



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE HOJUELAS CONFITADAS A BASE DE CHOCHO (*Lupinus
Mutabilis*) Y QUINUA (*Chenopodium Quinoa*) CON SABOR A
VAINILLA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ALLISON DAYANA ALVAREZ QUISPE

DIRECTORA: Ing. MARLENE JACQUELINE GARCÍA VELOZ, Mgs.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Allison Dayana Alvarez Quispe

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

Yo, ALLISON DAYANA ALVAREZ QUISPE, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de diciembre de 2023

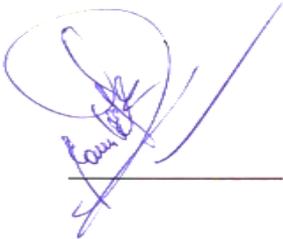
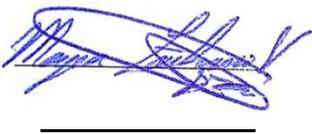
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'ALLISON', enclosed within a circular scribble.

Allison Dayana Alvarez Quispe

172376140 - 7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE HOJUELAS CONFITADAS A BASE DE CHOCHO (*Lupinus Mutabilis*) Y QUINUA (*Chenopodium Quinoa*) CON SABOR A VAINILLA**, realizado por el señorita: **ALLISON DAYANA ALVAREZ QUISPE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Camilo Pavel Haro Barroso, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	<u>2023-12-04</u>
Ing. Marlene Jacqueline García Veloz, Mgs. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	<u>2023-12-04</u>
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	<u>2023-12-04</u>

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, Mery por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis abuelitos, Blanca y Víctor por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. A mi hermana, Shirley por su apoyo que ha sido mi inspiración para alcanzar esta meta a pesar de los desafíos. También, agradezco a mi familia y amigos, para que vean que los sueños se concretan y que, si nos comprometemos y nos esforzamos, somos capaces de superar cualquier obstáculo.

Allison

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a mi familia por siempre brindarme su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

Asimismo, le agradezco muy profundamente a mi tutora la Ing. Marlene García y asesora la Ing. Mayra Zambrano, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

Allison

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i>.....	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Referencias teóricas.....	5
2.2.1. <i>Leguminosas</i>.....	5
2.2.2. <i>Chocho</i>	5
2.2.2.1. <i>Aspecto taxonómico del chocho</i>	6
2.2.2.2. <i>Composición química y nutricional del chocho</i>	6
2.2.2.3. <i>Alcaloides en el chocho</i>	7
2.2.2.4. <i>Cultivo de chocho en Ecuador</i>.....	7
2.2.3. <i>Pseudocereal</i>.....	8
2.2.4. <i>Quinua</i>	8
2.2.4.1. <i>Aspecto taxonómico de la quinua</i>.....	8
2.2.4.2. <i>Composición química y nutricional de la quinua</i>.....	9
2.2.4.3. <i>Saponinas en la quinua</i>.....	10
2.2.4.4. <i>Cultivo de quinua en Ecuador</i>	10
2.2.5. <i>Harina</i>.....	10

2.2.6.	<i>Hojuelas confitadas</i>	11
2.2.7.	<i>Esencia</i>	11
2.2.8.	<i>Sorbato de potasio</i>	11
2.2.9.	<i>Operación unitaria</i>	12
2.2.9.1.	<i>Secado</i>	12
2.2.9.2.	<i>Tostado</i>	12
2.2.9.3.	<i>Molienda</i>	12
2.2.9.4.	<i>Tamizado</i>	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1.	Localización del proyecto	14
3.2.	Ingeniería del Proyecto	15
3.2.1.	Tipo de estudio	15
3.2.2.	Métodos y técnicas	15
3.2.2.1	<i>Métodos</i>	15
3.2.2.2.	<i>Técnicas</i>	16
3.3.	Proceso a nivel de laboratorio	26
3.3.1.	<i>Descripción del procedimiento</i>	26
3.3.1.1.	<i>Descripción del proceso para la obtención de harina de chocho</i>	27
3.3.1.2.	<i>Descripción del proceso para la obtención de harina de quinua</i>	30
3.3.1.3.	<i>Descripción del proceso para la obtención de las hojuelas confitadas</i>	33
3.3.2.	Formulación de las hojuelas confitadas a partir de chocho y quinua	36
3.3.2.1.	<i>Análisis de discriminación para la formulación</i>	37
3.4.	Proceso a nivel de laboratorio	47
3.4.1.	<i>Variables del proceso</i>	47
3.4.2.	<i>Operaciones unitarias del proceso</i>	48
3.4.3.	Formulación para la obtención de hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla	49
3.4.4.	Balance de masa y energía	50
3.4.4.1.	<i>Balance de masa</i>	50
3.4.4.2.	<i>Balance de energía</i>	61
3.4.4.3.	<i>Diagrama de flujo del balance de masa general del proceso completo</i>	69
3.5.	Proceso de producción	70
3.5.1.	<i>Materia prima e insumos</i>	70
3.6.	Dimensionamiento del equipo	70

3.6.1.	<i>Molino de martillos</i>	70
3.6.2.	<i>Secador de bandejas</i>	82
3.6.3.	<i>Resultados del dimensionamiento de los equipos</i>	92
3.7.	Requerimientos de equipos y maquinaria	94
3.7.1.	<i>Requerimiento de equipos</i>	94
3.8.	Análisis de costo/beneficio para la producción de hojuelas confitadas	97
3.8.1.	<i>Inversión fija</i>	97
3.8.2.	<i>Determinación de egresos</i>	99
3.8.3.	<i>Costos totales de inversión fija y de los egresos</i>	101
3.8.3.1.	<i>Determinación de ingresos anuales</i>	102
3.8.4.	Calculo del valor actual neto, tasa de retorno interno y periodo de recuperación	103
3.8.4.1.	<i>Valor Actual Neto (VAN)</i>	103
3.8.4.2.	<i>Tasa Interna de Retorno (TIR)</i>	104
3.8.4.3.	<i>Periodo de recuperación (PDR)</i>	104

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	106
4.1.	Caracterización de la materia prima (Chocho)	106
4.2.	Caracterización de la materia prima (Quinua)	106
4.3.	Caracterización de las harinas vegetales	107
4.4.	Caracterización de las hojuelas confitadas a base de chocho y quinua	108
4.5.	Análisis y discusión de resultados	109
4.6.	Cronograma del proyecto	110

CONCLUSIONES	112
---------------------------	-----

RECOMENDACIONES	113
------------------------------	-----

BIBLIOGGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del chocho	6
Tabla 2-2: Composición química y nutricional del chocho o lupino	6
Tabla 2-3: Clasificación taxonómica de la quinua.....	8
Tabla 2-4: Composición química y nutricional de la quinua	9
Tabla 2-5: Hojuelas confitadas con alto porcentaje de azúcar	11
Tabla 3-1: Ubicación y características geográficas de la ESPOCH.....	14
Tabla 3-2: Determinación de humedad	17
Tabla 3-3: Determinación de cenizas	18
Tabla 3-4: Determinación de grasa	19
Tabla 3-5: Determinación de proteína	20
Tabla 3-6: Determinación de fibra	21
Tabla 3-7: Especificaciones de la calidad del chocho desamargado.....	24
Tabla 3-8: Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos del chocho desamargado	24
Tabla 3-9: Especificaciones de la calidad de la quinua.....	24
Tabla 3-10: Requisitos fisicoquímicos de la quinua	24
Tabla 3-11: Requisitos microbiológicos de la quinua.....	25
Tabla 3-12: Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos de las harinas vegetales	25
Tabla 3-13: Requisitos microbiológicos de las harinas vegetales.....	25
Tabla 3-14: Requisitos fisicoquímicos y sensoriales de las hojuelas confitadas	26
Tabla 3-15: Requisitos microbiológicos de las hojuelas confitadas	26
Tabla 3-16: Formulaciones de porcentaje de harina de chocho y harina de quinua	37
Tabla 3-17: Componentes para la elaboración de las hojuelas confitadas	37
Tabla 3-18: Asignación de códigos a las distintas formulaciones del producto final	38
Tabla 3-19: Prueba de Normalidad de datos	39
Tabla 3-20: Prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para parámetros de las formulaciones	40
Tabla 3-21: Tabla cruzada de cada formulación respecto al parámetro sensorial de color.....	40
Tabla 3-22: Tabla cruzada de cada formulación respecto al parámetro sensorial del sabor	41
Tabla 3-23: Tabla cruzada de cada formulación respecto al parámetro sensorial de textura.....	43
Tabla 3-24: Tabla cruzada de cada formulación respecto al parámetro sensorial de olor	44
Tabla 3-25: Prueba de hipótesis para evidenciar relación entre las tres formulaciones.....	45
Tabla 3-26: Tabla cruzada respecto a la aceptación de las formulaciones.....	45
Tabla 3-27: Variables del proceso	47
Tabla 3-28: Operaciones del proceso para la obtención de las hojuelas confitadas.....	48
Tabla 3-29: Materia prima e insumos para la obtención de las hojuelas	70

Tabla 3-30: Datos experimentales para determinar la densidad de la harina de chocho.....	73
Tabla 3-31: Datos experimentales para determinar la densidad de la harina de quinua	74
Tabla 3-32: Valores factor (f) y velocidad tangencial	79
Tabla 3-33: Consideraciones para el dimensionamiento del secador	82
Tabla 3-34: Características mecánicas del acero AISI 304.....	84
Tabla 3-35: Tabla de resultados del diseño del molino de martillos.....	93
Tabla 3-36: Tabla de resultados del diseño del secador de bandejas	93
Tabla 3-37: Especificaciones de la mesa para recepción y lavado de materia prima	94
Tabla 3-38: Especificaciones técnicas del secador de bandejas.....	95
Tabla 3-39: Especificaciones técnicas del tostador.....	95
Tabla 3-40: Especificaciones técnicas del molino de martillos	95
Tabla 3-41: Especificaciones técnicas del tamizador.....	96
Tabla 3-42: Especificaciones técnicas del mezclador con agitador	96
Tabla 3-43: Especificaciones técnicas del laminador de masa	97
Tabla 3-44: Costos de los equipos que conforman la principal línea de producción.....	97
Tabla 3-45: Costos de equipos y materiales para el control de calidad del proceso	98
Tabla 3-46: Costos de inversión para la planta de procesamiento	98
Tabla 3-47: Costos de inversión en recursos humanos para la planta.....	99
Tabla 3-48: Costos de inversión fija en el proceso	99
Tabla 3-49: Servicios básicos	99
Tabla 3-50: Recursos humanos para el proceso de manufactura	100
Tabla 3-53: Costos de elaboración para las hojuelas confitadas	100
Tabla 3-52: Egresos anuales	101
Tabla 53-3: Costos totales de la inversión fija y egresos	101
Tabla 3-54: Ingresos anuales.....	103
Tabla 3-55: Cálculo del valor anual neto (VAN).....	103
Tabla 3-56: Cálculo del Periodo de Recuperación.....	104
Tabla 4-1: Caracterización fisicoquímica del chocho (<i>Lupinus Mutabilis</i>)	106
Tabla 4-2: Caracterización microbiológica del chocho (<i>Lupinus Mutabilis</i>).....	106
Tabla 4-3: Caracterización fisicoquímica de la quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i>).....	106
Tabla 4-4: Caracterización microbiológica de la quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i>)	107
Tabla 4-5: Caracterización fisicoquímica de la Harina de chocho (<i>Lupinus Mutabilis</i>).....	107
Tabla 4-6: Caracterización microbiológica de la Harina de chocho (<i>Lupinus Mutabilis</i>)	107
Tabla 4-7: Caracterización fisicoquímica de la Harina de quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i>)	108
Tabla 4-8: Caracterización microbiológica de Harina de quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i>).....	108
Tabla 4-9: Caracterización fisicoquímica de las Hojuelas confitadas.....	109
Tabla 4-10: Caracterización microbiológica de las Hojuelas confitadas	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Localización de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	14
Ilustración 3-2: Selección y pesado de la materia prima (chocho).....	28
Ilustración 3-3: Lavado y desinfección del chocho.....	28
Ilustración 3-4: Deshidratado del chocho.....	29
Ilustración 3-5: Molienda del choco deshidratado	29
Ilustración 3-6: Tamizado de la harina de chocho.....	30
Ilustración 3-7: Empacado y pesaje de la harina de chocho.....	30
Ilustración 3-8: Recepción y limpieza de la materia prima (quinua)	31
Ilustración 3-9: Tostado de la quinua	31
Ilustración 3-10: Molienda de la quinua tostada	32
Ilustración 3-11: Tamizado de la harina de quinua	32
Ilustración 3-12: Empacado y pesaje de la harina de quinua	33
Ilustración 3-13: Pesaje de la harina de chocho	33
Ilustración 3-14: Pesaje de la harina de quinua	34
Ilustración 3-15: Mezcla de los ingredientes.....	34
Ilustración 3-16: Masa homogénea	34
Ilustración 3-17: Moldeado y forma de la masa.....	35
Ilustración 3-18: Secado de masa homogénea.....	35
Ilustración 3-19: Enfriado de las hojuelas confitadas.....	36
Ilustración 3-20: Empacado de las hojuelas confitadas.....	36
Ilustración 3-21: Resultado del color más aceptado entre las tres formulaciones.....	41
Ilustración 3-22: Resultado del sabor más aceptado entre las tres formulaciones	42
Ilustración 3-23: Resultado de la textura más aceptado entre las tres formulaciones	43
Ilustración 3-24: Resultado del olor más aceptado entre las tres formulaciones.....	44
Ilustración 3-25: Resultado de la aceptación de las formulaciones.....	46
Ilustración 3-26: Diagrama de flujo del balance de masa general del proceso	69

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3-1: Rendimiento de la recepción de chocho	51
Ecuación 3-2: Cantidad de pérdidas después del lavado	51
Ecuación 3-3: Rendimiento del lavado de chocho.....	52
Ecuación 3-4: Cantidad de agua contenida en los chochos.....	52
Ecuación 3-5: Rendimiento del deshidratado de chocho	52
Ecuación 3-6: Cantidad de materia prima pérdida en el proceso.....	53
Ecuación 3-7: Rendimiento de la molienda de chocho.....	53
Ecuación 3-8: Rendimiento del tamizado del chocho pulverizado.....	54
Ecuación 3-9: Rendimiento de la obtención de harina de chocho	54
Ecuación 3-10: Rendimiento de la recepción de quinua.....	55
Ecuación 3-11: Rendimiento del tostado de la quinua.....	56
Ecuación 3-12: Cantidad de materia prima pérdida en el proceso.....	56
Ecuación 3-13: Rendimiento de la molienda de quinua.....	56
Ecuación 3-14: Rendimiento del tamizado de la quinua pulverizado.....	57
Ecuación 3-15: Rendimiento de la obtención de harina de quinua.....	57
Ecuación 3-16: Cantidad de masa homogénea pérdida durante el mezclado	58
Ecuación 3-17: Rendimiento del proceso de mezclado	58
Ecuación 3-18: Cantidad de masa pérdida por adherencia	59
Ecuación 3-19: Rendimiento del proceso de laminado de la masa homogénea.....	59
Ecuación 3-20: Cantidad de agua evaporada en el proceso	60
Ecuación 3-21: Rendimiento del secado de las hojuelas confitadas	60
Ecuación 3-22: Calor sensible del chocho	61
Ecuación 3-23: Calor suministrado por la estufa	61
Ecuación 3-24: Calor administrado al chocho	62
Ecuación 3-25: Flujo de agua evaporada en la deshidratación	62
Ecuación 3-26: Calor requerido para evaporar el agua.....	63
Ecuación 3-27: Calor total en el proceso de deshidratado	63
Ecuación 3-28: Calor suministrado por la tostadora	63
Ecuación 3-29: Calor requerido por la tostadora	64
Ecuación 3-30: Calor administrado por la quinua.....	65
Ecuación 3-31: Calor total en el proceso de tostado.....	65
Ecuación 3-32: Calor sensible de la masa homogénea	66
Ecuación 3-33: Calor suministrado por el secador	66
Ecuación 3-34: Calor administrado por la masa homogénea.....	67

Ecuación 3-35: Flujo de agua evaporada en el secado.....	67
Ecuación 3-36: Calor requerido para evaporar el agua.....	67
Ecuación 3-37: Calor total en el proceso de secado.....	68
Ecuación 3-38: Energía requerida por el molino	71
Ecuación 3-39: Potencia requerida para la molienda.....	71
Ecuación 3-40: Velocidad de rotación para el molino	72
Ecuación 3-41: Constante del molino	72
Ecuación 3-42: Densidad de las harinas	73
Ecuación 3-43: Volumen de la tova.....	74
Ecuación 3-44: Volumen de la carcasa del equipo	75
Ecuación 3-45: Radio de la tolva	75
Ecuación 3-46: Diámetro de la tolva.....	76
Ecuación 3-47: Volumen del martillo.....	76
Ecuación 3-48: Volumen de abertura del tren.....	77
Ecuación 3-49: Volumen total del martillo.....	77
Ecuación 3-50: Peso de los martillos	78
Ecuación 3-51: Velocidad tangencial de los martillos	78
Ecuación 3-52: Número de martillos	79
Ecuación 3-53: Torsión ejercida por el motor del molino	80
Ecuación 3-54: Volumen parte superior de la tolva.....	80
Ecuación 3-55: Volumen parte inferior de la tolva.....	81
Ecuación 3-56: Volumen total de la tolva.....	81
Ecuación 3-57: Carga del sólido	82
Ecuación 3-58: Área total de las bandejas	83
Ecuación 3-59: Área para una bandeja	83
Ecuación 3-60: Esfuerzo de diseño.....	84
Ecuación 3-61: Fuerza máxima a la cual estarán sometidas las bandejas.....	84
Ecuación 3-62: Esfuerzo de diseño.....	85
Ecuación 3-63: Volumen de las bandejas	86
Ecuación 3-64: Volumen de la base de la bandeja.....	86
Ecuación 3-65: Volumen del pretil ancho de la bandeja.....	87
Ecuación 3-66: Volumen del pretil largo de la bandeja.....	87
Ecuación 3-67: Masa de las bandejas	88
Ecuación 3-68: Longitud de la cámara interna	88
Ecuación 3-69: Ancho de la cámara interna	88
Ecuación 3-70: Altura de la cámara interna.....	89
Ecuación 3-71: Altura de la cámara interna.....	89

Ecuación 3-72: Volumen de la cámara interna	90
Ecuación 3-73: Longitud de la cámara externa.....	90
Ecuación 3-74: Ancho de la cámara externa.....	91
Ecuación 3-75: Altura de la cámara externa	91
Ecuación 3-76: Altura de la cámara externa	92
Ecuación 3-77: Volumen de la cámara externa.....	92
Ecuación 3-78: Costo de producción por unidad	102
Ecuación 3-79: Precio de venta al público.....	102
Ecuación 3-80: Periodo de recuperación	105

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL CHOCHO
- ANEXO B:** RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA QUINUA
- ANEXO C:** RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA HARINA DE CHOCHO
- ANEXO D:** RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA HARINA DE QUINUA
- ANEXO E:** RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS HOJUELAS CONFITADAS A BASE DE CHOCHO Y QUINUA
- ANEXO F:** PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CHOCHO
- ANEXO G:** PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE QUINUA
- ANEXO H:** ELABORACIÓN DE LAS HOJUELAS CONFITADAS
- ANEXO I:** MODELO DE ENCUESTA
- ANEXO J:** EJECUCIÓN DE LAS ENCUESTAS
- ANEXO K:** DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLOS
- ANEXO L:** DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS
- ANEXO M:** DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto técnico fue diseñar un proceso industrial para la obtención de hojuelas confitadas a base chocho (*Lupinus mutabilis*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) con sabor a vainilla. Se plantearon tres formulaciones a escala de laboratorio a diferentes porcentajes de harina de chocho y harina de quinua (25%, 50% y 75%), se realizaron pruebas de análisis sensoriales que fueron analizadas y recopiladas mediante el método estadístico de Kruskal-Wallis para la selección de la formulación más óptima del proceso en sabor, olor, color y textura. El proceso comenzó con la selección y la caracterización físico-química del chocho y quinua para la determinación de los principales parámetros de calidad que compone la materia prima, además se planteó las condiciones de diseño y los cálculos necesarios para la producción a gran escala. Para el proceso de producción industrial se estableció las siguientes operaciones unitarias: secado, tostado, molienda y tamizado. Para la validación del producto y del proceso se basó en la NTE INEN 2 561:2010. Bocaditos de productos vegetales del cual se obtuvo resultados de 2,31% de humedad, 17,28% de proteína, 3,48% de ceniza, 12,29% de grasa y 5,84% de fibra. Además de presentar ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras, Los resultados presentados determinaron la calidad del producto y la estabilidad para el consumo humano. Se concluye que las hojuelas confitadas del 75% de harina de quinua y 25% de harina de chocho presentó una mayor aprobación de entre los 100 jueces afectivos, el lote se estableció para la producción de 250 kg y un precio de venta por unidad de 2,37dólares para accesibilidad al público en general. Se recomienda que las variables y parámetros establecidos en el proyecto se controlen de manera adecuada a lo largo del proceso de elaboración para asegurar la calidad e inocuidad del producto final.

Palabras clave: <CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)>, < QUINUA (*Chenopodium quinoa*)>, <DISEÑO INDUSTRIAL>, <OPERACIONES UNITARIAS>, <HOJUELAS CONFITADAS>, <ANÁLISIS DE COSTOS>.

2048-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The objective of this technical project was to design an industrial process for obtaining candied flakes based on chocho (*Lupinus mutabilis*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) with vanilla flavor. Three formulations were proposed at laboratory scale at different percentages of chocho flour and quinoa flour (25%, 50% and 75%). Sensory analysis tests were carried out, which were analyzed and compiled using the Kruskal-Wallis statistical method to select the most optimal formulation for the process in terms of flavor, odor, color, and texture. The process began with the selection and physicochemical characterization of chocho and quinoa to determine the main quality parameters that make up the raw material, and the design conditions and calculations necessary for large-scale production were also proposed. For the industrial production process, the following unit operations were established: drying, roasting, milling and sieving. The validation of the product and process was based on NTE INEN 2 561:2010 Snacks of vegetable products, which yielded results of 2.31% moisture, 17.28% protein, 3.48% ash, 12.29% fat and 5.84% fiber, in addition to the absence of total coliforms, molds and yeasts. The results presented determined the quality of the product and its stability for human consumption. It is concluded that the candied flakes of 75% quinoa flour and 25% chocho flour presented a higher approval among the 100 affective judges, the lot was established for the production of 250 kg and a selling Price per unit of 2.37 dollars for accessibility to the general public. It is recommended that the variables and parameters established in the project should be adequately controlled throughout the production process to ensure the quality and safety of the final product.

Key words: <CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)>, <QUINOA (*Chenopodium quinoa*)>, <INDUSTRIAL DESIGN>, <UNIT OPERATIONS>, <CANDIED FLAKES>, <COST ANALYSIS>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

En la actualidad debido al proceso de globalización la humanidad es capaz de consumir una variedad de productos, algunos beneficiosos para nuestra salud y saciantes a nuestro paladar y otros que provocan efectos perjudiciales. Un claro ejemplo de ello son los cereales de caja que son consumidos durante el desayuno por ser productos de fácil y rápido consumo que si bien satisfacen el hambre no son capaces de cumplir con la nutrición, debido a que su elaboración se compone de sustancias y aditivos artificiales, por lo que perderá sus propiedades naturales y su valor nutricional.

Como aporte a la problemática principal se desarrolló el presente trabajo de integración curricular denominado “Diseño de un proceso industrial para la obtención de hojuelas confitadas a base de chocho (*Lupinus mutabilis*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) con sabor a vainilla”, en el cual se propone dar un valor agregado a productos alimenticios autóctonos de la Sierra Ecuatoriana como lo son el chocho y la quinua que cuentan con excelentes propiedades nutricionales, con la finalidad de obtener hojuelas confitadas nutritivas con sabor a vainilla, que cumpla con los requisitos mínimos de calidad establecidos por la norma técnico ecuatoriana 2 516, para que sea consumible y comercializada.

El presente trabajo de integración curricular consta de cinco capítulos, en el Capítulo I se trata el diagnóstico y la definición del problema abarcando la investigación sobre hojuelas confitadas convencionales y sus efectos adversos, la importancia nutricional del chocho y la quinua que son la materia prima de interés. Además, se establece el objetivo general y los objetivos específicos que se desean alcanzar en este proyecto. En el Capítulo II se refiere al marco teórico, es decir, explica detalladamente la base teórica necesaria para sustentar la propuesta técnica. En el Capítulo III se describen los métodos y tecnologías básicas que se utilizarán para producir las hojuelas confitadas con sabor a vainilla a base de chocho y quinua a partir de autores de diversas fuentes bibliográficas, además de especificar las variables y parámetros requeridos para cada etapa del proceso productivo. En el Capítulo IV presenta los resultados de la caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica de las materias primas y producto final, la validación del producto y proceso. Finalmente, en el Capítulo V se determinan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el proyecto.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, es común que las hojuelas confitadas se produzcan a partir de cereales como trigo, avena, maíz y arroz, mediante procesos químicos realizados en grandes plantas industriales para obtener el producto final deseado. Estos cereales se han convertido en un alimento básico y popular para el desayuno, debido a su rapidez de consumo en comparación con otras opciones. Sin embargo, según el Food Health Alliance, de los 371 tipos de cereales en caja, el 69% no son saludables debido a su alto contenido de azúcar y sodio. Estos datos a menudo pasan desapercibidos debido a las afirmaciones nutricionales engañosas en el empaque, lo cual confunde a los consumidores y puede tener efectos perjudiciales para la salud humana (Nieto et al., 2017, p.7). Por otro lado, existen otras materias primas, como el chocho y la quinua, que poseen un alto valor nutricional y pueden utilizarse en la fabricación de hojuelas confitadas como alternativas más saludables.

Una gran cantidad de familias ecuatorianas se dedican a la cosecha del chocho en la región Sierra, en la provincia de Chimborazo se destinan cerca de unas 800 hectáreas, seguida de Cotopaxi y Tungurahua con una superficie total de 350 hectáreas, para el cultivo de esta leguminosa que busca satisfacer la demanda local a corto plazo y poder exportar su producción a largo plazo (Márquez, 2020, párr. 5). El chocho es una leguminosa de alto valor nutritivo conocida por su contenido proteico y propiedades agronómicas como: rusticidad, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en la planta y su capacidad de adaptación a ambientes más secos. Además, debido a su alto contenido en calcio de su cáscara, es capaz de regular los niveles de glucosa en la sangre, y al contener fibra y minerales como fósforo y hierro, trabaja sinérgicamente para producir la energía necesaria para el cuerpo humano (Villacrés et al., 2006, p. 4).

Por otro lado, la quinua es un producto cultivado especialmente en las provincias de Imbabura, Carchi, Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi y Loja de la Sierra Ecuatoriana; se caracteriza por ser un alimento muy importante en la dieta humana porque es de fácil digestión, ya que contiene aminoácidos esenciales, oligoelementos y una cantidad equilibrada de proteínas, grasas e hidratos de carbono, además de ser rica en fibra, minerales y vitaminas. Es muy versátil en su preparación en gastronomía, panadería y pastelería, e incluso en obtener cerveza y chica (Peralta y Mazón, 2014, p. 468).

Por ello, tanto el chocho como la quinua son materias primas ideales para el desarrollo de nuevos productos en la provincia de Chimborazo, gracias a su alto valor nutritivo que favorece a tener una alimentación equilibrada. Sin embargo, existen algunas barreras para usar chocho y quinua como materia prima, debido a que existe un desconocimiento de los beneficios que ambos poseen y su aplicación en otras industrias, por parte de los productores o por la falta de curiosidad al degustar algo nuevo, por parte de los consumidores.

1.2. Justificación

Ecuador es un país megadiverso ubicado en la parte nororiental de América del Sur, limitada con Colombia al norte, Perú al sur y al oeste con el Océano Pacífico, y debido a su zona latitudinal este posee una gran diversidad de climas como tropical, seco, húmedo y templado, logrando así una ventaja primordial en la obtención de una amplia gama de productos agrícolas como lo es el chocho y la quinua (Varela y Ron, 2018, párr. 1).

El creciente consumo de productos cereales de manera industrial está empeorando la salud y condición física de las personas, la sociedad necesita una alimentación balanceada que aporte todos los nutrientes que el organismo requiere y los convierta en energía, por ejemplo, la quinua según investigaciones científicas se caracteriza por su contenido proteico mayor que el trigo y doble que el arroz y su valor proteico equivale al de la carne; y el chocho por su contenido proteico, calcio, minerales y vitaminas es idóneo para el correcto funcionamiento del cuerpo (Llerena, 2022, pp. 68-69).

Teniendo en cuenta el problema planteado, el objetivo de este trabajo tiene como finalidad obtener hojuelas confitadas con sabor a vainilla, a base de productos agrícolas autóctonos del Ecuador, chocho (*Lupinus Mutabilis*) y quinua (*Chenopodium Quinoa*) para mejorar la alimentación y salud de la sociedad ecuatoriana. Pues este trabajo busca generar una idea innovadora a partir de la creación de un producto con nueva materia prima fuera de lo convencional, que está disponible en el mercado nacional con diferentes características de sabor, olor y color dependiendo del gusto del consumidor y así brindar beneficios para la salud. Además, mediante los análisis fisicoquímicos y sensoriales del alimento producido se busca que cumpla con los requisitos de calidad de la Norma INEN 2561: 2010 para considerarse una nueva alternativa a los cereales habituales; de esta forma se pretende incrementar la demanda del cultivo de quinua y chocho, que puede adaptarse a todo tipo de procesos, debido a su alto valor nutricional y valor medicinal.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un proceso industrial para la obtención de hojuelas confitadas a base de chocho (*Lupinus Mutabilis*) y quinua (*Chenopodium Quinoa*) con sabor a vainilla.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización fisicoquímica y/o microbiológica del chocho y la quinua mediante la Norma INEN 2 390:2004 y la Norma INEN 1 673:2013, respectivamente.
- Identificar las variables, parámetros y las operaciones necesarias para efectuar los cálculos de diseño en el proceso de obtención de hojuelas mediante una mezcla de harina de chocho y quinua.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del proceso de obtención de hojuelas confitadas sabor a vainilla a base de chocho y quinua.
- Validar la calidad de las hojuelas producidas mediante una caracterización físico, químico, y sensorial basada en la Norma INEN 2 516:2010.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencias teóricas

2.2.1. Leguminosas

Las leguminosas son plantas pertenecientes a la familia de las Fabaceae o Leguminosae y se encuentran distribuidas por todo el mundo, excepto en regiones polares y desérticas por sus temperaturas extremas. Con alrededor de 20 000 especies y 750 géneros, es la tercera familia más grande de angiospermas. Las leguminosas de grano representan el 27 % de la producción agrícola mundial y proporcionan el 33 % de la proteína alimentaria consumida por los seres humanos, mientras que las leguminosas gramíneas y forrajeras son una parte importante de la alimentación animal. La característica principal es que tienen frutos conocidos como legumbres, es decir, vainas que se abre longitudinalmente en dos valvas a lo largo de dos suturas (Llamas y Acedo, 2018, pp. 6-8).

Las leguminosas son plantas fijadoras de nitrógeno que contribuyen a la fertilidad y productividad de las tierras agrícolas, por lo que su cultivo contribuye a la agricultura sostenible y la protección del suelo. Son cultivos bajos en carbono que reducen los gases de efecto invernadero y son un aliado contra el cambio climático. Además, las leguminosas son fuente de nutrición, caracterizadas por ser naturalmente libres de colesterol, altas en hierro y zinc, bajas en índice glucémico, bajo contenido de grasa, son fuente de fibra y ricas en vitaminas del grupo B (Javaloyes, O'Broin y Calles, 2020, p. 13).

2.2.2. Chocho

El chocho, también conocida como tarwi o lupino, es una especie leguminosa originaria de los Andes centrales. Su cultivo se remonta a los inicios de la cultura Nazca, y desde entonces su cultivo se ha generalizado en las laderas de las montañas y valles altos de Ecuador, Bolivia y Perú. Se caracteriza por su alto valor nutritivo, contenido proteico y propiedades agronómicas como: rusticidad, capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico a la planta y adaptación a un ambiente ecológico más seco entre 2800- 3600 ms.n.m. La importancia del chocho en las sociedades andinas prehispánicas está documentada en pinturas y ofrendas encontradas en entierros entre el 100 y el 150 a.C. Desde la antigüedad, se han utilizado varios lavados y tratamientos a base de hierbas para eliminar los alcaloides tóxicos que producen el sabor amargo a la planta y grano (Tapia, 2015, p. 11).

2.2.2.1. Aspecto taxonómico del chocho

Se refiere a la clasificación del chocho o lupino según sus propiedades únicas.

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del chocho

Nombre científico	Lupinus mutabilis
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Genisteae
Género	Lupinus
Especie	Lupinus mutabilis Sweet

Fuente: (Tapia, 2015, p. 28)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

2.2.2.2. Composición química y nutricional del chocho

El chocho es importante por su alto contenido proteico y grasa, es conocido como la “Soya Andina” debido a que en relación con otras legumbres este contiene en promedio 42% de proteína en materia seca; pero el proceso de desamargado (eliminación de alcaloides) permite concentrar más el contenido de nutrientes de este alimento, registrándose valores de hasta un 51% de materia seca. El grano también tiene un alto contenido de aceite (18-22%), donde dominan los siguientes ácidos grasos: oleico con un 40.40%, linoleico (omega 3) con un 37.10% y linolénico (omega 6) con un 2.90 %. Gracias a su alto contenido en ácido oleico, el aceite de lupino puede tener un efecto positivo en la digestión porque estimula ciertas hormonas en el tracto digestivo. El chocho también es rico en ácido linoleico, un ácido graso esencial que además de ser una fuente de energía, posee propiedades que lo hacen único e indispensable durante las etapas más críticas del embarazo a nivel intrauterino y los primeros meses de la vida después del nacimiento (Llerena, 2022, pp. 69-70).

Tabla 1-2: Composición química y nutricional del chocho o lupino

Contenido	Choco desamargado
Proteína (%)	47,80
Grasa (%)	18,90

Fibra (%)	11,07
Humedad (%)	10,13
Ceniza (%)	4,52
Alcaloides (%)	3,26
Potasio (K)	1,22
Magnesio (Mg)	0,24
Calcio (Ca)	0,12
Fosforo (P)	0,60
Hierro (Fe) (ppm)	78,45
Cobre (Cu) (ppm)	12,65
Zinc (Zn) (ppm)	42,84
Manganeso (Mn) (ppm)	36,72

Fuente: (Allauca, 2005, p. 2)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

El mineral dominante del lupino es el calcio, es una sustancia blanquecina que los dientes y los huesos recogen y almacenan para mantener el crecimiento y la fuerza. El calcio se encuentra principalmente en la cáscara del grano, se recomienda consumirlo entero (con cáscara). El fosforo es un elemento que actúa como un regulador de calcio para los huesos, para la actividad del músculo cardíaco y la producción de energía. Entre los microelementos que contiene el chocho está el hierro que ayuda en producción de hemoglobina, el transporte de oxígeno y aumenta la resistencia a las enfermedades (Villacrés et al., 2006, p. 6).

2.2.2.3. Alcaloides en el chocho

Los alcaloides están presentes en el chocho en un 3.2%, lo cual determina que los granos sean tóxicos, amargos y limiten su consumo directo. Los alcaloides son sustancias orgánicas nitrogenadas de origen natural, de distribución limitada y propiedades farmacológicas específicas. Uno de los procesos para eliminar estos alcaloides de los granos consiste en seleccionar los granos, lavarlos manualmente, hidratarlos, hervirlos y lavarlos nuevamente (Villacrés et al., 2009, p. 6).

2.2.2.4. Cultivo de chocho en Ecuador

El chocho se cultiva en una zona agroecológica de arena seca con una altitud de 2600-3400 metros y una precipitación anual de 300-600 mm, con un pH de 5.5 a 7 y con una temperatura de entre 7-14 °C. En Ecuador, el chocho se cultiva en las montañas centrales de las provincias de

Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Carchi e Imbabura y en la provincia de Cotopaxi se tiene la mayor superficie de cultivo de chocho con 2.121 hectáreas (Guzmán et al., 2015, p. 5).

2.2.3. Pseudocereal

Los pseudocereales son una clase de plantas dicotiledóneas que se parecen a los cereales en su uso para la alimentación de ahí su nombre. No contienen gluten, por lo tanto, se utilizan ampliamente en formulaciones. Son ricos en almidón, fibra y proteínas de alta calidad, también son una buena fuente de minerales (calcio, hierro y zinc), vitaminas y fitoquímicos como saponinas, polifenoles y fitoesteroles. Los pseudocereales son cultivos promisorios de futuro debido a su alta variabilidad genética que les permite adaptarse a diferentes ambientes, desde condiciones climáticas tropicales hasta templadas. Las especies más importantes son la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), el amaranto (*Amaranthus sp.*) y el trigo sarraceno (*Fagopyrum sp.*) (Martínez, Peñas y Hernández, 2020, párr. 1).

2.2.4. Quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es una planta herbácea de la región andina de América del Sur que data desde 5000 a. C. al 3000 a. C. A lo largo de la historia de la civilización Inca, la quinua fue considerada un alimento sagrado. Sin embargo, el papel de la quinua cambió durante el período colonial español, dados sus vínculos culturales y religiosos, los españoles lo vieron como 'no cristiano' y, por lo tanto, buscaron reemplazarlo con otros cereales. Así, la producción, uso y consumo de quinua comenzó a disminuir en los entornos urbanos. Sin embargo, actualmente debido a su alto valor nutricional, capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas, tolerancia a suelos salinos, resistencia a temperaturas extremas y baja disponibilidad de agua, este producto alimenticio presenta aplicaciones en la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética, entre otras (Silva et al., 2020, p. 2).

2.2.4.1. Aspecto taxonómico de la quinua

Es la clasificación de la quinua por sus características destacadas.

Tabla 2-3: Clasificación taxonómica de la quinua

Nombre científico	Chenopodium quinoa
Reino	Plantae

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Chenopodiaceae
Subfamilia	Chenopodioideae
Tribu	Chenopodieae
Género	Chenopodium
Especie	Chenopodium quinoa Willd

Fuente: (Orgaz, 2020, p. 1)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

2.2.4.2. Composición química y nutricional de la quinua

La quinua es reconocida mundialmente por ser rico en nutrientes como fibra, lípidos, vitaminas y minerales de ahí el nombre “Grano de Oro de los Andes”. Contiene todos los aminoácidos esenciales por lo cual es considerado un producto completo y de fácil digestión, con una mayor proporción de lisina y metionina. No contiene gluten, por lo que es apto para celíacos que siguen una dieta sin gluten. Además, tiene valiosas propiedades medicinales que mejoran el sistema inmunológico, ayudan en la regeneración celular, la absorción y transporte del calcio; e incluso previene la metástasis del cáncer (Campos, Acosta y Paucar, 2022, p. 210).

La quinua es rica en carbohidratos de los cuales el 50-60% es almidón, también contiene calcio, magnesio y zinc. El calcio es fácilmente absorbido por el organismo, por lo que su ingesta ayuda a prevenir la descalcificación y la osteoporosis. El magnesio es un componente y activador de enzimas. El zinc participa en la síntesis y descomposición de carbohidratos, lípidos y proteínas (Campos, Acosta y Paucar, 2022, p. 211).

Tabla 2-4: Composición química y nutricional de la quinua

Contenido	Quinua	Unidad
Humedad	13,00	g
Grasa	4,7	g
Fibra	7,00	g
Proteína	14,12	g
Carbohidratos	64,16	g
Cenizas	2,38	g
Lípidos	6,07	g
Calcio (Ca)	47,00	mg

Hierro (Fe)	4,57	mg
Magnesio (Mg)	197,00	mg
Fosforo (P)	457,00	mg
Potasio (K)	536,00	mg
Sodio (Na)	5,00	mg
Zinc (Zn)	3,10	mg
Cobre (Cu)	0,59	mg

Fuente: (Pando y Castellanos, 2016, pp. 113-116)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023

2.2.4.3. *Saponinas en la quinua*

Las saponinas se encuentran principalmente en la cáscara y son las responsables del sabor amargo de los granos de quinua. Estos son compuestos químicos de tipo esteroles que cuando se lavan con agua generan una espuma blanquecina. Antes del consumo, la quinua debe ser desamargada mediante lavado o pulido a fondo, y estos métodos no tienen un efecto significativo en la composición final del grano (Pando y Castellanos, 2016, p. 116).

2.2.4.4. *Cultivo de quinua en Ecuador*

El Ecuador cuenta con una variedad de zonas productivas para el cultivo de la quinua con características geográficas y climáticas adecuadas para su desarrollo. Entre los requerimientos para su óptimo crecimiento se destaca contar con una altitud de 2400 a 3600 msnm, una precipitación anual de 500-800 mm, un pH de 5.5 a 8 y con una temperatura en el rango de 8 a 15°C. En el país se cultiva en la Sierra, especialmente en las provincias de Chimborazo, Carchi, Cotopaxi, Tungurahua, Imbabura, Pichincha y Loja, con un ciclo vegetativo entre los 5 a 8 meses dependiendo de las variedades existentes entre ellas están la Cochasqui, Tunkahuan, Ingapirca, Imbaya, entre otras (Mena, 2018, pp. 1-6).

2.2.5. *Harina*

Es un polvo más o menos fino que se obtiene al moler o triturar granos o legumbres secas, y la harina se puede hacer a partir de una variedad de granos. Es rica en almidón, proteínas, vitaminas del grupo B y minerales como hierro y calcio, dependiendo de la variedad y el grado de refinamiento. (Sifre et al., 2019, p. 3).

2.2.6. Hojuelas confitadas

Se refiere a un producto alimenticio a base de maíz, trigo, arroz, avena y otros cereales que han sido laminados a presión mediante la utilización de rodillos, se caracterizan por ser diseñados como un alimento económico, cómodo, nutritivo y sabroso apto para el consumo diario. Se preparan quitando la cubierta exterior del grano para luego ser procesada en harina, para su posterior cocción en un jarabe de azúcar, y finalmente se extiende la mezcla en finas hojuelas que luego se tuestan en hornos. Para las hojuelas se tiene en cuenta una humedad final de 11 a 13% (Condori, 2016, pp. 21-23).

Este producto se somete a diversos procesos industriales y se le agregan ingredientes como azúcar y aditivos como colorantes, saborizantes y edulcorantes artificiales que provocan condiciones nocivas para la salud humana como diabetes, desnutrición u obesidad. La siguiente tabla muestra algunas marcas de hojuelas confitadas conocidas por tener un alto porcentaje de azúcar en sus productos, junto con un estimado del porcentaje de azúcar que suelen contener:

Tabla 2-5: Hojuelas confitadas con alto porcentaje de azúcar

Marca	Porcentaje (%)
Frosted Flakes (Kellogg's)	37,0
Froot Loops (Kellogg's)	40,0
Honey Smacks (Kellogg's)	56,0
Golden Crisp (Post)	44,0

Fuente: (Cooper, 2011, párr. 1)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023

2.2.7. Esencia

Se refiere a los extractos concentrados de sabores naturales o artificiales que se utilizan para realzar el sabor de los alimentos y bebidas. Estas esencias suelen ser líquidas y se obtienen a través de procesos de extracción, destilación o síntesis química. Se utilizan con el fin de proporcionar un sabor específico a los alimentos, como vainilla, limón, fresa, chocolate, entre otros. Estas sustancias suelen ser altamente concentradas, por lo que se requiere solo una pequeña cantidad para obtener un sabor intenso. (Potenza, 2017, párr. 2).

2.2.8. Sorbato de potasio

El sorbato de potasio es un conservante bactericida y antiséptico suave, eficaz y seguro de amplia utilización en la industria alimentaria, especialmente en productos destinados a ser almacenados

y servidos a temperatura ambiente, se caracteriza por su aspecto de polvo cristalino blanco que es capaz de inhibir el crecimiento microbiano de levaduras, mohos y bacterias (Coproquim S.A., 2020, párr. 2).

2.2.9. Operación unitaria

En ingeniería química y campos relacionados, la operación unitaria se entiende como un paso característico en un proceso químico que intenta cambiar significativamente la composición a través de procesos físicos y fisicoquímicos. Todas las operaciones unitarias se basan en los mismos métodos y principios científicos, pero es importante definir los parámetros y requisitos operativos, ya que cada operación realiza una función importante y específica en un proceso determinado (McCabe, Smith y Harriott, 2007, p. 4).

2.2.9.1. Secado

Operación unitaria ampliamente utilizada en la industria que consiste en aplicar calor o una corriente de aire o gas para evaporar el líquido contenido en el material, dejando una sustancia seca. El objetivo principal del secado es reducir el contenido de humedad del material, lo que puede mejorar su estabilidad, prolongar su vida útil, facilitar su procesamiento, prevenir la proliferación de microorganismos y mejorar sus propiedades físicas (Quilca, 2020, p. 14).

2.2.9.2. Tostado

Se trata de una operación unitaria que consiste en exponer la materia prima de interés a altas temperaturas durante un tiempo limitado. El tostado produce pigmentos marrones que le dan sabor, color y promueven la actividad antioxidante (Zapata, Tamayo y Rojano, 2015, p. 7498).

2.2.9.3. Molienda

La molienda es el proceso de reducir el tamaño promedio de partícula de una muestra sólida. La reducción se realiza rompiendo o fraccionando mecánicamente la muestra al tamaño requerido utilizando maquinas conocidas como molinos o trituradoras (Dávila y Álvarez, 2011, p. 1).

2.2.9.4. Tamizado

Consiste en separar las distintas fracciones que componen un sólido granular, por medio de la diferencia de tamaño de sus partículas a partir de la utilización de tamices, donde el tamiz produce dos fracciones: la muestra gruesa y otra muestra fina (Quilca, 2020, p. 23).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del proyecto

La presente propuesta técnica se desarrollará en el Laboratorio de Procesos Naturales y en el Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en el km 1 ½ vía a Guayaquil.

Tabla 3-1: Ubicación y características geográficas de la ESPOCH

Parámetros	Descripción
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Latitud	1° 39' 32,3" sur
Altitud	2750 m.s.n.m
Temperatura promedio	10 °C y 18 °C
Coordenadas	78° 40' 20"

Fuente: (Google maps, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.



Ilustración 3-1: Localización de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Fuente: (Google maps, 2023)

3.2. Ingeniería del Proyecto

3.2.1. Tipo de estudio

El proyecto consiste en la obtención de hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla, con el objetivo de ofrecer un producto apto para el consumo humano que sea saludable y natural. Este proyecto es de tipo técnico e incluirá la recopilación de información de diversas fuentes bibliográficas relacionadas con el tema principal. Además, se aplicarán operaciones unitarias y diferentes enfoques de investigación, como el inductivo, deductivo y experimental, para diseñar el proceso de elaboración más eficiente. El resultado final será un producto de alta calidad que cumpla con los requisitos establecidos en la Normativa Técnica Ecuatoriana.

3.2.2. Métodos y técnicas

3.2.2.1 Métodos

Para llevar a cabo el proyecto, se emplearon los enfoques deductivo, inductivo y experimental como guía principal. El objetivo de utilizar estos métodos fue analizar los datos obtenidos en el proceso, evaluar las operaciones unitarias en cada etapa del desarrollo y determinar las condiciones óptimas para el diseño.

- **Método deductivo:** Este método parte de teorías existentes, principios científicos o conocimientos establecidos relacionados con el procesamiento de alimentos y la producción de hojuelas. Estas bases teóricas se utilizarían como punto de partida para formular hipótesis o premisas específicas sobre el diseño del proceso industrial para las hojuelas de chocho y quinua. Luego, se realizarían análisis, pruebas y evaluaciones para validar o refutar estas hipótesis.
- **Método inductivo:** La utilización de este método implica la recopilación de datos empíricos sobre la producción de hojuelas a base de chocho y quinua, como propiedades de los ingredientes, parámetros de procesamiento, características del producto final, etc. A partir de estos datos, se buscarían patrones, tendencias y generalizaciones que permitan obtener conocimientos más amplios sobre el diseño del proceso.
- **Método experimental:** Se emplea este método al realizar pruebas y ensayos a escala de laboratorio del proceso industrial para obtener hojuelas de chocho y quinua. Durante estos experimentos, se recogerían datos sobre parámetros de procesamiento, características físicas y químicas de las hojuelas, calidad del producto final, entre otros aspectos relevantes. Estos datos experimentales se utilizarían para evaluar la efectividad y eficiencia del proceso.

3.2.2.2. *Técnicas*

El trabajo de integración curricular se basará en la Normativa Técnica Ecuatoriana (INEN) 2 561: 2010 relacionada con la obtención de bocaditos de productos vegetales, así como en la utilización de diversas técnicas de laboratorio para llevar a cabo análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales tanto de la materia prima (chocho y quinua) como del producto final. Las muestras de interés fueron enviadas al laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC). Estos análisis garantizarán la calidad e inocuidad del producto, asegurando que cumplen con los estándares requeridos.

- *Técnicas para la caracterización de la materia prima*

A continuación, se describen las técnicas principales utilizadas para caracterizar el chocho y quinua:

Tabla 3-2: Determinación de humedad

Criterio	Fundamento	Método	Procedimiento	Cálculo
Humedad	Esta norma define el procedimiento para la determinación del contenido de humedad en granos y cereales.	NTE INEN 1 235	<ul style="list-style-type: none"> • La determinación debe realizarse dos veces utilizando la misma muestra preparada. • Se calienta la cápsula metálica junto con su tapa a una temperatura de 130 - 133°C durante aproximadamente 30 minutos, luego se enfría en un desecador y se pesa. • Se pesa 5 g de la muestra en la cápsula, y se coloca en la estufa junto con su tapa. • Se lleva la temperatura de la estufa a 130 - 133°C durante 2 horas, comenzando el tiempo cuando la estufa alcanza los 130°C. • Antes de sacar la cápsula de la estufa, se coloca la tapa, se traslada al desecador y se pesa una vez que haya alcanzado la temperatura ambiente. • Se vuelve a calentar la cápsula con su contenido durante 2 horas, se deja enfriar en el desecador y se pesa nuevamente. 	$H = (m_o - m_s) \times \frac{100}{m_o}$ <p>Dónde:</p> <p>H = humedad en porcentaje de masa m_o = masa de la muestra inicial en gramos m_s = masa de la muestra seca en gramos</p>

Fuente: (NTE INEN 1 235, 1987)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-3: Determinación de cenizas

Criterio	Fundamento	Método	Procedimiento	Cálculo
Cenizas	La determinación se realiza mediante la diferencia de peso al calcinar completamente una cantidad específica de muestra a una temperatura máxima en una mufla.	NTE INEN 520	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la determinación por duplicado. • Se calienta el crisol de porcelana vacío en la mufla ajustando a una temperatura de $(550 \pm 15^\circ\text{C})$ durante 30 minutos. • Posteriormente se enfría en un desecador, para luego transferir los 5 gramos de la muestra al crisol y pesarlo. • Colocar el crisol con su contenido cerca de la puerta abierta de la mufla y mantenerlo allí durante unos minutos para evitar la pérdida de material. • Introducir el crisol en la mufla a una temperatura de $(550 \pm 15^\circ\text{C})$ hasta obtener cenizas de color gris claro o hasta que el peso se mantenga constante. • Sacar el crisol con la muestra de la mufla, dejarlo enfriar en el desecador y pesar tan pronto como alcance la temperatura ambiente. 	$C = \frac{100 (m_3 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)}$ <p>Dónde:</p> <p>C = contenido de cenizas, en porcentaje de masa</p> <p>m_1 = masa de la capsula vacía en gramos</p> <p>m_2 = masa de la capsula con la muestra en gramos</p> <p>m_3 = masa de la capsula con las cenizas en gramos</p> <p>H = humedad en porcentaje de masa</p>

Fuente: (NTE INEN 520, 2013)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-4: Determinación de grasa

Criterio	Fundamento	Método	Procedimiento	Cálculo
Grasa	Establece el procedimiento utilizado para determinar el contenido de grasa o extracto etéreo en harinas de origen vegetal.	NTE INEN 523	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso de determinación debe realizarse dos veces utilizando la misma muestra preparada. • Limpiar el balón del aparato Soxhlet y secarlo en una estufa a una temperatura de $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante una hora. • Transferir el balón al desecador y pesarlo una vez que haya alcanzado la temperatura ambiente. • Después de completar la extracción, recuperar el disolvente mediante destilación y eliminar cualquier residuo de disolvente utilizando un baño María. • Colocar el balón que contiene la grasa en una estufa calentada a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos, enfriarlo hasta alcanzar la temperatura ambiente en el desecador y pesarlo. • Repetir el proceso de calentamiento en intervalos de 30 minutos, enfriar y pesar, hasta que la diferencia entre los resultados de dos pesajes sucesivos no exceda los 0,2 mg. 	$G = \frac{(m_2 - m_1)}{m (100 - H)} \times 100$ <p>Dónde:</p> <p>C = contenido de grasa, en porcentaje de masa</p> <p>m = masa de la muestra en gramos</p> <p>m₁ = masa del balón vacío en gramos</p> <p>m₂ = masa del balón con grasa en gramos</p> <p>H = porcentaje de humedad</p>

Fuente: (NTE INEN 523, 1980)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-5: Determinación de proteína

Criterio	Fundamento	Método	Procedimiento	Cálculo
Proteína	Establece el procedimiento de ensayo Kjeldahl para determinar el contenido de proteína total en una muestra. Esto implica mineralizar la muestra utilizando un método húmedo y alcalinizarla mediante el uso de una solución de NaOH.	NTE INEN 1 670	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar una muestra aproximada de 1g y colocarla en un matraz de mineralización. • Agregar 15g de sulfato potásico, 0,4g de un catalizador de CuO mezclado con 1,2g de sulfato cúprico, 25 cm³ de H₂SO₄. • Calentar el matraz mientras se agita con frecuencia hasta que la masa se carbonice y desaparezca la espuma. • Mantener la ebullición durante una hora, o hasta que la solución se vuelva incolora y transparente (o de color verde claro en presencia del catalizador a base de cobre). • Titular el exceso de ácido sulfúrico (H₂SO₄) con una solución de NaOH 0,1N en el matraz. • Por último, para determinar el contenido total de proteínas en cada muestra, realizar los cálculos correspondientes. 	$PT = \frac{1,4 \times 6,25 (V \times N' V' \times N)}{m}$ <p>Dónde:</p> <p>PT = contenido de proteína total</p> <p>V = volumen en cm³ de H₂SO₄ introducido en el vaso</p> <p>N = normalidad de la solución de H₂SO₄</p> <p>V' = volumen en cm³ de NaOH consumido en la valoración</p> <p>N' = normalidad de la solución de NaOH</p> <p>m = masa de la muestra en gramos</p>

Fuente: (NTE INEN 1 670, 1988)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-6: Determinación de fibra

Criterio	Fundamento	Método	Procedimiento	Cálculo
Fibra	Describe el procedimiento utilizado para determinar el contenido de fibra cruda en harinas de origen vegetal.	NTE INEN 522	<ul style="list-style-type: none"> • La determinación se lleva a cabo por duplicado. • Pesar 3g de la muestra y transferirla a un dedal sellándolo con algodón y colocarlo en una estufa a $130 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante una hora. • Transferir el dedal con la muestra al desecador y dejar que se enfríe a temperatura ambiente. • Colocar el dedal en el aparato Soxhlet y realizar una extracción de la grasa utilizando suficiente éter anhidro durante 4 horas. • Retirar el dedal con la muestra libre de grasa y permitir que el solvente se evapore exponiéndolo al ambiente. Luego, colocarlo en una estufa a 100°C durante 2 horas. • Pesar 2g de la muestra desengrasada y transferirla a un balón de precipitación de 600 cm^3. • Agregar 1g de asbesto preparado, 200 cm^3 de una solución hirviendo de H_2SO_4 a 0,255N y una gota de antiespumante diluido al balón. 	$F_c = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} \times 100$ <p>Dónde:</p> <p>Fc = contenido de fibra cruda en porcentaje de masa</p> <p>m = masa de la muestra desengrasada y seca en gramos</p> <p>m₁ = masa de crisol conteniendo asbestos y fibra seca en gramos</p> <p>m₂ = masa de crisol conteniendo asbesto después de la incineración en gramos</p> <p>m₃ = masa de crisol del ensayo en blanco conteniendo asbestos en gramos</p> <p>m₄ = masa de crisol del ensayo en blanco conteniendo asbesto después de la incineración en gramos</p>

			<ul style="list-style-type: none">• Colocar el balón de precipitación en el aparato de digestión y dejar que hierva durante 30 minutos.• Filtrar la mezcla utilizando una tela fina en un embudo y transferirlo a un Erlenmeyer de 1000 cm³, lavar el residuo con agua destilada caliente.• Transferir el residuo al balón de precipitación y agregar 200 cm³ de una solución de NaOH de 0,313 N. Colocar el balón en el aparato de digestión y llevarlo a ebullición durante 30 minutos.• Filtrar la mezcla, lavar el residuo con 25 cm³ de una solución de H₂SO₄ con una concentración de 0,255 N.• Pesar el residuo y transferirlo a un crisol de Gooch. Agregar 25 cm³ de alcohol etílico y filtrar al vacío.• Colocar el crisol de Gooch y su contenido en una estufa a 130 ± 2°C durante 2 horas. Luego, transferirlo al desecador, dejar que se enfríe y pesarlo.• Colocar el crisol con la muestra seca en una mufla y someterlo a una incineración a una temperatura de 500	
--	--	--	--	--

			$\pm 50^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos. Después, enfriar en el desecador y pesar.	
--	--	--	--	--

Fuente: (NTE INEN 522, 2013)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Requisitos de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las materias primas*

Tabla 3-7: Especificaciones de la calidad del chocho desamargado

Descripción	Producto comestible limpio húmedo
Presentación	Natural, uniforme, color blanco-crema
Olor	Característico, libre de olores extraños
Sabor	Característico, libre del sabor amargo

Fuente: (NTE INEN 2 390, 2004, p. 4)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-8: Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos del chocho desamargado

Parámetros	Unidad	Valor	Método de ensayo
Proteína	%	50 - 52	AOAC 955.04
Grasa	%	19 - 24	AOAC 920.85
Fibra	%	7 - 9	AOAC 962.09
Humedad	%	72 - 75	INEN 1 235
Ceniza	%	1,9 - 3,0	AOAC 942.05
Recuento de hongos y levaduras	UFC/cm ³	0 - 5x10 ²	NTE INEN 1529-10
Recuento coliformes totales	NMP/g	10 - 10 ²	NTE INEN 1 529-7

Fuente: (NTE INEN 2 390, 2004, p. 2)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-9: Especificaciones de la calidad de la quinua

Color	Natural, uniforme, característico de la variedad
Olor	Característico, libre de olores producidos por contaminación de mohos o mala conservación
Sabor	Característico, libre de sabor amargo

Fuente: (NTE INEN 1 673, 2013, p. 3)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-10: Requisitos fisicoquímicos de la quinua

Parámetros	Unidad	Valor		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Proteína	%	10,0	-	ISO 20483
Grasa	%	4	-	ISO 11085

Fibra cruda	%	3	-	NTE INEN 1671
Humedad	%	-	13,5	NTE INEN 1235
Ceniza	%	-	3,5	NTE INEN 1671

Fuente: (NTE INEN 1 673, 2013, p. 2)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-11: Requisitos microbiológicos de la quinua

Microorganismo	N	c	Valores		Método de ensayo
			Mínimo	Máximo	
Mohos	5	3	10 ²	10 ⁵	NTE INEN 1529-10

Fuente: (NTE INEN 1 673, 2013, p. 3)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Requisitos de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las harinas vegetales (chocho y quinua)*

Tabla 3-12: Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos de las harinas vegetales

Parámetros	Unidad	Valor máximo	Método de ensayo
Proteína	%	9	NTE INEN 519
Grasa	%	2	NTE INEN 523
Fibra	%	2,5	NTE INEN 522
Humedad	%	14,5	NTE INEN 1235
Ceniza	%	0,8	NTE INEN 401
Tamaño de partícula (tamiz 212 µm, mínimo)	%	95	NTE INEN 517

Fuente: (NTE INEN 616, 2015, pp. 3-4)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-13: Requisitos microbiológicos de las harinas vegetales

Microorganismo	Unidad	N	c	Valores		Método de ensayo
				Mín.	Máx.	
Mohos y levaduras	UFC/g	5	2	10 ³	10 ⁴	NTE INEN 1529-10

Fuente: (NTE INEN 616, 2015, p. 5)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Requisitos fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de las hojuelas confitadas*

Tabla 3-14: Requisitos fisicoquímicos y sensoriales de las hojuelas confitadas

Parámetros	Unidad	Valor máximo	Método de ensayo
Humedad	%	5	NTE INEN 519
Grasa	%	40	NTE INEN 523
Color	-	Nivel de aceptación	Ficha de degustación
Olor			
Sabor			
Textura			

Fuente: (NTE INEN 2 561, 2010, p. 2)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-15: Requisitos microbiológicos de las hojuelas confitadas

Microorganismo	Unidad	N	c	Valores		Método de ensayo
				Mín.	Máx.	
Mohos	UFC/g	5	2	10 ³	10 ⁴	NTE INEN 1529-10
E. coli	UFC/g	5	0	<10	-	NTE INEN 1529-7

Fuente: (NTE INEN 2 561, 2010, p. 2)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.3. Proceso a nivel de laboratorio

A continuación, se detalla el procedimiento completo de la obtención de las hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla, describiendo cada una de las fases involucradas en su elaboración.

3.3.1. Descripción del procedimiento

Para los ensayos de las hojuelas confitadas se utilizó los siguientes equipos y materiales a nivel de laboratorio:

Equipos:

- Balanza analítica
- Balanza digital
- Mesa de acero inoxidable

- Molino o pulverizador
- Estufa
- Tostador

Materiales:

- Recipientes plásticos y de acero inoxidable
- Cronómetro
- Rodillo
- Cernidor
- Molde circular
- Cucharón
- Esencia de vainilla
- Harina de chocho
- Harina de quinua
- Conservante (Sorbato de potasio)
- Azúcar
- Agua
- Mascarillas
- Guantes
- Cofia
- Papel kraft
- Papel enserado
- Empaque hermético

3.3.1.1. Descripción del proceso para la obtención de harina de chocho

- *Selección de la materia prima:* Se obtuvo la materia prima (chocho desamargado) del Mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba y se realizó una inspección minuciosa para garantizar su calidad. Durante este proceso, se clasificaron y seleccionaron los chochos que estuvieran en óptimas condiciones, descartando aquellos que presentaban daños tanto en la cáscara como en el grano. En este sentido, se pesó 4 kg de chocho con una humedad de 86.77%, la cual posteriormente pasara al proceso de lavado.



Ilustración 3-2: Selección y pesado de la materia prima (chocho)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Lavado:* Se llevó a cabo un proceso de lavado exhaustivo de la materia prima inicial utilizando una cantidad considerable de agua. Posteriormente, se aplicó el desinfectante BioCleaner Food Wash con el objetivo de eliminar bacterias y gérmenes que pudiera estar presente en la materia prima.



Ilustración 3-3: Lavado y desinfección del chocho

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Deshidratado:* El chocho fue puesto sobre papel kraft y colocado en una bandeja dentro de una estufa de aire forzado. La estufa se ajustó a una temperatura de 70°C y se dejó actuar durante aproximadamente 24 h (López, 2013, p. 38). Este proceso tuvo como objetivo reducir al máximo la cantidad de agua presente en el grano.



Ilustración 3-4: Deshidratado del chocho

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Molienda:* Se llevó a cabo la pulverización del chocho previamente seco o deshidratado utilizando un molino, con el fin de obtener un polvo fino con partículas de menor tamaño.



Ilustración 3-5: Molienda del choco deshidratado

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Tamizado:* Después obtener un polvo fino de la muestra de chocho, se llevó a cabo un proceso de tamizado para separar las partículas de diferentes tamaños. Esto permitió obtener una harina más fina y homogénea. Según la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 616 : 2015 relacionado a los requisitos de la harina de trigo, nuestra muestra pasara a través de un tamiz de al menos 210 μm .



Ilustración 3-6: Tamizado de la harina de chocho

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Empacado:* La harina obtenida se almacenó en un envase hermético para protegerla de la humedad y garantizar que sus características no se vean alteradas, prolongando así su vida útil.



Ilustración 3-7: Empacado y pesaje de la harina de chocho

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.3.1.2. Descripción del proceso para la obtención de harina de quinua

- *Recepción de la materia prima:* Se adquirió la quinua previamente pelada y lavada del Mercado Mayorista de Riobamba. Sin embargo, se realizó una inspección minuciosa para detectar y eliminar cualquier tipo de impurezas. De esta forma, solo se seleccionó 2 kg de la materia prima que estaban en mejores condiciones y eran adecuados para la elaboración de la harina.



Ilustración 3-8: Recepción y limpieza de la materia prima (quinua)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Tostado:* La quinua previamente limpia es llevada al tostador y se somete a un proceso de tostado a una temperatura de 85 - 90 °C durante 2 horas, hasta que adquirieron un color dorado y aroma dulce. Fue fundamental evitar que los granos se quemaran, ya que esto podría alterar tanto el sabor como el olor de la harina de quinua.



Ilustración 3-9: Tostado de la quinua

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Molienda:* Se llevó la quinua tostada al molino o pulverizador hasta obtener una harina de consistencia fina.



Ilustración 3-10: Molienda de la quinua tostada

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Tamizado:* Se llevó a cabo el proceso de tamizado con la finalidad de obtener una harina más fina y homogénea, es decir compuesta por sólidos de tamaño de partícula uniforme. Se aseguró que la harina pasara como mínimo por un tamiz de 210 μm , valor estimado según la NTE INEN 616 : 2015.



Ilustración 3-11: Tamizado de la harina de quinua

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Empacado:* La harina de quinua se conserva en un envase hermético para protegerla de la humedad e impedir la contaminación con agentes externos que pueden alterar las características de la misma.



Ilustración 3-12: Empacado y pesaje de la harina de quinua

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.3.1.3. Descripción del proceso para la obtención de las hojuelas confitadas

- *Pesaje:* Se utilizó una balanza digital para medir y obtener la cantidad precisa de cada ingrediente necesaria para el proceso.

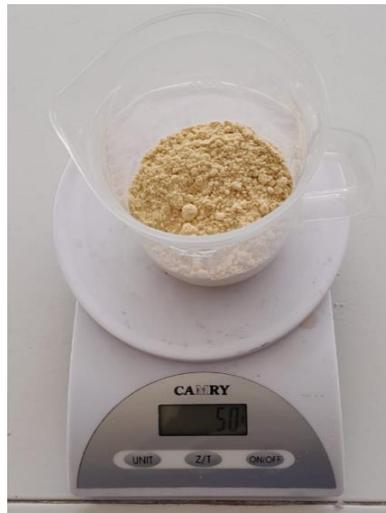


Ilustración 3-13: Pesaje de la harina de chocho

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.



Ilustración 3-14: Pesaje de la harina de quinua

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Mezclado:* En un recipiente, se combinaron la harina de chocho y de quinua junto con azúcar, sorbato de potasio, una pequeña cantidad de esencia de vainilla y agua. Se mezclaron todos los ingredientes hasta obtener una masa homogénea.



Ilustración 3-15: Mezcla de los ingredientes

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.



Ilustración 3-16: Masa homogénea

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Laminado y cortado*: Se colocó la masa homogénea en papel encerado para evitar que se pegue y sea más fácil de aplanar con un rodillo, hasta obtener una lámina muy delgada con un espesor de aproximadamente 5 mm. Posteriormente con ayuda de un cortador darle una forma circular a la masa aplanada.

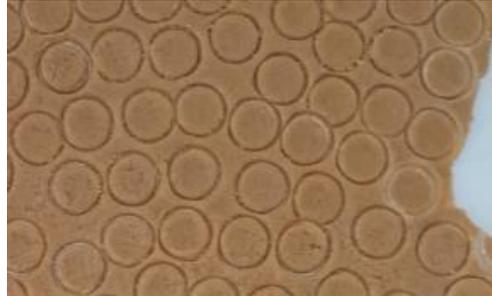


Ilustración 3-17 Moldeado y forma de la masa

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Secado*: La masa fue horneada a una temperatura de 145 °C durante 20 minutos de acuerdo con (Azaña, 2022, p.47) con la finalidad de evitar que se vuelvan duros o quemados y pierdan su sabor original. Después de este tiempo, se roció almíbar hecho con agua, azúcar impalpable y esencia de vainilla sobre la masa, y se espolvoreó una pequeña cantidad de azúcar impalpable para lograr una textura caramelizada. Posteriormente, la masa fue colocada nuevamente en el horno a 145 °C durante 5 minutos adicionales para obtener una textura crujiente.



Ilustración 3-18: Secado de masa homogénea

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Enfriado*: Se procedió a retirar el producto de la estufa para evitar que se cocinara en exceso y perdiera sus características. Luego, se dejó reposar el producto a temperatura ambiente hasta alcanzar una temperatura cercana a 15°C.



Ilustración 3-19: Enfriado de las hojuelas confitadas

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- *Empacado:* Las hojuelas confitadas se colocan en un envase hermético para protegerla de la humedad e impedir la contaminación con agentes externos que pueden alterar las características de la misma. Además, este tipo de producto no se empaca al vacío principalmente debido a que su estructura puede resultar dañada por la presión del vacío.



Ilustración 3-20: Empacado de las hojuelas confitadas

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.3.2. *Formulación de las hojuelas confitadas a partir de chocho y quinua*

Se llevaron a cabo tres formulaciones distintas con el objetivo de obtener el mejor producto que cumpliera con todos los requisitos establecidos, tanto desde el punto de vista nutricional como sensorial. Esto se hizo con el propósito de evaluar y seleccionar la formulación más adecuada que cumpliera con los criterios establecidos en ambos aspectos.

Tabla 3-16: Formulaciones de porcentaje de harina de chocho y harina de quinua

Componentes	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	Porcentaje %	Porcentaje %	Porcentaje %
Harina de chocho	25	50	75
Harina de quinua	75	50	25

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 3-17: Componentes para la elaboración de las hojuelas confitadas

Ingreso	Formulación 1		Formulación 2		Formulación 3	
	Pesos (g)	%	Pesos (g)	%	Pesos (g)	%
Harina de chocho	50	10,90	100	21,81	150	32,71
Harina de quinua	150	32,71	100	21,81	50	10,90
Azúcar	100	21,81	100	21,81	100	21,81
Esencia de vainilla	8	1,74	8	1,74	8	1,74
Sorbato de potasio	0,60	0,13	0,60	0,13	0,60	0,13
Agua	150	32,71	150	32,71	150	32,71
Total	458,6	100	458,6	100	458,6	100

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.3.2.1. Análisis de discriminación para la formulación

Se llevó a cabo una evaluación sensorial de las tres formulaciones desarrolladas para obtener las hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla. Esto se hizo mediante una encuesta aplicada, con el objetivo de determinar cuál de los productos tenía mayor demanda entre los encuestados. Los resultados finales revelaron si el producto fue aceptado o no en el mercado, considerando a los encuestados como posibles clientes o consumidores del producto.

- **Procedimiento**

Con el fin de diferenciar cada una de las formulaciones, se les asignó una codificación, tal como se ilustra en la tabla siguiente:

Tabla 3-18: Asignación de códigos a las distintas formulaciones del producto final

Número de la formulación	Código de identificación
1	TH1
2	TH2
3	TH3

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

El 18 de mayo de 2023 se llevaron a cabo encuestas con la participación de 100 personas como jueces, incluyendo estudiantes, técnicos de laboratorio y docentes, que se encontraban en diferentes áreas como laboratorios y aulas de clase. La encuesta se llevó a cabo desde las 8:00 hasta las 17:00 horas de ese mismo día. Cada formulación fue proporcionada por la encuestadora en un vaso de plástico para su degustación.

Una vez finalizadas las encuestas, se procedió a realizar el correspondiente análisis estadístico con el objetivo de evaluar cuál de las formulaciones fue más aceptada por el público en general.

- **Resultados**

Con el fin de obtener resultados más confiables de las encuestas, se utilizó el test estadístico de Kruskal-Wallis a través del programa SPSS (Statistical Package for the Social Science). Mediante pruebas de hipótesis, se buscó identificar qué formulación (TH1, TH2, TH3) tuvo una mayor aceptación en el análisis sensorial. Para ello, se evaluaron cuatro parámetros (sabor, olor, color y textura) y se planteó la relación de significancia para determinar si existían diferencias importantes en la apreciación de las personas respecto a las fórmulas. En consecuencia, se establecieron hipótesis para cada una de las combinaciones de variables propuestas.

Planteamiento de la hipótesis:

Color

H₀: No se encontraron diferencias significativas en la percepción del color entre las formulaciones utilizadas para la obtención de las hojuelas confitadas.

H_a: Si se encontraron diferencias significativas en la percepción del color entre las formulaciones utilizadas para la obtención de las hojuelas confitadas.

Sabor

Ho: No se encontraron diferencias significativas en cuanto al sabor entre las formulaciones utilizadas para la obtención de las hojuelas confitadas.

Ha: Si se encontraron diferencias significativas en cuanto al sabor entre las formulaciones utilizadas para la obtención de las hojuelas confitadas.

Textura

Ho: No se encontraron diferencias significativas en la textura que presenta las formulaciones utilizadas para la obtención de las hojuelas confitadas.

Ha: Si se encontraron diferencias significativas en la textura que presenta las formulaciones utilizadas para la obtención de las hojuelas confitadas.

Olor

Ho: No se encontraron diferencias significativas en el olor de las formulaciones utilizadas para la obtención de las hojuelas confitadas.

Ha: Si se encontraron diferencias significativas en el olor de las formulaciones utilizadas para la obtención de las hojuelas confitadas.

Para determinar qué prueba estadística utilizar, primero se realiza un análisis de la normalidad de los datos. Dado que los datos tienen un tamaño superior a 50, se aplica la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 3-19: Prueba de Normalidad de datos

Parámetro_Formulación	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
COLOR_TH1	0,448	100	0,000
COLOR_TH2	0,413	100	0,000
COLOR_TH3	0,370	100	0,000
SABOR_TH1	0,321	100	0,000
SABOR_TH2	0,326	100	0,000
SABOR_TH3	0,274	100	0,000
TEXTURA_TH1	0,429	100	0,000
TEXTURA_TH2	0,336	100	0,000

TEXTURA_TH3	0,262	100	0,000
OLOR_TH1	0,500	100	0,000
OLOR_TH2	0,469	100	0,000
OLOR_TH3	0,399	100	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Dado que el valor de significancia es inferior al estadístico de prueba ($p < 0,05$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Esto indica que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad y, por lo tanto, se requiere utilizar pruebas no paramétricas para el análisis. Para verificar la hipótesis, se procede a realizar la prueba estadística de Kruskal-Wallis debido a la presencia de tres muestras independientes.

Tabla 3-20: Prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para parámetros de las formulaciones

Estadísticos de prueba ^{a,b}				
	Color	Sabor	Textura	Olor
H de Kruskal-Wallis	12,838	21,083	10,101	10,917
gl	2	2	2	2
Sig. asin.	0,002	0,000	0,006	0,004

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Formulación

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

El nivel de significancia es inferior a 0,05 para los cuatro parámetros sensoriales (sabor, textura, olor y color). Por lo tanto, se aceptan las hipótesis alternativas para los cuatro parámetros, lo que indica que existe una relación significativa entre los parámetros en las tres formulaciones.

Tabla 3-21: Tabla cruzada de cada formulación respecto al parámetro sensorial de color

			Sensorial_Color			Total
			No me gusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	
Formulación	TH1	Recuento	4	14	82	100
		% del total	1,3%	4,7%	27,3%	33,3%
	TH2	Recuento	6	25	69	100
		% del total	2,0%	8,3%	23,0%	33,3%
	TH3	Recuento	10	54	36	100

		% del total	3,3%	18,0%	12,0%	33,3%
Total		Recuento	20	93	187	300
		% del total	6,7%	31,0%	62,3%	100,0%

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Para el parámetro del color en la Tabla 3-21, se puede apreciar que la formulación TH1 cuenta con mayor tasa de aceptación con un 27,3% en el ámbito sensorial positivo (me gusta). La formulación TH2 indica que la aceptación más alta es del 23,0% en el ámbito sensorial positivo. Mientras que la formulación TH3 tiene una tasa de aceptación del 18,0% en el ámbito sensorial neutro (Ni me gusta ni me disgusta).

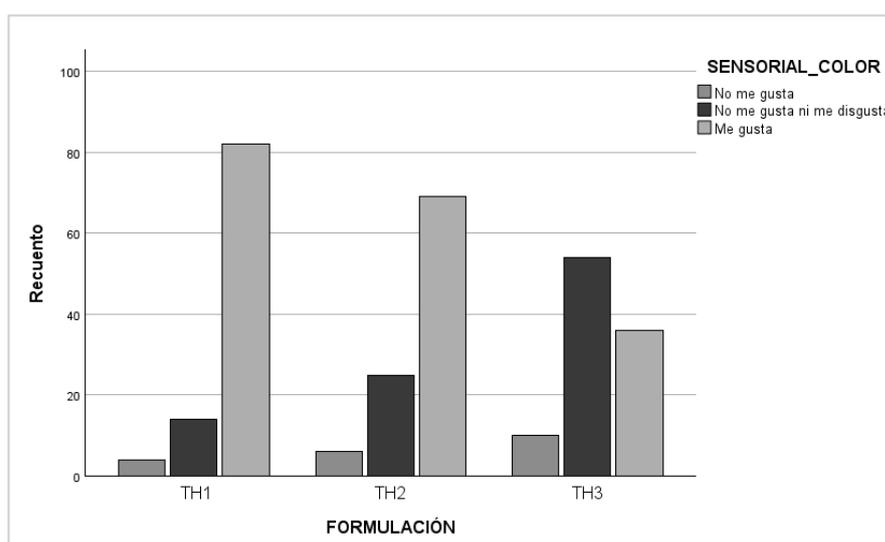


Ilustración 3-21: Resultado del color más aceptado entre las tres formulaciones

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

En la Ilustración 3-21, se puede observar que la formulación TH1 cuenta con la mayor aceptación en términos de color, alcanzando un 27,3% de aceptación. Por otro lado, la formulación TH2 presenta una aceptación del 23,0%, siendo un valor cercano a la primera formulación. En cuanto a la formulación TH3, se registra una aceptación del 12,07%, siendo la de menor aceptación.

Tabla 3-22: Tabla cruzada de cada formulación respecto al parámetro sensorial del sabor

			Sensorial_Sabor			Total
			No me gusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	
Formulación	TH1	Recuento	7	27	66	100
		% del total	2,3%	9,0%	22,0%	33,3%
	TH2	Recuento	3	48	49	100
		% del total	1,0%	16,0%	17,0%	34,0%

		% del total	1,0%	16,0%	16,3%	33,3%
	TH3	Recuento	19	45	36	100
		% del total	6,3%	15,0%	12,0%	33,3%
Total		Recuento	29	120	151	300
		% del total	9,7%	40,0%	50,3%	100,0%

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

En la Tabla 3-22, se observa el parámetro sensorial relacionado con el sabor, la formulación TH1 presenta la mayor aceptación con un 22,0% en el ámbito sensorial positivo (me gusta). La formulación TH2 muestra valores cercanos tanto en el ámbito positivo como en el neutral, con una diferencia de solo 0,3%. En cuanto a la formulación TH3, tiene una tasa de aceptación del 15,0% en el ámbito sensorial neutro (ni me gusta ni me disgusta).

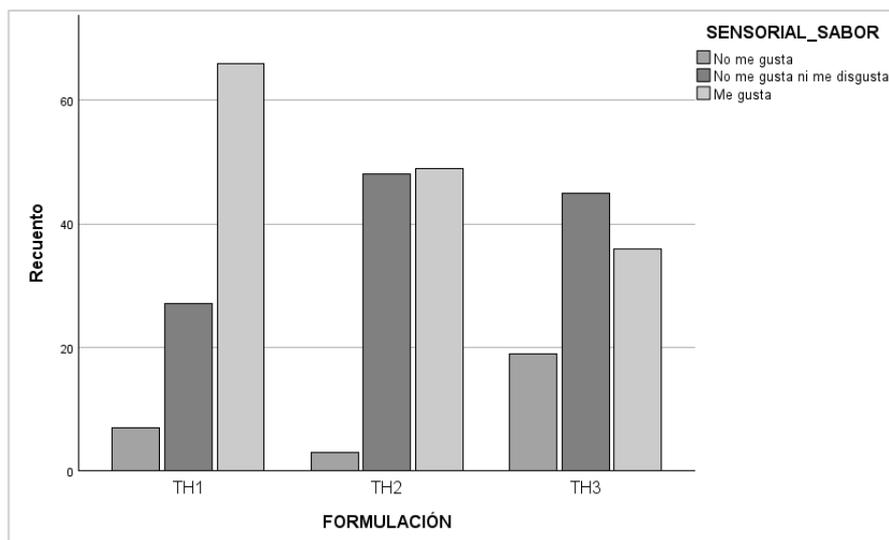


Ilustración 3-22: Resultado del sabor más aceptado entre las tres formulaciones

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

En la Ilustración 3-22, se puede apreciar que la formulación TH1 muestra la mayor aceptación en cuanto al sabor, alcanzando un 22,0% de aceptación. Por otro lado, las formulaciones TH2 y TH3 presentan una aceptación del 16,3% y 12,0%, respectivamente, siendo estas las de menor aceptación.

Tabla 3-23: Tabla cruzada de cada formulación respecto al parámetro sensorial de textura

			Sensorial_Textura			Total
			No me gusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	
Formulación	TH1	Recuento	7	30	63	100
		% del total	2,3%	10,0%	21,0%	33,3%
	TH2	Recuento	3	22	75	100
		% del total	1,0%	7,3%	25,0%	33,3%
	TH3	Recuento	9	37	54	100
		% del total	3,0%	12,3%	18,0%	33,3%
Total		Recuento	19	89	192	300
		% del total	6,3%	29,7%	64,0%	100,0 %

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

En la Tabla 3-23 se puede apreciar que el parámetro de textura registra la mayor aceptación, alcanzando un 64,0%. Los encuestados mostraron una alta aceptación positiva (me gusta) en relación a las tres formulaciones, y estos resultados se utilizaron para determinar cuál es la más aceptada en términos de textura.

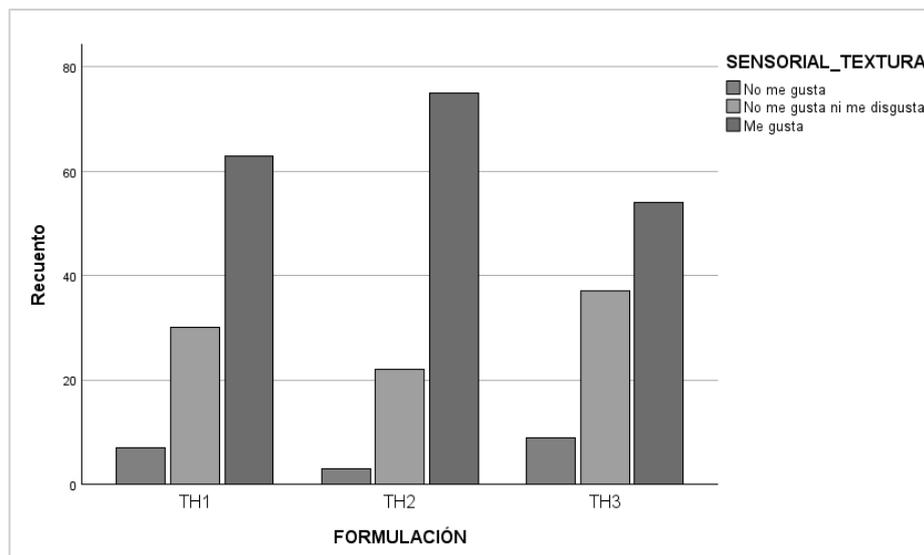


Ilustración 3-23: Resultado de la textura más aceptado entre las tres formulaciones

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

En la Ilustración 2-23, se puede observar que la formulación con la mayor aceptación en cuanto a textura es la TH2, con un 25%. Para la fórmula TH1, la aceptación es del 21,0%, mientras que la formulación TH3 presenta la menor aceptación, con un 18,0%.

Tabla 3-24: Tabla cruzada de cada formulación respecto al parámetro sensorial de olor

			Sensorial_Olor			Total
			No me gusta	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	
Formulación	TH1	Recuento	1	16	83	100
		% del total	0,3%	5,3%	27,7%	33,3%
	TH2	Recuento	2	21	77	100
		% del total	0,7%	7,0%	25,7%	33,3%
	TH3	Recuento	5	33	62	100
		% del total	1,7%	11,0%	20,7%	33,3%
Total		Recuento	8	70	222	300
		% del total	2,7%	23,3%	74,0%	100,0%

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Se puede apreciar en la Tabla 3-24, que el 74,0% de los encuestados mostraron una aceptación positiva para las tres formulaciones que se utilizaron para determinar cuál es la más aceptada en el parámetro de olor.

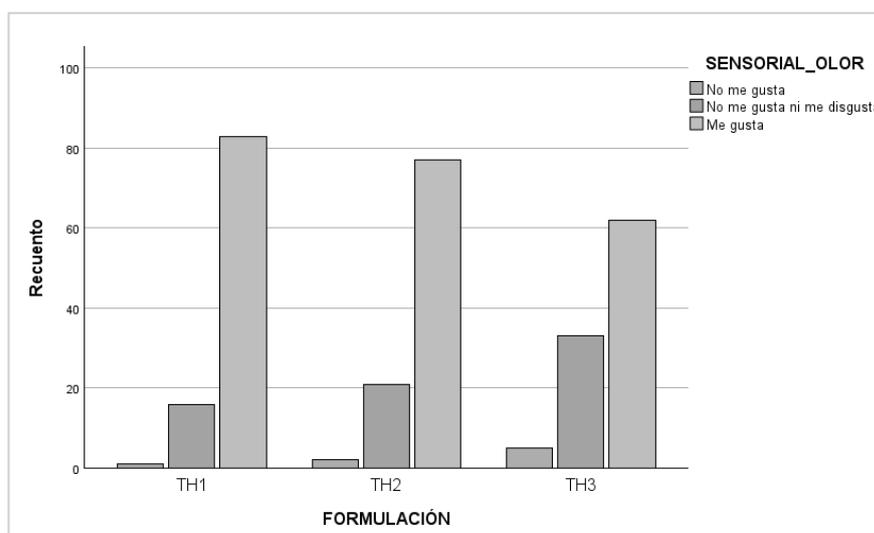


Ilustración 3-24: Resultado del olor más aceptado entre las tres formulaciones

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

En la Figura 3-24, se evidencia que la formulación TH1 obtiene la mayor aceptación en términos de color por parte de los panelistas, con un 27,7%. Seguido de la formulación TH2, con un 25,7% de aceptación, y en último lugar se encuentra la formulación TH3, con un 20,7% de aceptación en cuanto al olor.

Una vez obtenidos los resultados de la evaluación sensorial de los diferentes parámetros, se procede a analizar si existe una diferencia significativa entre las tres formulaciones utilizando la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba se utiliza para comprobar hipótesis y se plantean las siguientes:

Hipótesis nula (H₀): No existe diferencia significativa en la apreciación de los encuestados con respecto a cuál de las tres formulaciones tiene la mayor aceptación.

Hipótesis alternativa (H_a): Existe diferencia significativa en la apreciación de los encuestados con respecto a cuál de las tres formulaciones tiene la mayor aceptación.

En la Tabla 3-25, se presenta la prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para determinar si existe una relación entre las tres formulaciones evaluadas.

Tabla 3-25: Prueba de hipótesis para evidenciar relación entre las tres formulaciones

	Aceptación_Formulación
H de Kruskal-Wallis	18,765
gl	2
Sig. asin.	0,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Formulación

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

De acuerdo a la Tabla 3-25, se puede observar que el valor de significancia es menor que el estadístico de prueba ($p < 0,05$). Esto indica que existe una diferencia significativa entre al menos una de las formulaciones evaluadas.

Tabla 3-26: Tabla cruzada respecto a la aceptación de las formulaciones

			Aceptación_Formulación			Total
			Baja Aceptación	Mediana Aceptación	Alta Aceptación	
Formulación	TH1	Recuento	16	34	50	100

		% del total	5,3%	11,3%	16,7%	33,3%
	TH2	Recuento	27	35	38	100
		% del total	9,0%	11,7%	12,7%	33,3%
	TH3	Recuento	46	39	15	100
		% del total	15,3%	13,0%	5,0%	33,3%
Total		Recuento	89	108	103	300
		% del total	29,7%	36,0%	34,3%	100,0%

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

En la Tabla 3-26, se puede apreciar que la formulación TH1 presenta una aceptación elevada del 16,7% respecto al resto, mientras que la formulación TH2 muestra una aceptación promedio del 12,7%. Y la formulación TH3 registra una aceptación inferior con un 5,0%.

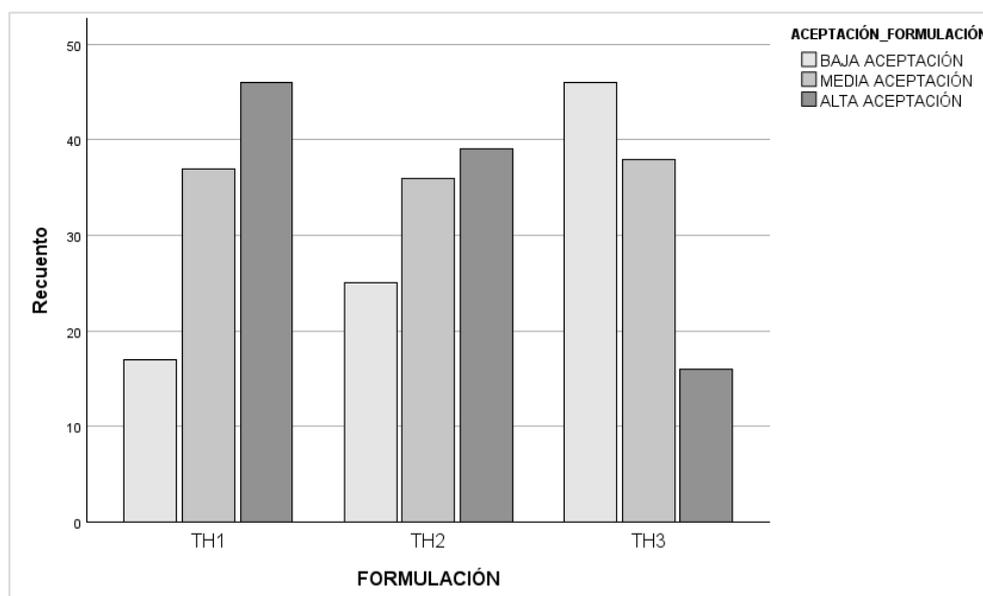


Ilustración 3-25: Resultado de la aceptación de las formulaciones

Elaborado por: Alvarez, Allison, 2023.

Al analizar la Ilustración 3-25, se puede observar la relación entre los niveles de aceptación de las tres formulaciones. De acuerdo con los resultados, se destaca que la formulación TH1 es la más aceptada y la más recomendada para la producción. Esta formulación ha demostrado mejores resultados tanto en la evaluación de parámetros individuales como en términos generales de

aceptación. Por lo tanto, se sugiere dar prioridad a la formulación TH1 debido a su desempeño superior en comparación con las otras formulaciones.

3.4. Proceso a nivel de laboratorio

3.4.1. Variables del proceso

Las variables más relevantes que influyen en el proceso de obtención de hojuelas confitadas sabor vainilla a partir de chocho y quinua son:

- **Humedad:** Es crucial mantener la humedad adecuada de la materia prima durante los procesos de deshidratación y tostado. Para el chocho se recomienda una humedad del 10 al 13 % para conservar los chochos de manera óptima. Y para lograr una textura crocante al tostar la quinua, se recomienda trabajar con un contenido de humedad de alrededor del 10% al 12%.
- **Temperatura:** Esta variable es la más crucial ya que debe ser monitoreada durante las etapas de secado, tostado, deshidratación, enfriamiento y conservación para prevenir cualquier tipo de alteración en el producto final.
- **Tiempo:** Variable que permite tener el control y verificación de las etapas de secado, tostado y deshidratación, con la finalidad de evitar pérdidas de producto y materia prima.

Tabla 3-27: Variables del proceso

Variable	Proceso	Parámetro
Humedad	Etapa de deshidratación	10 - 13%
	Etapa de tostado	10 - 12%
Temperatura	Etapa de deshidratación	70 °C
	Etapa de tostado	85 - 90 °C
	Etapa de secado	145 °C
	Etapa de enfriamiento	15 °C
Tiempo	Etapa de deshidratación	24 horas
	Etapa de tostado	2 horas
	Etapa de secado	25 min

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.4.2. Operaciones unitarias del proceso

En la siguiente tabla se presenta las etapas de procesamiento involucradas en la elaboración de hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla.

Tabla 3-28: Operaciones del proceso para la obtención de las hojuelas confitadas

Materia/Producto	Proceso	Descripción
Chocho	Deshidratación	Proceso para eliminar la humedad y reducir el peso de los chochos (materia prima), mediante el uso de una estufa a una temperatura constante de 70°C durante aproximadamente 24 horas.
Quinua	Tostado	En este proceso mediante la aplicación de altas temperaturas de entre 85 - 90 °C, se modifica las características de la quinua, como su color, sabor y textura.
Harina	Molienda	Mediante el uso de un molino o triturador, se logró disminuir el tamaño de las partículas del producto seco hasta obtener un polvo fino similar a la harina.
	Tamizado	Consiste en la separación del producto obtenido después de la molienda, utilizando una superficie perforada con orificios de tamaño uniforme.
Hojuelas confitadas	Mezclado	En este proceso, se añadieron las proporciones establecidas de la materia prima y otros aditivos necesarios para elaborar las hojuelas confitadas. Luego, se mezclaron con movimientos envolventes hasta obtener una masa uniforme y homogénea.
	Laminado	Consiste en la compresión de la masa uniforme, hasta alcanzar un grosor aproximado de 5 mm, para así obtener una lámina fina y plana.
	Cortado	Durante este proceso se llevó a cabo cortes circulares en la lámina, dividiéndola en círculos de idéntico tamaño y forma.
	Secado	Esta unidad de proceso consistió en hornear la masa que previamente había sido cortada, a una temperatura de 145 °C durante un total de 25 minutos.

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.4.3. *Formulación para la obtención de hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla*

A continuación, se detalla la fórmula para obtener hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla. Tomando en cuenta la cantidad de ingredientes y aditivos utilizados a nivel de laboratorio, y se calculó proporcionalmente de acuerdo con la cantidad de producción requerida por una empresa (250 kg).

- Chocho

$$\begin{aligned}208 \text{ g} &\rightarrow 4\,000 \text{ g} \\250 \text{ kg} &\rightarrow x \\x &= 4807,69 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{4\,900 \text{ kg}}\end{aligned}$$

- Quinua

$$\begin{aligned}208 \text{ g} &\rightarrow 2\,000 \text{ g} \\250 \text{ kg} &\rightarrow x \\x &= 2\,403,84 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{2\,500 \text{ kg}}\end{aligned}$$

- Harina de chocho

$$\begin{aligned}208 \text{ g} &\rightarrow 50 \text{ g} \\250 \text{ kg} &\rightarrow x \\x &= 60,09 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{61 \text{ kg}}\end{aligned}$$

- Harina de quinua

$$\begin{aligned}208 \text{ g} &\rightarrow 150 \text{ g} \\250 \text{ kg} &\rightarrow x \\x &= 1\,80,28 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{181 \text{ kg}}\end{aligned}$$

- Azúcar

$$\begin{aligned}208 \text{ g} &\rightarrow 100 \text{ g} \\250 \text{ kg} &\rightarrow x \\x &= 120,19 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{121 \text{ kg}}\end{aligned}$$

- Agua

$$\begin{aligned}208 \text{ g} &\rightarrow 150 \text{ g} \\250 \text{ kg} &\rightarrow x\end{aligned}$$

$$x = 180,28 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{181 \text{ kg}}$$

- Esencia de vainilla

$$208 \text{ g} \rightarrow 8 \text{ g}$$

$$250 \text{ kg} \rightarrow x$$

$$x = 9,61 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{10 \text{ kg}}$$

- Sorbato de potasio

$$208 \text{ g} \rightarrow 0,6 \text{ g}$$

$$250 \text{ kg} \rightarrow x$$

$$x = 0,72 \text{ kg} \rightarrow \mathbf{0,7 \text{ kg}}$$

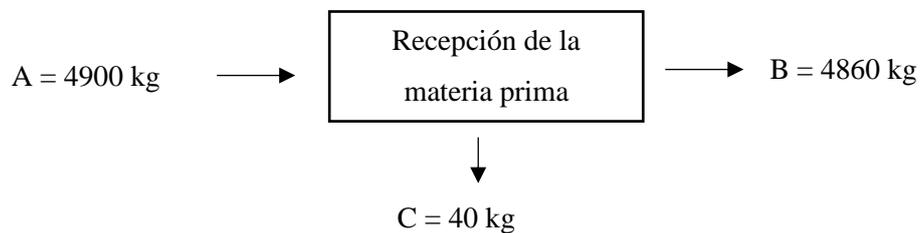
3.4.4. Balance de masa y energía

3.4.4.1. Balance de masa

La obtención de hojuelas confitadas se lleva a cabo en tres etapas. La primera consiste en obtener harina de chocho, la segunda en obtener harina de cebada, y la tercera en preparar las hojuelas confitadas. Para determinar el balance de masa, se analizarán únicamente aquellas etapas en las que haya ocurrido un cambio de peso, tanto en la materia prima como en el producto final obtenido.

- Primera etapa

Recepción de la materia prima



Dónde:

A: Alimentación de chocho, en kg.

B: Peso del chocho en buen estado, en kg.

C: Peso del chocho con impurezas, en kg.

E: Entrada

S: Salida

Ecuación 3-1: Rendimiento de la recepción de chocho

$$E = S$$

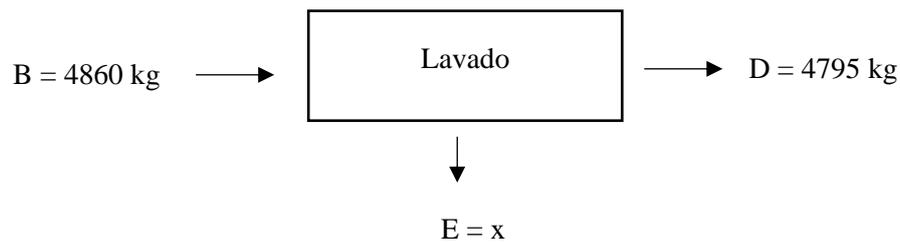
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{S}{E} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{B}{A} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{4860 \text{ kg}}{4900 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 99,18 \%$$

Lavado



Dónde:

B: Peso del chocho en buen estado, en kg.

D: Chocho lavado y desinfectado, en kg.

E: Pérdida de impurezas, microorganismos y suciedad, en kg.

Ecuación 3-2: Cantidad de pérdidas después del lavado

$$E = S$$

$$B = D + E$$

$$E = B - D$$

$$E = (4860 - 4795) \text{ kg}$$

$$E = 65 \text{ kg}$$

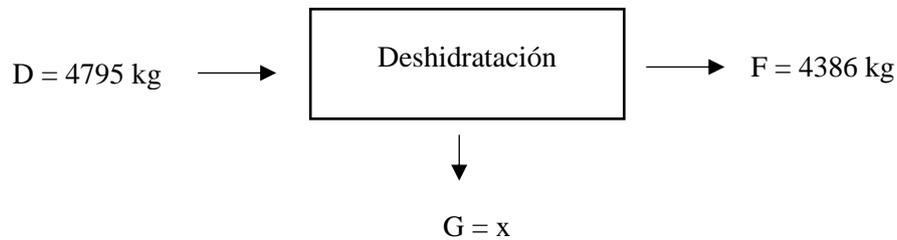
Ecuación 3-3: Rendimiento del lavado de chocho

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{D}{B} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{4795 \text{ kg}}{4860 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 98,66 \%$$

Deshidratación



Dónde:

D: Chocho lavado y desinfectado, en kg.

F: Peso del chocho deshidratado o seco, en kg.

G: Agua evaporada, en kg.

Ecuación 3-4: Cantidad de agua contenida en los chochos

$$G = D - F$$

$$G = (4795 - 4386) \text{ kg}$$

$$G = 409 \text{ kg}$$

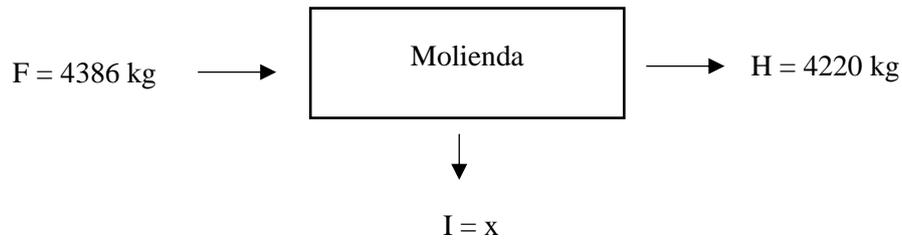
Ecuación 3-5: Rendimiento del deshidratado de chocho

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{F}{D} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{4386 \text{ kg}}{4795 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 91,47 \%$$

Molienda



Dónde:

F: Peso del chocho deshidratado o seco, en kg.

H: Peso del chocho molido o pulverizado, en kg.

I: Materia prima pérdida en el proceso, en kg.

Ecuación 3-6: Cantidad de materia prima pérdida en el proceso

$$I = F - H$$

$$I = (4386 - 4220) \text{ kg}$$

$$I = 166 \text{ kg}$$

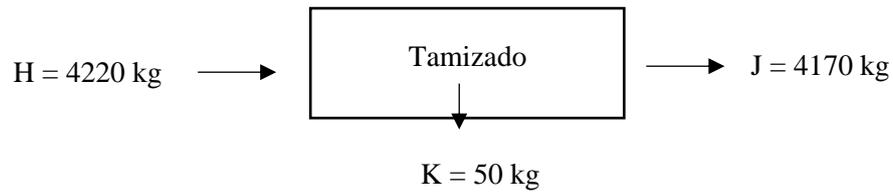
Ecuación 3-7: Rendimiento de la molienda de chocho

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{H}{F} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{4220 \text{ kg}}{4386 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 96,21 \%$$

Tamizado



Dónde:

H: Peso del chocho molido o pulverizado, en kg.

J: Peso de la harina de chocho, en kg.

K: Peso del retenido en el tamiz de 210 μm , en kg.

Ecuación 3-8: Rendimiento del tamizado del chocho pulverizado

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{J}{H} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{4170 \text{ kg}}{4220 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 98,8 \%$$

Ecuación 3-9: Rendimiento de la obtención de harina de chocho

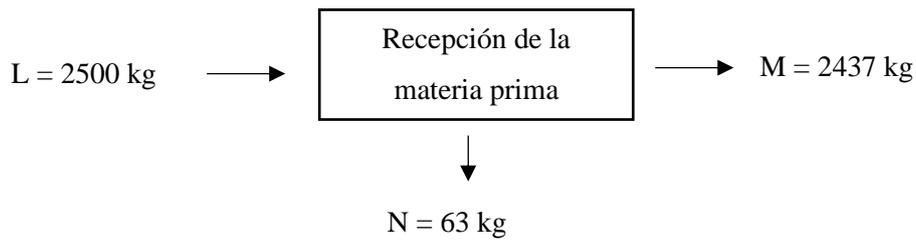
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Polvo obtenido tipo harina (J)}}{\text{Chocho deshidratado o seco (F)}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{4170 \text{ kg}}{4386 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 95,1 \%$$

- Segunda etapa

Recepción de la materia prima



Dónde:

L: Alimentación de quinua, en kg.

M: Peso de la quinua en buen estado, en kg.

N: Peso de la quinua con impurezas, en kg.

E: Entrada

S: Salida

Ecuación 3-10: Rendimiento de la recepción de quinua

$$E = S$$

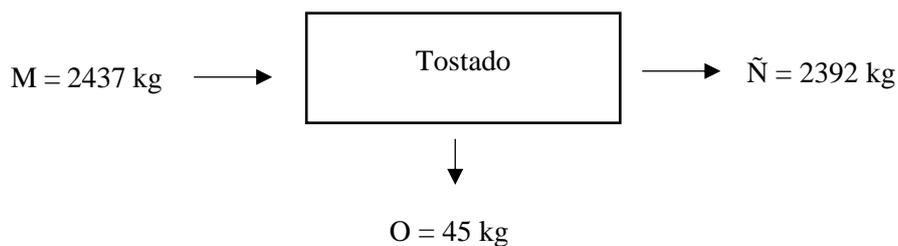
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{S}{E} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{M}{L} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{2437 \text{ kg}}{2500 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 97,5 \%$$

Tostado



Dónde:

M: Peso de la quinua en buen estado, en kg.

Ñ: Peso de la quinua tostada, en kg.

O: Peso de la quinua quemada, en kg.

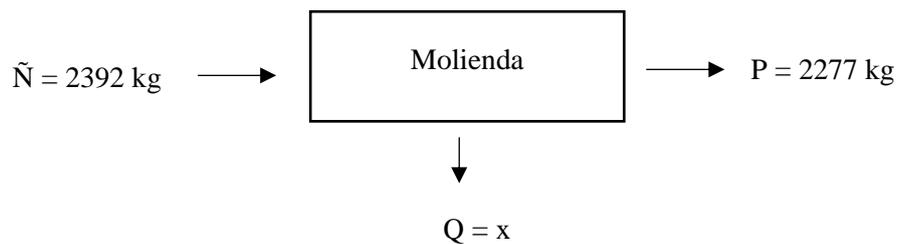
Ecuación 3-11: Rendimiento del tostado de la quinua

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\tilde{N}}{M} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{2392 \text{ kg}}{2437 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 98,1 \%$$

Molienda



Dónde:

Ñ: Peso de la quinua tostada, en kg.

P: Peso de la quinua pulverizada, en kg.

Q: Materia prima pérdida en el proceso, en kg.

Ecuación 3-12: Cantidad de materia prima pérdida en el proceso

$$Q = \tilde{N} - P$$

$$Q = (2392 - 2277) \text{ kg}$$

$$Q = 115 \text{ kg}$$

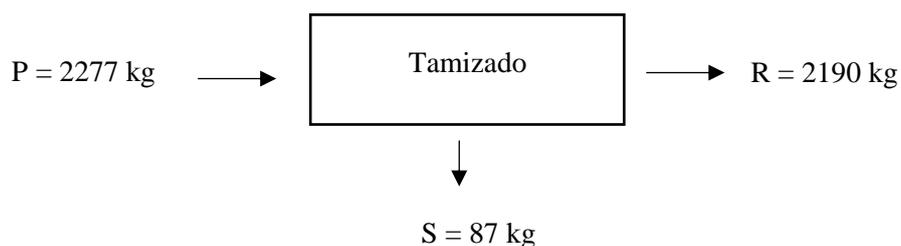
Ecuación 3-13: Rendimiento de la molienda de quinua

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{P}{\bar{N}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{2277 \text{ kg}}{2392 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 95,2 \%$$

Tamizado



Dónde:

P: Peso de la quinua pulverizado, en kg.

R: Peso de la harina de quinua, en kg.

S : Peso del retenido en el tamiz de 210 μm , en kg.

Ecuación 3-14: Rendimiento del tamizado de la quinua pulverizado

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{R}{P} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{2190 \text{ kg}}{2277 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 96,2 \%$$

Ecuación 3-15: Rendimiento de la obtención de harina de quinua

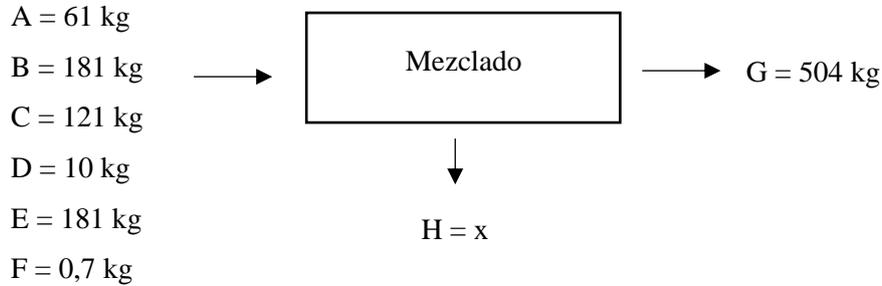
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Polvo obtenido tipo harina}}{\text{Quinua tostada}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{21,9 \text{ kg}}{23,92 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 91,6 \%$$

- Tercera etapa

Mezclado



Dónde:

A: Peso de harina de chocho, en kg.

B: Peso de harina de quinua, en kg.

C: Peso de azúcar, en kg.

D: Peso de esencia de vainilla, en kg.

E: Peso de agua, en kg.

F: Peso de sorbato de potasio, en kg.

G: Peso de masa homogénea, en kg.

H: Masa pérdida durante el mezclado, en kg.

Ecuación 3-16: Cantidad de masa homogénea pérdida durante el mezclado

$$A + B + C + D + E + F = G + H$$

$$H = (61 + 181 + 121 + 10 + 181 + 0,7)kg - 504 kg$$

$$H = (554,7 - 504)kg$$

$$H = 50,7 kg$$

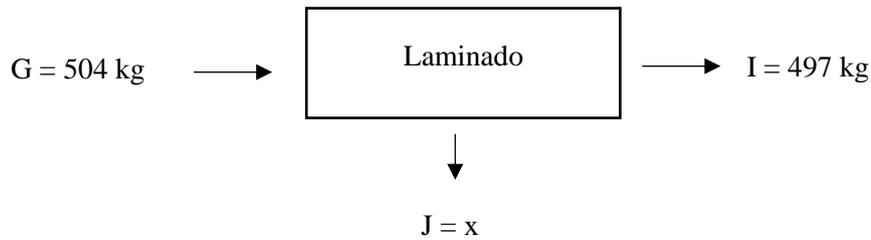
Ecuación 3-17: Rendimiento del proceso de mezclado

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{504 \text{ kg}}{554,7 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 90,85 \%$$

Laminado



Dónde:

G: Peso de masa homogénea, en kg.

I: Peso de la masa laminada, en kg.

J: Masa pérdida por adherencia, en kg.

Ecuación 3-18: Cantidad de masa pérdida por adherencia

$$J = G - I$$

$$J = (504 - 497) \text{ kg}$$

$$H = 7 \text{ kg}$$

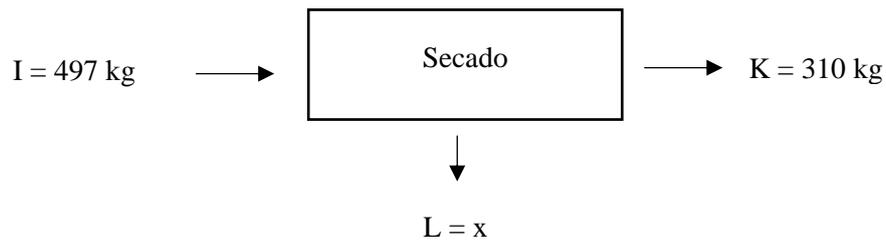
Ecuación 3-19: Rendimiento del proceso de laminado de la masa homogénea

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{I}{G} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{497 \text{ kg}}{504 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 98,6 \%$$

Secado



Dónde:

I: Peso de la masa laminada, en kg.

K: Peso de las hojuelas confitadas, en kg.

L: Agua evaporada en el proceso, en kg.

Ecuación 3-20: Cantidad de agua evaporada en el proceso

$$L = I - K$$

$$L = (497 - 310)kg$$

$$L = 187 kg$$

Ecuación 3-21: Rendimiento del secado de las hojuelas confitadas

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{K}{I} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{310 kg}{497 kg} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 62,37 \%$$

Ecuación 3-21: Rendimiento de la obtención de las hojuelas confitadas

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Hojuelas confitadas del secado}}{\text{Alimentación total}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{310 kg}{554,7 kg} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 55,89 \%$$

La cantidad que se produce a nivel industrial para la obtención de las hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla es de 310 kg en su totalidad, lo que representa un rendimiento del 55,89 %. Este porcentaje relativamente alto, lo que indica que la producción a gran escala está bien encaminada.

3.4.4.2. Balance de energía

Deshidratado

Se utilizó una estufa a 70 °C para eliminar el contenido de agua del chocho. Al iniciar el proceso de deshidratación, la muestra con agua tenía una temperatura de 15 °C y luego alcanzó la temperatura de saturación de 90°C. Para calcular el calor sensible, se utilizará la Tabla A-4 de las propiedades termodinámicas de agua saturada de (Cengel y Boles, 1868, p. 914), junto con la siguiente fórmula.

Ecuación 3-22: Calor sensible del chocho

$$C_{sensible} = H_{2H_2O} - H_{1H_2O}$$

Dónde:

$C_{sensible}$: Calor sensible, en kJ/kg.

H_{1H_2O} : Entalpía del agua a 15 °C = 62,982 kJ/kg.

H_{2H_2O} : Entalpía del agua a 90 °C = 377,04 kJ/kg.

$$C_{sensible} = (377,04 - 62,982) \text{ kJ/kg}$$

$$C_{sensible} = 314,06 \text{ kJ/kg}$$

De acuerdo con la referencia (Cengel y Boles, 1868, p. 914) correspondiente a la Tabla A-4, el calor necesario para que el agua cambie de estado líquido a gaseoso (calor latente) ,se necesita el siguiente valor:

$$C_{latente} = 2256,4 \text{ kJ/kg}$$

Ecuación 3-23: Calor suministrado por la estufa

$$Q_s = C_{latente} + C_{sensible}$$

Dónde:

Q_s : Calor suministrado por la estufa, en kJ/kg.

$$Q_s = (2256,4 + 314,06)kJ/kg$$

$$Q_s = 2570,46 kJ/kg$$

De acuerdo con (Pilataxi, 2019, p. 48), al determinar la capacidad calorífica del chocho, es necesario considerar su nivel de humedad. A partir de esta consideración, se obtiene un valor específico de:

$$Cp_{chocho} = 3,927 kJ/kg \text{ } ^\circ C$$

Dónde:

Cp_{chocho} : Capacidad calorífica del chocho, en kJ/kg $^\circ C$.

Ecuación 3-24: Calor administrado al chocho

$$Q_a = P_{chocho} * Cp_{chocho} * \Delta T$$

Dónde:

Q_a : Calor administrado al chocho, en kJ.

P_{chocho} : Peso del chocho deshidratado o seco, en kg.

Cp_{chocho} : Capacidad calorífica del chocho, en kJ/kg $^\circ C$.

ΔT : Variación de temperatura, en $^\circ C$.

$$Q_a = (3,59 kg)(3,927 kJ/kg \text{ } ^\circ C)(90 - 15) \text{ } ^\circ C$$

$$Q_a = 1057,34 kJ$$

Ecuación 3-25: Flujo de agua evaporada en la deshidratación

$$F_{vH_2O} = P_{chocho} * h_o - P_{chocho} * h_f$$

Dónde:

F_{vH_2O} : Flujo de agua evaporada en el proceso, en kg.

P_{chocho} : Peso del chocho deshidratado o seco, en kg.

h_o : Humedad inicial del choco, en kg agua/kg chocho seco.

h_f : Humedad final del choco, en kg agua/kg chocho seco.

$$F_{vH_2O} = (3,59 \text{ kg})(0,868) - (3,59 \text{ kg})(0,071)$$

$$F_{vH_2O} = 2,86 \text{ kg}$$

Ecuación 3-26: Calor requerido para evaporar el agua

$$Q_{H_2O} = F_{vH_2O} * C_{lente}$$

Dónde:

Q_{H_2O} : Calor requerido para evaporar el agua, en kJ.

$$Q_{H_2O} = (2,86 \text{ kg})(2256,4 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{H_2O} = 6453,30 \text{ kJ}$$

Ecuación 3-27: Calor total en el proceso de deshidratado

$$Q_{total} = Q_{H_2O} + Q_a$$

Dónde:

Q_{total} : Calor total en el proceso de deshidratado, en kJ.

Q_{H_2O} : Calor requerido para evaporar el agua, en kJ.

Q_a : Calor administrado por el chocho, en kJ.

$$Q_{total} = (6453,30 + 1057,34) \text{ kJ}$$

$$Q_{total} = 7010,64 \text{ kJ}$$

Tostado

Durante esta etapa de proceso se colocó la materia prima (quinua) en la tostadora durante un aproximado de 2 horas a una temperatura de 85 - 90 °C.

Ecuación 3-28: Calor suministrado por la tostadora

$$Q_T = \frac{V^2}{R} * t$$

Dónde:

Q_T : Calor suministrado por la tostadora, en kJ.

V: Voltaje del motor = 110 V.

R: Resistencia = 10 Ω .

t: Tiempo de tostado = 2h (7200 s).

$$Q_T = \frac{(110)^2}{10} * (7200s)$$

$$Q_T = 8712000 J \left(\frac{1 kJ}{1000 J} \right)$$

$$Q_T = 8712 kJ$$

De acuerdo a la investigación realizada por (Romero, Tirado y Dávalos, 2015, p. 52), al evaluar la capacidad calorífica de la quinua, se obtiene el siguiente valor:

$$Cp_{quinua} = 1,5 kJ/kg \text{ } ^\circ C$$

Dónde:

Cp_{quinua} : Capacidad calorífica de la quinua, en kJ/kg $^\circ C$.

El calor que se transfiere mediante conducción durante el proceso de tostado de quinua. Según (Azaña, 2022, p. 92), para calcular la cantidad de calor requerida en este proceso, se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 3-29: Calor requerido por la tostadora

$$Q_r = \frac{2 * \pi * L * \Delta T}{\log \left(\frac{r_e}{r_i} \right)} * k * t$$

Dónde:

Q_r : Calor requerido por la tostadora, en kJ.

L: Longitud del tambor = 0,3 m.

ΔT : Variación de temperatura, en $^\circ C$.

r_i Radio interno del tambor el tostador = 0,14 m.

r_e : Radio externo del tambor el tostador = 0,15 m.

k: Conductividad térmica del acero inoxidable = 15,46 W/m $^\circ C$.

t: Tiempo de tostado = 2h (7200 s).

$$Q_r = \frac{2 * \pi * (0,3 \text{ m})(90 - 85)^\circ\text{C}}{\log\left(\frac{0,15 \text{ m}}{0,14 \text{ m}}\right)} * \left(15,46 \frac{\text{W}}{\text{m}}^\circ\text{C}\right) * t$$

$$Q_r = 4862,86 \text{ W} * t = 1,167 \frac{\text{kcal}}{\text{s}} * t$$

$$Q_r = 1,16 \frac{\text{kcal}}{\text{s}} * 7200\text{s} = 8352 \text{ kcal}$$

$$Q_r = 8352 \text{ kcal} * \frac{4,18 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}}$$

$$Q_r = 34911,36 \text{ kJ}$$

Ecuación 3-30: Calor administrado por la quinua

$$Q_a = P_{\text{quinua}} * C_{p_{\text{quinua}}} * \Delta T$$

Dónde:

Q_a : Calor administrado por la quinua, en kJ/kg.

P_{quinua} : Peso de la quinua tostada, en kg.

$C_{p_{\text{quinua}}}$: Capacidad calorífica de la quinua, en kJ/kg °C.

ΔT : Variación de temperatura, en °C.

$$Q_a = (2,42 \text{ kg})(1,5 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C})(90 - 15)^\circ\text{C}$$

$$Q_a = 272,25 \text{ kJ}$$

Ecuación 3-31: Calor total en el proceso de tostado

$$Q_{\text{total}} = Q_T + Q_r + Q_a$$

Dónde:

Q_{total} : Calor total en el proceso de tostado, en kJ.

Q_T : Calor suministrado por la tostadora, en kJ.

Q_r : Calor requerido por la tostadora, en kJ.

Q_a : Calor administrado por la quinua, en kJ.

$$Q_{\text{total}} = (8712 + 34911,36 + 272,25)\text{kJ}$$

$$Q_{\text{total}} = 43895,61 \text{ kJ}$$

Secado

Se utilizó una estufa a 145 °C para secar las hojuelas confitadas con sabor a vainilla, en la cual la muestra tenía una temperatura de 20 °C y luego alcanzó la temperatura de saturación de 90°C. Para calcular el calor sensible y latente, se utilizará la Tabla A-4 de las propiedades termodinámicas de agua saturada de (Cengel y Boles, 1868, p. 914).

Ecuación 3-32: Calor sensible de la masa homogénea

$$C_{sensible} = H_{2H_2O} - H_{1H_2O}$$

Dónde:

$C_{sensible}$: Calor sensible, en kJ/kg.

H_{1H_2O} : Entalpía del agua a 20 °C = 83,915 kJ/kg.

H_{2H_2O} : Entalpía del agua a 90 °C = 377,04 kJ/kg.

$$C_{sensible} = (377,04 - 83,915)kJ/kg$$

$$C_{sensible} = 293,12 kJ/kg$$

$$C_{latente} = 2256,4 kJ/kg$$

Ecuación 3-33: Calor suministrado por el secador

$$Q_s = C_{latente} + C_{sensible}$$

Dónde:

Q_s : Calor suministrado por el secador, en kJ/kg.

$$Q_s = (2256,4 + 293,12)kJ/kg$$

$$Q_s = 2549,52 kJ/kg$$

Según (Colquichagua, 1998, p. 69), para la capacidad calorífica de una mezcla homogénea se considera el nivel de humedad. A partir de lo mencionado, se obtiene un valor específico de:

$$Cp_{masa} = 2,60 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Dónde:

Cp_{masa} : Capacidad calorífica de la masa homogénea, en kJ/kg °C.

Ecuación 3-34: Calor administrado por la masa homogénea

$$Q_a = P_{masa} * Cp_{masa} * \Delta T$$

Dónde:

Q_a : Calor administrado por la masa homogénea, en kJ.

P_{masa} : Peso de la masa homogénea seca, en kg.

Cp_{masa} : Capacidad calorífica de la masa homogénea, en kJ/kg °C.

ΔT : Variación de temperatura, en °C.

$$Q_a = (0,276 \text{ kg})(2,60 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C})(90 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_a = 50,23 \text{ kJ}$$

Ecuación 3-35: Flujo de agua evaporada en el secado

$$F_{vH_2O} = P_{masa} * h_o - P_{masa} * h_f$$

Dónde:

F_{vH_2O} : Flujo de agua evaporada en el proceso, en kg.

P_{masa} : Peso de la masa homogénea, en kg.

h_o : Humedad inicial de la masa homogénea, en kg agua/kg masa seca.

h_f : Humedad final de la masa homogénea, en kg agua/kg masa seca.

$$F_{vH_2O} = (0,276 \text{ kg})(0,613) - (0,276 \text{ kg})(0,0231)$$

$$F_{vH_2O} = 0,16 \text{ kg}$$

Ecuación 3-36: Calor requerido para evaporar el agua

$$Q_{H_2O} = F_{vH_2O} * C_{latente}$$

Dónde:

Q_{H_2O} : Calor requerido para evaporar el agua, en kJ.

$$Q_{H_2O} = (0,16 \text{ kg})(2256,4 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{H_2O} = 361,02 \text{ kJ}$$

Ecuación 3-37: Calor total en el proceso de secado

$$Q_{total} = Q_{H_2O} + Q_a$$

Dónde:

Q_{total} : Calor total en el proceso de secado, en kJ.

Q_{H_2O} : Calor requerido para evaporar el agua, en kJ.

Q_a : Calor administrado por la masa homogénea, en kJ.

$$Q_{total} = (361,02 + 50,23) \text{ kJ}$$

$$Q_{total} = 411,25 \text{ kJ}$$

3.4.4.3. Diagrama de flujo del balance de masa general del proceso completo

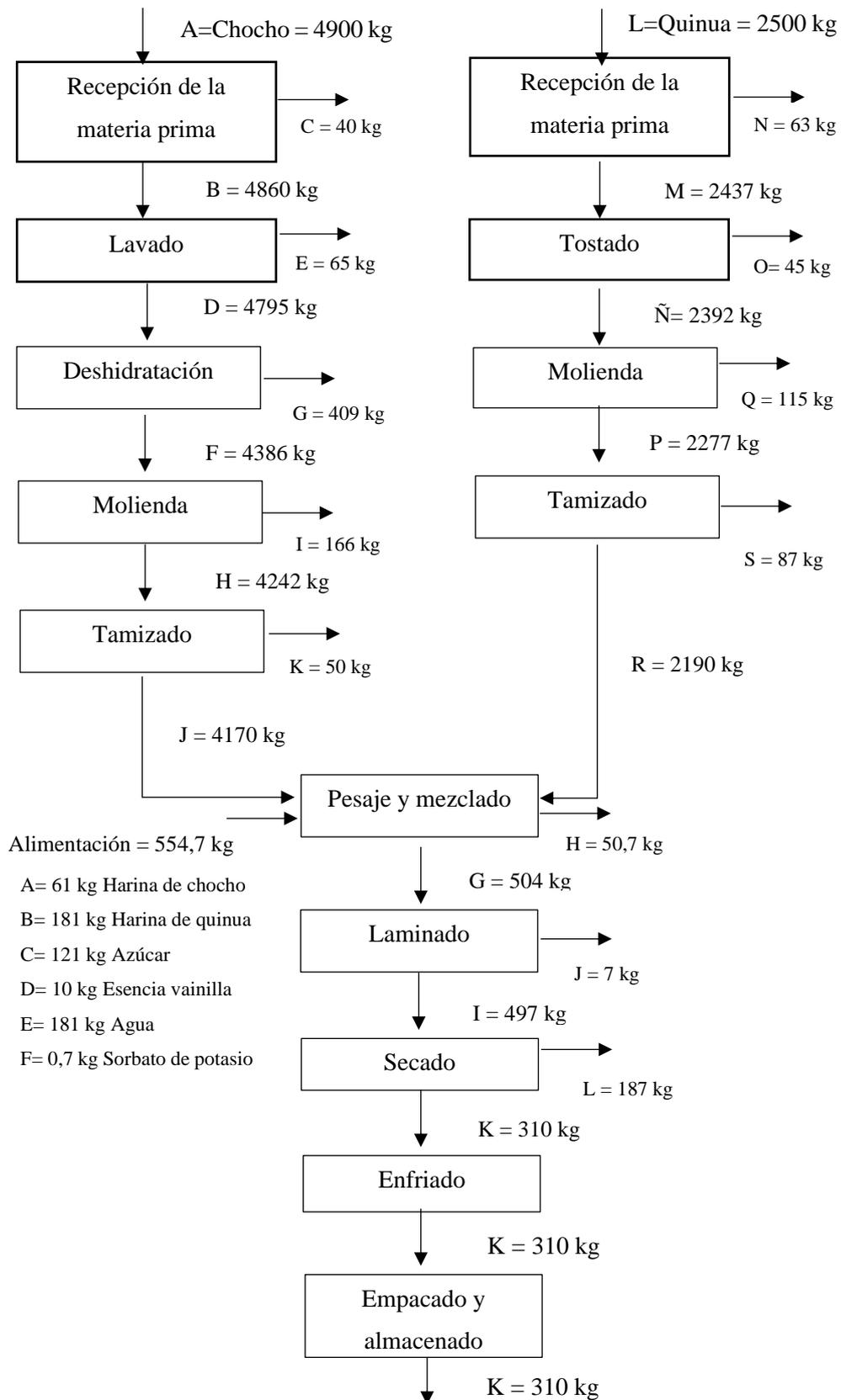


Ilustración 3-26: Diagrama de flujo del balance de masa general del proceso

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.5. Proceso de producción

El proyecto técnico actual está diseñado para la producción a nivel industrial de 250 kg de hojuelas confitadas elaboradas con chocho y quinua, con un delicioso sabor a vainilla.

3.5.1. *Materia prima e insumos*

Tabla 3-29: Materia prima e insumos para la obtención de las hojuelas

Materia prima e insumos	Porcentaje inicial %
Para la producción a nivel industrial de 250 kg de hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla	
Harina de chocho	10,91
Harina de quinua	32,71
Azúcar	21,81
Agua	32,71
Esencia de vainilla	1,74
Sorbato de potasio	0,12

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Se proporcionan los porcentajes de la materia prima y los principales insumos utilizados en la producción de hojuelas confitadas a nivel industrial. Estas cantidades son específicas para cada etapa del proceso de elaboración y contribuyen a obtener un producto con excelentes características organolépticas.

3.6. Dimensionamiento del equipo

A continuación, se detalla los cálculos ingenieriles para el dimensionamiento del equipo de molienda y secado necesario para algunas etapas del proceso de obtención de hojuelas confitadas.

3.6.1. *Molino de martillos*

El diseño del molino se utilizará para la producción de las harinas, según la Normativa INEN 616 la cual menciona que al menos el 95% de las partículas de harina deberán tener un tamaño menor a 210 μm .

- **Energía requerida por el molino**

Para determinar la cantidad de energía necesaria para moler el chocho y quinua secos, se utiliza la fórmula de la ley de Bond (Gonzalez y Toro, 2009, p. 95).

Ecuación 3-38: Energía requerida por el molino

$$E = 0,3162 * W_i \left(\frac{1}{\sqrt{x_2}} - \frac{1}{\sqrt{x_1}} \right)$$

Dónde:

E: Energía requerida por el molino, en Wh/ton.

W_i : índice de trabajo de Bond, en kW h/ton.

x_1 : Tamaño final del producto, en mm.

x_2 : Tamaño inicial del producto, en mm.

Según (Retirado et al., 2018, p. 3), en su estudio sobre la determinación del índice de Bond para un material seco se obtuvo un valor de 8,93 kW h/ton, lo que implica que la cantidad de energía necesaria para llevar a cabo el proceso de molienda será de:

$$E = 0,3162 * 8,93 \text{ kW h/ton} \left(\frac{1}{\sqrt{0,21}} - \frac{1}{\sqrt{0,85}} \right)$$

$$E = 3,10 \text{ kW h/ton}$$

- **Potencia requerida para la molienda**

Para determinar la potencia requerida para la molienda de acuerdo a (Gonzalez y Toro, 2009, p. 96), se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 3-39: Potencia requerida para la molienda

$$P_{molienda} = E * \dot{m} * f_s$$

Dónde:

$P_{molienda}$: Potencia requerida para la molienda, en Hp.

E: Energía requerida por el molino, en Wh/ton.

\dot{m} : Flujo másico de la molienda, 0,4 ton/h.

f_s: Factor de seguridad es de 1,1.

$$P_{molienda} = 3,10 \frac{kW h}{ton} \left(0,4 \frac{ton}{h}\right) (1,1)$$

$$P_{molienda} = 1,364 kW * \frac{1 Hp}{0,7457 kW}$$

$$P_{molienda} = 1,83 Hp$$

- **Velocidad de rotación del molino**

Según (Dávila y Álvarez, 2011, p. 51), para determinar la velocidad de rotación del molino se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 3-40: Velocidad de rotación para el molino

$$v_{molino} = \frac{v_{motor} * \phi_{p.molino}}{\phi_{p.motor}}$$

Dónde:

v_{molienda}: Velocidad de rotación del molino, en RPM.

ϕ_{pmolino}: Diámetro polea del molino, 125 mm.

ϕ_{pmotor}: Diámetro polea del motor, 75 mm.

v_{motor}: Velocidad de rotación del motor, 3450 RPM.

$$v_{molino} = \frac{3450 RPM(125 mm)}{75 mm}$$

$$v_{molino} = 5750 RPM$$

Según (Dávila y Álvarez, 2011, p. 51), la constante del molino se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 3-41: Constante del molino

$$k = \frac{P_{molienda}}{\dot{m} * \ln\left(\frac{x_1}{x_2}\right)}$$

Dónde:

P_{molienda} : Potencia de la molienda, en Hp.

\dot{m} : Flujo másico de la molienda, 0,4 ton/h.

x_1 : Tamaño final del producto, en mm.

x_2 : Tamaño inicial del producto, en mm.

$$k = \frac{1,83 \text{ Hp}}{0,4 \frac{\text{ton}}{\text{h}} * \ln\left(\frac{0,85}{0,21}\right)}$$

$$k = 3,3$$

- **Densidad de las harinas (chocho y quinua)**

De acuerdo a (Alcántara, 2005, p.7) para determinar la densidad de las harinas se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 3-42: Densidad de las harinas

$$\delta_{mp} = \frac{m_{mp}}{V_f - V_i}$$

Dónde:

δ_{mp} : Densidad de la materia prima, en kg/m³.

m_{mp} : Peso de la materia prima, en kg.

V_i : Volumen inicial, en m³.

V_f : Volumen final, m³.

Tabla 3-30: Datos experimentales para determinar la densidad de la harina de chocho

Parámetro	Símbolo	Unidad	Cantidad
Peso de la harina de chocho	$m_{h \text{ chocho}}$	g	25,00
Volumen inicial	V_i	ml	50,00
Volumen final	V_f	ml	200,00

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

$$\delta_{h \text{ chocho}} = \frac{25 \text{ g}}{(200 - 50)\text{ml}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000000}{1 \text{ m}^3}$$

$$\delta_{h \text{ chocho}} = 167 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 3-31: Datos experimentales para determinar la densidad de la harina de quinua

Parámetro	Símbolo	Unidad	Cantidad
Peso de la harina de quinua	$m_h \text{ quinua}$	g	25,00
Volumen inicial	V_i	ml	50,00
Volumen final	V_f	ml	150,00

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

$$\delta_{h \text{ quinua}} = \frac{25 \text{ g}}{(150 - 50) \text{ ml}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000000}{1 \text{ m}^3}$$

$$\delta_{h \text{ chocho}} = 250 \text{ kg/m}^3$$

El peso del chocho seco en la alimentación es de 0,359 kg, el mismo que se aplicará el factor de ampliación 80:1, teniendo un peso de 28,72 kg.

- **Volumen de la tolva**

Para la tolva de alimentación se tendrá una estructura cónica, por lo cual el volumen de la tolva se determinara a partir de la formula descrita por (Alcántara, 2005, p.9).

Ecuación 3-43: Volumen de la tova

$$V_{tolva} = \frac{m_{mseca}}{\delta_{mseca}}$$

Dónde:

V_{tolva} : Volumen de la tolva, en m^3 .

m_{mseca} : Peso de la materia seca, 28,72 kg.

δ_{mseca} : Densidad de la materia seca, 1316 kg/m^3 .

$$V_{tolva} = \frac{28,72 \text{ kg}}{1316 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{tolva} = 0,0218 \text{ m}^3$$

Para evitar que el motor deje de funcionar durante su trabajo, se recomienda llenar la tolva de alimentación hasta un máximo del 30% de su capacidad con materia prima.

- **Volumen de la carcasa del equipo**

Para determinar el volumen de carcasa del equipo según (Alcántara, 2005, p.9), se utilizará la siguiente fórmula:

Ecuación 3-44: Volumen de la carcasa del equipo

$$V_{carcasa} = \frac{V_{tolva}}{\%llenado} * 100$$

Dónde:

$V_{carcasa}$: Volumen de la carcasa, en m^3 .

$$V_{carcasa} = \frac{0,0218 m^3}{30} * 100$$

$$V_{carcasa} = 0,072 m^3$$

- **Radio de la tolva**

De acuerdo a la ecuación descrita por (Arreaga, 2021, p. 53), para determinar el radio de la base de la tolva de alimentación es la siguiente:

Ecuación 3-45: Radio de la tolva

$$r_{tolva} = \sqrt{\frac{3 * V_{tolva}}{\pi * h_{tolva}}}$$

Dónde:

r_{tolva} : Radio de la base de la tolva, en m.

V_{tolva} : Volumen de la tolva, en m^3 .

h_{tolva} : Altura de la tolva, 1 m (asumido).

$$r_{tolva} = \sqrt{\frac{3 * 0,0218 m^3}{\pi * 1 m}}$$

$$r_{tolva} = 0,14 m$$

- **Diámetro de la tolva**

Para determinar el diámetro de la tolva se empleara la siguiente ecuación definida por (Arreaga, 2021, p. 54).

Ecuación 3-46: Diámetro de la tolva

$$\varnothing_{tolva} = 2 * r_{tolva}$$

Dónde:

\varnothing_{tolva} : Diámetro de la tolva, en m.

r_{tolva} : Radio de la base de la tolva, en m.

$$\varnothing_{tolva} = 2 * 0,14 m$$

$$\varnothing_{tolva} = 0,28 m$$

Se emplearán datos experimentales de diversas fuentes bibliográficas relacionadas con molinos de martillos para establecer los siguientes parámetros (Guayllas y Montero, 2012, pp. 89-93).

- **Volumen del martillo**

Ecuación 3-47: Volumen del martillo

$$V_{martillo} = e_{martillo} * h_{martillo} * L_{martillo}$$

Dónde:

$e_{martillo}$: Espesor del martillo, 0,28 cm.

$h_{martillo}$: Altura del martillo, 8 cm.

$L_{martillo}$: Longitud del martillo, 3,75 cm.

$$V_{martillo} = (0,28 cm)(8 cm)(3,75 cm)$$

$$V_{martillo} = 8,4 cm^3 * \frac{1m^3}{(100 cm)^3}$$

$$V_{martillo} = 8,4 x 10^{-6} m^3$$

- **Volumen de abertura del tren**

Ecuación 3-48: Volumen de abertura del tren

$$V_{abertura} = \pi * e_{martillo} * \left(\frac{\emptyset_{martillo}}{2}\right)^2$$

Dónde:

$V_{abertura}$: Volumen de abertura del tren, en m^3 .

$e_{martillo}$: Espesor del martillo, 0,28 cm.

$\emptyset_{martillo}$: Diámetro del martillo, 1 cm.

$$V_{abertura} = \pi(0,28 \text{ cm}) \left(\frac{1 \text{ cm}}{2}\right)^2$$

$$V_{abertura} = 0,22 \text{ cm}^3 * \frac{1m^3}{(100 \text{ cm})^3}$$

$$V_{abertura} = 2,2 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

- **Volumen total del martillo**

Ecuación 3-49: Volumen total del martillo

$$V_{Total} = V_{martillo} - V_{abertura}$$

Dónde:

V_{Total} : Volumen total del martillo, en m^3 .

$V_{abertura}$: Volumen de abertura del tren, en m^3 .

$V_{martillo}$: Volumen del martillo, en m^3 .

$$V_{Total} = 8,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 - 2,2 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$V_{Total} = 8,18 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Según lo indicado por (Guayllas y Montero, 2012, p. 96), el acero DF-2 (resistente a la abrasión) con una densidad de 7800 kg/m^3 será el material utilizado para fabricar los martillos.

- **Peso de los martillos**

Ecuación 3-50: Peso de los martillos

$$m_{martillo} = V_{Total} * \delta_{martillo}$$

Dónde:

$m_{martillo}$: Peso del martillo, en kg.

V_{Total} : Volumen total del martillo, en m^3 .

$\delta_{martillo}$: Densidad del martillo, 7800 kg/ m^3 .

$$m_{martillo} = (8,18 \times 10^{-6} m^3)(7800 kg/m^3)$$

$$m_{martillo} = 0,064 kg$$

- **Velocidad tangencial de los martillos**

Ecuación 3-51: Velocidad tangencial de los martillos

$$v_{Tmolino} = r * w_{martillo}$$

Dónde:

$v_{Tmolino}$: Velocidad tangencial de los martillos, en m/s.

r: Radio entre la punta del martillo y el centro del molino, 0,12 m.

$w_{martillo}$: Velocidad angular de los martillos, 3000 RPM (Según la bibliografía).

$$w_{martillo} = 3000 \frac{rev}{min} * \frac{2 \pi rad}{1 rev} * \frac{1 min}{60 s}$$

$$w_{martillo} = 314,15 rad/s$$

$$v_{Tmolino} = (0,12 m)(314,15 rad/s)$$

$$v_{Tmolino} = 37,7 m/s$$

- **Factor dependiente de la velocidad de rotación de los martillos**

De acuerdo con (Guayllas y Montero, 2012, p. 81), utilizamos una tabla para interpolar el valor del factor dependiente en función de la velocidad tangencial obtenido:

Tabla 3-32: Valores factor (f) y velocidad tangencial

Velocidad tangencial	f
17	0,0220
20	0,0160
23	0,0100
26	0,0080
30	0,0030
40	0,0015

Fuente:(Guayllas y Montero, 2012, p. 81)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

El resultado obtenido de la interpolación para el valor de $W = 37,7$ m/s, es un factor (f) de 0,00185.

- **Número de martillos**

Ecuación 3-52: Número de martillos

$$N_{martillos} = \frac{N * 8 * 100000 * n_{motor}}{m_{martillo} * r_{martillo}^2 * n_{vueltas}^3 * f}$$

Dónde:

$N_{martillos}$: Número de martillos.

$m_{martillo}$: Peso del martillo, en kg.

$r_{martillo}$: Radio del martillo, 0,008 m.

$n_{vueltas}$: Número de vueltas por minuto, 3000 vueltas.

n_{motor} : Eficiencia mecánica del motor, 0,7.

f: Factor dependiente de velocidad de los martillos.

$$N_{martillos} = \frac{(1)(8)(100000)(0,7)}{(0,064 \text{ kg})(0,008 \text{ m})^2(3000)^3(0,00185)}$$

$$N_{martillos} = 16$$

- **Torsión ejercida por el motor del molino**

Ecuación 3-53: Torsión ejercida por el motor del molino

$$T_{motor} = \frac{100 * P_{motor}}{2 * \pi * f * g}$$

Dónde:

T_{motor} : Torsión aplicada al molino, en Nm.

P_{motor} : Potencia del motor, en kW.

g : Aceleración de la gravedad en m/s^2 .

f : Factor dependiente de velocidad de los martillos.

$$T_{motor} = \frac{100(1,692 kW)}{2\pi(0,00185)(9,8 m/s^2)}$$

$$T_{motor} = 1,48 Nm$$

- **Volumen de la tolva parte superior**

Ecuación 3-54: Volumen parte superior de la tolva

$$V_1 = a * b * c$$

Dónde:

V_1 : Volumen de la parte superior de la tolva de forma cúbica, en m^3 .

a : 50 cm.

b : 50 cm.

h : 25 cm.

f : Factor dependiente de velocidad de los martillos.

$$V_1 = (50 cm)(50 cm)(25 cm)$$

$$V_1 = 62500 cm^3 * \frac{1m^3}{(100 cm)^3}$$

$$V_1 = 0,0625 m^3$$

- **Volumen de la tolva parte inferior**

Ecuación 3-55: Volumen parte inferior de la tolva

$$V_2 = \frac{h}{3} (A_{b1} + A_{b2} + \sqrt{A_{b1} * A_{b2}})$$

Dónde:

V_2 : Volumen de la parte inferior de la tolva de forma de pirámide, en m^3 .

h : Altura, 25 cm.

A_{b1} : Área de la base 1.

A_{b2} : Área de la base 2.

$$V_2 = \frac{25 \text{ cm}}{3} (2500 \text{ cm}^2 + 144 \text{ cm}^2 + \sqrt{(2500 \text{ cm}^2)(144 \text{ cm}^2)})$$

$$V_2 = 27033,33 \text{ cm}^3 * \frac{1m^3}{(100 \text{ cm})^3}$$

$$V_2 = 0,027 \text{ m}^3$$

- **Volumen total de la tolva**

Ecuación 3-56: Volumen total de la tolva

$$V_{Total} = V_1 + V_2$$

Dónde:

V_{Total} : Volumen total de la tolva, en m^3 .

V_1 : Volumen de la parte superior de la tolva de forma cúbica, en m^3 .

V_2 : Volumen de la parte inferior de la tolva de forma de pirámide, en m^3 .

$$V_{Total} = 0,0625 \text{ m}^3 + 0,027 \text{ m}^3$$

$$V_{Total} = 0,089 \text{ m}^3$$

3.6.2. Secador de bandejas

A continuación, se detallará las consideraciones necesarias para el dimensionamiento del secador de bandejas.

Tabla 3-33: Consideraciones para el dimensionamiento del secador

	Medida
Capacidad de la cámara	10 kg
Densidad de las hojuelas	0,75 kg/L
Peso específico de las hojuelas	7453 N/m ³
Volumen máximo de 10 kg de hojuelas	10,20 L
Número de niveles	5
Capacidad por bandeja	2 kg
Volumen del producto en cada bandeja	2,04 L
Espacio entre bandejas	10 cm
Altura de las Bandejas	3 cm
Espesor de los niveles	0,5 cm
Espesor mínimo de las hojuelas	0,5 cm
Espesor máximo de las hojuelas	1 cm

Fuente:(Guayllas y Montero, 2012, p. 81)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Las ecuaciones para el diseño del secador fueron tomadas de diversos autores las cuales se citan en la bibliografía correspondiente.

- **Carga del sólido sobre las bandejas**

Ecuación 3-57: Carga del sólido

$$\frac{LS}{A} = \delta p * t$$

Dónde:

$\frac{LS}{A}$: Carga del sólido sobre las bandejas, en kg/m².

δp : Densidad de las hojuelas, en kg/L.

t: Espesor máximo de las hojuelas, en m.

$$\frac{LS}{A} = 750 \text{ kg/m}^3 * 0,01m$$

$$\frac{LS}{A} = 7,5 \text{ kg/m}^2$$

- **Área total de las bandejas**

Ecuación 3-58: Área total de las bandejas

$$Atb = \frac{L}{\frac{LS}{A}}$$

Dónde:

Atb: Área total de las bandejas, en m².

L: Capacidad de la cámara, en kg.

$\frac{LS}{A}$: Carga del sólido sobre las bandejas, en kg/m².

$$Atb = \frac{10 \text{ kg}}{7,5 \text{ kg/m}^2}$$

$$Atb = 1,33 \text{ m}^2$$

- **Área para una bandeja**

Ecuación 3-59: Área para una bandeja

$$Ab = \frac{Atb}{Nb}$$

Dónde:

Ab: Área de la bandeja, en m².

Atb: Área total de las bandejas, en m².

Nb: Número de bandejas.

$$Ab = \frac{1,33 \text{ m}^2}{5}$$

$$Ab = 0,26 \text{ m}^2$$

Para una bandeja rectangular con un área de 0,26 m² se establece las siguientes dimensiones:

- Longitud: 0,5 m
- Ancho: 0,4 m
- **Espesor de las bandejas**

Tabla 3-34: Características mecánicas del acero AISI 304

	Valor	Símbolo	Unidad
Resistencia a la tracción	50-70	t_t	Kg/mm ²

Fuente:(Guayllas y Montero, 2012, p. 81)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Ecuación 3-60: Esfuerzo de diseño

$$t_D = \frac{P * ab^2}{ta^2}$$

Dónde:

P: Fuerza máxima a la cual estarán sometidas las bandejas, en lb/pulg².

t_D: Esfuerzo de diseño, en lb/pulg².

ta: Espesor del material del que están fabricadas las bandejas (Acero AISI 304)

ab: Ancho de las bandejas, en pulg.

Ecuación 3-61: Fuerza máxima a la cual estarán sometidas las bandejas

$$P = \frac{Cb * g}{ab * lb}$$

Dónde:

P: Fuerza máxima a la cual estarán sometidas las bandejas, en lb/pulg².

Cb: Capacidad por bandeja, en kg.

g: Gravedad: 9,8 m/s².

ab: Ancho de las bandejas, en pulg.

lb: Longitud de las bandejas, en m.

$$P = \frac{2 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2}{0,4 \text{ m} * 0,5 \text{ m}}$$

$$P = 98 \frac{N}{m^2} = 0,014 \text{ lb/pulg}^2$$

Ecuación 3-62: Esfuerzo de diseño

$$t_D = \frac{t_t}{f_s}$$

Dónde:

t_D : Esfuerzo de diseño, en lb/pulg².

t_t : Resistencia a la tracción del Acero AISI 304.

f_s : Factor de seguridad.

El valor de t_t se lo toma de la Tabla 3-34 en la cual se encuentra la resistencia a la tracción del acero que va a ser utilizado para la construcción de las bandejas que es el AISI 304 de cuyo rango se ha escogido el menor valor (50) y se ha transformado a *lb/pulg²* por motivos de facilitar el cálculo.

Por otro lado, el factor de seguridad ha sido tomado de Cuaran y Tinillo, Diseño y construcción de un prototipo deshidratador atmosférico de bandejas discontinuo con circulación forzada de una capacidad de 0,85 m³ utilizando energía solar.

$$t_D = \frac{1750 \text{ lb/pulg}^2}{1,5}$$

$$t_D = 1136,6 \text{ lb/pulg}^2$$

Reemplazando en la ecuación 59-3 y despejando ta se tiene:

$$ta^2 = \frac{P * ab^2}{t_D}$$

$$ta^2 = \frac{0,014 \text{ psi} * (15,75 \text{ pulg})^2}{1136,6 \text{ psi}}$$

$$ta^2 = 0,0038 \text{ pulg}^2$$

$$t_a = 0,06 \text{ pulg} = 1,5 \text{ mm}$$

Para una carga de 2 kg en bandejas de 0,4 m por 0,5 m, un espesor de 1,5 mm será suficiente, sin embargo, por razones técnicas de soldadura y doblado se recomienda fijar el espesor de las placas de las bandejas 2 mm para evitar problemas al momento de construir las bandejas con láminas de acero.

- **Volumen de las bandejas**

Ecuación 3-63: Volumen de las bandejas

$$V_b = V_1 + V_2 + V_3$$

Dónde:

V_b: Volumen de las bandejas, en m³.

V₁: Volumen de la base de la bandeja, en m³.

V₂: Volumen del pretil ancho de la bandeja, en m³.

V₃: Volumen del pretil largo de la bandeja, en m³.

Ecuación 3-64: Volumen de la base de la bandeja

$$V_1 = ab * lb * eb$$

Dónde:

V₁: Volumen de la base de la bandeja, en m³.

ab: Ancho de la bandeja, en m.

lb: Longitud de la bandeja, en m.

eb: Espesor de la bandeja, en m.

$$V_1 = 0,4 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 0,002 \text{ m}$$

$$V_1 = 0,0004 \text{ m}^3$$

Ecuación 3-65: Volumen del pretil ancho de la bandeja

$$V2 = ab * hb * eb$$

Dónde:

V2: Volumen del pretil ancho de la bandeja, en m³.

ab: Ancho de la bandeja, en m.

hb: Altura de la bandeja, en m.

eb: Espesor de la bandeja, en m.

$$V2 = 0,4 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 0,002 \text{ m}$$

$$V2 = 0,000024 \text{ m}^3$$

Ecuación 3-66: Volumen del pretil largo de la bandeja

$$V3 = lb * hb * eb$$

Dónde:

V3: Volumen del pretil largo de la bandeja, en m³.

hb: Altura de la bandeja, en m.

lb: Longitud de la bandeja, en m.

eb: Espesor de la bandeja, en m.

$$V3 = 0,5 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 0,002 \text{ m}$$

$$V3 = 0,00003 \text{ m}^3$$

Reemplazando en la ecuación 3-62 se tiene que:

$$Vb = 0,0004 \text{ m}^3 + 0,000024 \text{ m}^3 + 0,00003 \text{ m}^3$$

$$Vb = 0,00045 \text{ m}^3$$

- **Masa de las bandejas**

Ecuación 3-67: Masa de las bandejas

$$Mb = \delta * Vb$$

Dónde:

Mb: Masa de la bandeja, en kg.

Vb: Volumen de la bandeja, en m³.

δ : Densidad del acero AISI 304, en kg/ m³.

$$Mb = 7800 \frac{kg}{m^3} * 0,00045 m^3$$

$$Mb = 3,5 kg$$

- **Longitud de la cámara interna**

Ecuación 3-68: Longitud de la cámara interna

$$lci = lb + 0,10 lb$$

Dónde:

lci: Longitud de la cámara, en m.

lb: Longitud de las bandejas, en m.

$$lci = 50 cm + 0,10 * 50 cm$$

$$lci = 55 cm = 0,55 m$$

- **Ancho de la cámara interna**

Ecuación 3-69: Ancho de la cámara interna

$$aci = ab + 0,10 ab$$

Dónde:

aci: Ancho de la cámara, en m.

ab: Ancho de las bandejas, en m.

$$aci = 40 \text{ cm} + 0,10 * 40 \text{ cm}$$

$$aci = 44 \text{ cm} = 0,44 \text{ m}$$

- **Altura de la cámara interna**

Ecuación 3-70: Altura de la cámara interna

$$hci = nb * hb + 6 * esp$$

Dónde:

hci: Altura de la cámara interna, en m.

nb: Numero de bandejas.

hb: Altura de las bandejas, en m.

esp: Espacio entre bandejas, en m

$$hci = 5 * 0,03 \text{ m} + 6 * 0,1 \text{ m}$$

$$hci = 0,75 \text{ m} = 75 \text{ cm}$$

- **Área de la cámara interna**

Ecuación 3-71: Altura de la cámara interna

$$Aci = 2(aci * hci + lci * hci + aci * lci)$$

Dónde:

Aci: Área de la cámara interna, en m².

aci: Ancho de la cámara interna, en m.

hci: Altura de la cámara interna, en m.

lci: Longitud de la cámara interna, en m.

$$Aci = 2(0,44 * 0,75 + 0,55 * 0,75 + 0,44 * 0,55) \text{ m}$$

$$Aci = 1,9 m^2$$

- **Volumen de la cámara interna**

Ecuación 3-72: Volumen de la cámara interna

$$Vci = aci * hci * lci$$

Dónde:

Vci: Volumen de la cámara interna, en m³.

aci: Ancho de la cámara interna, en m.

hci: Altura de la cámara interna, en m.

lci: Longitud de la cámara interna, en m.

$$Vci = 0,44 m * 0,75 m * 0,55 m$$

$$Vci = 0,182 m^3$$

- **Longitud de la cámara externa**

Ecuación 3-73: Longitud de la cámara externa

$$lce = lci + espt + 2 * espm + espv$$

Dónde:

lce: Longitud de la cámara externa (m)

lci: Longitud de la cámara interna (m)

espt: Espesor de la tapa (m)

espm: Espesor del acero inoxidable (m)

espv: Espacio del ventilador (m)

$$lce = 0,55 m + 0,003 m + 2(0,003 m) + 0,04 m$$

$$lce = 0,6 m = 60 cm$$

- **Ancho de la cámara externa**

Ecuación 3-74: Ancho de la cámara externa

$$ace = aci + 4(espm) + 2(espa)$$

Dónde:

ace: Ancho de la cámara externa, en m.

aci: Ancho de la cámara interna, en m.

espm: Espesor del acero inoxidable, en m.

espa: Espesor de la lana de vidrio, en m.

$$ace = 0,44 \text{ m} + 4(0,003 \text{ m}) + 2(0,04 \text{ m})$$

$$ace = 0,53 \text{ m} = 53 \text{ cm}$$

- **Altura de la cámara externa**

Ecuación 3-75: Altura de la cámara externa

$$hce = hci + espr + espa + 3(espm)$$

Dónde:

hce: Altura de la cámara externa, en m.

hci: Altura de la cámara interna, en m.

espr: Espacio para las resistencias, en m.

espa: Espesor de la lana de vidrio, en m.

espm: Espesor de la lámina de acero inoxidable, en m.

$$hce = 0,75 \text{ m} + 0,12 \text{ m} + 0,04 \text{ m} + 3(0,003 \text{ m})$$

$$hce = 0,92 \text{ m} = 92 \text{ cm}$$

- **Área de la cámara externa**

Ecuación 3-76: Altura de la cámara externa

$$Ace = 2(ace * hce + lce * hce + ace * lce)$$

Dónde:

Ace: Área de la cámara externa, en m².

ace: Ancho de la cámara externa, en m.

hce: Altura de la cámara externa, en m.

lce: Longitud de la cámara externa, en m.

$$Ace = 2(0,53 * 0,92 + 0,6 * 0,92 + 0,53 * 0,6) m$$

$$Ace = 2,7 m^2$$

- **Volumen de la cámara externa**

Ecuación 3-77: Volumen de la cámara externa

$$Vce = ace * hce * lce$$

Dónde:

Vce: Volumen de la cámara externa, en m³.

ace: Ancho de la cámara externa, en m.

hce: Altura de la cámara externa, en m.

lce: Longitud de la cámara interna, en m.

$$Vce = 0,64 m * 1 m * 0,68 m$$

$$Vce = 0,44 m^3$$

3.6.3. Resultados del dimensionamiento de los equipos

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del diseño de un molino de martillos que se calcularon y se utilizará para la producción de las hojuelas confitadas.

Tabla 3-35: Tabla de resultados del diseño del molino de martillos

Parámetros	Medidas
Energía requerida por el molino	3,10 kW h/ton
Potencia requerida para la molienda	1,83 Hp
Velocidad de rotación del molino	5750 RPM
Constante del molino	3,3
Volumen de la tolva	0,0218 m ³
Volumen de la carcasa del equipo	0,072 m ³
Radio de la tolva	0,14 m
Diámetro de la tolva	0,28 m
Volumen del martillo	8,4 x 10 ⁻⁶ m ³
Volumen de abertura del tren	2,2 x 10 ⁻⁷ m ³
Volumen total del martillo	8,18 x 10 ⁻⁶ m ³
Peso de los martillos	0,064 kg
Velocidad tangencial de los martillos	37,7 m/s
Factor dependiente de la velocidad de rotación	0,00185
Número de martillos	16
Torsión aplicada al molino	1,48 Nm
Volumen de la parte superior de la tolva	0,0625 m ³
Volumen de la parte inferior de la tolva	0,027 m ³
Volumen total de la tolva	0,089 m ³

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del diseño de un secador de bandejas que se calcularon y se utilizará para la producción de las hojuelas confitadas.

Tabla 3-36: Tabla de resultados del diseño del secador de bandejas

Parámetros	Medidas
Temperatura	15-160 °C
Capacidad de la cámara	10 kg
Longitud	0,5 m
Ancho	0,4 m
Espesor	0,002 m
Área	0,26 m ²
Volumen	0,00045 m ³
Longitud de la cámara interna	0,55 m

Ancho de la cámara interna	0,44 m
Altura de la cámara interna	0,75 m
Área de la cámara interna	1,9 m ²
Volumen de la cámara interna	0,182 m ³
Longitud de la cámara externa	0,6 m
Ancho de la cámara externa	0,53 m
Altura de la cámara externa	0,92 m
Área de la cámara externa	2,7 m ²
Volumen de la cámara externa	0,44 m ³

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

El equipo de molienda y secado debe ser diseñado y fabricado completamente con acero inoxidable 304 de grado alimenticio para cumplir con las especificaciones necesarias. Esto asegurará que el equipo sea resistente a la corrosión, fácil de limpiar y desinfectar, y proporcione una protección adecuada al producto alimenticio. Además, las especificaciones del equipo garantizarán un molino de alta calidad y rendimiento óptimo.

3.7. Requerimientos de equipos y maquinaria

3.7.1. Requerimiento de equipos

Para la obtención de hojuelas confitadas sabor a vainilla es necesario de ciertos equipos que se describen a continuación:

- **Mesa para recepción y lavado de materia prima**

Tabla 3-37: Especificaciones de la mesa para recepción y lavado de materia prima

Parámetro	Especificaciones
Fabricante	Advance Tabco
Material	Acero inoxidable AISI 304
Capacidad	1000 L
Longitud de la mesa	2,25 m
Ancho de la mesa	1,25 m
Altura de la mesa	1,10 m
Precio	\$ 520,00

Fuente:(Webstaurant Store, 2022)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- **Secador de bandejas**

Tabla 3-38: Especificaciones técnicas del secador de bandejas

Parámetro	Especificaciones
Material	Acero inoxidable AISI 304
Capacidad	10 kg
Bandejas	5 unidades (0,5 x 0,4 m)
Área	0,26 m ²
Temperatura	15-160 °C
Potencia	200 W
Voltaje	110 V
Frecuencia	40 Hz

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- **Tostador**

Tabla 3-39: Especificaciones técnicas del tostador

Parámetro	Especificaciones
Fabricante	Peruminox
Material	Acero inoxidable
Modelo	TM-1200-COM
Capacidad	20-25 kg /Bach
Peso	285 kg
Temperatura	20-100 °C
Potencia	1,5 Hp
Voltaje	110 V
Precio	\$ 40,00

Fuente:(Prado, 2020)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- **Molino de martillos**

Tabla 3-40: Especificaciones técnicas del molino de martillos

Parámetro	Especificaciones
Material	Acero inoxidable calidad AISI 304
Capacidad	30 kg

Potencia	1,83 Hp
Velocidad	5750 RPM
Número de martillos	16
Volumen	0,007 m ³

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- **Tamizador**

Tabla 3-41: Especificaciones técnicas del tamizador

Parámetro	Especificaciones
Fabricante	Kumkaya
Material	Acero inoxidable
Modelo	DY400-S
Capacidad	800 kg
Peso	400 kg
Dimensiones	1000 x 2950 x 2600 (mm)
Potencia	2,2 kW
Voltaje	110 V
Precio	\$ 690,00

Fuente:(Kumkaya, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- **Mezclador**

Tabla 3-42: Especificaciones técnicas del mezclador con agitador

Parámetro	Especificaciones
Fabricante	VulcanoTec
Material	Acero inoxidable calidad AISI 304
Modelo	MRV 200-I
Capacidad	200 l/Batch
Potencia	1,5 Hp
Voltaje	220 V
Precio	\$ 850,00

Fuente:(VulcanoTec, 2022)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

- **Laminador de masa**

Tabla 3-43: Especificaciones técnicas del laminador de masa

Parámetro	Especificaciones
Fabricante	Fritega S.A.
Material	Acero inoxidable AISI 304
Modelo	JDR520
Capacidad	5 kg
Longitud de rodillo	520 mm
Apertura de rodillo	1-35 mm
Peso	1909 kg
Voltaje	220 V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	124 RPM
Dimensiones	2550 x 880 x 1180 (mm)
Longitud de banda	2000 x 500 (mm)
Motor	Sistema bidireccional
Precio	\$ 57,50

Fuente:(Fritega S.A., 2023c)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.8. Análisis de costo/beneficio para la producción de hojuelas confitadas

3.8.1. Inversión fija

La inversión fija hace referencia al monto económico necesario para destinar y adquirir recursos o nuevos bienes en infraestructura y servicios básicos para la fabricación de hojuelas confitadas. A continuación, se presenta en la tabla 3-44 los costos necesarios en equipos para establecer la línea principal de producción de las hojuelas confitadas.

Tabla 3-44: Costos de los equipos que conforman la principal línea de producción

Proceso	Equipos	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Chocho seco	Deshidratador	1	340,00	340,00
Quinua tostada	Tostadora	1	40,00	40,00
Harinas vegetales	Molino de martillos	2	800,00	1600,00

	Tamizador vibratorio	2	690,00	1380,00
Hojuelas confitadas	Mezcladora de masa	1	850,00	850,00
	Laminadora de masa	1	57,50	57,50
	Horno secador	1	610,00	610,00
Subtotal				4877,50

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Es fundamental también adquirir herramientas y/o materiales que permitan evaluar la calidad tanto de la materia prima como del producto final.

Tabla 3-45: Costos de equipos y materiales para el control de calidad del proceso

Equipos/materiales	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Termómetro	1	12,00	12,00
Balanza digital	1	24,50	24,50
Balanza analítica	1	80,00	80,00
Probeta (500 ml)	2	8,00	16,00
Vasos de precipitación (250 ml)	2	3,00	6,00
Pipetas (10 ml)	1	3,00	3,00
Subtotal			141,50

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Por otro lado, es importante considerar las modificaciones principales y necesarias que la planta de producción debe tener para asegurar su funcionamiento óptimo.

Tabla 3-46: Costos de inversión para la planta de procesamiento

Descripción	Costo (\$)
Infraestructura	2500,00
Implementación de los servicios básicos (agua, luz, internet, etc.)	1200,50
Laboratorio de control de calidad	1500,00
Subtotal	5200,00

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Además, es crucial con un presupuesto asignado para el personal, incluyendo capacitaciones directas para los socios y trabajadores, como se puede observar en la tabla 3-45.

Tabla 3-47: Costos de inversión en recursos humanos para la planta

Denominación	Costo (\$)
Mano de obra para la infraestructura	1100,00
Mano de obra para la instalación de equipos	950,00
Capacitaciones a los socios y trabajadores de la planta productora	600,00
Subtotal	2650,00

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Como inversión fija de los costos mencionados anteriormente, los cuales indican que para comenzar el proyecto se requiere un capital de \$ 12869,00.

Tabla 3-48: Costos de inversión fija en el proceso

Costos de inversión	Valor (\$)
Costos de equipos en la línea principal de producción	4877,50
Costos de equipos y materiales en el control de calidad del proceso	141,50
Planta de procesamiento	5200,00
Recursos humanos	2650,00
Subtotal	12869,00

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.8.2. *Determinación de egresos*

En la tabla 3-49 se presenta el costo estimado de los diversos servicios que se llevarán a cabo en la planta de producción.

Tabla 3-49: Servicios básicos

Servicio	Costo mensual (\$)
Energía eléctrica	60,00
Agua potable	40,00
Línea telefónica	20,00

Subtotal	120,00
Costo anual	1440,00

Elaborado por: Alvarez, Allison, 2023.

El proceso de producción contará con la colaboración de los socios de la empresa, así como de técnicos encargados del área de producción y calidad, quienes supervisarán el trabajo de operarios capacitados a cargo del proceso. En la tabla 3-49 se muestra el presupuesto asignado al proceso de obtención de las hojuelas confitadas.

Tabla 3-50: Recursos humanos para el proceso de manufactura

Personal	Cantidad	Tiempo de trabajo (h)	Salario mensual (\$)	Costo anual (\$)
Supervisor de producción y control de calidad	1	8	800	9600,00
Operarios	2	8	425	5100,00
Subtotal				14700,00

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Entre otros egresos, está el costo de producción de las hojuelas confitadas a partir de chocho y quinua. Este costo incluye los ingredientes y suministros necesarios para el proceso de elaboración, los cuales se detallan en la Tabla 3-49:

Tabla 3-51: Costos de elaboración para las hojuelas confitadas

Materiales e insumos	Valor por presentación	Valor unitario (\$)	Cantidad necesaria	Unidad	Valor total (\$)
Chocho	\$ 1,00 por 1kg	1,00	50	g	50,00
Quinua	\$1,20 por 1 kg	1,20	150	g	180,00
Agua purificada	\$1,40 por 6000g	1,40	150	g	210,00
Empaques herméticos	\$1,25 por 10 unidades	0,125	6	-	0,75
Azúcar	\$1,72 por 2kg	1,72	100	g	172,00
Esencia de vainilla	\$0,92 por 100g	0,92	3	g	2,76
Sorbato de potasio	\$1,25 por 25 g	1,25	1	g	1,25
Cofia	\$3,50 por 100 unidades (caja)	0,035	1	-	0,035

Guantes	\$6,50 por 50 pares (caja)	0,13	2	-	0,26
Mascarilla KN 95	\$1,50 por 10 unidades (caja)	0,15	2	-	0,30
Etiquetas	\$20 por 1000 etiquetas	0,02	200	-	4
Subtotal (\$)					621,35
Costo anual (\$)					7456,20

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tomando en consideración los gastos presentados en las tablas anteriores para la obtención de hojuelas confitadas, se observa que los gastos anuales son de:

Tabla 3-52: Egresos anuales

Servicio	Costo (\$)
Servicios básicos	1440,00
Recursos para el proceso de manufactura	14700,00
Costo de elaboración de hojuelas confitadas	7456,20
Subtotal	23596,20

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.8.3. *Costos totales de inversión fija y de los egresos*

Los costos de inversión fija y gastos se asignarán como un porcentaje del 5% del monto total generado en caso de que surjan dificultades o complicaciones que tengan un impacto directo en la implementación del proyecto. Esta información se encuentra detallada en la tabla 3-53.

Tabla 3-53: Costos totales de la inversión fija y egresos

Descripción	Valor (\$)
Inversión fija	12869,00
Improvistos (5%)	13512,45
Egresos anuales	23596,20
Improvistos (5%)	24776,01

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.8.3.1. Determinación de ingresos anuales

El cálculo del precio de venta por unidad del producto al público en general es crucial, ya que representa la principal fuente de ingresos. El proceso de producción consistirá en 10 lotes por día, cada uno con 12 unidades de 250g, considerando un margen de ganancia deseado del 40%.

- *Costo de producción por unidad producida*

Ecuación 3-78: Costo de producción por unidad

$$CP = \frac{\text{Inversión fija} + \text{egresos anuales}}{\text{Número de unidades} * \text{Días producción mensual} * \text{meses totales}}$$

Dónde:

CP: Costo de producción por unidad, en \$.

$$CP = \frac{13512,45 + 24776,01}{(150)(15)(12)}$$

$$CP = 1,42$$

- *Precio de venta unitario al público*

Ecuación 3-79: Precio de venta al público

$$PVP = CP \left(\frac{100}{100 - U} \right)$$

Dónde:

PVP: Precio de venta al público, en \$.

CP: Costo de producción por unidad, en \$.

U: Utilidad deseada, 40%.

$$PVP = 1,42 \left(\frac{100}{100 - 40} \right)$$

$$PVP = 2,37$$

En la siguiente tabla se indica los ingresos anuales para la elaboración del producto.

Tabla 3-54: Ingresos anuales

Costo de producción anual (\$)	Unidades producidas mensuales	Costo de producción por unidad	PVP (\$)	Ingresos anuales (\$)
24776,01	27000,00	1,42	2,37	28808,06

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.8.4. *Calculo del valor actual neto, tasa de retorno interno y periodo de recuperación*

Los valores obtenidos indicarán la viabilidad del proyecto para su ejecución y crecimiento, a través de análisis estadísticos como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación (PDR).

3.8.4.1. *Valor Actual Neto (VAN)*

El cálculo del Valor Actual Neto (VAN) nos ayuda a evaluar la viabilidad del proyecto y nos proporciona información sobre las ganancias o pérdidas que el socio obtendrá con el proyecto. También nos permite conocer el valor esperado de los flujos de efectivo en un período de tiempo determinado. Todos estos aspectos se analizan a través de los siguientes criterios:

$VAN > 0$: El proyecto es viable, la inversión genera beneficios.

$VAN = 0$: La inversión es insignificante, debido a que no genera ni beneficios ni pérdidas.

$VAN < 0$: Proyecto no viable, la inversión genera pérdidas

Tabla 3-55: Cálculo del valor anual neto (VAN)

Periodo inicial	Inversión inicial (\$)			
0	Inv = 13512,45			
Periodos (años) j	Ingreso (\$)	Egreso (\$)	Flujo de caja (\$) Fj	$\frac{Ft}{(1+k)^j}$
1	28808,06	24776,01	4032,05	3665,50
2	28808,06	24776,01	4032,05	3332,27
3	28808,06	24776,01	4032,05	3029,34
4	28808,06	24776,01	4032,05	2753,94
5	28808,06	24776,01	4032,05	2503,58

Tasa de descuento	k =10%	$VAN = -Inv + \sum_{j=i}^n \frac{Ft}{(1+k)^j}$	15284,63
--------------------------	--------	--	----------

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

3.8.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) permite determinar la tasa de rentabilidad disponible en el proyecto, es decir, el porcentaje que representa el beneficio o pérdidas que generará la inversión al analizar las cantidades no retiradas del proyecto. Este cálculo se realiza utilizando los siguientes criterios:

TIR > i: El proyecto es factible, por lo que es aceptado.

TIR = i: El proyecto es indiferente.

TIR < i: El proyecto tiene baja rentabilidad, por lo que es rechazado.

Mediante el uso de la herramienta de hoja de cálculo Microsoft Excel, se realizó el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) utilizando la función "=TIR (valores, [estimar])". Se emplearon los valores de la última columna presentada en la tabla 53-3, incluyendo el valor de la inversión inicial. El resultado obtenido de la TIR es del 12%, lo cual indica que el proyecto es considerado factible.

3.8.4.3. Periodo de recuperación (PDR)

A través del cálculo del Periodo de Recuperación, se podrá determinar el tiempo estimado necesario para recuperar la inversión realizada, y es el momento en el que se comienzan a observar las primeras ganancias en el proyecto de implementación.

Tabla 3-56: Cálculo del Periodo de Recuperación

Periodo (año)	Flujo de caja (\$)	Flujo acumulado (\$)
0	-13512,45	-13512,45
1	4032,05	-9480,40
2	4032,05	-5448,35
3	4032,05	-1416,30
4	4032,05	2615,75
5	4032,05	6647,80

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Ecuación 3-80: Periodo de recuperación

$$PDR = \text{Último periodo acumulado negativo} + \left(\frac{\text{Último flujo acumulado negativo}}{\text{Flujo de caja del año siguiente}} \right)$$

$$PDR = 3 + \frac{|-1416,30|}{4032,05}$$

$$PDR = 2,65 \text{ años} = 2 \text{ años y 6 meses con 5 días}$$

El proyecto de inversión para la producción de hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla se considera viable y factible, según los resultados obtenidos de los indicadores financieros como el VAN, la TIR y el PDR. Los valores del VAN y la TIR son positivos, lo cual indica que el proyecto generará retornos económicos superiores a la tasa de interés requerida. Además, el periodo de recuperación de la inversión fija se estima en 2 años y 6 meses, lo que demuestra que el proyecto es rentable desde el punto de vista técnico y económico.

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos las materias primas (chocho y quinua) utilizadas en la obtención de las hojuelas confitadas. Estos análisis se realizaron con el objetivo de asegurar que se cumplen los requisitos mínimos de calidad.

4.1. Caracterización de la materia prima (Chocho)

Tabla 4-1: Caracterización fisicoquímica del chocho (*Lupinus Mutabilis*)

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	43,90
Grasa (BS)	%	INEN 523	15,13
Fibra	%	INEN 522	9,71
Humedad	%	INEN 1237	86,77
Ceniza	%	INEN 401	3,32

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 4-2: Caracterización microbiológica del chocho (*Lupinus Mutabilis*)

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	650
Recuento de coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	100

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

4.2. Caracterización de la materia prima (Quinua)

Tabla 4-3: Caracterización fisicoquímica de la quinua (*Chenopodiun Quinoa*)

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	13,57
Grasa (BS)	%	INEN 523	6,13
Fibra	%	INEN 522	6,26

Humedad	%	INEN 1237	9,93
Ceniza	%	INEN 401	3,6

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 4-4: Caracterización microbiológica de la quinua (*Chenopodium Quinoa*)

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	500
Recuento de coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	50

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

4.3. Caracterización de las harinas vegetales

Los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos y microbiológicos de las harinas de chocho y quinua, se presentan a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 4-5: Caracterización fisicoquímica de la Harina de chocho (*Lupinus Mutabilis*)

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	40,55
Grasa (BS)	%	INEN 523	1,41
Fibra	%	INEN 522	0,42
Humedad	%	INEN 1237	7,06
Ceniza	%	INEN 401	2,23

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 4-6: Caracterización microbiológica de la Harina de chocho (*Lupinus Mutabilis*)

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	60
Recuento de coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	80

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 4-7: Caracterización fisicoquímica de la Harina de quinua (*Chenopodium Quinoa*)

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	15,54
Grasa (BS)	%	INEN 523	5,20
Fibra	%	INEN 522	1,20
Humedad	%	INEN 1237	9,61
Ceniza	%	INEN 401	1,09

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 4-8: Caracterización microbiológica de Harina de quinua (*Chenopodium Quinoa*)

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	20
Recuento de coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	20

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Con base en los resultados obtenidos, se pudo concluir que tanto la materia prima (chocho y quinua) como las harinas obtenidas respectivamente cumplen con los estándares de calidad establecidos en la Norma INEN 2 390:2004 para el chocho y la Norma INEN 1 673:2013 para la quinua. Mientras que para las harinas esta cumple con los rangos establecidos en la Norma INEN 616:2015. Esto las hace aptas para su uso en la producción de las hojuelas confitadas y para el consumo humano.

4.4. Caracterización de las hojuelas confitadas a base de chocho y quinua

Mediante la realización de encuestas a 100 personas que actuaron como jueces, y ofreciéndoles la oportunidad de probar las tres formulaciones propuestas, se decidió producir la formulación TH1 con un 75% de harina de quinua y un 25% de harina de chocho. Esto se debe a que, según el análisis estadístico previo, esta formulación obtuvo la mayor aceptabilidad en términos de sabor, olor, textura y color. Posteriormente, se agregó un saborizante a la formulación TH1 para ofrecer una mayor variedad y atractivo al consumidor. Los resultados de los análisis físico-químicos de esta formulación son los siguientes:

Tabla 4-9: Caracterización fisicoquímica de las Hojuelas confitadas

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	17,28
Grasa (BS)	%	INEN 523	12,29
Fibra	%	INEN 522	5,84
Humedad	%	INEN 1237	2,31
Ceniza	%	INEN 401	3,48

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Tabla 4-10: Caracterización microbiológica de las Hojuelas confitadas

Parámetros	Unidad	Método	Resultados
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	Ausencia
Recuento de coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	Ausencia

Fuente: (SAQMIC, 2023)

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

Los resultados del producto final obtenido de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos poseen rangos aceptables y en los microbiológicos presenta un resultado de ausencia en cada una de las determinaciones respectivas a coliformes totales, mohos y levaduras. Cuyos valores establecidos en la Norma INEN 2 516:2010 se encuentran dentro de la norma permisible, por lo que se valida el proceso según lo obtenido.

4.5. Análisis y discusión de resultados

Para poder llevar a cabo el presente proyecto técnico de una manera continua y satisfactoria, se debe realizar inicialmente la caracterización de las materias primas (chocho y quinua) procedente del Mercado Mayorista de Riobamba, según la Norma INEN 2 390:2004 para el chocho y la Norma INEN 1 673:2013 para la quinua, que debe cumplir con los parámetros de calidad y consumo óptimos; las muestras fueron expedidas al laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y microbiológicos SAQMIC en la ciudad de Riobamba, para los respectivos análisis físico-químicos, obteniendo los siguientes resultados en el chocho: 86,77% de humedad, 43,9% de proteína, 3,32% de ceniza, 15,13% de grasa y 9,71% de fibra como se puede observar en la Tabla 1-4. Según un estudio realizado por (Allauca, 2005), el chocho es una de la legumbres con mayor valor nutricional estableciendo valores de 4,52% para cenizas, 10,13% para humedad, 47,80%

para proteínas, 18,90% para grasas y para fibra el 11,07%, al comparar estos datos con los reportados anteriormente muestra una diferencia superior de 76,64% en humedad, un valor inferior de 1,2% en ceniza, 3,9% de significancia en proteínas, 3,77% menor en grasa y 1,36% para fibra.

Respecto a los análisis físico-químicos de la muestra de quinua, se obtuvieron los siguientes resultados: 9,93% de humedad, 13,57% de proteína, 3,6% de ceniza, 6,13% de grasa y 6,26% de fibra como se puede visualizar en la Tabla 3-4. Según la investigación de (Pando y Castellanos, 2016), la quinua posee los siguientes parámetros con valores de 2,38% para cenizas, 13% para humedad, 14,12% para proteínas, 4,7% para grasas y para fibra el 7%; al comparar estos datos se evidencia una diferencia inferior de 3,07% en humedad, un valor superior de 1,22% en ceniza, 0,55% de significancia en proteínas, 2% mayor en grasa y 0,74% para fibra. La variabilidad de los datos se da a causa de diversos factores climáticos, geográficos, al proceso de remojo, secado y a su vez también de las diferentes variedades de especies tanto de chocho como las que proviene de la quinua.

Mediante la aplicación de una encuesta de evaluación sensorial a 100 personas seleccionadas al azar, se destinó tres formulaciones (TH1, TH2, TH3) para la obtención de hojuelas confitadas a base de chocho y quinua, se pretende escoger la formulación con mejores propiedades organolépticas y de mayor aceptación por parte del consumidor. Por medio de la prueba estadística Kruskal-Wallis, se determinó que la formulación TH1 a 75% de harina de quinua y 25% harina de chocho, tuvo los niveles más aptos de aceptabilidad en sabor, olor, color y textura a comparación con las otras formulaciones.

La validación del proceso industrial se efectuó mediante a la caracterización físico-química y microbiológica del producto final, las hojuelas confitadas. Basada en la NTE INEN 2 516:2010, teniendo como resultados los siguientes valores: 2,31% de humedad, 17,28% de proteína, 3,48% de ceniza, 12,29% de grasa y 5,84% de fibra. Además de presentar ausencia de coliformes totales, mohos y levaduras, como se pueden observar en la Tabla 4-9 y la Tabla 4-10.

El proceso de producción está orientado a una carga laboral de 5 días a la semana con unidades de 250g que serán comercializados al público a un precio de \$2,37; valor que fue determinando al considerar todos los puntos específicos de manufactura y de producción. Con base a los datos obtenidos y tomando en cuenta la aceptabilidad del público el producto posee grandes ventajas de consolidarse como un producto ecuatoriano innovador y nutricional. Además de que la inversión inicial total para el plan de funcionamiento de la planta tiene un periodo de recuperación de 2 años y 6 meses, por lo cual a partir de este punto las ganancias obtenidas van a ser relativamente netas.

4.6. Cronograma del proyecto

ACTIVIDAD	TIEMPO																							
	1º mes				2º mes				3º mes				4º mes				5º mes				6º 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																								
Elaboración del anteproyecto																								
Presentación y aprobación del anteproyecto																								
Obtención de la harina de chocho y quinua																								
Obtención de las hojuelas confitadas																								
Análisis fisicoquímico y organoléptico del producto final																								
Validación del proceso																								
Elaboración y corrección del borrador																								
Presentación del trabajo final																								
Auditoría académica																								
Defensa del proyecto																								

Realizado por: Alvarez, Allison, 2023.

CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica de las materias primas (chocho y quinua) de acuerdo con la Norma INEN 2390:2004 y la Norma INEN 1673:2013, respectivamente. Los valores obtenidos en la caracterización están cercanos a los valores experimentales, por lo tanto, estos cumplen con los requisitos mínimos de calidad, seguridad e inocuidad que deben cumplir los alimentos destinados al consumo humano.
- Se identificó mediante la experimentación a escala de laboratorio, las variables clave en el proceso de producción de las hojuelas confitadas como son la temperatura de 70°C durante el secado del chocho alrededor de unas 24 horas, de 85 a 90°C en el tostado de la quinua durante 2 horas y de 145°C durante 25 minutos en la etapa de secado de las hojuelas; y en cuanto a la humedad se abarcó un rango de 10 a 13% en los procesos de deshidratación y tostado. Estos parámetros permitieron obtener un producto con un buen sabor, textura, color y aroma agradable, características propias de los cereales. Para llevar a cabo este proceso, se utilizaron diferentes operaciones unitarias distribuidas en tres etapas. En la primera etapa, se deshidrató el chocho y se tostó la quinua. En la segunda etapa, se realizó la molienda y tamizado para obtener la harina de chocho y quinua. Finalmente, en la tercera etapa, se aplicaron técnicas de mezclado, laminado, corte y secado para producir las hojuelas confitadas.
- Se realizó los cálculos de ingeniería, es decir los balances de masa y energía que intervienen en algunas etapas del proceso. Además del dimensionamiento de un molino de martillo equipo fundamental en la obtención de las harinas vegetales con una capacidad de 30 kg de acero inoxidable de grado alimenticio.
- Se validó la calidad de las hojuelas confitadas de la formulación TH1, que fue la más aceptada por los jueces según la encuesta de degustación realizada. La calidad de estas hojuelas se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 2 561:2010. Mediante el análisis fisicoquímico, se determinó que las hojuelas tenían una humedad del 2,31%, cenizas del 3,48%, un contenido de proteínas del 17,28%, fibra del 5,84% y grasas del 12,29%. Además, se realizó un análisis microbiológico que mostró una ausencia de mohos y levaduras y coliformes totales. Estos resultados demuestran que el producto elaborado cumplió con los requisitos establecidos en la normativa y fue de buena calidad.

RECOMENDACIONES

- Realiza controles de calidad periódicos para asegurarte que el producto final cumpla con los estándares establecidos. Esto puede incluir pruebas de humedad, contenido de proteínas y otros parámetros relevantes en el proceso.
- Para obtener las harinas vegetales, es fundamental utilizar el chocho desamargado previamente y la quinua lavada. Estos procesos implican reducir la presencia de alcaloides en el caso del chocho y las saponinas por parte de la quinua, que son sustancias responsables del sabor amargo.
- Para el proceso de deshidratación, se sugiere utilizar un secador con recirculación, ya que ayuda a disminuir el tiempo requerido para eliminar la mayor cantidad de agua. En comparación con un secador convencional, este tipo de equipo permite obtener una mayor cantidad de producto seco con menos pérdidas.
- Realizar una limpieza completa y adecuada de los equipos, materiales e instrumentos necesarios en la línea de producción para evitar la contaminación cruzada durante la elaboración del producto final.
- Asegurarse de que el diseño del proceso y el dimensionamiento de los equipos cumplan con los requisitos de seguridad y medio ambiente. Esto implica considerar medidas de prevención de riesgos, normativas legales y consideraciones ambientales relevantes.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCÁNTARA, J.R.**, 2005. Diseño práctico de un molino de bolas. *Ciencias Marinas* [en línea], vol. 49 Suppl 1, Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15998525>.
- ALLAUCA CHÁVEZ, V.V.**, 2005. Desarrollo de la tecnología de elaboración de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) germinado fresco para aumentar el valor nutritivo del grano. [en línea], Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1424/1/iniapsctA416d.pdf>.
- ARREAGA, J.**, 2021. Diseño de un molino industrial para la molienda y descascarado del cacao. *Universidad Politécnica Salesiana*, vol. 1.
- AZAÑA, A.**, 2022. Diseño de un proceso industrial para la elaboración de hojuelas confitadas a base de Cebada (Hordeum Vulgare) y Chocho (Lupinus Mutabilis) con sabor a Chocolate (Theobroma Cacao).
- CAMPOS, J., ACOSTA, K. y PAUCAR, L.M.**, 2022. Quinoa (Chenopodium quinoa): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 13, no. 3, ISSN 23066741. DOI 10.17268/sci.agropecu.2022.019. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v13n3/2077-9917-agro-13-03-209.pdf>.
- CENGEL, Y. y BOLES, M.**, 1868. *Termodinámica* [en línea]. S.l.: McGRAW-HILL. Disponible en: https://www.academia.edu/44436306/Termodinámica_8va_Edicion.
- COLQUICHAGUA, D.**, 1998. *Procesamiento de alimentos (Conservación de alimentos)* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9589322808. Disponible en: <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/NTc=.pdf>.
- CONDORI, Y.V.C.**, 2016. *DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HOJUELAS PRE COCIDAS EN TRES VARIEDADES DE QUINUA* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Unión. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/648/Yulitza_Tesis_bachiller_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- COOPER, A.**, 2011. Cereales de caja: mucha azúcar y pocos nutrientes. *El Poder del*

- Consumidor* [en línea], vol. 57, Disponible en: <https://elpoderdelconsumidor.org/2011/10/mucha-azucar-y-pocos-nutrientes-cereales-de-caja/>.
- COPROQUIM S.A.**, 2020. *Sorbato de Potasio (E-202)* [en línea]. Guayaquil: s.n. Disponible en: <http://coproquim.com/wp-content/uploads/2020/08/TDS-Sorbato-de-Potasio.pdf>.
- DÁVILA, J.L. y ÁLVAREZ, C.**, 2011. *Diseño y construcción de un molino de atricción para moler materiales cerámicos* [en línea]. S.l.: Escuela Politécnica Nacional. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3920/1/CD-3627.pdf>.
- FRIEGA S.A.**, 2023a. Deshidratador LT-102. [en línea], Disponible en: <https://tienda.fritega.com.ec/product/deshidratador-lt-102/#cotizar-online>.
- FRIEGA S.A.**, 2023b. Horno FTDG10. [en línea], Disponible en: <https://tienda.fritega.com.ec/product/horno-9/>.
- FRIEGA S.A.**, 2023c. Laminadoras de masa. [en línea], Disponible en: <https://tienda.fritega.com.ec/product-category/panaderia-y-pasteleria/laminadoras/>.
- GONZALEZ, H. y TORO, A.**, 2009. Size reduction requirements in milling of vitabosa seed. *Scientia*, no. 42.
- GUAYLLAS, L. y MONTERO, J.**, 2012. *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS CON TAMIZ INTERCAMBIABLE, PARA PULVERIZAR YESO CRUDO* [en línea]. S.l.: ESPOCH. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2029/1/96T00171.pdf>.
- GUZMÁN, A., GUSQUI, R.C., MORÁN, N. y INOUE, H.**, 2015. *Manejo Integrado del Cultivo del Chocho (Lupinus mutabilis Sweet)* [en línea]. Riobamba: s.n. ISBN 9788527729833. Disponible en: http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/Cultivo_de_chocho_manual.pdf.
- JAVALOYES, P., O'BROIN, S. y CALLES, T.**, 2020. *Legumbres: Semillas nutritivas para un futuro sostenible*. S.l.: s.n. ISBN 9789253094639.
- KUMKAYA**, 2023. ELM750PÍ TAMIZADORA DE HARINA. [en línea], Disponible en:

<https://www.kumkaya.com/es/elm750pi-tamizadora-de-harina>.

LLAMAS, F. y ACEDO, C., 2018. Las leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *Ambiociencias*, vol. 3021, DOI 10.18002/ambioc.v0i14.5542.

LLERENA, L., 2022. BENEFICIOS DEL CHOCHO PARA MEJORAR LA NUTRICIÓN. *Qualitas Revista Científica* [en línea], vol. 24, no. 24, ISSN 1390-6569. DOI 10.55867/qual24.05. Disponible en: <https://revistas.unibe.edu.ec/index.php/qualitas/article/view/149/210>.

LÓPEZ, G., 2013. *Estudio del efecto de la deshidratación osmótica, el secado y recubrimiento en la obtención de chocho crocante* [en línea]. S.l.: Escuela Politécnica Nacional. Disponible en: <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>.

MÁRQUEZ, C., 2020. 600 familias productoras de chochos lograron una certificación de buenas prácticas agrícolas en esta pandemia. *Porcicultura.com* [en línea]. 2020. pp. 1-2. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/chocho-union-familias-chimborazo-comercializacion.html>.

MARTÍNEZ, C., PEÑAS, E. y HERNÁNDEZ, B., 2020. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology* [en línea], vol. 137, no. December 2019, ISSN 18736351. DOI 10.1016/j.fct.2020.111178. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>.

MCCABE, W.L., SMITH, J.C. y HARRIOTT, P., 2007. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química* [en línea]. Ciudad de México: McGRAW-HILL. ISBN 970-10-6174-8. Disponible en: <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/14698.pdf>.

MENA, M.B.P., 2018. El cultivo de la quinua y el clima en el Ecuador. *Estudios e Investigaciones Meteorológicas INAMHI* [en línea], vol. 700, Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mgranos/rquinua>.

NIETO, C., PATIÑO, S.R.G., TOLENTINO-MAYO, L., CARRIEDO, A. y BARQUERA, S., 2017. Characterization of breakfast cereals available in the Mexican market: Sodium and sugar content. *Nutrients*, vol. 9, no. 8, ISSN 20726643. DOI 10.3390/nu9080884.

NTE INEN 1 235, 1987. Granos Y Cereales. Determinación Del Contenido De Humedad. *Instituto Ecuatoriano De Normalización* [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1235.pdf>.

NTE INEN 1 670, 1988. Quinoa. Determinación de la proteína total. (Proteína cruda). [en línea], vol. 3, Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1670.pdf>.

NTE INEN 1 673, 2013. Quinoa. Requisitos. [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1673.pdf>.

NTE INEN 2 390, 2004. Leguminosas. Grano Desamargado de Chocho. Requisitos. [en línea], Disponible en: <https://ia802909.us.archive.org/26/items/ec.nte.2390.2005/ec.nte.2390.2005.pdf>.

NTE INEN 2 561, 2010. Bocatidos de Productos Vegetales. Requisitos. [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2561.pdf>.

NTE INEN 520, 2013. Harinas De Origen Vegetal. Determinación De La Ceniza. *Harinas De Origen Vegetal. Determinación De La Ceniza* [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/520.pdf>.

NTE INEN 522, 2013. Harinas de origen Vegetal. Determinación de la fibra cruda. *Norma Técnica Ecuatoriana* [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/522.pdf>.

NTE INEN 523, 1980. Harinas de origen vegetal. Determinación de grasa. [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/523.pdf>.

NTE INEN 616, 2015. Harina de Trigo. Requisitos. [en línea], Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/616.pdf>.

ORGAZ, G., 2020. *Adaptación de la quinoa (Chenopodium quinoa Willd .) a las condiciones agroecológicas de la zona centro peninsular .* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: https://oa.upm.es/65953/1/TFG_GABRIELA_ORGAZ_GARCIA.pdf.

PANDO, L.G. y CASTELLANOS, E.A., 2016. *Guía de cultivo de la quinoa* [en línea]. Lima:

s.n. ISBN 9789253090693. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>.

PERALTA, E. y MAZÓN, N., 2014. *ESTADO DEL ARTE DE LA QUINUA EN EL MUNDO EN 2013* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789253085583. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2433/1/iniapscCD13.pdf>.

PILATAXI, T., 2019. Diseño de un proceso industrial para la obtención de un yogurt a partir de leche de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) para la planta de lácteos ESPOCH. [en línea], Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11022>.

POTENZA, W., 2017. What is essence in cooking? [en línea], Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/what-essence-cooking-walter-potenza>.

PRADO, J., 2020. Peruminox TM-1200-COM. [en línea], vol. 20, Disponible en: <https://www.maquinaelectroperu.com/linea-neutro/peruminox-tm-1200-com/>.

QUILCA, P., 2020. Elaboración de harina de chocho para enriquecer harina de trigo. *Universidad Central Del Ecuador Facultad De Ingeniería Química* [en línea], Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21469/1/T-UCE-0017-IQU-093.pdf>.

RETIRADO, M., LAURENCIO, A., SALAZAR, P., CORRALES, M., SEGOVIA, Manuel, SEGOVIA, Marco, BORJA, M. y VEGA, J., 2018. Perfeccionamiento de la tecnología de secado natural de la mena laterítica. *Minería y Geología* [en línea], vol. 34, Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122018000200006&lang=es.

ROMERO, V., TIRADO, A. y DÁVALOS, J., 2015. Determinación experimental mediante DSC de las estabilidades térmicas y las capacidades caloríficas: quinua, kiwicha y cañihua. *Cátedra Villarreal*, vol. 1, no. 2, ISSN 23104767. DOI 10.24039/cv20153144.

SIFRE, M.D., PERAIRE, M., SIMÓ, D., SEGURA, A., SIMÓ, P. y TOSCA, P., 2019. *LA HARINA* [en línea]. España: Universitat Jaume I. Disponible en: <https://bibliotecavirtualsenior.es/investigacion/la-harina/>.

SILVA, P.M., MASSUELA, D.C., KHAN, M.W., HAMAR, A., KHAJEHEI, F., GRAE, S. y PIATTI, C., 2020. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation

and Marketization. *Foods* [en línea], vol. 9, no. 216, Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/616.pdf>.

TAPIA, M., 2015. El Tarwi, Lupino Andino. *Fondo Italo Peruano* [en línea], Disponible en: <https://docplayer.es/33372914-El-tarwi-lupino-andino.html>.

VARELA, A.L. y RON, S.R., 2018. Geografía y clima del Ecuador. *BIOWEB. Pontificación Universidad Católica del Ecuador* [en línea], Disponible en: <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/%0Ahttps://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/%0Ahttps://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/%0Ahttps://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>.

VILLACRÉS, E., PERALTA, E., CUADARDO, L., REVELO, J., ABDO, S. y ALDÁZ, R., 2009. *Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho (Lupinus mutabilis Sweet)* [en línea]. S.l.: ESPOCH. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/453/4/iniapsbt133.pdf>.

VILLACRÉS, E., RUBIO, A., EGAS, L. y SEGOVIA, G., 2006. Usos Alternativos del Chocho. *Recetario-usos alternativos del chocho* [en línea], vol. 1, Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/298/1/iniapscbd333.pdf>.

VULCANOTEC, 2022. Marmita con Agitador. [en línea], Disponible en: <https://vulcanotec.com/maquinaria/marmita-con-agitador/>.

WEBSTAIRANT STORE, 2022. Advance Tabco BSR-96 Details. [en línea], Disponible en: <https://www.webstairantstore.com/advance-tabco-bsr-96-30-x-96-stainless-steel-sorting-table-with-10-1-2-backsplash/109BSR96.html>.

ZAPATA, S., TAMAYO, A. y ROJANO, B., 2015. Efecto del Tostado Sobre los Metabolitos Secundarios y la Actividad Antioxidante de Clones de Cacao Colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. 68, no. 1, ISSN 0304-2847. DOI 10.15446/rfnam.v68n1.47836.



ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL CHOCHO



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 17 de mayo del 2023
Análisis solicitado por: Srta. Allison Alvarez
Tipo de muestras: Chocho (*Lupinus Mutabilis*)
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	43.9
Grasa (BS)	%	INEN 523	15.13
Fibra	%	INEN 522	9.71
Humedad	%	INEN 1237	86.77
Ceniza	%	INEN 401	3.32

Análisis Microbiológico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Recuento de Mohos y Levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	650
Recuento de Coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	100

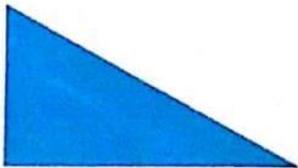
Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 9
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

ANEXO B: RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA QUINUA



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 17 de mayo del 2023
Análisis solicitado por: Srta. Allison Alvarez
Tipo de muestras: Quinoa (*Chenopodium Quinoa*)
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	13.57
Grasa (BS)	%	INEN 523	6.13
Fibra	%	INEN 522	6.26
Humedad	%	INEN 1237	9.93
Ceniza	%	INEN 401	3.6

Análisis Microbiológico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Recuento de Mohos y Levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	500
Recuento de Coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	50

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Alvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Mañón
Contactarnos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

ANEXO C: RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA HARINA DE CHOCHO



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 17 de mayo del 2023
Análisis solicitado por: Srta. Allison Alvarez
Tipo de muestras: Harina de Chocho (*Lupinus Mutabilis*)
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	40.55
Grasa (BS)	%	INEN 523	1.41
Fibra	%	INEN 522	0.42
Humedad	%	INEN 1237	7.06
Ceniza	%	INEN 401	2.23

Análisis Microbiológico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Recuento de Mohos y Levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	60
Recuento de Coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	80

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid Q
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmic

ANEXO D: RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA HARINA DE QUINUA



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 17 de mayo del 2023
Análisis solicitado por: Srta. Allison Alvarez
Tipo de muestras: Harina de Quinoa (*Chenopodium Quinoa*)
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	15.54
Grasa (BS)	%	INEN 523	5.20
Fibra	%	INEN 522	1.20
Humedad	%	INEN 1237	9.61
Ceniza	%	INEN 401	1.09

Análisis Microbiológico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Recuento de Mohos y Levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	20
Recuento de Coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	20

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 0
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmie Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmie

ANEXO E: RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS HOJUELAS CONFITADAS A BASE DE CHOCHO Y QUINUA



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 28 de julio del 2023

Análisis solicitado por: Srta. Allison Alvarez

Tipo de muestras: Hojuelas a base de harinas de Chocho y Quinua

Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Proteína (BS)	%	INEN 519	17.28
Grasa (BS)	%	INEN 523	12.29
Fibra	%	INEN 522	5.84
Humedad	%	INEN 1237	2.31
Ceniza	%	INEN 401	3.48

Análisis Microbiológico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Recuento de Mohos y Levaduras	UFC/g	INEN 1529-10	Ausencia
Recuento de Coliformes totales	UFC/g	INEN 1529-6	Ausencia

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

ANEXO F: PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CHOCHO

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">REALIZADO POR: Alvarez Quispe Allison Dayana</p>	<p align="center">PROCESO A NIVEL DE LABORATORIO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE CHOCHO</p>		
<p>a) Pesaje y lavado del chocho para deshidratar.</p> <p>b) Secado del chocho en la estufa a 70 °C.</p> <p>c) Tamizado de la harina de chocho obtenida después de la molienda a través de un tamiz de 210 μm.</p>	<p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</p>		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	23/08/2023	1

ANEXO G: PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE QUINUA

d)



e)



f)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> REALIZADO POR: Alvarez Quispe Allison Dayana </p>	<p align="center"> PROCESO A NIVEL DE LABORATORIO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE QUINUA </p>											
<p>d) Pesaje de la quinua lavada previamente.</p> <p>e) Tostado de la quinua en un rango de 85-90°C.</p> <p>f) Harina de quinua obtenida del tamizado.</p>	<table border="1"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td><input checked="" 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 type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	ESCALA	FECHA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO													
<input type="checkbox"/>	APROBADO													
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR													
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR													
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR													
			1:1	23/08/2023	1									

ANEXO H: ELABORACIÓN DE LAS HOJUELAS CONFITADAS

g)



h)



i)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	PROCESO A NIVEL DE LABORATORIO PARA LA OBTENCIÓN DEHOJUELAS CONFITADAS												
g) Obtención de la masa homogénea. h) Secado de la masa homogénea en la estufa a 145°C. i) Hojuelas confitas durante el enfriamiento.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	REALIZADO POR: Alvarez Quispe Allison Dayana	ESCALA 1:1	FECHA 23/08/2023	LÁMINA 1
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														

ANEXO I: MODELO DE ENCUESTA

HOJA DE RESPUESTA

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Producto: Hojuelas confitadas a base de chocho y quinua con sabor a vainilla

Instrucciones:

Por favor pruebe las muestras en el orden que le indicamos: Primero la muestra TH1, segundo la muestra TH2 y finalmente la muestra TH3.

Señale cual bebida le ha gustado más: TH1____ TH2____ TH3____

Por favor de acuerdo a su criterio respecto a las Hojuelas, de su preferencia sobre las siguientes características:

ATRIBUTO	Me gusta			Ni me gusta ni me disgusta			No me gusta		
	TH1	TH2	TH3	TH1	TH2	TH3	TH1	TH2	TH3
Color									
Textura									
Sabor									
Olor									

Comentarios: _____

¡Gracias por su participación!

ANEXO J: EJECUCIÓN DE LAS ENCUESTAS

m)



n)

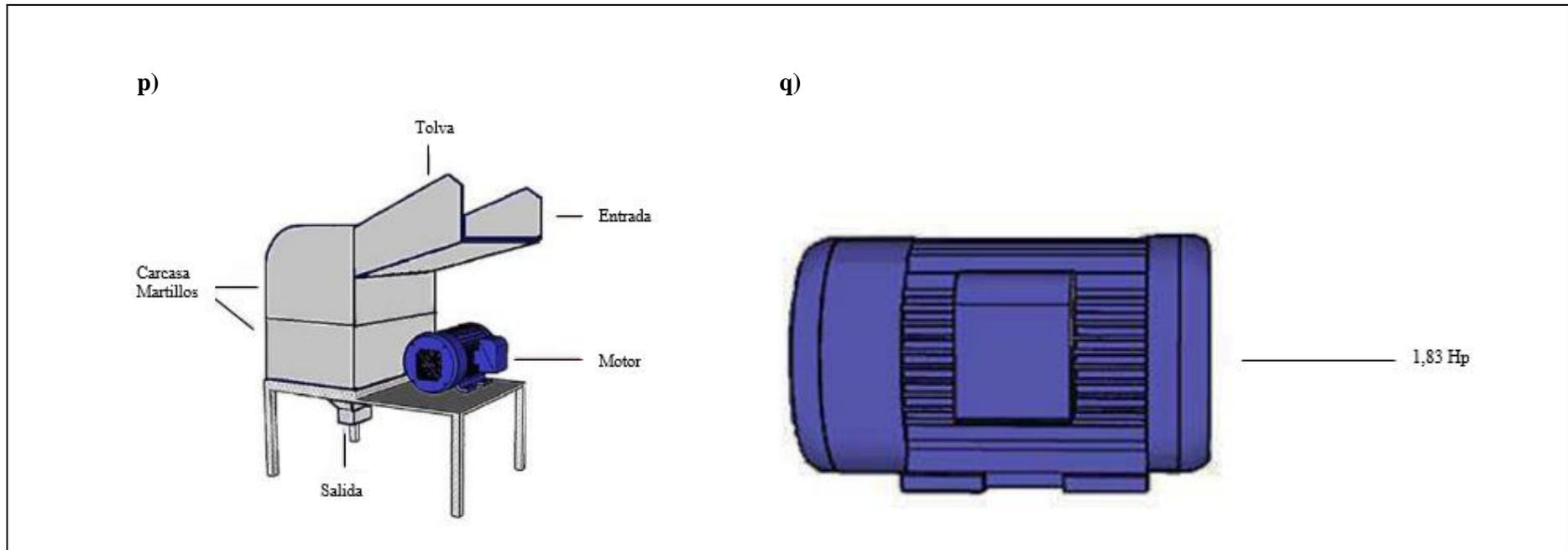


o)



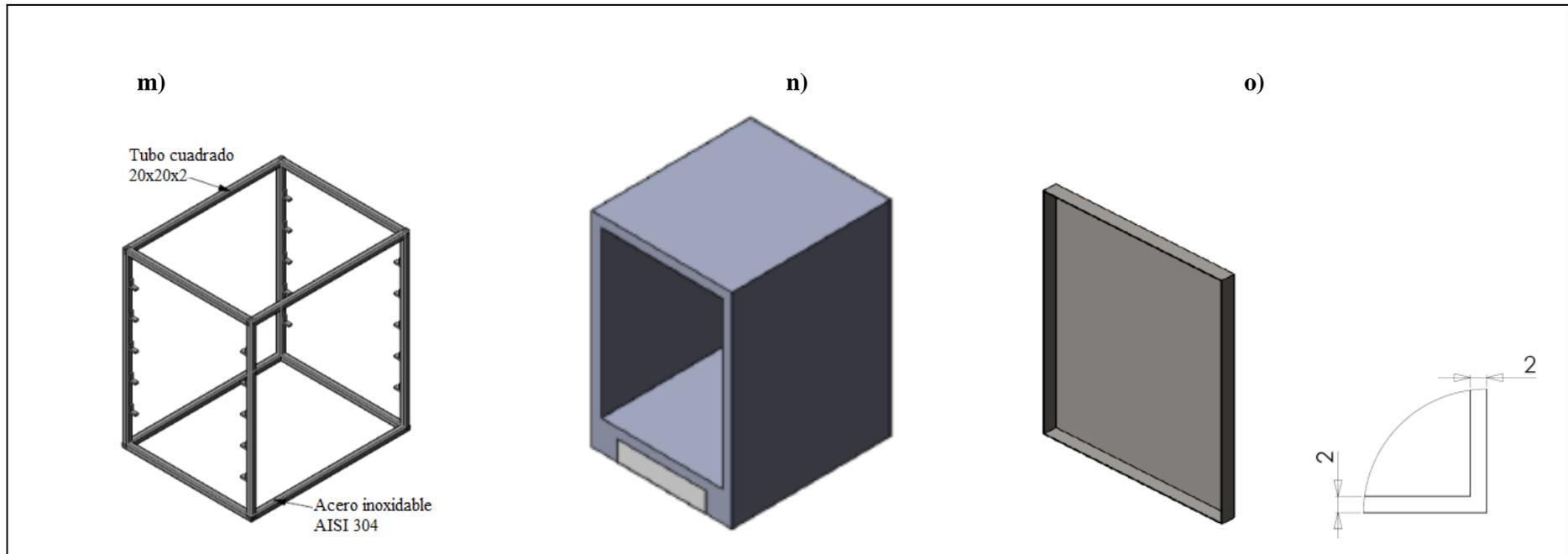
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Alvarez Quispe Allison Dayana	EJECUCIÓN DE LAS ENCUESTAS		
m) Encuestas realizadas a los estudiantes y técnicos docentes de los laboratorios de la Facultad de Ciencias. n) Encuestas a los estudiantes del PAO 6 de la Carrera de Ingeniería Química durante Operaciones Unitarias. o) Encuestas a los estudiantes del PAO 8 durante la materia de Emprendimiento.	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	23/08/2023	1

ANEXO K: DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLOS



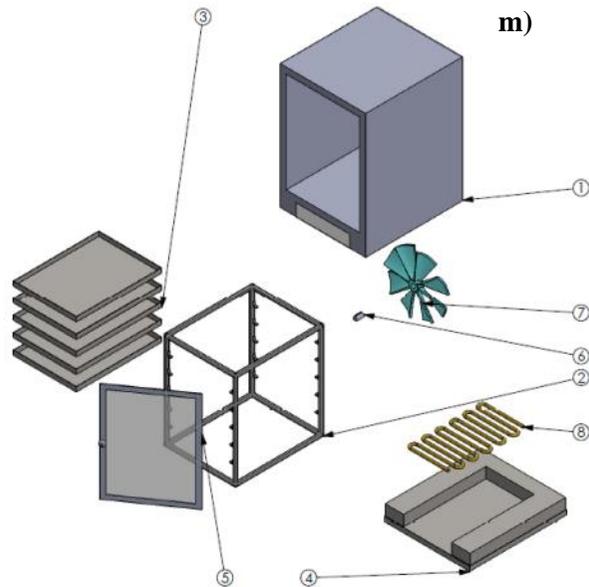
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>REALIZADO POR: Alvarez Quispe Allison Dayana</p>	DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLOS																	
<p>m) Molino de vista panorámica. n) Motor del molino</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td><input checked="" 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 type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th>ESCALA</th></tr> <tr><td>1:1</td></tr> </table>	ESCALA	1:1	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th>FECHA</th></tr> <tr><td>23/08/2023</td></tr> </table>	FECHA	23/08/2023	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th>LÁMINA</th></tr> <tr><td>1</td></tr> </table>	LÁMINA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO																			
<input type="checkbox"/>	APROBADO																			
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR																			
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR																			
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR																			
ESCALA																				
1:1																				
FECHA																				
23/08/2023																				
LÁMINA																				
1																				

ANEXO L: DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA REALIZADO POR: Alvarez Quispe Allison Dayana </p>	DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLOS																	
m) Cámara interna del secador n) Cámara externa del secador o) Bandeja	<table border="1"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td><input checked="" 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 type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<table border="1"> <tr><td>ESCALA</td></tr> <tr><td align="center">1:1</td></tr> </table>	ESCALA	1:1	<table border="1"> <tr><td>FECHA</td></tr> <tr><td align="center">23/08/2023</td></tr> </table>	FECHA	23/08/2023	<table border="1"> <tr><td>LÁMINA</td></tr> <tr><td align="center">1</td></tr> </table>	LÁMINA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO																			
<input type="checkbox"/>	APROBADO																			
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR																			
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR																			
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR																			
ESCALA																				
1:1																				
FECHA																				
23/08/2023																				
LÁMINA																				
1																				

ANEXO M: DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS



Nº de pieza	Nombre
1	Cámara exterior
2	Cámara interna
3	Bandeja
4	Base
5	Tapa
6	Eje ventilador
7	Ventilador
8	resistencia

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLOS		
m) Secador de bandejas	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		REALIZADO POR: Alvarez Quispe Allison Dayana	ESCALA	FECHA
			1:1	23/08/2023	1



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Allison Dayana Alvarez Quispe
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



2048-DBRA-UPT-2023