado  
 Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

**Ecuación 6:** Tiempo de Deshidratación

$$\theta = \frac{S}{A} \int_{X_f}^{X_i} \frac{dX}{W}$$

**Ecuación 7:** Periodo antecrítico

$$\theta_{antecrítico} = \frac{S (X_o - X_c)}{A W}$$

$$\theta_{antecrítico} = \frac{0,00144 \text{ kg sólido seco} (8,21 - 3,11)}{0,0456 \text{ m}^2 \cdot 0,04829}$$

$$\theta_{antecrítico} = 3,33 \text{ h}$$

**Ecuación 8:** Período proscrítico

$$\theta_{proscrítico} = \frac{S}{A} * 19,57 * \ln \left( \frac{8,21 \text{ kg} \frac{\text{agua}}{\text{kg}} \text{pectina seca} + 3,75}{0,136 \text{ kg} \frac{\text{agua}}{\text{kg}} \text{pectina seca} + 3,75} \right)$$

$$\theta_{poscrítico} = \frac{0,00144 \text{ kg sólido seco}}{0,0456 \text{ m}^2} * 247,67 * \ln \left( \frac{8,21 \text{ kg } \frac{\text{agua}}{\text{kg}} \text{ pectina seca} + 3,75}{0,136 \text{ kg } \frac{\text{agua}}{\text{kg}} \text{ pectina seca} + 3,75} \right)$$

$$\theta_{poscrítico} = 8,67 \text{ h}$$

Tiempo total de secado de pectina

$$\theta_{total} = \theta_{antecrítico} + \theta_{poscrítico}$$

$$\theta_{total} = 3,33 \text{ h} + 8,67 \text{ h}$$

$$\theta_{total} = 12 \text{ h}$$

### 3.5. Dimensionamiento de la planta

- Según (Miñarcaja, 2012) en la ciudad de Riobamba se recogen 150 toneladas diarias de desechos, de estos el 62,15% de materia orgánica (mezcla de residuos de verduras, vegetales y tubérculos) son generados por los domicilios y por los restaurantes.
- (Yambay, 2016) proporciona información del consumo diario de papas por habitante en la Ciudad de Riobamba el mismo que corresponde a 0,23 kg, las personas que consumen diariamente las papas representan el 42,75% de la población actual de la ciudad (458581 habitantes), siendo así el consumo diario de los habitantes es 45368,91kg de papas las mismas que son consumidas en diferentes presentaciones.
- La papa según (Prada, 2012) está constituida por aproximadamente 2% de cáscara, 75% a 85% de parénquima vascular de almacenamiento y de 14% a 20% de médula, lo cual nos permite obtener el valor de las cáscaras de papa que se obtienen a diario 907,37 kg.
- Si se implementa una cultura de reciclaje de cáscaras de papa en la ciudad se podría obtener una cantidad de materia prima apreciable para poder realizar el proceso de obtención de pectina, es necesario tomar en cuenta que la disposición final de estos residuos tiene dos opciones: alimento para animales y el relleno sanitario de la ciudad.

### 3.5.1. Cálculo de rendimiento de la pectina obtenida a nivel laboratorio

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Cantidad de pectina obtenida}}{\text{Cantidad de cáscara de papa al ingreso}} * 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{1,44 \text{ g}}{10,039 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 14,34$$

Obtenido el dato del rendimiento de la pectina a nivel laboratorio se puede estimar, cuanto de pectina se obtendrá al final del proceso al ingresar 900 kg de materia prima al día.

$$\text{Cantidad de pectina obtenida} = \frac{\text{Rendimiento (\%)} * \text{Cantidad de cáscara de papa al ingreso (kg)}}{100 \%}$$

$$\text{Cantidad de pectina obtenida} = \frac{14,34 \% * 900 \text{ kg}}{100 \%}$$

$$\text{Cantidad de pectina obtenida} = 129,06 \text{ kg}$$

Considerado la humedad de las cáscaras de papa del 83,72 % valor obtenido en la caracterización de la materia prima, se estima la masa a ingresar al proceso.

$$m_{CH} = \frac{900 \text{ kg}}{0,1628}$$

$$m_{CH} = 5528,25 \text{ kg}$$

### 3.5.2. Tanque de Lavado, Desinfección

- Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua (L)
- Volumen experimental laboratorio (76,893 ml – 0,076 L)

$$V_{\text{Cáscaras de papa LDI}} = \frac{V_{\text{exp}} * C}{Ci}$$

$$V_{\text{Cáscaras de papa LDI}} = \frac{0,076 \text{ L} * 900 \text{ kg/lote}}{0,009 \text{ kg}}$$

$$V_{\text{Cáscaras de papa LDI}} = 7600 \text{ L / lote}$$

Dónde:

- $V_{\text{Cáscaras de papa LDI}}$  = Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua (L)
- $V_{\text{exp}}$  = Volumen experimental cantidad de agua
- $C$  = Flujo de materia prima que ingresa al proceso (kg/lote)

- $C_i$  = Cantidad de materia prima experimental de ingreso al proceso (kg)

### Volumen total de carga del Reactor

- $Densidad_{CP}$  0,4285 kg/L

$$V_{CR} = V_{Cáscaras\ de\ papa\ LDI} + m_{CH} * Densidad_{CP}$$

$$V_{CR} = 7600\ L + 5528,25\ kg * \frac{1\ L}{0,4285\ kg}$$

$$V_{CR} = 20501,40\ L$$

### Ecuación 9: Volumen total del Tanque de Lavado e Inactivación Enzimática

$$V_{TLDI} = V_{Cáscaras\ de\ papa\ LDI} * 1,1$$

$$V_{TLDI} = 20501,40\ L * 1,1$$

$$V_{TLDI} = 22551,54\ L/lote \cong 22,55\ m^3/lote$$

Dónde:

- $V_{TLDI}$  = Volumen total del Tanque de Lavado, e Inactivación Enzimática
- $V_{Cáscaras\ de\ papa\ LDI}$  = Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua (L)
- $V_{exp}$  = Volumen experimental cantidad de agua
- 1,1 = Factor de seguridad considerando el 10 %

### Ecuación 10: Diámetro interno del tanque (m)

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{12 * V_{TLDI}}{\pi * 4,6}}$$

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{12 * 22,55\ m^3}{\pi * 4,6}}$$

$$\phi = 2,65\ m$$

Dónde

- $V_{TLDI}$  = Volumen total del tanque ( $m^3$ )
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque (m)

### Ecuación 11: Altura del tanque (m)

$$h = 1,2 \times \phi$$

$$h = 1,2 \times 2,65$$

$$h = 3,18 \text{ m}$$

Dónde

- $h$  = Altura del tanque (m)
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque (m)

### 3.5.3. Máquina de Cortado

La máquina de cortado no tiene ecuaciones, pero se ha seleccionado la más adecuada para procesar la materia prima (cáscaras de papa) la misma que cumple con las siguientes especificaciones.

**Tabla 18-3:** Especificaciones técnicas de la máquina de cortado

Especificaciones	Máquina
Fabricante	Sammic
Modelo	CA-601
Precio (\$)	1300
Capacidad (Kg)	500-1000
Potencia (kW)	0,75
Dimensiones (l x a x h) (mm)	767*431*767
Material	Acero inoxidable (AISI 304)

Fuente:(Slices, y Cuts, 2018)

### 3.5.4. Inactivación Enzimática

Para la inactivación enzimática se utilizan los mismos valores del tanque de lavado y desinfección, adicionando una chaqueta de calentamiento.

$$V_{TLDI} = 22551,54 \text{ L/lote} \cong 22,55 \text{ m}^3/\text{lote}$$

$$\phi = 2,65 \text{ m}$$

$$h = 3,18 \text{ m}$$

**Ecuación 12:** Altura chaqueta de calentamiento

$$h_{chaqueta} = \frac{h}{1,1}$$

$$h_{chaqueta} = \frac{3,18 \text{ m}}{1,1}$$

$$h_{chaqueta} = 2,8 \text{ m}$$

Dónde

- $h_{chaqueta}$  = Altura chaqueta de calentamiento
- $h$  = Altura del tanque (m)
- 1,1 = Factor de seguridad tomando en cuenta el 10 %

**Ecuación 13:** Espesor de la chaqueta de calentamiento

$$\emptyset_{chaqueta} = 1,10 * \emptyset$$

$$\emptyset_{chaqueta} = 1,10 * 2,65 \text{ m}$$

$$\emptyset_{chaqueta} = 2,9 \text{ m}$$

Dónde

- $\emptyset_{chaqueta}$  = Espesor de la chaqueta de calentamiento(m)
- $\emptyset$  = Diámetro interno del tanque (m)
- 1,1 = Factor de seguridad tomando en cuenta el 10 %

**Tiempo estimado de calentamiento**

**Área de transferencia de calor**

$$A = 2\pi * r * h = 2\pi * \left(\frac{2,65}{2}\right) * 3,18 = 22,47 \text{ m}^2$$

Según (Galeas, 2015) los coeficientes de transferencia de calor para el calentamiento con chaqueta oscilan de 6000 a 8000 ( $W/m^2\text{°C}$ ), el más utilizado es el valor de 8000.

$$\theta = \frac{\ln\left(\frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2}\right)}{\frac{h_{gs} * A}{m * Cp}}$$

$$\theta = \frac{\ln\left(\frac{181,62 - 18}{181,62 - 100}\right)}{\frac{8000 * 2,654}{7589,32 * 1,008}}$$

$$\theta = 0,25 \text{ h} \cong 15 \text{ min}$$

$$\theta = 15 \text{ min} + 5 \text{ min} = 20 \text{ min}$$

Donde:

- $h$  = Coeficiente de calor para el calentamiento con chaqueta ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $m$  = Cantidad de la solución ácida ( $kg$ )
- $A$  = Área de transferencia de calor ( $m^2$ )
- $Cp$  = Capacidad calorífica del agua ( $KJ/kg\text{.°C}$ )
- $T_1$  = Temperatura de saturación del vapor a 150 psi ( $\text{°C}$ )
- $t_1$  = Temperatura de entrada de agua al equipo ( $\text{°C}$ )
- $t_2$  = Temperatura de salida de agua al equipo ( $\text{°C}$ )

### 3.5.5. *Tanque de Hidrólisis ácida*

- Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua
- Volumen experimental del agua- laboratorio (250 ml – 0,25 L)

$$V_{\text{Cáscaras de papa HA}} = \frac{V_{\text{exp}} * C}{C_e}$$
$$V_{\text{Cáscaras de papa HA}} = \frac{0,25 \text{ L} * 900 \text{ kg/lote}}{0,010 \text{ kg}}$$
$$V_{\text{Cáscaras de papa HA}} = 22500 \text{ L / lote}$$

Dónde:

- $V_{\text{Cáscaras de papa HA}}$  = Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua (L)
- $V_{\text{exp}}$  = Volumen experimental cantidad de agua
- $C$  = Flujo de materia prima que ingresa al proceso (kg/lote)
- $C_e$  = Cantidad de materia prima experimental inactivada enzimáticamente (kg)

### **Volumen a ocupar del HCl para obtener un pH 1,5**

Volumen experimental del HCl - laboratorio (0,78 ml – 0,00078 L)

$$V_{\text{HCl } 37\%} = \frac{V_{\text{exp HCl}} * V_{\text{Cáscaras de papa HA}}}{V_{\text{exp}}}$$
$$V_{\text{HCl } 37\%} = \frac{0,00078 \text{ L} * 22500 \text{ L}}{0,25 \text{ L}}$$
$$V_{\text{HCl } 37\%} = 70,2 \text{ L}$$

Dónde:

- $V_{\text{HCl } 37\%}$  = Volumen a ocupar del HCl para obtener un pH 1,5(L)

- $V_{exp}$  = Volumen experimental cantidad de agua (L)
- $V_{expHCl}$  = Volumen experimental cantidad de ácido clorhídrico (L)
- $V_{Cáscaras\ de\ papa\ HA}$  = Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua (L)

### Volumen total de carga del Reactor

$$\rho_{CP} = 0,4285 \text{ kg/L}$$

$$V_{CR} = V_{Cáscaras\ de\ papa\ HA} + V_{HCl\ 37\%} + m_{CH} * Densidad_{CP}$$

$$V_{CR} = 22500 \text{ L} + 70,2 \text{ L} + 5528,25 \text{ kg} * \frac{1 \text{ L}}{0,4285 \text{ kg}}$$

$$V_{CR} = 35471,60 \text{ L}$$

Volumen total del Tanque

$$V_{THA} = V_{Cáscaras\ de\ papa\ HA} * 1,1$$

$$V_{THA} = 35471,60 \text{ L} * 1,1$$

$$V_{THA} = 39018,76 \text{ L/lote} \cong 39,01 \text{ m}^3/\text{lote}$$

Dónde:

- $V_{THA}$  = Volumen total del Tanque de la Hidrólisis Ácida
- $V_{Cáscaras\ de\ papa\ HA}$  = Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua (L)
- $V_{exp}$  = Volumen experimental cantidad de agua
- 1,1 = Factor de seguridad considerando el 10 %

### Diámetro interno del tanque (m)

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{12 * V_{THA}}{\pi * 4,6}}$$

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{12 * 39,01 \text{ m}^3}{\pi * 4,6}}$$

$$\phi = 3,18 \text{ m}$$

Dónde:

- $V_{THA}$  = Volumen total del tanque ( $\text{m}^3$ )
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque (m)

### Altura del tanque (m)

$$h = 1,2 * \phi$$

$$h = 1,2 * 3,18$$

$$h = 3,81 \text{ m}$$

Dónde:

- $h$  = Altura del tanque ( $m$ )
- $\emptyset$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )

#### Altura chaqueta de calentamiento

$$h_{chaqueta} = \frac{h}{1,1}$$

$$h_{chaqueta} = \frac{3,81 \text{ m}}{1,1}$$

$$h_{chaqueta} = 3,46 \text{ m}$$

Dónde:

- $h_{chaqueta}$  = Altura chaqueta de calentamiento
- $h$  = Altura del tanque ( $m$ )
- 1,1 = Factor de seguridad tomando en cuenta el 10 %

#### Espesor de la chaqueta de calentamiento

$$\emptyset_{chaqueta} = 1,10 * \emptyset$$

$$\emptyset_{chaqueta} = 1,10 * 3,18 \text{ m}$$

$$\emptyset_{chaqueta} = 3,49 \text{ m}$$

Dónde:

- $\emptyset_{chaqueta}$  = Espesor de la chaqueta de calentamiento
- $\emptyset$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )
- 1,1 = Factor de seguridad tomando en cuenta el 10 %

#### Sistema de Agitación

Para el sistema de agitación se ha tomado encuentra los agitadores de turbina, ya que los mismos combinan flujos radiales y axiales con aspas de 45 ° de inclinación, el tipo turbina es útil para sólidos en suspensión ya que las corrientes fluyen hacia abajo y luego levantan los sólidos depósitos.

#### Ecuación 14: Cálculo del diámetro del rodete

$$\emptyset_{rodete} = \frac{3}{4} * \emptyset$$

$$\emptyset_{rodete} = \frac{3}{4} * 3,18$$

$$\phi_{rodete} = 2,38 \text{ m}$$

Dónde:

- $\phi_{rodete}$  = Diámetro del rodete ( $m$ )
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )

**Ecuación 15:** Longitud del brazo

$$L_{brazo} = \frac{5}{8} * \phi$$
$$L_{brazo} = \frac{5}{8} * 3,18$$

$$L_{brazo} = 1,98 \text{ m}$$

Dónde:

- $L_{brazo}$  = Longitud del brazo ( $m$ )
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )

**Ecuación 16:** Espesor del rodete

$$E_{rodete} = \frac{1}{10} * L_{brazo}$$
$$E_{rodete} = \frac{1}{10} * 1,98$$

$$E_{rodete} = 0,198 \text{ m}$$

Dónde:

- $E_{rodete}$  = Espesor del rodete ( $m$ )
- $L_{brazo}$  = Longitud del brazo ( $m$ )

**Ecuación 17:** Distancia entre el rodete y el fondo del tanque

Facilita la agitación y homogenización

$$D_{RF} = h - L_{brazo}$$
$$D_{RF} = 3,81 - 1,98$$
$$D_{RF} = 1,83 \text{ m}$$

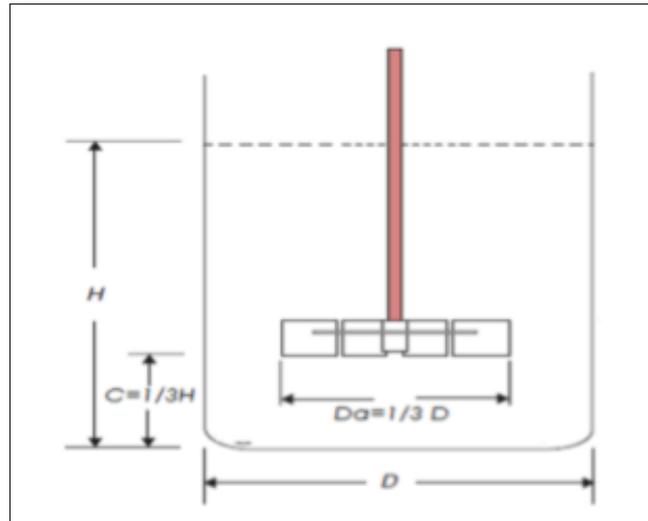
Dónde:

- $D_{RF}$  = Distancia entre el rodete y el fondo del tanque ( $m$ )

- $h$  = Altura del tanque ( $m$ )
- $L_{brazo}$  = Longitud del brazo ( $m$ )

### Agitador

Para el agitador se tomó en cuenta las relaciones geométricas del agitador y del reactor descritas por (Galeas, 2015, p 29)



**Figura 11-2:** Relaciones geométricas del agitador y reactor

Fuente:(Galeas, 2015)

Donde:

- $C$  = Altura del agitador respecto a la base del tanque reactor ( $m$ )
- $H$  = Altura de llenado del tanque reactor ( $m$ )
- $Da$  = Diámetro del impulsor ( $m$ )
- $D$  = Diámetro interno del tanque reactor ( $m$ )

### Ecuación 18:

Corresponde a la altura que ocupa el agua acidulada y la cascara de papa.

$$H \cong V_{CR} = 35471,60 \text{ L} \cong 35,47 \text{ m}^3$$

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

$$H = \frac{35,47}{\left(\frac{3,18}{2}\right)^2 * \pi}$$

$$H = 4,46 \text{ m}$$

**Ecuación 19:** Diámetro interno del tanque reactor

$$D \cong \phi = 3,18 \text{ m}$$

**Ecuación 20:** Diámetro del impulsor

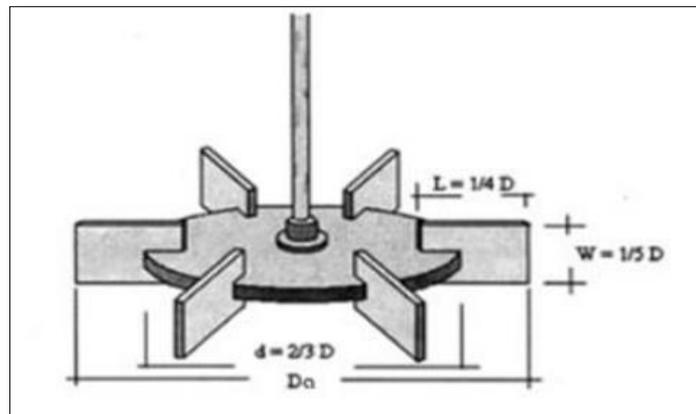
$$Da = \frac{1}{3} D$$
$$Da = \frac{1}{3} 3,18 \text{ m}$$
$$Da = 1,06 \text{ m}$$

**Ecuación 21:** Altura del agitador respecto a la base del tanque reactor

$$C = \frac{1}{3} H$$
$$C = \frac{1}{3} * 4,46 \text{ m}$$
$$C = 1,48 \text{ m}$$

#### Altura y longitud de las Paletas

Para el ancho y longitud de las paletas se tomó en cuenta las correlaciones según el diámetro del tanque reactor.



**Figura 12-2:** Correlaciones de ancho y diámetro de las paletas

Fuente:(Galeas, 2015)

Donde:

$L$  = Longitud de la paleta ( $m$ )

$W$  = Altura de la paleta ( $m$ )

$d$  = Distancia entre paletas ( $m$ )

$D$  = Diámetro interno del tanque reactor ( $m$ )

**Longitud de la paleta ( $m$ )**

$$L = \frac{1}{4} D$$

$$L = \frac{1}{4} * 3,18 \text{ m}$$

$$L = 0,79 \text{ m}$$

#### Altura de la paleta (m)

$$W = \frac{1}{5} D$$

$$W = \frac{1}{5} * 3,18 \text{ m}$$

$$W = 0,63 \text{ m}$$

#### Distancia entre paletas (m)

$$d = \frac{2}{3} D$$

$$d = \frac{2}{3} * 3,18 \text{ m}$$

$$d = 2,12 \text{ m}$$

#### Potencia del impulsor

La potencia del impulsor se calculó en base a la relación definida por McCabe en las siguientes ecuaciones.

#### Numero de Reynolds

Para determinar el número de Reynolds se considera un valor velocidad de rotación 30 a 500 rpm de acuerdo a este tipo de agitador industrial, para los cálculos se tomó el valor de 250 rpm.

#### Datos Adicionales

##### Ecuación 22: Densidad de la solución ácida

$$\rho_{\text{Solución ácida}} = \frac{0,78 \text{ ml } HCl_{37\%} * 1,19 \frac{\text{g}}{\text{ml}} + 249,22 \text{ ml } H_2O * 0,999 \text{ g/ml}}{250 \text{ mL } \text{solucion}}$$

$$\rho_{\text{Solución ácida}} = 0,999 \text{ g/ml} \cong 999,59 \text{ kg/m}^3$$

##### Ecuación 23: Densidad de la suspensión (cáscaras de papa – agua acidulada)

$$\rho_{Suspensión} = \frac{22570,2 \text{ L solución} * 999,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} + 900 \text{ kg}}{35471,60 \text{ L solución}}$$

$$\rho_{Suspensión} = 0,6614 \text{ kg/L} \cong 661,40 \text{ kg/m}^3$$

$$N_{RE} = \frac{Da^2 * n * \rho_{Suspensión}}{\mu}$$

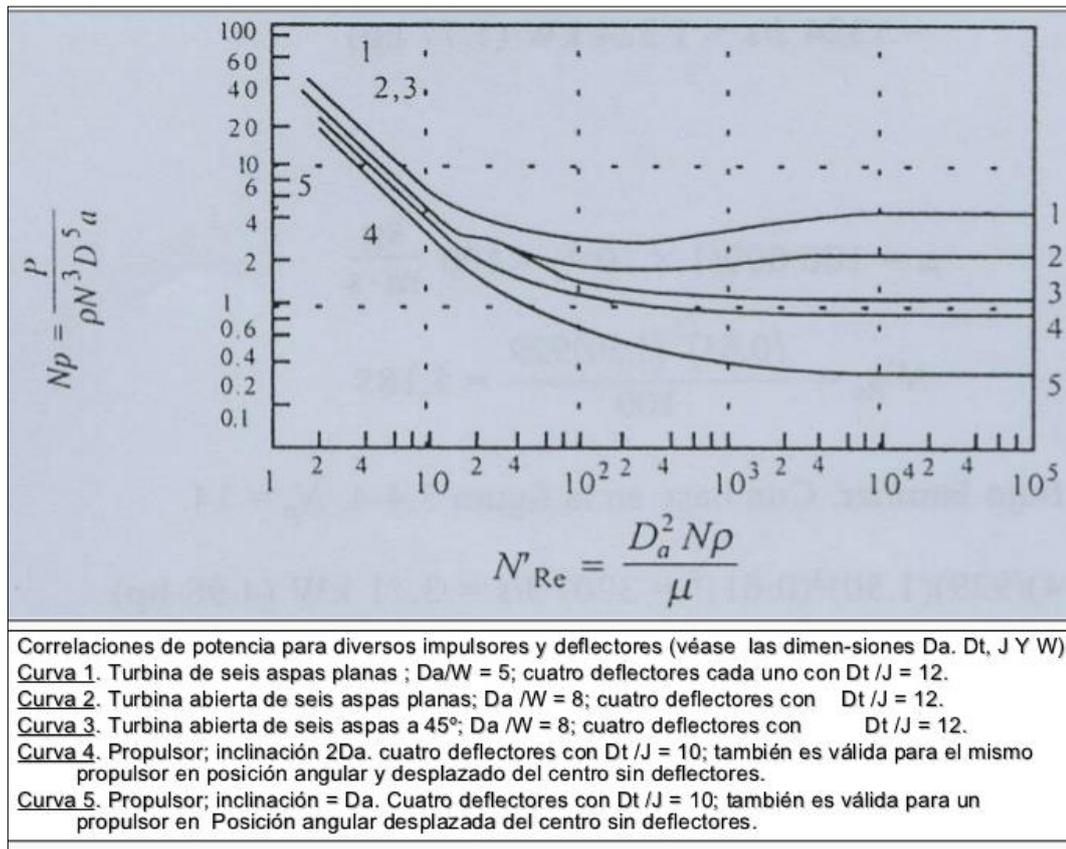
$$N_{RE} = \frac{(1,06 \text{ m})^2 * 250 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * 661,40 \text{ kg/m}^3}{0,093 \text{ kg/ms}}$$

$$N_{RE} = 33295,20$$

### Numero de potencia

Para obtener el valor de numero de potencia se observa con el valor de  $N_{RE} = 33295,20$  y la curva de la turbina de disco según corresponda.

$$N_p = 1$$



**Figura 13-2:** Diagrama Numero de Reynolds vs Numero de potencia

Fuente:(Galeas, 2015)

### Potencia del Agitador

$$P = N_p * n^3 * Da^5 * \rho_{Suspensión}$$

$$P = 1 * \left(250 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60 s}\right)^3 * (1,06 m)^5 * 661,40 kg/m^3$$

$$P = 64026,50 W \cong 64,02 kW$$

$$P = 64,02 kW$$

Donde:

- $P$  = Potencia del Agitador
- $N_p$  = Numero de potencia
- $n^3$  = Velocidad de agitación
- $Da^5$  = Diámetro del impulsor
- $\rho_{Suspensión}$  = Densidad de la suspensión (cáscara, solución ácida)

La potencia del agitador se multiplica por un factor de seguridad del 15 %

$$P = 64,02 kW * 1,06 = 67,86 kW$$

### Estimación de tiempo de calentamiento en el recipiente enchaquetado

Temperatura del agua (18 °C)

**Ecuación 24:** Numero de Reynolds

$$N_{Re} = \frac{\rho * n * \phi_{rodete}^2}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{998,595 * \left(250 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60 s}\right) * (2,38)^2}{0,00105}$$

$$N_{Re} = 22446196,5$$

Dónde:

- $N_{Re}$  = Número de Reynolds
- $\rho$  = Densidad del Agua a 18 °C ( $kg/m^3$ )
- $n$  = Velocidad de Agitación
- $\phi_{rodete}$  = Diámetro del rodete ( $m$ )
- $\mu$  = Viscosidad del agua a 18 °C ( $kg/ms$ )

**Ecuación 25:** Número de Prandtl

$$NP = \frac{Cp * \mu}{k}$$

$$NP = \frac{1,002 * 3,618}{0,513}$$

$$NP = 7,06$$

Dónde:

- $NP$  = Número de Prandtl
- $Cp$  = Calor específico ( $Kcal/kg. °K$ )
- $k$  = Conductividad térmica ( $Kcal/m. h. °K$ )
- $\mu$  = Viscosidad del agua a 18 °C ( $kg/mh$ )

**Ecuación 26:** Numero de Nusselt - Coeficiente individual de transferencia de calor

$$N_{nusselt} = \frac{h_t * \emptyset}{k} = a(N_{Re})^b (NP)^c \left(\frac{\mu}{\mu 1}\right)^M$$

Dónde:

- $NP$  = Número de Prandtl
- $h_t$  = Coeficiente individual de transferencia de calor ( $W/m^2°C$ )
- $k$  = Conductividad térmica ( $Kcal/m. h. °K$ )
- $\mu$  = Viscosidad del agua a 18 °C ( $kg/ms$ )
- $\mu 1$  = Viscosidad del agua a 100 °C ( $kg/ms$ )
- $\emptyset$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )
- a, b, c, M son valores que según son constantes para correlación de Nusselt, en nuestro caso para turbina de aspas dispersas son los siguientes:  $c=0,33$ ,  $a=0,53$ ,  $b=0,67$  y  $M=0.24$ .

**Ecuación 27:** Coeficiente individual de transferencia de calor

$$h_t = \frac{a(N_{Re})^b (NP)^c \left(\frac{\mu}{\mu 1}\right)^M * k}{\emptyset}$$

$$h_t = \frac{0,53(22446196,5)^{0,67} (7,06)^{0,33} \left(\frac{0,001054}{0,000282}\right)^{0,24} * 0,513}{3,18}$$

$$h_t = 18826,05$$

**Ecuación 28:** Coeficiente global limpio al interior del tanque

$$h_{gl} = \frac{h_t * h_{ch}}{h_t + h_{ch}}$$
$$h_{gl} = \frac{18826,05 * 8000}{18826,05 + 8000}$$
$$h_{gl} = 5617,25$$

Dónde:

- $h_t$  = Coeficiente individual de transferencia de calor ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $h_{gl}$  = Coeficiente global limpio al interior de tanque ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $h_{ch}$  = Coeficiente individual de transferencia de calor de la chaqueta ( $W/m^2\text{°C}$ )

El valor de  $h_{ch}$  esta entre 6000 – 15000, pero el más utilizado es el valor de 8000 ( $W/m^2\text{°C}$ ).

**Ecuación 29:** Coeficiente global sucio al interior del tanque

$$h_{gs} = \frac{1}{\frac{1}{h_{gl}} + R}$$
$$h_{gs} = \frac{1}{\frac{1}{5617,25} + 0,0009}$$
$$h_{gs} = 927,62 \left( \frac{W}{m^2} \text{°C} \right) * 3,6 \cong 3339,43 (KJ/h.m^2.\text{°C})$$

Dónde:

- $h_{gs}$  = Coeficiente global sucio al interior de tanque ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $h_{gl}$  = Coeficiente global limpio al interior de tanque ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $R$  = Resistencia de la pared que se desprecia

**Tiempo estimado de calentamiento**

Calentamiento isotérmico - vapor de agua

Propiedades del vapor

Presión: 150 psi

Temperatura: 181,62°C

**Ecuación 30:** Área de transferencia de calor

$$A = 2\pi * r * h = 2\pi * \left(\frac{3,18}{2}\right) * 3,81 = 38,06 \text{ m}^2$$

$$\theta = \frac{\ln\left(\frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2}\right)}{\frac{h_{gs} * A}{m * Cp}}$$

$$\theta = \frac{\ln\left(\frac{181,62 - 18}{181,62 - 90}\right)}{\frac{3339,43 * 38,06}{22547,6 * 4,188}}$$

$$\theta = 0,43 \text{ h} \cong 25,8 \text{ min}$$

$$\theta = 25,8 \text{ min} + 60 \text{ min} = 85,8 \text{ min} \cong 1,43 \text{ h}$$

Dónde:

- $h_{gs}$  = Coeficiente global sucio al interior de tanque ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $m$  = Cantidad de la solución ácida ( $kg$ )
- $A$  = Área de transferencia de calor ( $m^2$ )
- $Cp$  = Capacidad calorífica de la solución ( $KJ/kg.\text{°C}$ )
- $T_1$  = Temperatura de saturación del vapor a 150 psi ( $\text{°C}$ )
- $t_1$  = Temperatura de entrada de agua al equipo ( $\text{°C}$ )
- $t_2$  = Temperatura de salida de agua al equipo ( $\text{°C}$ )

### 3.5.6. Filtro Prensa 1

El filtro Prensa no tiene ecuaciones, pero se ha seleccionado la más adecuada para procesar la solución ácida con las cáscaras de papa, la misma que cumple con las siguientes especificaciones.

**Tabla 19-3:** Especificaciones técnicas del filtro prensa

Especificaciones	Máquina
Fabricante	Shanghai dahang Filtrate equipmente co., ltd.
Modelo	XG80/1250-Uk
Precio (\$)	15000
Capacidad (l)	7600
Potencia (kW)	11

Dimensiones (l x a x h) (mm)	11260*2200*1820
Tamaño de la Placa (mm)	1500*1500
Número de placas	99
Material	Acero inoxidable (AISI 304)
Presión (MPa)	0,8

Fuente:(SHANGHAI DAHANG FILTRATE EQUIPMENTS CO., 2018)

### 3.5.7. Tanque de Concentración y Precipitación

Tanque de precipitación tiene una chaqueta de calentamiento que permite la entrada de un flujo de vapor para poder realizar la concentración del líquido de hidrólisis hasta el 50% según (Bravo, 2015, p 12) , este tanque tiene la capacidad para poder almacenar el líquido de hidrólisis concentrado permitiendo que se adicione el 40 % de alcohol etanol 96° para poder precipitar. A nivel industrial es importante realizar la concentración del líquido de hidrólisis para poder minimizar la cantidad de alcohol como desecho, la concentración debe ser a la temperatura igual a la de la hidrólisis ácida.

$$V_{\text{etanol } 96^\circ} = 2,82 \frac{m^3}{\text{Lote}} * 0,40 = 1,12 m^3$$

$$V_P = V_{SH} + V_{\text{etanol } 96^\circ}$$

$$V_P = 2,82 m^3 + 1,12 m^3$$

$$V_P = 3,15 m^3$$

Dónde:

- $V_P$  = Volumen tanque de precipitación (L)
- $V_{SH}$  = Volumen solución de hidrólisis
- $V_{\text{etanol } 96^\circ}$  = Volumen de Alcohol Etanol 96°

#### Volumen total del Tanque

$$V_{TP} = V_P * 1,1$$

$$V_{TP} = 3,15 m^3 * 1,1$$

$$V_{TP} = 3,45 m^3 / \text{lote}$$

Dónde:

- $V_P$  = Volumen tanque de precipitación (L)
- 1,1 = Factor de seguridad considerando el 10 %

#### Diámetro interno del tanque (m)

$$\begin{aligned}\phi &= \sqrt[3]{\frac{12 * V_{TP}}{\pi * 4,6}} \\ \phi &= \sqrt[3]{\frac{12 * 3,45 \text{ m}^3}{\pi * 4,6}} \\ \phi &= 1,42 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

- $V_{TP}$  = Volumen total del tanque ( $\text{m}^3$ )
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )

### Altura del tanque ( $m$ )

$$\begin{aligned}h &= 1,2 \times \phi \\ h &= 1,2 \times 1,42 \\ h &= 1,70 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

- $h$  = Altura del tanque ( $m$ )
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )

### Sistema de Agitación

Para el sistema de agitación se ha tomado encuentra los agitadores de palas planas ya que producen una acción de mezcla suave, estos son útiles para operaciones de simple mezcla, gira a velocidades comprendidas entre 20 y 150 rpm.

### Cálculo del diámetro del rodete

$$\begin{aligned}\phi_{rodete} &= \frac{3}{4} * \phi \\ \phi_{rodete} &= \frac{3}{4} * 1,42 \\ \phi_{rodete} &= 1,06 \text{ m}\end{aligned}$$

Dónde:

- $\phi_{rodete}$  = Diámetro del agitador ( $m$ )
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )

### Longitud del brazo

$$L_{brazo} = \frac{5}{8} * \phi$$

$$L_{brazo} = \frac{5}{8} * 1,42$$

$$L_{brazo} = 0,88 \text{ m}$$

Dónde:

- $L_{brazo}$  = Longitud del brazo ( $m$ )
- $\phi$  = Diámetro interno del tanque ( $m$ )

### Espesor del rodete

$$E_{rodete} = \frac{1}{10} * L_{brazo}$$

$$E_{rodete} = \frac{1}{10} * 0,88$$

$$E_{rodete} = 0,088 \text{ m}$$

Dónde:

- $E_{rodete}$  = Espesor del rodete ( $m$ )
- $L_{brazo}$  = Longitud del brazo ( $m$ )

### Distancia entre el rodete y el fondo del tanque

Facilita la agitación y homogenización

$$D_{RF} = h - L_{brazo}$$

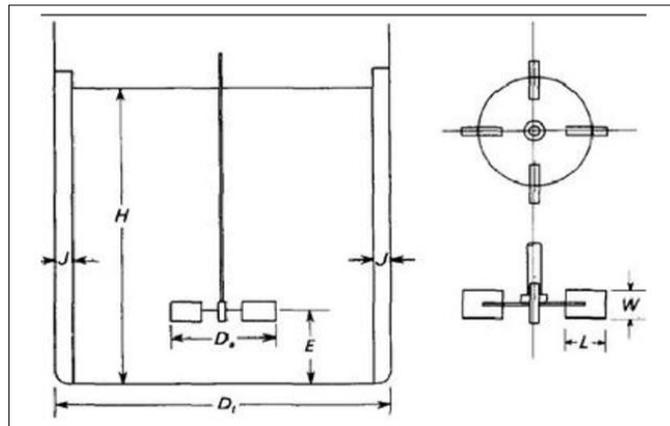
$$D_{RF} = 1,72 - 0,88$$

$$D_{RF} = 0,84 \text{ m}$$

Dónde:

- $D_{RF}$  = Distancia entre el rodete y el fondo del tanque ( $m$ )
- $h$  = Altura del tanque ( $m$ )
- $L_{brazo}$  = Longitud del brazo ( $m$ )

## Agitador



**Figura 14-2:** Relaciones del agitador y el tanque

Fuente:(Arcos, y Cauja, 2017)

Dónde:

- $D_t$  = Diámetro interno del tanque reactor ( $m$ )
- $H$  = Altura de llenado del tanque reactor ( $m$ )
- $D_a$  = Diámetro del agitador ( $m$ )
- $B$  = Ancho de la placa deflectora
- $E$  = Distancia del fondo con el rodete
- $S$  = Separación entre agitadores
- $W$  = Ancho de las paletas

### Altura de llenado del tanque reactor

Corresponde a la altura que ocupa la mezcla de solución con el alcohol etanol.

$$H = \frac{V_P}{\left(\frac{\phi}{2}\right)^2 * \pi}$$
$$H = \frac{3,15}{\left(\frac{1,42}{2}\right)^2 * \pi}$$

$$H = 1,98 \text{ m}$$

### Ancho de la paleta

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

$$W = \frac{1}{5} * 1,42$$

$$W = 0,28 \text{ m}$$

Dónde:

- $W$  = Ancho de la paleta (m)
- $\emptyset$  = Diámetro interno del tanque (m)

#### Diámetro interno del impulsor

$$Da = \frac{1}{4} \emptyset$$

$$Da = \frac{1}{4} 1,42 \text{ m}$$

$$Da = 0,35 \text{ m}$$

#### Potencia del impulsor

La potencia del impulsor se calculó en base a la relación definida por McCabe en las siguientes ecuaciones.

#### Numero de Reynolds

Para determinar el número de Reynolds se considera un valor velocidad de rotación 30 a 500 rpm de acuerdo a este tipo de agitador industrial, para los cálculos se tomó el valor de 250 rpm.

#### Datos Adicionales

##### Densidad de la solución ácida, alcohol etanol.

$\rho_{\text{Solución ácida1}}$

$$= \frac{0,78 \text{ ml } HCl_{37\%} * 1,19 \frac{g}{ml} + 249,22 \text{ ml } H_2O * \frac{0,999g}{ml} + 153,173 * 0,805 \text{ g/ml}}{250 \text{ mL solución}}$$

$$\rho_{\text{Solución ácida1}} = 1,4928 \text{ g/ml} \cong 1492,8 \text{ kg/m}^3$$

##### Densidad de la suspensión (cáscaras de papa – agua acidulada- alcohol etanol)

$$\rho_{\text{Suspensión1}} = \frac{1410,46 \text{ L solución} * 1492,8 \frac{kg}{m^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} + 900 \text{ kg}}{1974,64 \text{ L solución}}$$

$$\rho_{Suspensión1} = 1,52 \text{ kg/L} \cong 1520 \text{ kg/m}^3$$

$$N_{RE} = \frac{Da^2 * n * \rho_{Suspensión1}}{\mu}$$

$$N_{RE} = \frac{(0,35 \text{ m})^2 * 250 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * 1520 \text{ kg/m}^3}{93 \text{ cp} * \frac{0,001 \text{ kg/ms}}{1 \text{ cp}}}$$

$$N_{RE} = 8342,29$$

**Ecuación 31:** Numero de potencia

Para obtener el valor de numero de potencia se observa con el valor de  $N_{RE} = 8342,29$  y la curva de las palas planas según corresponda.

$$N_p = 6$$

**Ecuación 32:** Potencia del Agitador

$$P = N_p * n^3 * Da^5 * \rho_{Suspensión1}$$

$$P = 6 * \left(250 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right)^3 * (0,35 \text{ m})^5 * 1520 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 3464,98 \text{ W} \cong 3,46 \text{ kW}$$

$$P = 3,46 \text{ kW}$$

Donde:

- $P$  = Potencia del Agitador
- $N_p$  =Numero de potencia
- $n^3$  =Velocidad de agitación
- $Da^5$  = Diámetro del impulsor
- $\rho_{Suspensión1}$  = Densidad de la suspensión (cáscara, solución ácida, alcohol etanol)

La potencia del agitador se multiplica por un factor de seguridad del 15 %

$$P = 3,46 \text{ kW} * 1,06 = 3,66 \text{ kW}$$

Según (Galeas, 2015) los coeficientes de transferencia de calor para el calentamiento con chaqueta oscilan de 6000 a 8000 ( $W/m^2\text{°C}$ ), el más utilizado es el valor de 8000.

$$A = 2\pi * r * h = 2\pi * \left(\frac{1,42}{2}\right) * 1,70 = 7,58 \text{ m}^2$$

$$\theta = \frac{\ln \frac{(T_1 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}{\frac{h_{gs} * A}{m * Cp}}$$

$$\theta = \frac{\ln \frac{(181,62 - 70)}{(181,62 - 90)}}{\frac{500 * 7,58}{2820,93 * 1,008}}$$

$$\theta = 0,14 h \cong 8,4 min$$

$$\theta = 8,4 min + 30 min = 38,4 min$$

Donde:

- $h$  = Coeficiente de calor para el calentamiento con chaqueta ( $W/m^2 \cdot C$ )
- $m$  = Cantidad de la solución ácida ( $kg$ )
- $A$  = Área de transferencia de calor ( $m^2$ )
- $Cp$  = Capacidad calorífica del agua ( $KJ/kg \cdot C$ )
- $T_1$  = Temperatura de saturación del vapor a 150 psi ( $C$ )
- $t_1$  = Temperatura de entrada de agua al equipo ( $C$ )
- $t_2$  = Temperatura de salida de agua al equipo ( $C$ )

### 3.5.8. Secador

El secador no tiene ecuaciones de diseño, pero se ha seleccionado la más adecuada para secar la pectina a la temperatura requerida, este cumple con las especificaciones siguientes.

**Tabla 20-3:** Especificaciones técnicas del secador de bandejas

Especificaciones	Máquina
Fabricante	Naser
Modelo	WDL-CT-C-24
Precio (\$)	4000
Capacidad (Kg)	800
Consumo (kW)	9
Dimensiones (l x a x h) (mm)	2500*1200*2200
Rango de control de temperatura $C$	40-200
Número de Bandejas	9
Material	Acero inoxidable (AISI 304)

Fuente: (Alibaba,2018)

### 3.5.9. Molino de bolas

El molino de bolas no tiene ecuaciones, pero se ha seleccionado la más adecuada para pulverizar la pectina seca, la misma que cumple con las especificaciones.

**Tabla 21-3:** Especificaciones técnicas del molino de bolas

<b>Especificaciones</b>	<b>Máquina</b>
Fabricante	COR-MEX
Modelo	D-2
Precio (\$)	850
Capacidad (Kg)	200
Potencia (kW)	2,23
Dimensiones (l x h) (cm)	107*117
Número de Cuchillas	4
Diámetro del Producto	0,22 a 050 um
Material	Acero inoxidable (AISI 304)

Fuente:(Galeas, 2015)

### 3.5.10. Equipos Adicionales

#### 3.5.10.1. Columna de rectificación de alcohol

La columna de rectificación de alcohol no tiene ecuaciones de diseño, pero se ha seleccionado la más adecuada para poder recuperar el alcohol utilizada para la precipitación de la pectina, este cumple con las especificaciones siguientes.

**Tabla 22-3:** Especificaciones técnicas de la columna de rectificación de alcohol

<b>Especificaciones</b>	<b>Máquina</b>
Fabricante	MSJX
Modelo	JH 800
Precio (\$)	4000
Capacidad (L)	1500
Consumo (kW)	5,5
Dimensiones (D x a) (mm)	2100*900*9000
Condensador ( $m^2$ )	25
Evaporador ( $m^2$ )	15
Material	Acero inoxidable (AISI 304)

Fuente: (Alibaba,2018)

### 3.5.10.2. Tanque de Almacenamiento de HCl- Dosificador

Volumen experimental del HCl - laboratorio (0,78 ml – 0,00078 L)

$$V_{HCl\ 37\%} = \frac{V_{exp\ HCl} * V_{Cáscaras\ de\ papa\ HA}}{V_{exp}}$$
$$V_{HCl\ 37\%} = \frac{0,00078\ L * 22500\ L}{0,25\ L}$$
$$V_{HCl\ 37\%} = 70,2\ L$$

Dónde:

- $V_{HCl\ 37\%}$  = Volumen a ocupar del HCl para obtener un pH 1,5(L)
- $V_{exp}$  = Volumen experimental cantidad de agua (L)
- $V_{exp\ HCl}$  = Volumen experimental cantidad de ácido clorhídrico (L)
- $V_{Cáscaras\ de\ papa\ HA}$  = Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua (L)

Volumen total del Tanque

$$V_{TCl} = V_{HCl\ 37\%} * 1,1$$

$$V_{TCl} = 70,2\ L * 1,1$$

$$V_{TCl} = 77,22\ L/lote \cong 0,07\ m^3/lote$$

Dónde:

- $V_{TCl}$  = Volumen total del Tanque contenedor del Ácido Clorhídrico
- $V_{Cáscaras\ de\ papa\ HA}$  = Volumen a ocupar de las cáscaras de papa con agua (L)
- $V_{exp}$  = Volumen experimental cantidad de agua
- 1,1 = Factor de seguridad considerando el 10 %

Diámetro interno del tanque (m)

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{12 * V_{TCl}}{\pi * 4,6}}$$
$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{12 * 0,07\ m^3}{\pi * 4,6}}$$
$$\emptyset = 0,38\ m$$

Dónde:

- $V_{TCl}$  = Volumen total del Tanque contenedor del Ácido Clorhídrico ( $m^3$ )

- $\emptyset$  = Diámetro interno del tanque (m)

Altura del tanque (m)

$$h = 1,2 \times \emptyset$$

$$h = 1,2 \times 0,38$$

$$h = 0,45 \text{ m}$$

### 3.5.10.3. Tanque de Almacenamiento de Alcohol Etanol 96°

$$V_{\text{etanol } 96^\circ} = 2,82 \frac{\text{m}^3}{\text{Lote}} * 0,40 = 1,12 \text{ m}^3$$

Volumen total del Tanque

$$V_{T\text{etanol } 96^\circ} = V_{\text{etanol } 96^\circ} * 1,1$$

$$V_{T\text{etanol } 96^\circ} = 1,12 \text{ m}^3 * 1,1$$

$$V_{T\text{etanol } 96^\circ} = 1,23 \text{ m}^3$$

Dónde:

- $V_{T\text{etanol } 96^\circ}$  = Volumen total del Tanque contenedor del Alcohol Etanol 96°
- $V_{\text{etanol } 96^\circ}$  = Volumen de alcohol Etanol (L)
- 1,1 = Factor de seguridad considerando el 10 %

Diámetro interno del tanque (m)

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{12 * V_{T\text{etanol } 96^\circ}}{\pi * 4,6}}$$

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{12 * 1,23 \text{ m}^3}{\pi * 4,6}}$$

$$\emptyset = 1,0 \text{ m}$$

Dónde:

- $V_{T\text{etanol } 96^\circ}$  = Volumen total del Tanque contenedor del Alcohol Etanol 96°
- $\emptyset$  = Diámetro interno del tanque (m)

Altura del tanque (m)

$$h = 1,2 \times \emptyset$$

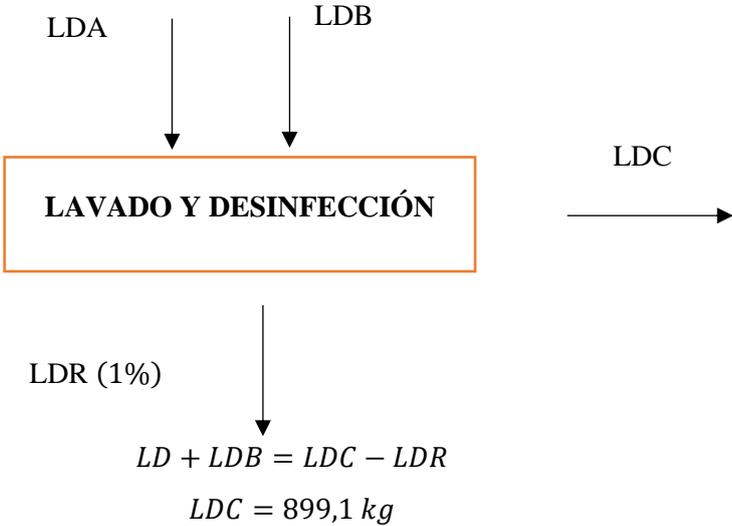
$$h = 1,2 \times 1,0$$

$$h = 1,2 \text{ m}$$

**3.6. Balance de Masa y Energía**

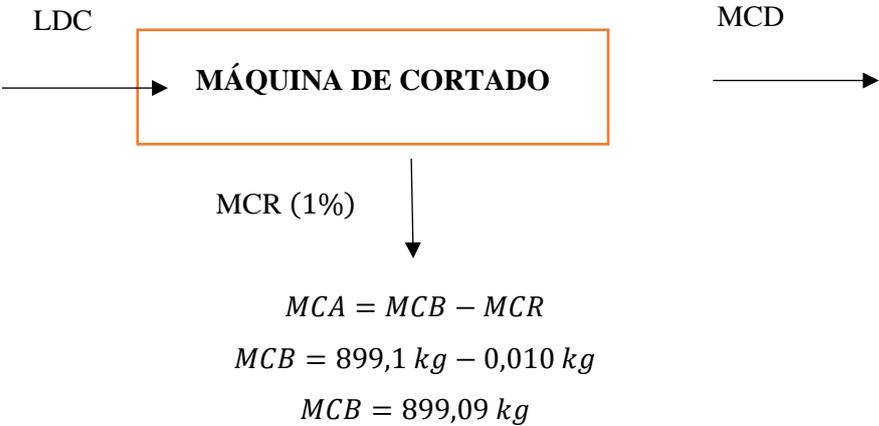
**3.6.1. Lavado y Desinfección**

**Balance de Masa**



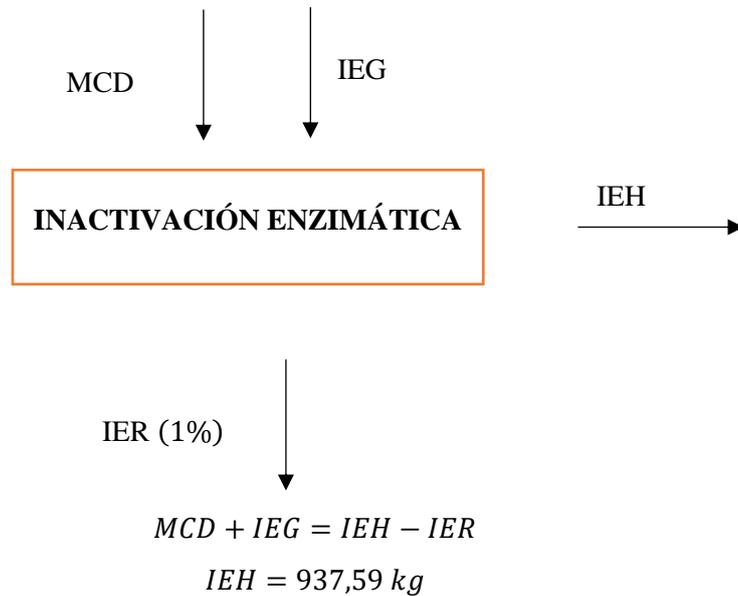
**3.6.2. Máquina de Cortado**

**Balance de Masa**



### 3.6.3. Inactivación Enzimática

#### Balance de Masa



#### Balance de Energía

**Tabla 22-3:** Balance de Energía de la inactivación enzimática

$\Delta U = Q$	
<p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\Delta U</math> = Variación de Energía interna(J)</li> <li>• <math>Q</math> = Flujo de calor (Kcal/h)</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>Flujo de valor ganado</b></p> $Q_{ganado} = Q_{agua} + Q_{metal}$ $Q_{ganado} = 15,12 + 22646,95$ $Q_{ganado} = 22662,07(Kcal/h)$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Q_{ganado}</math> = Flujo de calor ganado (Kcal/h)</li> <li>• <math>Q_{agua}</math> = Flujo de calor del agua (Kcal/h)</li> <li>• <math>Q_{metal}</math> = Flujo de calor del metal (Kcal/h)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Área de transferencia de calor</b></p> $A = 2 * \pi * r * h$ $A = 2\pi * r * h = 2\pi * \left(\frac{2,65}{2}\right) * 3,18 = 22,47 \text{ m}^2$

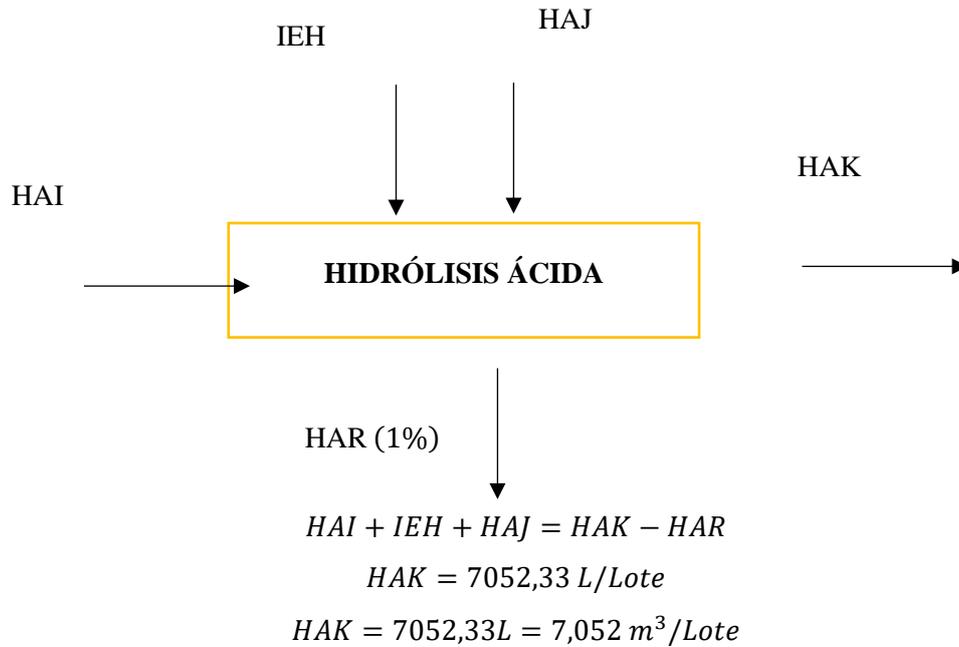
<p style="text-align: center;"><b>Gradiente de temperatura</b></p> $\Delta T = T_s - T_e$ $\Delta T = 90 - 18$ $\Delta T = 72 \text{ }^\circ\text{C}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_s</math> = Temperatura de la inactivación enzimática <math>^\circ\text{C}</math></li> <li>• <math>T_e</math> = Temperatura del ambiente <math>^\circ\text{C}</math></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Calor en tanque reactor</b></p> $Q_{metal} = k * A * \Delta T$ $Q_{metal} = 16,28 * 22,47 * 72$ $Q_{metal} = 26338,4 \text{ W} \cong 22646,95 \text{ Kcal/h}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k</math> = Coeficiente de transferencia del material (16,28 <math>\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}</math>)</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Calor del agua</b></p> $Q_{agua} = m * C_p * \Delta T$ $Q_{agua} = 0,5 * 1,008 * 30$ $Q_{agua} = 15,12 \text{ Kcal/h}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_p</math> = Capacidad calorífica del agua (1,008 <math>\text{Kcal}/\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{K}</math>)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Coefficiente global de transferencia de calor</b></p> $U = \frac{Q}{A * \Delta T}$ $U = \frac{22662,07}{22,47 * 72}$ $U = 14,00 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$ $U = 14,00 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} * 1,163 \times 10^{-3} \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$ $U = 0,0162 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U</math> = Coeficiente global de transferencia de calor (<math>\frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}</math>)</li> </ul>

Fuente: (Arcos, y Cauja, 2017)

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.6.4. Hidrólisis Ácida

#### Balance de Masa



#### Balance de Energía

**Tabla 23-3:** Balance de Energía de la Hidrólisis ácida

$\Delta U = Q$	
Dónde: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\Delta U =</math> Variación de Energía interna(J)</li> <li>• <math>Q =</math> Flujo de calor (Kcal/h)</li> </ul>	
<b>Flujo de valor ganado</b>  $Q_{ganado} = Q_{agua} + Q_{metal}$  $Q_{ganado} = 62,7 + 38359,76$	<b>Área de trasferencia de calor</b>  $A = 2 * \pi * r * h$

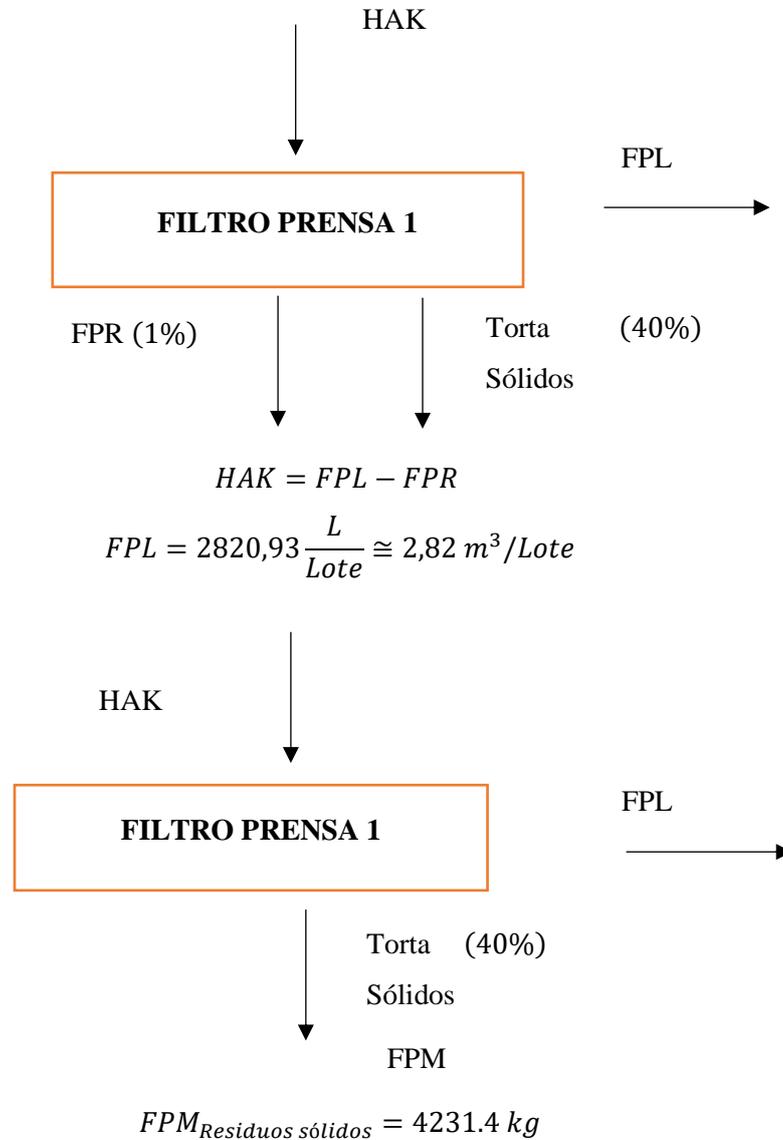
<p style="text-align: center;"><math>Q_{ganado} = 38422,46 \text{ (Kcal/h)}</math></p> <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Q_{ganado}</math> = Flujo de calor ganado (Kcal/h)</li> <li>• <math>Q_{agua}</math> = Flujo de calor del agua (Kcal/h)</li> <li>• <math>Q_{metal}</math> = Flujo de calor del metal (Kcal/h)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><math>A = 2\pi * r * h = 2\pi * \left(\frac{3,18}{2}\right) * 3,81 = 38,06 \text{ m}^2</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>Gradiente de temperatura</b></p> <p style="text-align: center;"><math>\Delta T = T_s - T_e</math>  <math>\Delta T = 90 - 18</math>  <math>\Delta T = 72 \text{ }^\circ\text{C}</math></p> <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_s</math> = Temperatura de la inactivación enzimática <math>^\circ\text{C}</math></li> <li>• <math>T_e</math> = Temperatura del ambiente <math>^\circ\text{C}</math></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Calor en tanque reactor</b></p> <p style="text-align: center;"><math>Q_{metal} = k * A * \Delta T</math></p> <p style="text-align: center;"><math>Q_{metal} = 16,28 * 38,06 * 72</math></p> <p style="text-align: center;"><math>Q_{metal} = 44612,40 \text{ W} \cong 38359,76 \text{ Kcal/h}</math></p> <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k</math> = Coeficiente de transferencia del material (16,28 W/m<sup>2</sup>°C)</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Calor del agua</b></p> <p style="text-align: center;"><math>Q_{agua} = m * Cp * \Delta T</math>  <math>Q_{agua} = 0,5 * 4,18 * 30</math>  <math>Q_{agua} = 62,7 \text{ Kcal/h}</math></p> <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Cp</math> = Capacidad calorífica de la solución (4,18 Kcal/kg.°K)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Coeficiente global de transferencia de calor</b></p> <p style="text-align: center;"><math>U = \frac{Q}{A * \Delta T}</math>  <math>U = \frac{38422,46}{38,06 * 72}</math>  <math>U = 14,15 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}</math>  <math>U = 14,02 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} * 1,163 \times 10^{-3} \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}</math>  <math>U = 0,0163 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}</math></p> <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U</math> = Coeficiente global de transferencia de calor (<math>\frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}</math>)</li> </ul>

Fuente: (Arcos, y Cauja, 2017)

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

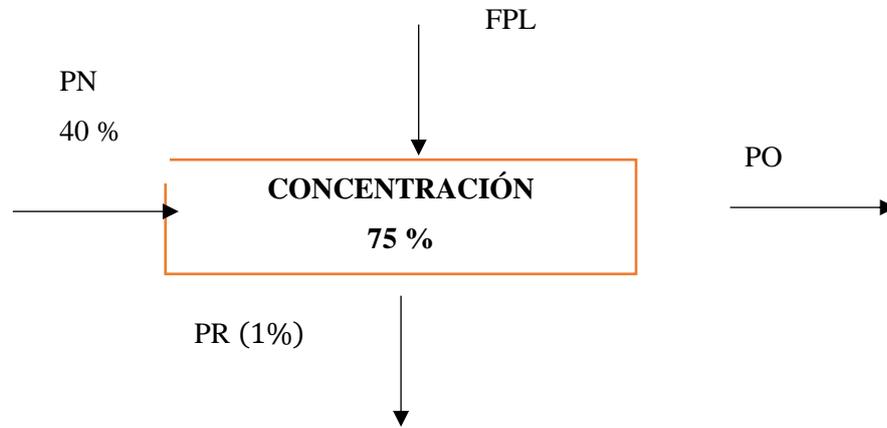
### 3.6.5. Filtro Prensa 1

#### Balance de Masa



### 3.6.6. Concentración

#### Balance de Masa



$$FPL + PN = PO - PR$$

$$PN = 1410,46 \frac{L}{Lote} \cong 1,41 m^3/Lote$$

#### Balance de Energía

**Tabla 24-3:** Balance de Energía de la Concentración

$\Delta U = Q$	
Dónde:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\Delta U</math> = Variación de Energía interna(J)</li> <li>• <math>Q</math> = Flujo de calor (Kcal/h)</li> </ul>	
<p><b>Flujo de valor ganado</b></p> $Q_{ganado} = Q_{agua} + Q_{metal}$ $Q_{ganado} = 62,7 + 2122,13$ $Q_{ganado} = 2184,83 \text{ (Kcal/h)}$	<p><b>Área de trasferencia de calor</b></p> $A = 2 * \pi * r * h$ $A = 2\pi * r * h = 2\pi * \left(\frac{1,42}{2}\right) * 1,70 = 7,58 m^2$
Dónde:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Q_{ganado}</math> = Flujo de calor ganado (Kcal/h)</li> <li>• <math>Q_{agua}</math> = Flujo de calor del agua (Kcal/h)</li> <li>• <math>Q_{metal}</math> = Flujo de calor del metal (Kcal/h)</li> </ul>	

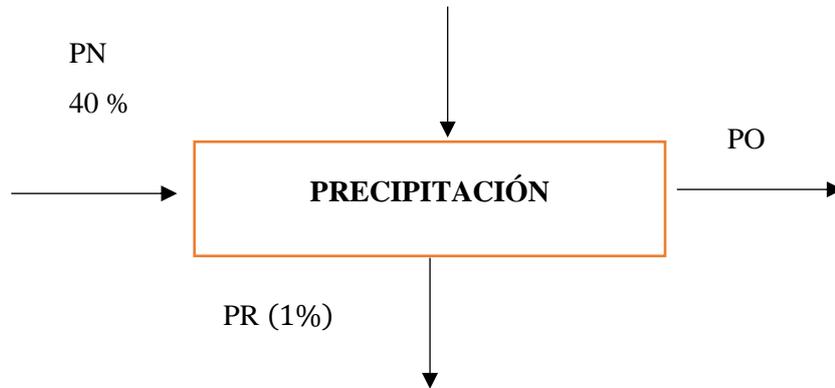
<p style="text-align: center;"><b>Gradiente de temperatura</b></p> $\Delta T = T_s - T_e$ $\Delta T = 90 - 70$ $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_s</math> = Temperatura de la inactivación enzimática °C</li> <li>• <math>T_e</math> = Temperatura del ambiente °C</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Calor en tanque reactor</b></p> $Q_{metal} = k * A * \Delta T$ $Q_{metal} = 16,28 * 7,58 * 20$ $Q_{metal} = 2468,04 \text{ W} \cong 2122,13 \text{ Kcal/h}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k</math> = Coeficiente de transferencia del material (16,28 W/m<sup>2</sup>°C)</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Calor del agua</b></p> $Q_{agua} = m * C_p * \Delta T$ $Q_{agua} = 0,5 * 4,18 * 30$ $Q_{agua} = 62,7 \text{ Kcal/h}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>C_p</math> = Capacidad calorífica de la solución (4,18 Kcal/kg.°K)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Coefficiente global de transferencia de calor</b></p> $U = \frac{Q}{A * \Delta T}$ $U = \frac{2184,83}{7,58 * 20}$ $U = 14,41 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ $U = 14,41 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} * 1,163 \times 10^{-3} \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}$ $U = 0,0123 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U</math> = Coeficiente global de transferencia de calor (<math>\frac{\text{KJ}}{\text{m}^2} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}</math>)</li> </ul>

**Fuente:** (Arcos, y Cauja, 2017)

**Realizado por:** TOAPANTA Erika, 2018

### 3.6.7. Precipitación

#### Balance de Masa

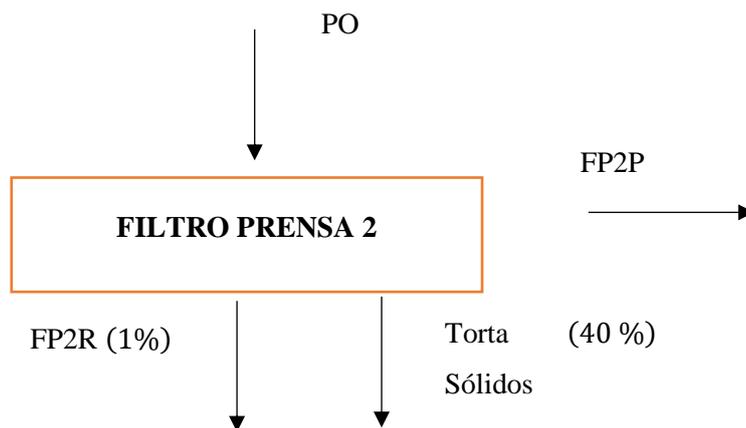


$$FPL + PN = PO - PR$$

$$PN = 1974,64 \frac{L}{Lote} \cong 1,97 \text{ m}^3/\text{Lote}$$

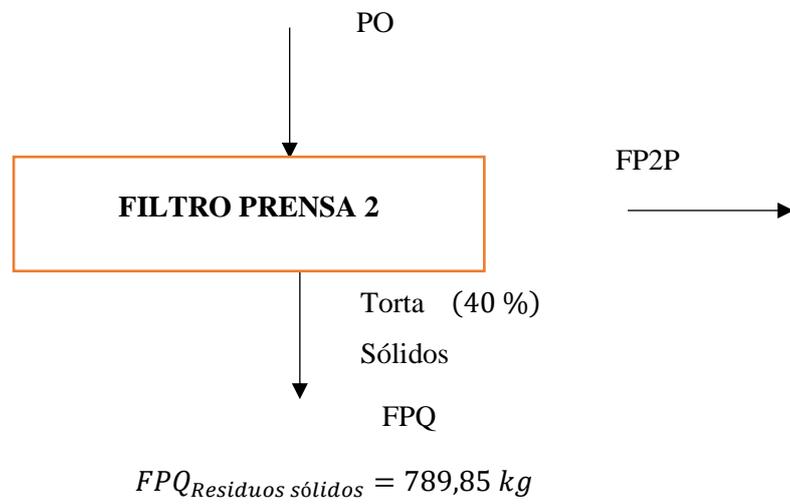
### 3.6.8. Filtro Prensa 2

#### Balance de Masa

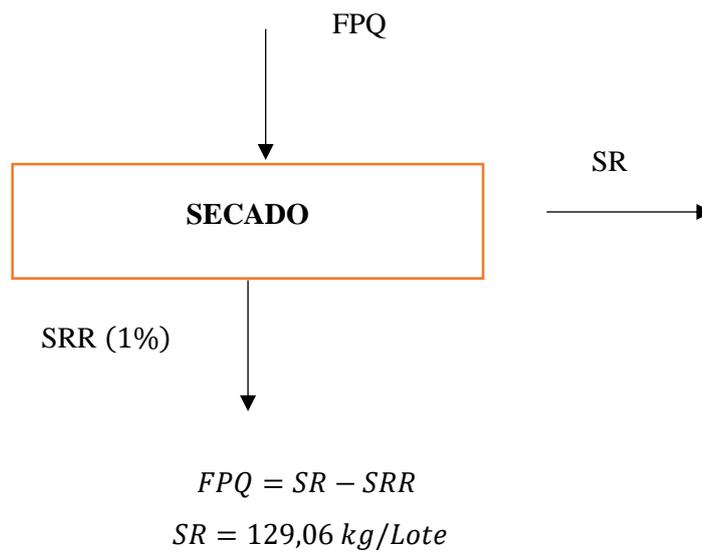


$$PO = FP2P - FP2R$$

$$FP2P = 1184,79 \frac{L}{Lote} \cong 1,18 \text{ m}^3/\text{Lote}$$



**3.6.9. Secado**  
**Balance de Masa**



### 3.7. Requerimiento de Equipos y Maquinaria

#### 3.7.1. Costos Variables

**Tabla 25-3:** Costos Variables

#### MATERIA PRIMA DIRECTA

RUBROS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO \$	TOTAL
CÁSCARA DE PAPA	900	Kg	0,00	0
ÁCIDO CLORHÍDRICO	70,2	L	1,32	92,664
ALCOHOL-ETANOL	800	L	0,55	440,000
AGUA	22500	L	0,01	225,000
FUNDAS DE POLIETILENO	129	UNIDAD	0,02	2,580
ETIQUETAS	129	UNIDAD	0,02	2,580
<b>TOTAL</b>				762,824
COSTO VARIABLE UNITARIO (COSTO VENTA UNITARIO) EN EL MERCADO				11

#### MATERIA PRIMA DIRECTA MENSUALIZADA

	CANTIDAD	TOTAL
Fundas de 1 Kg	2580	15256,48

#### MANO DE OBRA DIRECTA MENSUALIZADA

	CANTIDAD	TOTAL
OPERARIO	1	380
LABORATORISTA DE CALIDAD	1	700
JEFE DE ADMINISTRACION	1	700
TECNICO	1	700
SUBTOTAL		2480

#### PRODUCCION

DETALLE	DIARIO	DÍAS TRABAJADOS	PRODUCCIÓN MENSUAL ESPERADA
Fundas de 1 Kg	129,00	20	2580

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.2. Costos fijos

**Tabla 26-3:** Costos Fijos

MATERIA PRIMA INDIRECTA	
RUBROS	VALORES POR MES
COMBUSTIBLE	180
SUBTOTAL	180

MANO DE OBRA INDIRECTA	
Secretaria	380
SUBTOTAL	380

OTROS GASTOS FIJOS	
SERVICIOS BÁSICOS (AGUA, LUZ, TELÉFONO)	600
PUBLICIDAD	100
SUMINISTRO DE OFICINA (PAPEL ESFEROS, ETC)	50
SUBTOTAL	750
TOTAL	1310

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.3. Costo total

COSTO TOTAL	11,5
-------------	------

### 3.7.4. Precio de venta

**Tabla 27-3:** Precio de venta

PRODUCTO	COSTO TOTAL \$	UTILIDAD %	MARGEN DE CONTRIBUCIÓN \$	PRECIOS DE VENTA \$
kg PECTINA	11,51	20	2,30	13,81

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.5. Punto de Equilibrio

**Tabla 28-2:** Punto de Equilibrio

CF (COSTOS FIJOS)	1310
PV (PRECIO DE VENTA)	13,10
CV (COSTOS VARIABLES)	11
PE (PUNTO DE EQUILIBRIO)	
PE MENSUAL	466,31
PE ANUAL	5595,70

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.6. Maquinaria y Equipos

**Tabla 29-3:** Maquinaria y Equipos

MAQUINARIA Y EQUIPOS	VALOR
<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>	
FILTRO DE PRENSA	15000
SECADOR	4000
MOLINO DE BOLAS	850
TANQUE DE LAVADO Y DESINFECCIÓN	1000
MAQUINA DE CORTADO	1300
TANQUE DE INACTIVACION ENZIMÁTICA	2000
TANQUE DE HIDROLISIS ÁCIDA	20000
TANQUE DE PRECIPITACIÓN	15000
MAQUINA SELLADORA Y ENFUNDADORA DE POLVO	15000
COLUMNA DE DESTILACION	16000
CALDERA	1600
<b>TOTAL</b>	<b>91750</b>

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.7. Mantenimiento y seguros

**Tabla 30-3:** Mantenimiento y seguros

EQUIPOS Y MAQUINARIA	VALOR	MANTENIMIENTO 5%	SEGUROS 3%
FILTRO DE PRENSA	15000	750	450

SECADOR	4000	200	120
MOLINO DE BOLAS	850	42,5	25,5
TANQUE DE LAVADO Y DESINFECCIÓN	1000	50	30
MAQUINA DE CORTADO	1300	65	39
TANQUE DE INACTIVACION ENZIMÁTICA	2000	100	60
TANQUE DE HIDROLISIS ÁCIDA	20000	1000	600
TANQUE DE PRECIPITACIÓN	15000	750	450
MAQUINA SELLADORA Y ENFUNDADORA DE POLVO	15000	750	450
COLUMNA DE DESTILACION	16000	800	480
CALDERA	16000	800	480
<b>TOTAL</b>	106150	4315	2589

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.8. Muebles y Enseres

**Tabla 31-3:** Muebles y Enseres

<b>AREA DE PRODUCCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO \$</b>	<b>VALOR TOTAL \$</b>
Mesas de trabajo	1	100	100
Estanterías	1	100	100
<b>SUBTOTAL</b>			200
<b>AREA ADMINISTRATIVA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO \$</b>	<b>VALOR TOTAL \$</b>
Escritorio	1	150	150
Silla	1	50	50
<b>SUBTOTAL</b>			200
<b>AREA DE VENTAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO \$</b>	<b>VALOR TOTAL \$</b>

Escritorio	1	140	140
Silla	1	50	50
<b>SUBTOTAL</b>			190
<b>TOTAL</b>			590

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.9. Depreciación

**Tabla 32-3:** Depreciación de Maquinaria

RUBRO	VIDA ÚTIL (AÑOS)	INVERSIONES	
		Depreciación	Valor
Activos fijos operativos/producción		Porcentaje %	USD \$
FILTRO DE PRENSA	5	20,00%	3000
SECADOR	5	20,00%	800
MOLINO DE BOLAS	5	20,00%	170
TANQUE DE LAVADO Y DESINFECCIÓN	5	20,00%	200
MAQUINA DE CORTADO	5	20,00%	260
TANQUE DE INACTIVACION ENZIMÁTICA	5	20,00%	400
TANQUE DE HIDROLISIS ÁCIDA	5	20,00%	4000
TANQUE DE PRECIPITACIÓN	5	20,00%	3000
MAQUINA SELLADORA Y ENFUNDADORA DE POLVO	5	20,00%	3000
COLUMNA DE DESTILACION	5	20,00%	3200
CALDERA	5	20,00%	320
<b>TOTAL</b>			18030

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.10. Presupuesto de ventas

**Tabla 33-3:** Presupuesto de Ventas

ARTÍCULO	Kg DE PECTINA
PRECIO DE VENTA	13,81

DETALLE	DIARIO	MENSUAL	ANUAL
KILOGRAMOS A PRODUCIR	129,00	2580	30960

PROYECCIÓN DE DEMANDA (kg)	
AÑO 1	30960
AÑO 2	32179,21
AÑO 3	32806,71
AÑO 4	33446,44
AÑO 5	34098,64

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
kg DE PECTINA	30960	32179,21	32806,71	33446,44	34098,64

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.7.11. Presupuesto de Costos

**Tabla 34-3:** Presupuesto de Costos

DETALLE/PARTIDA PRESUPUESTARIA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>					
Materia prima directa	183077,76	185988,6964	188945,92	191950,16	195002,16
Mano de obra directa	29760	30233,184	30713,89	31202,24	31698,36
Mantenimiento y seguros	104	105,6536	107,33	109,04	110,77
Depreciación	18030	36060	54090	72120	90150
<b>Subtotal</b>	230971,76	252387,534	273857,14	295381,44	316961,30
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>					
Sueldos	24800	25194,32	25594,91	26001,87	26415,30
Arriendo	12000	12190,8	12384,63	12581,55	12781,60
Suministros de oficina	600	609,54	619,23	629,08	639,08
Servicios básicos	7200	7314,48	7430,78	7548,93	7668,96
Impuestos/permisos de funcionamiento	146,4	148,73	151,09	153,49	155,94
<b>Subtotal</b>	44746,40	45457,87	46180,65	46914,92	47660,87

<b>GASTOS DE VENTAS</b>					
Transporte	600	609,54	619,23	629,08	639,08
Publicidad	100	101,59	103,21	104,85	106,51
<b>Subtotal</b>	<b>700</b>	<b>711,13</b>	<b>722,44</b>	<b>733,92</b>	<b>745,59</b>
<b>COSTOS FINANCIEROS</b>					
Intereses Bancarios	100	100	100	100	100
<b>Subtotal</b>					
<b>TOTAL</b>	<b>276518,16</b>	<b>298656,53</b>	<b>320860,23</b>	<b>343130,28</b>	<b>365467,76</b>

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

3.7.12. Flujo de caja

Tabla 35-3: Flujo de Caja

	RUBROS	AÑOS					
		0	1	2	3	4	5
+	VENTAS NETAS		427557,60	444394,93	453060,63	461895,31	470902,27
-	COSTOS DE PRODUCCIÓN		230971,76	252387,53	273857,14	295381,44	316961,30
-	COSTOS ADMINISTRATIVOS		32746,40	33267,07	33796,01	34333,37	34879,27
-	COSTOS DE VENTAS		700,00	711,13	722,44	733,92	745,59
-	COSTOS FINANCIEROS		100	100	100	100	100
=	UTILID. ANTES DE REP. UTILID. E. IMPUESTOS		\$264.518,16	286465,73	308475,59	330548,73	352686,16
-	INVERSION EN MAQUINAS Y EQUIPOS	-91750					
-	MUEBLES Y ENSERES	-590					
-	INV. TERRENO Y OBRA FISICA	-70000					
-	VEHICULO	-30000					
-	IMPREVISTOS	13000					
-							
+	CAPITAL SOCIO/PRESTAMO	20000					
	<b>FLUJO DE CAJA</b>	-159340,00	163039,44	157929,19	144585,03	131346,57	118216,11
	FLUJO ACUMULADO	-159340,00					

	<b>TASA DE RENDIMIENTO DEL MERCADO</b>	<b>12,00%</b>		Periodo anterior al cambio de signo			0
	VAN	\$ 684.276,0		Valor absoluto del flujo acumulado			159340
	TIR	94%		Flujo de caja en siguiente periodo			163039,44
				Periodo de playback			0,977309539
					1,97	Años se recupera lo invertido	
	Suma Ingresos	\$1.619.241,79					
	Suma Egresos	\$1.094.305,79					
	Costos de Inversión	\$934.965,79					
	Relación Costo Beneficio	1,731872773					

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.8. Resultados

#### 3.8.1. Caracterización de la materia prima (Cáscaras de papa)

Los análisis de la materia prima se realizaron en el Laboratorio SAQMIC, los mismos que se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 36-3:** Análisis Bromatológico de la materia prima

<b>Componentes</b>	<b>Método</b>	<b>Cáscara de Papa (Base Húmeda)</b>
Cenizas %	INEN 544	1,28
Proteína %	INEN 543	2,05
Humedad %	INEN 540	83,72
Fibra %	INEN 522	4,37
Carbohidratos %	-	5,69

Fuente: Laboratorio SAQMIC

**Tabla 37-2:** Análisis Microbiológico de la materia prima

<b>Componentes</b>	<b>Método</b>	<b>Cáscara de Papa (Base Húmeda)</b>
Coliformes Totales UFC/g	INEN 1529-7	250
Mohos y Levaduras UFC/g	INEN 1529-10	200

Fuente: Laboratorio SAQMIC

### 3.8.2. Obtención de la pectina a Escala Laboratorio

**Tabla 38-3:** Pectina obtenida a escala laboratorio

<b>Muestra 1</b>	
<b>CONDICIONES</b> <b>Acido:</b> HCl <b>pH:</b> 1,54 <b>Temperatura:</b> 90 °C <b>Tiempo de extracción:</b> 60 min	

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

### 3.8.3. Caracterización de la Pectina Obtenida

Se eligió la muestra 1 porque tuvo un mayor rendimiento a diferencia de los demás experimentos, para poder realizar los ensayos de caracterización de pureza de pectina.

**Tabla 39-3:** Datos caracterización de la Pectina

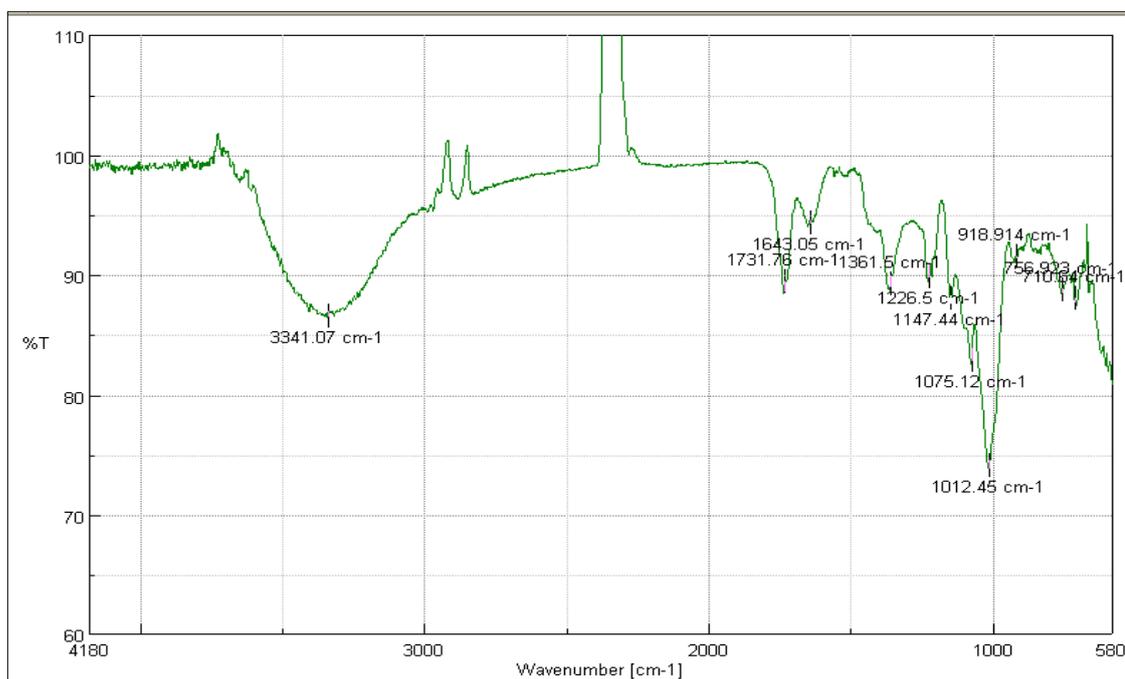
	<b>Pectina obtenida a nivel Laboratorio</b>
<b>Condiciones</b>	<b>Acido:</b> HCl <b>pH:</b> 1,54 <b>Temperatura:</b> 90 °C <b>Tiempo de extracción:</b> 60 min <b>Muestra 1</b>
<b>Rendimiento</b> %	14,34
<b>Humedad</b> %	7,93
<b>Cenizas</b> %	1,49
<b>Acidez Libre</b>	0,612
<b>Peso Equivalente</b>	1634
<b>Contenido de Metoxilos</b> %	11,2

<b>Contenido de Ácido Galacturónico</b> %	78,21
<b>Grado de Esterificación</b> %	81,3

Fuente: Laboratorio LACONAL

### 3.8.4. Análisis de Espectro Infrarrojo

Los análisis de Espectro Infrarrojo se realizaron en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la ESPOCH, los mismos que se detallan a continuación.



**Figura 15-2:** Espectro Infrarrojo de la pectina obtenida

Fuente: Laboratorio Análisis Instrumental-ESPOCH

**Tabla 40-3:** Resultados análisis Espectro Infrarrojo

Wavenumber [cm-1]	%T	Grupo Funcional
3341,07	86,497	-OH
1731,76	89,3934	C=O del éster
1643,05	94,3323	C=O del ácido
1361,5	89,2828	C-H
1226,5	89,8151	

1147,44	88,0185	C-O
1075,12	82,8884	
1012,45	74,0639	

Fuente: Laboratorio Análisis Instrumental-ESPOCH

### 3.8.5. Dimensionamiento de la Planta

**Tabla 41-3:** Resultados dimensionamiento de los equipos

Parámetro	Valor	Unidades
<b>Tanque de Lavado, Desinfección</b>		
Volumen Total	22,55	m <sup>3</sup>
Diámetro interno	2,65	m
Altura del Tanque	3,18	m
Material	Acero Inoxidable (AISI 304)	
<b>Máquina de Cortado</b>		
Capacidad	500-1000	kg
Potencia	0,75	kW
l	767	mm
a	431	mm
h	767	mm
Material	Acero Inoxidable (AISI 304)	
<b>Tanque de Inactivación Enzimática</b>		
Volumen Total	22,55	m <sup>3</sup>
Diámetro interno	2,65	m
Altura del Tanque	3,18	m
Altura de chaqueta de calentamiento	2,8	m
Espesor de chaqueta de calentamiento	2,9	m
Material	Acero Inoxidable (AISI 304)	
<b>Tanque de Hidrolisis ácida</b>		
Volumen Total	39,01	m <sup>3</sup>
Diámetro interno	3,18	m
Altura del Tanque	3,81	m
Altura de chaqueta de calentamiento	3,46	m
Espesor de chaqueta de calentamiento	3,49	m

Material	Acero Inoxidable (AISI 304)	
<b>Sistema de Agitación</b>		
Diámetro del rodete	2,38	<i>m</i>
Longitud del brazo	1,98	<i>m</i>
Espesor del Rodete	0,198	<i>m</i>
Distancia entre el rodete y el fondo	1,83	<i>m</i>
<b>Agitador</b>		
Altura de llenado del tanque	4,46	<i>m</i>
Diámetro interno	3,18	<i>m</i>
Diámetro del impulsor	1,06	<i>m</i>
Altura del agitador respecto a la base del tanque	1,48	<i>m</i>
<b>Paletas</b>		
Longitud	0,79	<i>m</i>
Altura	0,63	<i>m</i>
Distancia entre paletas	2,12	<i>m</i>
<b>Potencia del impulsor</b>		
Número de Reynolds	33295,20	Adimensional
Número de Potencia	1	Adimensional
Potencia	67,86	kW
<b>Filtro Prensa</b>		
Capacidad	7,6	<i>m</i> <sup>3</sup>
Potencia	11	kW
l	11260	Mm
a	2200	Mm
h	1820	Mm
Número de placas	99	
Presión	0,8	MPa
Material	Acero Inoxidable (AISI 304)	
<b>Tanque de Precipitación</b>		
Volumen Total	3,45	<i>m</i> <sup>3</sup>
Diámetro interno	1,42	<i>m</i>
Altura del Tanque	1,70	<i>m</i>
<b>Sistema de Agitación</b>		
Diámetro del rodete	1,06	<i>m</i>
Longitud del brazo	0,88	<i>m</i>
Espesor del Rodete	0,088	<i>m</i>
Distancia entre el rodete y el fondo	0,84	<i>m</i>
<b>Agitador</b>		
Altura de llenado del tanque	1,98	<i>m</i>
Ancho de la paleta	0,28	<i>m</i>

Diámetro del impulsor	0,35	<i>m</i>
<b>Potencia del impulsor</b>		
Número de Reynolds	8342,29	Adimensional
Número de Potencia	6	Adimensional
Potencia	3,66	kW
<b>Secador</b>		
Capacidad	800	Kg
Potencia	9	kW
l	2500	mm
a	1200	mm
h	2200	mm
Rango de control de temperatura °C	40-200	°C
Número de Bandejas	24	
Material	Acero Inoxidable (AISI 304)	
<b>Molino de Bolas</b>		
Capacidad	200	kg
Potencia	2,23	kW
l	107	cm
h	117	cm
Número de Cuchillas	4	
Diámetro del Producto	0,22 a 050	um
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
<b>Equipos Adicionales</b>		
<b>Columna de Rectificación de Alcohol</b>		
Capacidad	1,5	<i>m</i> <sup>3</sup>
Potencia	5,5	kW
Dimensiones (D x a)	2100*900*9000	mm
Condensador	25	( <i>m</i> <sup>2</sup> )
Evaporador	15	( <i>m</i> <sup>2</sup> )
Material	Acero inoxidable (AISI 304)	
<b>Tanque de Almacenamiento de Alcohol Etanol</b>		
Volumen Total	1,23	<i>m</i> <sup>3</sup>
Diámetro interno	1,00	<i>m</i>
Altura del Tanque	1,2	<i>m</i>
Material	Cloruro de Polivinilo (PVC)	
<b>Tanque de Almacenamiento de Ácido Clorhídrico</b>		
El tanque de HCl industrial es el mismo en que se comercializa.		
Volumen Total	0,07	<i>m</i> <sup>3</sup>
Diámetro interno	0,38	<i>m</i>
Altura del Tanque	0,45	<i>m</i>
Material	Cloruro de Polivinilo (PVC)	

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **Caracterización de la materia prima**

Se realizó la caracterización de la materia prima con un análisis proximal tomando como valores de referencia los descritos por (Quispe, 2014, p 35) quién indica que la cáscara de papa (Variedad - Gabriela) tienen un valor de Fibra de 0,88 %, Cenizas 0,96 %, Carbohidratos 5,63 %, Proteína 0,59 % del cual se puede obtener una cantidad apreciable de pectina ( hidrolisis enzimática), además indica que es necesario tomar en cuenta la Humedad (91,90%) de las cáscaras, ya que esta influye en la velocidad de multiplicación de los microorganismos provocando su descomposición . En el caso de la cáscara de papa (Variedad - Superchola) analizada se obtuvo los siguientes valores: Fibra 4,37 %, Cenizas 1,28 %, Carbohidratos 5,69 %, Proteína 2,05 % y Humedad 83,72 % estos parámetros son diferentes a los establecidos debido a que la materia prima utilizada corresponde a una variedad de papa diferente.

Además, se realizó un análisis microbiológico de la materia prima utilizada donde se obtuvo los siguientes valores: Coliformes Totales 250 UFC/g, Mohos y Levaduras 2000 UFC/g. Según (De Pablo Busto and Moragas Ecuentera, 2017, p 18) en alimentos los valores de Coliformes Totales no deben sobre pasar del  $10^3$  UFC/g y de Mohos y Levaduras de  $10^5$  UFC/g, lo que implica que los datos obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por lo tanto la materia prima está en condiciones adecuadas para tratarse.

- **Obtención de la pectina a escala laboratorio**

Para la obtención de la pectina en el laboratorio se utilizó el método estadístico Taguchi mediante el cual se pudo interactuar las siguientes variables: pH, tiempo y temperatura de extracción, de los 4 experimentos realizados se hizo un balance de masa para determinar la mayor cantidad de pectina seca, se eligió la Muestra 1 de la misma se obtuvo 1,44 g. Entonces se establecieron las mejores condiciones de extracción de la pectina de las cáscaras de papa siendo estas las siguientes: pH 1,5, tiempo de extracción 60 min y temperatura de extracción 90 °C de la misma se obtuvo un porcentaje de rendimiento del 14,34 %.

Según (Saavedra, 2015, p 15) el rendimiento de las pectinas cítricas que son comercializadas están en el rango de 15-25 % , lo cual nos permite deducir que la pectina obtenida no se encuentra dentro de los rangos de rendimiento establecidos, es importante mencionar que la materia prima es procedente de un tubérculo, por lo cual hay variación mínima del contenido de pectina en su pared celular pero en comparación con la pectina extraída de las cáscaras de batatas - camote

según (Jaromír Klemeš, et al., 2017) el rendimiento es de 14-20 %, lo cual la pectina obtenida de las cáscaras de papa se encuentra dentro de los rangos establecidos para los tubérculos.

- **Caracterización de la pectina**

**Tabla 42-3:** Organismo reguladores de pureza de pectina

	<b>Especificaciones FAO</b>	<b>Especificaciones USP</b>	<b>Especificaciones IPPA</b>
<b>Condiciones</b>	--	--	--
<b>Humedad</b>	max 12 %	max 10 %	max 12 %
<b>Cenizas</b>	max 1,5 %	--	max 1,5 %
<b>Contenido de Metoxilos</b>	--	min 6,7 %	--
<b>Contenido de Ácido Galacturónico</b>	min 65 %	min 74%	min 65 %

Fuente: (Herbstreith&fox, 2018)

Realizado por: TOAPANTA Erika, 2018

En la caracterización de la pectina se obtuvieron los siguientes valores de ácido galacturónico 78,21 % , humedad 7,93 % , contenido de metoxilos 11,2 % y cenizas 1,49 % , los mismos que según los organismos de control de pureza de pectina descritos en la tabla están dentro de los rangos establecidos, por lo tanto, la pectina extraída es de alto metoxilo lo cual requiere de una cantidad superior del 60 % de azúcar para poder gelificar, según (Saavedra, 2015, p 24) es importante tomar en cuenta los valores del contenido de ácido galacturónico y el contenido de metoxilos ya que los mismo son un indicador de calidad.

- **Análisis de Espectro Infrarrojo**

Según (Cabarcas Henao, Guerra Benedetti and Henao Balseiro, 2012, p 29) es necesario realizar un análisis de espectro infrarrojo para poder determinar los grupos funcionales característicos de

las pectinas, en la Figura 17 claramente se evidencia la presencia de los grupos funcionales característicos:  $1731,76\text{ cm}^{-1}$  se encuentra la banda C=O del éster,  $1643,05\text{ cm}^{-1}$  la banda de C=O del ácido,  $1361,5\text{ cm}^{-1}$  la banda de C-H, entre  $\text{cm}^{-1}$  la banda entre  $1226,5-1012,45$  de  $\text{cm}^{-1}$  C-O y por último la banda de -OH se encuentra en  $3341,07\text{ cm}^{-1}$

## CONCLUSIONES

- El proceso de obtención de pectina a partir de las cáscaras de papa, se efectuó por una serie de operaciones: mezclado - hidrólisis ácida utilizando como medio extractante ácido clorhídrico 37%, para la precipitación se utilizó etanol al 96°, el secado se realizó a una temperatura de 60 °C y finalmente la molienda de la pectina seca hasta obtener el producto final similar al que se comercializa.
- Se determinó las características fisicoquímicas de las cáscaras de papa por un análisis bromatológico del mismo, donde se obtuvieron los siguientes valores: Fibra 4,37 %, Cenizas 1,28 %, Carbohidratos 5,69 %, Proteína 2,05 % y Humedad 83,72 %.
- Se obtuvieron a escala laboratorio las condiciones óptimas de extracción de la pectina siendo estas las siguientes: pH 1,5, tiempo de extracción 60 min, temperatura de extracción 90 °C, con los cuales se obtuvo un rendimiento del 14,34%. Para la extracción fue necesario realizar un pre-tratamiento de la materia prima (inactivación enzimática), además se utilizó como medio extractante el ácido clorhídrico 37%, la relación de agua-cáscara fue de 1/25 y para la precipitación se utilizó alcohol etanol al 96° con una relación del 40 % del líquido de hidrólisis.
- Con los datos obtenidos a escala laboratorio se realizó el diseño de ingeniería para procesar 900 kg de cáscara de papa, el mismo que implica: cálculos técnicos, dimensionamiento, tipo de materiales, automatización y presupuesto. Se diseñó los siguientes equipos: tanque de hidrólisis ácida, filtro prensa, tanque de precipitación, secador y finalmente el molino de bolas equipos necesarios para la línea de producción de pectina, además como se trata de un producto de uso alimentario el material de los equipos seleccionado es acero inoxidable (AISI 304).
- Finalmente, con un estudio financiero para la implementación de la planta de pectina se pudo calcular los indicadores financieros más importantes que son el: TIR (Tasa Interna

de Retorno) 94% y VAN (Valor Actual Neto) \$ 684.276,0 para poder determinar que el proyecto es económicamente viable, la relación costo beneficio será de \$ 0,73 por cada dólar que se invierta y nuestro periodo de recuperación de lo invertido será 1,93 años.

- El análisis financiero ayudó a determinar si la cantidad de pectina a producir es económicamente rentable de la misma se obtuvieron los siguientes datos: al año se obtendrá una producción de 30960 kg, su precio al público será de \$13,81 por cada kilogramo, lo cual nos permite determinar que es el 58,76% menos del precio que se comercializa en la actualidad \$23,50 por cada kilogramo. Nuestros principales consumidores serán 5 de las empresas más importantes en el sector alimenticio en nuestro país (Industrias Lácteas Toni, Alpina Productos Alimenticios Alpiecuador S.A., Ecuajugos S.A., Provequim C.A.) según datos de investigación el más actual es para el año 2015, donde el volumen de importación fue de 44,88 ton (44480 kg) por lo tanto nuestra empresa, cubriría el 69,60 % de importaciones de pectina del país.
- Se validó el diseño de ingeniería con la caracterización de la pectina obteniendo los siguientes valores: ácido galacturónico 78,21 %, humedad 7,93 %, contenido de metoxilos 11,2 % y cenizas 1,49 %, los mismo que cumplen con los rangos que el IPPA (International Pectin Producers Association) propone para determinar la pureza de una pectina.

## **RECOMENDACIONES**

- Es importante tomar en cuenta la agitación en el proceso de hidrólisis ácida, de tal forma la materia vegetal no quedará en el fondo del recipiente.
- Para realizar la inactivación enzimática debe asegurarse que se llegue a la temperatura de ebullición del agua, así se podrá inhibir la actividad de las enzimas pectinasas y será más eficiente el proceso de extracción.
- Para reducir la cantidad de etanol a utilizar a nivel industrial se necesita concentrar la solución hasta el 50%, la misma no afecta en nada el rendimiento final.

## CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	TIEMPO																											
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestreo y Caracterización de la materia prima			■	■																								
Obtención de la pectina a escala laboratorio					■	■	■	■																				
Diseño de Ingeniería									■	■	■	■	■	■														
Validación del proceso de obtención de pectina														■	■													
Elaboración y Corrección de Borradores, Tipiado del trabajo final																	■	■	■	■	■	■						
Empastado y presentación del trabajo final																					■	■						
Auditoría académica																						■	■					
Defensa del trabajo																												■

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁLVAREZ, E.** *Desarrollo de un proceso a escala laboratorio para la obtención de pectina y taninos a partir de la algarroba (Hymenaea Courbaril-L), para ser utilizados en la industria alimenticia y la del cuero, respectivamente* [En línea],(Tesis), (Pregrado) Universidad EAFIT, Facultad de Ingeniería . 2007. pp. 29-28 [Consulta: 2018-10-18]. Disponible en : [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/342/ErikaMaria\\_AlvarezRamirez\\_2007.PDF?sequence=1](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/342/ErikaMaria_AlvarezRamirez_2007.PDF?sequence=1)

**ARCOS, T. y CAUJA, L.** “*Diseño de un proceso para la obtención de detergente líquido mediante la extracción de saponina extraída de quinua (chenopodium quinoa willd), chocho (lupinus mutabilis sweet) y cabuya (sisalana perrine)*” [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. 2017.pp. 29-28 [Consulta: 2018-09-15]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6341/1/85T00415.pdf>

**BARRAGÁN, J.C.A., ZERPA, S.A.I., CASTILLO, M.L.S., HARO, M.R., ALARCÓN, W.N. y GASCO, F.O.** *Efecto de la temperatura y pH sobre la actividad y estabilidad de pectinasas producidas por Bacillus spp.* Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas, vol. 34, no. 1 (2014), pp. 33-41.

**BRAVO, M.** “*Comparación de la pectina obtenida a partir del aprovechamiento de las cáscaras de banana y cacao por el método de hidrólisis ácida*”. [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) Universidad de Guayaquil. 2015.pp. 19-25 [Consulta: 2018-09-22]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8938/1/BCIEQ-T-0113%20Bravo%20Mat%C3%ADas%20Angela%20Mabel%3b%20Condo%20Franco%20Evelyn%20Ivonne.pdf>

**CABARCAS HENAO, E., GUERRA BENEDETTI, A.F. y HENAO BALSEIRO, C.A.** *Extracción Y Caracterización De Pectina Apartir De Cáscaras De Plátano Para Desarrollar Un Diseño General Del Proceso* [en línea], 2012 , pp. 71. [Consulta: 2018-09-15]. ISSN 1098-6596. Disponible en: DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.

**CANTERI, M.H.G..** *Pectina : da Matéria-Prima ao Produto Final.* Revista Artigo , vol. 22, (2012), pp. 149-157.

**CENTER, I.P.** *Procesamiento y Usos de la Papa*. [en línea]. 2015. [Consulta: 2018-09-22]. Disponible en: <https://cipotato.org/es/lapapa/procesamiento-y-usos-de-la-papa/>.

**COCINA, D.** *Usos de la cáscara de papa*. [en línea]. 2018. [Consulta: 2018-09-22]. Disponible en: <https://micocinavegetariana.com/las-papas/>

**DE PABLO BUSTO, M. y MORAGAS ECUENTRA, M.** *Recopilación normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, aire, subproductos) otros parámetros fisicoquímicos de interés sanitario*. [en línea] 2017.pp. 8-10 [Consulta: 2018-09-08]. Disponible en: [eurocarne.com/daal/a1/informes/a2/normas-microbiologicas.pdf](http://eurocarne.com/daal/a1/informes/a2/normas-microbiologicas.pdf)

**BANCO CENTRAL DEL ECUADOR.** *Comercio Exterior*. [en línea]. 2018. [Consulta: 2018-09-10]. Disponible en: <https://www.bce.fin.ec/>

**ESCOBEDO, G.** *Valorización de la cáscara de maracuyá (passiflora edulis f. Flavicarpa deg.) Como subproducto para obtener pectina usando como agente hidrolizante ”*. [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. 2013.pp. 55-60 [Consulta: 2018-09-14]. Disponible en: [http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/usat/491/TL\\_Escobedo\\_Soberon\\_GilbertoMartin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/usat/491/TL_Escobedo_Soberon_GilbertoMartin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**GALEAS, L.A.** *Diseño de un proceso para la obtención de pectina de la corteza del limón de la variedad Tahití (Citrus latifolia Tan.)*. [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) Escuela Politécnica Nacional. 2015.pp. 55-60 [Consulta: 2018-09-09]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11184/1/CD-6413.pdf>

**GEODATOS.** *Clima Ciudad de Riobamba*. [en línea]. 2018. [Consulta: 2018-09-10]. Disponible en: <https://www.geodatos.net/coordenadas/ecuador/chimborazo/riobamba>.

**GOOGLE, I.** *Google Maps* [en línea]. 2013. [Consulta: 2018-09-13]. Disponible en: <https://itunes.apple.com/de/app/google-maps/id585027354?l=en&mt=8>.

**HERBSTREITH&FOX.** *The Specialists for Pectin*. 2018. [Consulta: 2018-09-16]. Disponible en: <http://www.herbstreith-fox.de/>

**INIAP.** *Varietades de Papas cultivas en el Ecuador.* 2015. [Consulta: 2018-09-08]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3333/1/iniapsc129.pdf>

**JARA, J. y MORAL, R.** *Compostaje de residuos sólidos urbanos de Riobamba como estrategia de manejo sustentable: compost en semilleros* [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) Universidad Nacional de Chimborazo . 2014.pp. 53-59 [Consulta: 2018-09-08]. Disponible en: [http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/ganadores/2concurso/3\\_doctorado\\_1ourdes\\_janeth\\_jara\\_samaniego.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/ganadores/2concurso/3_doctorado_1ourdes_janeth_jara_samaniego.pdf)

**JAROMÍR KLEMEŠ, J., YEN LIEW, P., SHIN HO, W., SHIUN LIM, J., HAZIRAH HAMIDON, N. y NORULFAIRUZ ABANG ZAIDEL, D.** *Effect of Extraction Conditions on Pectin Yield Extracted from Sweet Potato Peels Residues using Hydrochloric Acid.* Chemical Engineering Transactions, vol. 56, [en línea], 2017 pp. 979-984. [Consulta: 2018-09-15]. ISSN 2283-9216. Disponible en: DOI 10.3303/CET1756164.

**MARCIAL IZA, J.A.** *Obtención de diferentes productos alimenticios (hamburguesas y embutidos) a partir de residuos orgánicos (cáscara de papa).* [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) Universidad de Guayaquil . 2013.pp. 29-35 [Consulta: 2018-09-07].Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3649/1/1110.pdf>

**MENDOZA V., L., JIMÉNEZ F., J. y RAMÍREZ N., M.** *Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (Theobroma cacao L.).* Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, vol. 20, no. 1 (2017), pp. 131-138.

**MIÑARCAJA, D.** *Interacción entre la respuesta y la aplicación técnica de un sistema de manejo de desechos sólidos.* [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) . Universidad Nacional de Chimborazo. 2012. pp. 29-30 [Consulta: 2018-09-07]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>.

**MORLEY, J.** *Análisis de factibilidad para la creación de una fábrica de pectina.* [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) . Universidad Internacional del Ecuador. 2015. pp. 60-67 [Consulta: 2018-09-07]. Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/669/1/T-UIDE-0614.pdf>

**NAVARRO GARCÍA GINÉS, N.G.S.** *Sustancias Pécicas*. [en línea]. Madrid - España 1985. [Consulta: 2018-09-07]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=Ettw8N9uwA8C&printsec=frontcover&dq=sustancias+pecticas+pdf&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiei4\\_Hq7XdAhVFq1MKHSjtA\\_4Q6wEILTAB#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=Ettw8N9uwA8C&printsec=frontcover&dq=sustancias+pecticas+pdf&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiei4_Hq7XdAhVFq1MKHSjtA_4Q6wEILTAB#v=onepage&q&f=false).

**PRADA, R.** *Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: El caso de almidón residual derivado de la industrialización de la papa*. Revista EAN [en línea], 2012. pp. 180-192. ISSN 0120-8160. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a12.pdf>.

**QUISPE, J.** *Obtención y caracterización de la fibra dietética a partir de los residuos de papa (Solanum tuberosum)*. [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) .Universidad Nacional de Huancavelica. 2014. pp. 62-66 [Consulta: 2018-09-07].. Disponible en: [repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/733%0A](http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/733%0A).

**SAAVEDRA, L.** *Uso integral del maracuyá (Passiflora Edulis Flavicarpa) en la Extracción de Pectina y Formulación de Mermeladas*. [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) .Universidad Central del Ecuador. 2015. pp. 102-109. [Consulta: 2018-09-07]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4774/1/T-UCE-0017-135.pdf>

**SCHULTZ, T.** *Extracción de pectinas a partir de los subproductos del beneficio del cacao*. [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) .Universidad Central del Ecuador. 2009. pp. 102-109. [Consulta: 2018-09-07]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/47237189.pdf>

**SHANGHAI DAHANG CO, LTD.** *Filtrate equipment*. [en línea]. 2018. Disponible en: <http://www.dzfilter.com/service/Service-es.html>.

**ILVATEAM.** *Aditivos Alimentarios*. [en línea]. 2018. Disponible en: <https://www.silvateam.com/es/productos-y-servicios/aditivos-alimentarios/pectina/qu-es-la-pectina.html>.

**YAMBAY, S.** *Plan de negocios para la asociación de productores san pedro de Licto, de la parroquia Licto, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo*. [en línea] ,(Tesis), (Pregrado) . Universidad Nacional de Chimborazo. 2016. pp. 40-48. [Consulta: 2018-09-07].. Disponible en:

## ANEXOS

### ANEXO A: Organismos Reguladores de Pureza de Pectina

ESPECIFICACION INTERNACIONAL		U E E440(i) pectina	U E E440(ii) pectina amidada	FAO/WHO JECFA Pectina	FDA/FCC Pectina	USP Pectina
1.	Pérdida de secado	max 12%	max 12%	max 12%	max 12%	max 10%
2.	Ceniza insoluble en ácido (3 N HCl)	max 1%	max 1%	]max 1%	max 1%	-
3.	Insolubles totales	-	-	max 3%	max 3%	-
4.	Metilsulfato de sodio	-	-	-	max 0.1%	-
5.	alcohol metil, etil, o isopropílico libre (en bs)	max 1%	max 1%	max 1%	max 1%	-
6.	Alcohol metílico	-	-	-	-	max 0.3%
	Alcohol etílico	-	-	-	-	max 0.5%
	Alcohol isopropílico	-	-	-	-	max 0.5%
7.	Dióxido de azufre (en bs)	max 50 ppm	max 50 ppm	max 50 ppm	max 50 ppm	-
8.	Contenido de nitrógeno (pectina) (en bs y libre de ceniza)	max 1%	-	max 2.5%	-	-
9.	Contenido de nitrógeno (pectina amidada) (en bs y libre de ceniza)	-	max 2.5%	max 2.5%	-	-
10.	Acido galacturónico (en bs y libre de ceniza)	min 65%	min 65%	min 65%	-	min 74%
11.	Contenido de metoxilo (en bs pectina no estandarizada)	-	-	-	-	min 6.7%
12.	Grado de amidación	-	max 25%	max 25%	max 25%	-
13.	Azúcar y ácidos orgánicos	-	-	-	-	max 160 mg/g
14.	Arsénico	max 3 ppm	max 3 ppm	-	-	max 3 ppm
15.	Plomo	max 5 ppm	max 5 ppm	max 5 ppm	max 5 ppm	max 5 ppm
16.	Cadmio	max 1 ppm	max 1 ppm	-	-	-
17.	Mercurio	max 1 ppm	max 1 ppm	-	-	-
18.	Metales pesados (como plomo)	max 20 ppm	max 20 ppm	-	-	-
19.	Gérmenes patógenos	Acorde a regulaciones generales alimenticias			Ausencia de especies de salmonella	

## ANEXO B: Política de recolección de la materia prima

Para establecer una política de recolección de materia prima inicial para nuestra empresa se ha tomado los siguientes establecimientos como proveedores de la mismas, debido a su actividad comercial.

<ul style="list-style-type: none"><li>• Bellavista Burger</li><li>• Corcel negro</li><li>• Pollos Pico Loco</li><li>• Pollo Ejecutivo</li><li>• Mercado La Merced</li><li>• "Burger Station" Fast Food Net</li></ul>	 The image shows two logos side-by-side. On the left is the logo for 'BELLAVISTA BURGUER', featuring a burger, a wheel, and the text 'El placer de degustar' and 'BOMBARRA - JECUADOR'. On the right is the logo for 'Corcel Negro', which is a red sign above a display case containing several burgers.
--	---

Las políticas a aplicarse son:

- Charlas en estos establecimientos dando a conocer la importancia de estos residuos para obtener aditivos alimenticios.
- Convenios con los mercados para la difusión del programa de aprovechamiento de las cáscaras de papa.
- Convenios con los establecimientos para obtener estos desechos a cambio de un porcentaje de ganancias de la empresa.
- Visitas puerta a puerta en todos los domicilios del Cantón, llevando información de la utilidad de estos residuos.

<p><b>Recolección de los desechos</b></p>  A photograph showing a person in an orange shirt and cap standing next to a white truck, filling several blue plastic barrels with waste. The scene is outdoors with trees in the background.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Esto se llevarán a cabo en recipientes de plástico, los mismos ayudarán a su movilización hasta el centro de acopio.</li><li>• La recolección será diaria, ya que la misma se procesar de igual forma.</li></ul>
---	--

<p><b>Transporte de los desechos hasta el centro de acopio</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El transporte de los desechos se realizará hasta el centro de acopio de manera inmediata después de su recolección.</li> </ul>
<p><b>Recepción de los desechos en el centro de acopio</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este centro contará con una infraestructura adecuada en cuanto a: área suficiente, excelente accesibilidad, buena calidad de pisos, paredes enchapadas que permitan fácil aseo y que permitan excelente ventilación, techo apropiado y que cuente con sistema para la recolección de lixiviados.</li> <li>• Se realizará una fumigación del cuarto de almacenaje transitorio de residuos por lo menos una vez al mes</li> </ul> 

Para la implementación de la alternativa propuesta se requiere una capacitación adecuada considerando la importancia del reciclaje, el proceso de selección y la recolección del manejo de estos residuos orgánicos, así como la oportunidad de generar recursos a través de ellos

**ANEXO C: Materia Prima (Cáscaras de papa)**



a



b

<p><b>NOTAS</b></p> <p>a. Cáscaras de papa</p> <p>b. Cáscara de papa lavada y desinfectada</p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b></p>		<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b>                      Toapanta E.                 </p>	<p><b>Proceso Experimental</b></p>		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR			<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>	<p><b>LÁMINA</b></p>
				<p>1:1</p>	<p>01/10/2018</p>	<p>1</p>

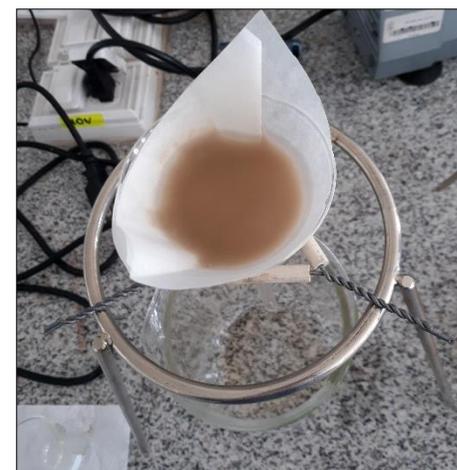
### ANEXO D: Obtención de la Pectina



a

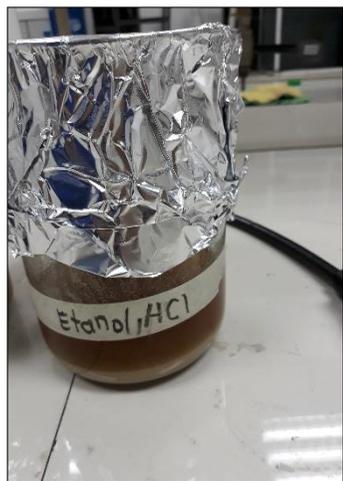


b



c

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Toapanta E.	Proceso Experimental		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
<p>a. Inactivación enzimática</p> <p>b. Hidrólisis ácida</p> <p>c. Filtrado 1</p>	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		1:1	01/10/2018	1/2



a



b



c



d

<b>NOTAS</b>  a. Precipitación b. Filtrado 2 c. Secado d. Molienda	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b> <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>REALIZADO POR:</b> Toapanta E.	<b>Proceso Experimental</b>		
			<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
			1:1	01/10/2018	2/2

### ANEXO E: Caracterización de la pectina obtenida

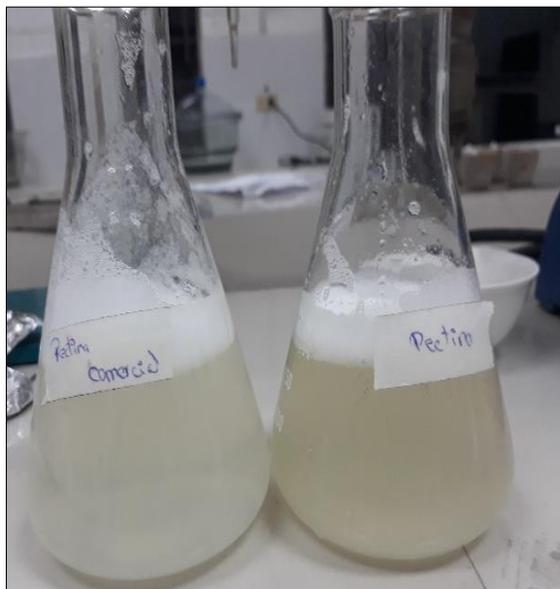


a



c

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Toapanta E.	Proceso Experimental		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
<p>a. Acidez libre y peso equivalente</p> <p>b. Primera titulación</p>	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		1:1	01/10/2018	1/2



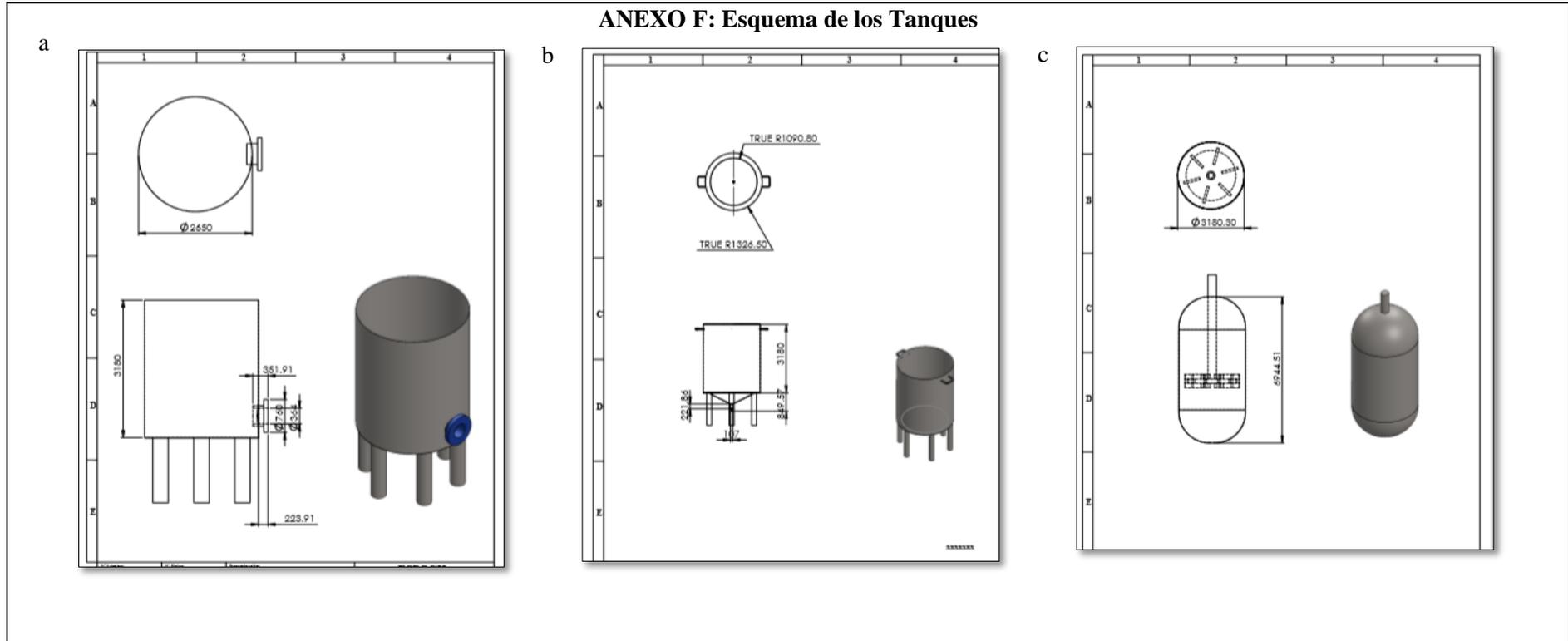
a



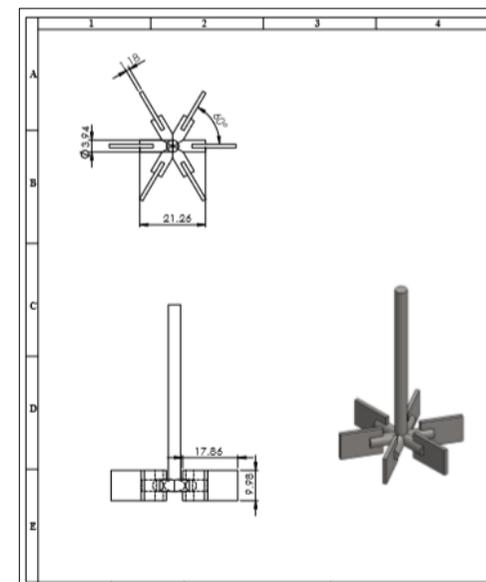
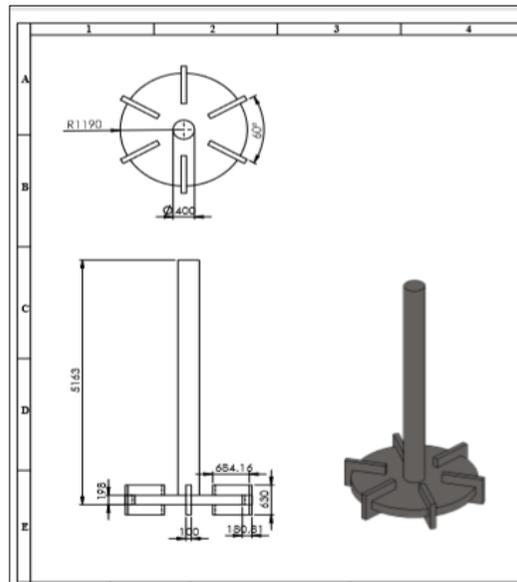
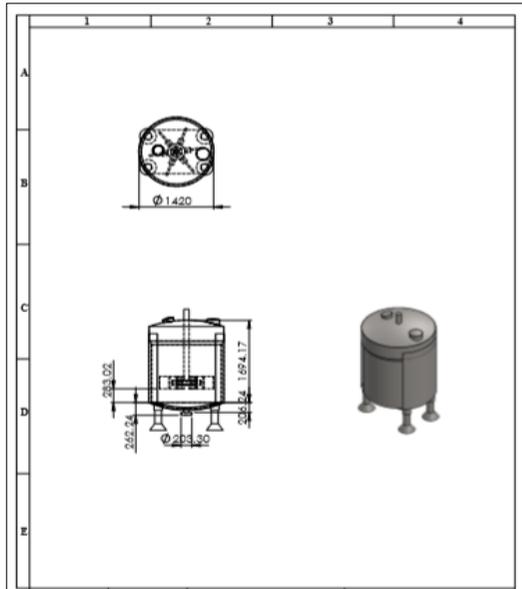
b

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Toapanta E.</p>	<b>Proceso Experimental</b>		
			<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
<p>a. Contenido de Metoxilo b. Segunda titulación</p>	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		1:1	01/10/2018	2/2

## ANEXO F: Esquema de los Tanques



<p><b>NOTAS</b></p> <p>a. Tanque de Lavado</p> <p>b. Tanque de Inactivación Enzimática</p> <p>c. Tanque de Hidrólisis Ácida</p>	<p style="text-align: center;"><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;"> </td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">X</td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"> </td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"> </td><td>POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"> </td><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>		CERTIFICADO	X	APROBADO		POR APROBAR		POR CALIFICAR		POR VERIFICAR	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA</p> <p><b>REALIZADO POR:</b></p> <p>Toapanta E.</p>	<p>Esquema de los Tanques Principales</p>		
			CERTIFICADO												
		X	APROBADO												
	POR APROBAR														
	POR CALIFICAR														
	POR VERIFICAR														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;"><b>ESCALA</b></td> <td style="width: 33%; text-align: center;"><b>FECHA</b></td> <td style="width: 33%; text-align: center;"><b>LÁMINA</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">01/10/2018</td> <td style="text-align: center;">1/2</td> </tr> </table>			<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>	1:1	01/10/2018	1/2							
<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>													
1:1	01/10/2018	1/2													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">1:1</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">01/10/2018</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">1/2</td> </tr> </table>			1:1	01/10/2018	1/2										
1:1	01/10/2018	1/2													



**NOTAS**

- a. Tanque de Precipitación
- b. Agitador tanque de hidrolisis
- c. Agitador de precipitación

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA**

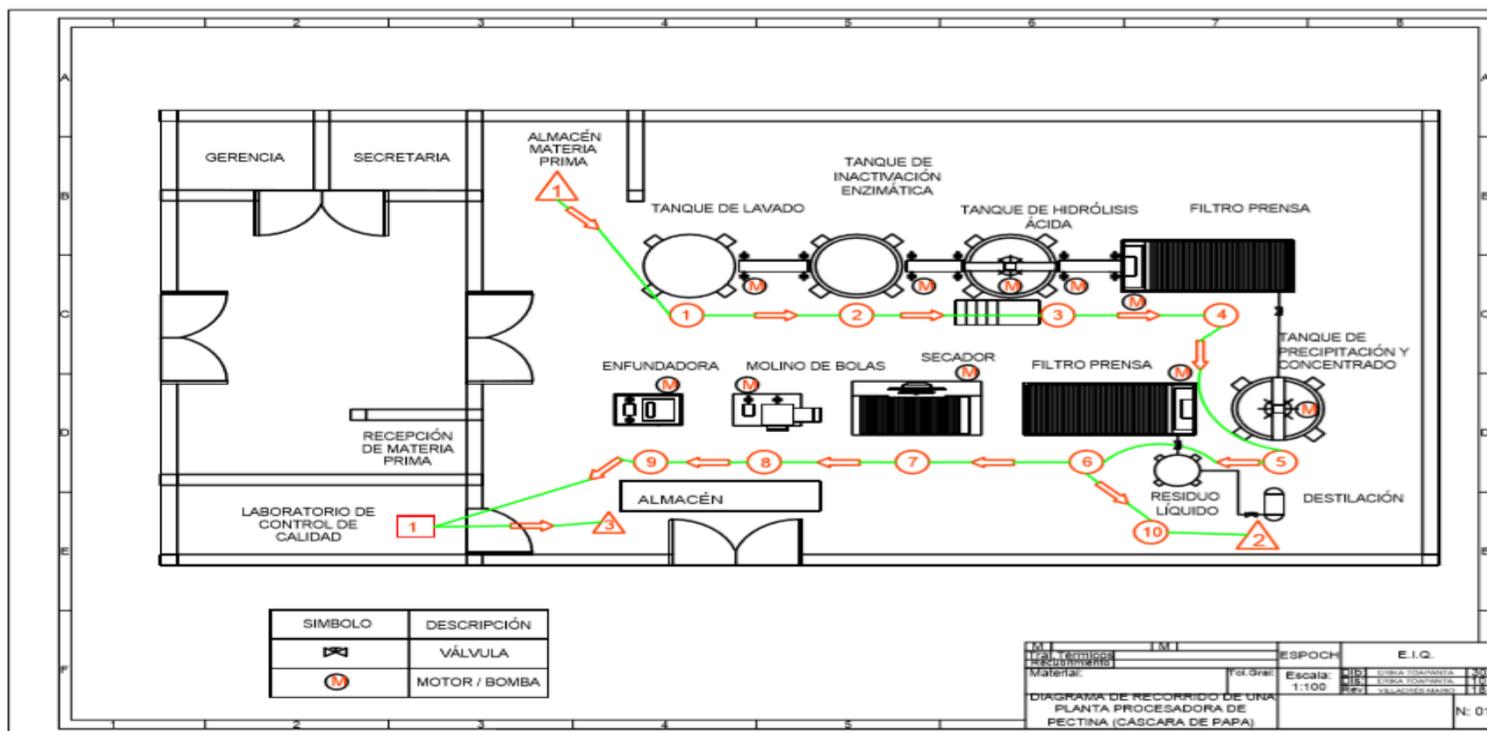
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO
<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR
<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR

ESCUELA SUPERIOR  
**POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA DE INGENIRÍA  
 QUÍMICA  
**REALIZADO POR:**  
 Toapanta E.

**Esquema de los Tanques Principales**

ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:1	01/10/2018	1/2

### ANEXO G: Distribución de la Planta Procesadora de Pectina



<p><b>NOTAS</b></p> <p>a. Planta procesadora de pectina</p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIRÍA QUÍMICA</b></p> <p><b>REALIZADO POR:</b></p> <p>Toapanta E.</p>	<p><b>Planta Procesadora de Pectina</b></p>		
	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO													
	<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO													
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
			<p><b>ESCALA</b></p> <p>1:1</p>	<p><b>FECHA</b></p> <p>01/10/2018</p>	<p><b>LÁMINA</b></p> <p>1</p>										

ANEXO H: Resultados de la caracterización de la materia prima en el Laboratorio SAQMIC



EXAMEN BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO 204-18

CLIENTE: Srta. Enka Toapanta  
DIRECCIÓN: Álamos 3  
TIPO DE MUESTRA: Cascara de papa  
FECHA DE RECEPCIÓN: 16 de julio del 2018  
FECHA DE MUESTREO: 16 de julio del 2018

TELÉFONO:

EXAMEN FÍSICO

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

PARAMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Proteína %	INEN 543	2.05
Humedad %	INEN 540	83.72
Cenizas %	INEN 544	1.28
Grasa %	INEN 523	2.89
Fibra%	INEN 522	4.37
Carbohidratos %	-	5.69
Coliformes totales UFC/g	INEN 1529-7	250
Mohos y levaduras UFC/g	INEN 1529-10	2000

OBSERVACIONES:

FECHA DE ANÁLISIS: 16 de julio del 2018

FECHA DE ENTREGA: 01 de agosto del 2018

RESPONSABLE:



Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.  
\*Las muestras son receptadas en laboratorio.

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes  
Contáctanos: 0998580374 - 032 942 322  
Riobamba - Ecuador

# ANEXO I: Resultados de la caracterización de la pectina en el Laboratorio LACONAL



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**  
Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 5517, e-mail: laconal@uta.edu.ec  
Ambato-Ecuador



## CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

<b>Certificado No:18-172</b>		R01-5.10 07
Solicitud N°: 18-172		Pág.: 1 de 1
Fecha recepción: 02 de agosto 2018	Fecha de ejecución de ensayos: 02 de agosto 2018	
<b>Información del cliente:</b>		
Empresa: ESPOCH	C.I./RUC: 0650042666	
Representante: Erika Toapanta	TIF:	
Dirección: Álamos 3	Celular: 0998252904	
Ciudad: Riobamba	E mail: gaby.26.94@hotmail.com	
<b>Descripción de las muestras:</b>		
Producto: Pectina de cascara de papa	Peso: 182 g	
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: funda plastica	
Lote: n/a	No de muestras: una	
F. Elb.: 30-07-18	F. Exp.: n/a	
Conservación: Ambiente: x Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab:	
Cierres seguridad: Ninguno: x Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 30 de julio 2018	

## RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Pectina de cascara de papa	17218398	ninguno	*Cenizas	AOAC Ed 20, 2016 923.03	%	1,49
			*Humedad	AOAC Ed 20, 2016 925.10	%	7,93
			*Acidez	AOAC 942.15. Ed 20, 2016	mEq/g	0,612
			*Proteína	AOAC Ed 20, 2016 2001.11	%(N*6,25)	2,72
			*Grasa	AOAC Ed 20, 2016 2003.06	%	0,159
			*Fibra cruda (directa)	INEN 522	%	0,0385
			*Carbohidratos Totales	Cálculo	%	87,7
			*Contenido de metoxilo	Owens	%	1,9
			*Peso equivalente	Owens	mg/mEq	1634
			*Grado de esterificación	Owens	%	81,3
			*Mohos	PE-02-5.4-MB ACAC 997.02. Ed 20, 2016	UFC/g	<10
			*Levaduras	PE-02-5.4-MB ACAC 997.02. Ed 20, 2016	UFC/g	<10
*Coliformes Totales	PE01-5.4-MB AOAC R.L.: 110402. Ed 20, 2016	UFC/g	<10			

Conds. Ambientales: 19.1 °C; 58%HR (area FQ) / 23.4 °C; 47%HR (area MB)

NOTA: La \*Determinación de pectina (cuantificación), no se la ha realizado ya que la metodología no aplica, mas sin embargo se ha convenido con el cliente que el valor de 28,10 mas IVA se lo puede considerar para un proximo analisis, quedando a favor del cliente.

  
 Ing Giovanni Freire, A.  
 DIRECTOR

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si No

Fecha de emisión del certificado: 07 de agosto 2018

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

*"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".*

## ANEXO I: Metodología para análisis bromatológico de la materia prima

<b>Determinación % de Cenizas</b>	<b>Método (AOAC 923.03)</b>
<p><b>Descripción</b></p> <p>La determinación de cenizas se realiza utilizando un crisol, el mismo que es sometido a una mufla a una temperatura de 600 °C por 3 horas hasta observar un peso constante, este se muele y se calcula su peso.</p>	
<b>Determinación % de Proteína</b>	<b>Método (AOAC 991.20)</b>
<p><b>Descripción</b></p> <p>Para la determinación de proteína se realiza tres procedimientos: digestión, destilación y titulación.</p> <p><b>Digestión:</b> Se pesa 0,3 g de muestra tomando en cuenta, si esta es rica en proteínas mayor del 20% y 1 g si es menor del 20 %, a esto se adiciona 5 ml de ácido sulfúrico concentrado y 1 g de catalizador (sulfato de cobre y sulfato de potasio 1:9). La muestra se lleva a una estufa y se calienta hasta observar un color verde claro, esta solución es sulfato de amonio.</p> <p><b>Destilación:</b> Se combina en un matraz 15 ml de ácido bórico (4%) con 3 gotas de indicador (mezcla de azul de metileno y verde de bromo crisol) hasta obtener una solución de color rojo. Se enciende el equipo de destilación, en un erlenmeyer se mezcla 100 ml de agua destilada con el sulfato de amonio, esto se combina con 50 ml de agua destilada hasta que se observe un color rosado.</p> <p>Adicional a esto se mezcla 10 ml de hidróxido de sodio (0,4%) con el sulfato de amonio, esta mezcla se calienta hasta observar un color café, la solución en el matraz debe tener un pH de 7 y una coloración verde, el proceso dura 8 min aproximadamente.</p> <p><b>Titulación:</b> Para la titulación se mezcla ácido bórico (4%), ácido clorhídrico (0,02N) y la solución verde resultante de la destilación con una cantidad de agua hasta observar un cambio de coloración de verde a rojo.</p> $\% \text{ Proteína} = \frac{\text{Gasto HCl} * 0,014 * 100}{\text{Peso de la muestra}} * 6,25$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6,25 = Factor de conversión</li> <li>• 0,014= Factor de nitrógeno</li> </ul>	
<b>Determinación % de Humedad</b>	<b>Método (AOAC 925.10)</b>
<p><b>Descripción</b></p> <p>Para la determinación de la humedad se necesitan 5 gramos de muestra, y que la estufa este a una temperatura de 110 °C hasta que se obtener un peso constante.</p>	
<b>Determinación % de Fibra dietética</b>	<b>Método (AOAC 991.43; AOAC 985.29)</b>
<p><b>Descripción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Obtención Fibra Bruta</b></li> </ul> <p>Para determinar la fibra se mezcla 2 g de muestra desengrasada, agregar 200ml de ácido sulfúrico (1,25%) esto calentar hasta ebullición sin que se quede la mezcla en las paredes del erlenmeyer en seguida filtrar y arrastrar por lavado la muestra utilizando hidróxido de sodio al (1,25%) y calentar hasta ebullición. Lavar el material insoluble con ácido clorhídrico al 1% también dos veces con alcohol y tres veces con acetona enseguida desecar a 100 °C hasta obtener un peso constante, pesar el crisol con la muestra e incinerar la muestra en una mufla a 550 °C durante 1 hora, enfriar y volver a pesar.</p>	

$$\% \text{ Fibra} = \frac{P_1 - P_2}{P_0} * 100$$

Donde:

- $P_0$  = Peso en g de la muestra
- $P_1$  = Peso en g de crisol + residuo desecado a 110 °C
- $P_2$  = Peso en g de crisol + residuo calcinado

- **Método enzimático/gravimétrico**

Se utilizan muestras secas para gelatinizarlas con  $\alpha$ -amilasa estables al calor, luego son digeridos enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón, a esto se añade alcohol etílico para precipitar la fibra dietética soluble el residuo es filtrado y lavado con alcohol etílico al 78%, 95% y acetona.

La fibra dietética total = peso del residuo - peso (proteínas, cenizas)

### **Determinación % de Carbohidratos**

#### **Descripción**

Para determinar los carbohidratos se realiza la diferencia de los análisis fisicoquímicos (proteína, grasa, humedad, cenizas, fibra)