



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CHOCHO”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero/a Industrial

Autores:

Chuquitarco Chiluisa Luis Miguel

Quishpe Cóndor Yadira Simara

Tutor:

Ing. MSc. Hidalgo Oñate Ángel
Guillermo

Latacunga - Ecuador

Febrero 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

"**Chuquitarco Chiluisa Luis Miguel y Quishpe Cóndor Yadira Simara**" declaramos ser autores del presente de la propuesta tecnológica: "**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CHOCHO**", siendo **Ing. MSc. Hidalgo Oñate Ángel Guillermo** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la **Universidad Técnica de Cotopaxi** y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Chuquitarco Chiluisa Luis Miguel

C.I. 050404893-5

Quishpe Cóndor Yadira Simara

C.I. 055010600-9



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CHOCHO”, de **Chuquitarco Chiluisa Luis Miguel y Quishpe Cóndor Yadira Simara**, de la carrera de **Ingeniería Industrial**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la **Universidad Técnica de Cotopaxi** designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero 2019

Ing. MSc. Hidalgo Oñate Angel Guillermo
C.I. 050325740-4



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la **Universidad Técnica de Cotopaxi**, y por la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, los postulantes: **Chuquitarco Chiluisa Luis Miguel** y **Quishpe Córdor Yadira Simara**, con el título de Proyecto de titulación: **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CHOCHO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Hernán Navas
CC: 050069554-9

Lector 2
Nombre: Ing. Karina Berrezueta
CC: 050293510-6

Lector 3
Nombre: Ing. Milton Herrera
CC: 050150331-2



Ingeniería
Industrial

DIRECCIÓN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Latacunga, 4 de Febrero del 2019.

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Debo certificar que el los estudiantes CHUQUITARCO CHILUISA LUIS MIGUEL con C.I. 0504048935 y QUISHPE CONDOR YADIRA SIMARA con C.I. 0550106009 realizaron la implementación del proyecto de titulación OPTIMIZACIÓN DEL PROCESOS DE SEPARACIÓN DE CHOCHO. El mismo que quedara en la carrera para procesos de aprendizaje.

Atentamente.


Ing. Msc. Cristian Espín
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios por guiar cada uno de nuestros pasos con el fin de lograr nuestros objetivos y a la vez agradecidos eternamente con nuestros padres que hicieron posible nuestro proceso de formación.

A nuestra querida Universidad Técnica de Cotopaxi y hermosa carrera de Ingeniería Industrial que hicieron posible el aprendizaje para que logremos nuestro propósito, a nuestro mentor Ing. Ángel Hidalgo quién confió en nuestras capacidades para lograr el presente proyecto, nuestra familia y amigos en general por siempre estar pendiente de nosotros y brindarnos sus palabras de aliento para continuar.

Luis Miguel, Yadira Simara

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios quién día a día a sabido guiar cada uno de los pasos que he dado, a mi madre quién es el pilar fundamental en mi vida que ha sabido brindarme su apoyo incondicional en todo momento depositando su plena confianza en cada reto que me he propuesto en mi vida sabiendo que no la defraudaría. La amo con mi vida entera. Un agradecimiento muy extensivo a toda mi familia y a cada una de las personas que siempre me brindaron su aliento, a la vez a mis compañeros y amigos que me brindaron su apoyo, así como a mi novia por estar a mi lado para apoyarme y motivarme a seguir día a día. Gracias infinitas.

Luis Miguel

El presente proyecto se lo dedico principalmente a Dios que ha guiado cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres Milton y Blanca, quienes en el transcurso de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo incondicional en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se presentó sin dudar ni un solo instante en mi inteligencia y capacidad, los amo con mi vida.

Agradecida eternamente por el apoyo brindado día con día, a mi hermano, mi cuñada y mi sobrino que es mi felicidad cotidiana, a la vez al resto de mi familia y amigos que de alguna u otra manera fueron parte de mi proceso de formación ya que estuvieron pendiente en de mi en todo momento.

Yadira Simara

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvi
1 INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	1
2.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	1
2.2 TIPO DE ALCANCE	1
2.3 ÁREA DEL CONOCIMIENTO	2
2.4 SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.5 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	2
2.5.1 Objeto de estudio	2
2.5.2 Campo de acción	2
2.6 SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA	3
2.6.1 Situación problemática	3
2.6.2 Problema.....	3
2.7 HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA	3
2.8 OBJETIVOS	4
2.8.1 Objetivo general	4
2.8.2 Objetivos específicos	4
2.9 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	4
3 MARCO TEÓRICO	6
3.1 El chocho en Ecuador	6
3.2 Producción de chocho en Ecuador.....	6
3.3 Características físicas del chocho	7
3.4 Características químicas del chocho	7

3.5	Principios básicos de la separación de impurezas de granos	8
3.5.1	Tamaño	8
3.5.1.1	Separación en función del ancho	9
3.5.1.2	Separación en función del grosor.....	9
3.5.1.3	Separación en función de la longitud.....	10
3.5.2	Forma.....	10
3.5.3	Velocidad Terminal	10
3.6	Métodos actualmente utilizados en la clasificación del chocho	11
3.6.1	Método Manual o jornal	11
3.6.2	Método semi-manual	12
3.6.3	Método Mecánico Crippen	13
3.7	Métodos existentes para la clasificación de granos por tamaño	13
3.7.1	Método semi-manual	13
3.7.2	Clasificación por anillos	14
3.7.3	Clasificación por cilindros rotatorios	15
3.7.4	Mesa de clasificación por tamaños.....	16
3.7.5	Método vibratorio.....	17
3.7.6	Método giratorio	18
3.8	Métodos existentes para la limpieza y separación de granos e impurezas con viento 20	
3.8.1	Método manual de limpieza y separación de granos e impurezas con viento (Venteado Artesanal).....	20
3.8.2	Método de limpieza y separación con ventilador	21
3.8.3	Método de limpieza y separación con zarandas cilíndricas rotativas.....	21
3.8.4	Método de limpieza y separación con ventilador y zarandas	21
3.8.5	Método de limpieza y separación de impurezas en máquinas con aire y zarandas 21	
3.9	Optimización de procesos	22
3.10	Materiales comunes en la industria alimentaria.....	22
3.10.1	Metales y Aleaciones.....	23
3.10.2	Acero Inoxidable	23
3.10.3	Material compuesto de aluminio	24
4	METODOLOGÍA	25
4.1	Características del chocho necesarias para la separación y clasificación.....	25
4.1.1	Características físicas	25
4.1.1.1	Peso.....	25

4.1.1.2	Tamaño	25
4.2	Condiciones y parámetros de diseño del prototipo de la máquina.....	26
4.3	Diseño y selección de los elementos del prototipo de la máquina.....	26
4.3.1	Alternativas de solución	27
4.3.1.1	Alternativa de solución 1	27
4.3.1.2	Alternativa de solución 2	28
4.3.1.3	Alternativa de solución 3	28
4.3.2	Selección de la mejor alternativa.....	29
4.3.2.1	Alternativa se solución 3 mejorada.....	30
4.4	Construcción del prototipo de máquina separadora de chochos.....	30
4.4.1	Estructura.....	31
4.4.2	Mesa vibradora	31
4.4.3	Soporte para la tolva de alimentación.....	32
4.4.4	Tolva de alimentación	33
4.4.5	Tamices.....	33
4.4.6	Soporte de guías de salida del producto	34
4.4.7	Guías de salida del producto.....	34
4.4.8	Sistema cerrado de circulación de aire	35
4.5	Determinación final del costo de construcción del prototipo de la máquina separadora y clasificadora de chochos.....	35
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
5.1	Características del chocho	35
5.2	Diseño del prototipo de la máquina	36
5.2.1	Alternativas de solución	37
5.2.1.1	Alternativa de solución 1	37
5.2.1.2	Alternativa de solución 2	38
5.2.1.3	Alternativa de solución 3	39
5.2.1.4	Alternativa de solución 3 mejorada	40
5.3	Construcción del prototipo de máquina separadora de chochos.....	40
5.4	Explicación del funcionamiento del prototipo.....	41
5.4.1	Separación	42
5.4.2	Vibración	42
5.4.3	Consumo de energía del prototipo.....	43
5.4.4	Funcionamiento del prototipo.....	44

5.5	Determinación final del costo de construcción del prototipo de la máquina separadora y clasificadora de chochos.....	45
6	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	46
6.1	Presupuesto	46
6.2	Análisis de Impactos	47
6.2.1	En las personas	47
6.2.2	Tecnológico	47
6.2.3	Económico	47
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
8	REFERENCIAS.....	50
9	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	4
Tabla 3.1. Superficie cosechada de chocho	6
Tabla 3.2 Características físicas del chocho	7
Tabla 3.3 Análisis bromatológico del chocho amargo y desamargado	7
Tabla 4.1. Matriz de selección de alternativa	29
Tabla 5.1. Tiempos tomados en el proceso de separación manual.....	37
Tabla 5.2 Comparación entre el proceso manual y alternativas de solución.....	37
Tabla 5.3. Datos del Blower	42
Tabla 5.4. Datos del motor eléctrico	43
Tabla 5.5. Medición de vibración generada por el motor.....	43
Tabla 5.6. Consumo de energía del prototipo.....	43
Tabla. 4.2. Costo final de construcción	45
Tabla 6.1. Costos de construcción del prototipo	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 3.1. Dimensiones de varios granos: $c=\text{largo}=\text{ancho}$; y $e=\text{grosor}$	8
Fig. 3.2. Separación en función del ancho.....	9
Fig. 3.3. Separación en función del grosor	9
Fig. 3.4. Separación de impurezas por medio del aire.....	10
Fig. 3.5. Separación de manera manual de chocho	12
Fig. 3.6. Separación de manera semi-manual.....	12
Fig. 3.7. Separación por medio del sistema de la máquina Crippen	13
Fig. 3.8. Método semi-manual.....	14
Fig. 3.9. Anillos clasificadores	15
Fig. 3.10. Máquina clasificadora por cilindros rotatorios.....	16
Fig. 3.11. Mesa clasificadora por tamaños	17
Fig. 3.12. Tamiz vibratorio.....	18
Fig. 3.13. Tamiz giratorio.....	19
Fig. 3.14. Venteado artesanal	20
Fig. 3.15. Máquina de limpieza con ventilador y zarandas	22
Fig. 3.16. Acero para estructura	23
Fig. 3.17. Acero Inoxidable.....	24
Fig. 3.18. Material compuesto de aluminio.....	24
Fig. 4.1. Proceso de separación manual de chocho	26
Fig. 4.2. Alternativa de solución 1	27
Fig. 4.3. Parte frontal y parte posterior alternativa de solución 2.....	28
Fig. 4.4. Alternativa de solución 3	29
Fig. 4.5. Alternativa de Solución 3 mejorada.....	30
Fig. 4.6. Estructura	31

Fig. 4.7. Mesa vibradora.....	32
Fig. 4.8. Soporte para la tolva de alimentación	32
Fig. 4.9. Tolva de alimentación	33
Fig. 4.10. Tamices	33
Fig. 4.11. Soporte de guías de salida del producto	34
Fig. 4.12. Guías de salida del producto	34
Fig. 4.13. Sistema cerrado de circulación de aire	35
Fig. 5.1. Grano de chocho malo y bueno.....	36
Fig. 5.2. Chocho bueno de primera, segunda y tercera calidad.....	36
Fig. 5.3. Resultado obtenido de la alternativa de solución 1	38
Fig. 5.4. Resultado obtenido la alternativa de solución 2.....	39
Fig. 5.5 Resultado obtenido de la alternativa de solución 3	39
Fig. 5.6. Resultado obtenido de la alternativa de solución 3 mejorada	40
Fig. 5.7. Partes del prototipo de máquina separadora y clasificadora de chochos	41
Fig. 5.8. Prototipo de máquina separadora y clasificadora de chochos.....	44

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CHOCHO”

Autores: Chuquitarco Chiluisa Luis Miguel
Quishpe Córdor Yadira Simara

RESUMEN

La presente propuesta establece un prototipo de máquina para la optimización del proceso de separación del chocho dirigida a los pequeños productores y comerciantes del producto. El prototipo de máquina cumple con el proceso de separación del chocho bueno de malo y a su vez lo clasifica en diferentes calidades establecidas por su tamaño. Indirectamente se podrá reducir el número de personas que realizan la actividad, ya que proceso es realizado de manera manual y además requiere de entrenamiento personal, siendo así una actividad con movimientos repetitivos, mismos que afecta principalmente a manos, muñecas, dedos, y a la vez obliga a las personas a mantener una postura fija durante periodos largos, causando molestias principalmente en la columna, de tal manera que, al implementarse la propuesta la mano de obra empleada podrá utilizarse en el desarrollo de otras actividades. Basados en la problemática existente se establecieron diferentes alternativas de solución con el fin de obtener resultados alentadores para lograr la optimización el proceso de separación, en la primera alternativa se obtuvo la clasificación del producto a través de una mesa vibradora que clasificaba el producto por tamaño sean buenos o malos, lo cual llevó a buscar una nueva alternativa. En la segunda alternativa planteada se añadió una fuente de aire abierta ubicada de manera que al caer el producto atravesase la misma, que con pruebas realizadas se logró la separación y visualmente se apreció que el chocho de buena calidad también salía expulsado junto con él malo, llegando a la conclusión que los resultados no fueron los esperados. En una tercera alternativa con la implementación de un sistema cerrado para la circulación de aire, se obtuvieron mejores resultados validados visualmente en el proceso de separación del producto. Tomando en cuenta los parámetros para maquinaria que trabaja con alimentos se reprodujo el prototipo mismo que realiza la separación de chochos buenos de malos permitiendo la optimización de recursos utilizados en el proceso, limitando la intervención de las personas para el suministro del producto en la tolva de alimentación, así como para su recolección y posterior almacenamiento.

Palabras clave: Proceso, separación de chocho, optimización.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APLLIED SCIENCES
THEME: CHOCHO OPTIMIZATION SEPARATION PROCESS

AUTHORS: Chuquitarco Chiluisa Luis Miguel
Quishpe C3ndor Yadira Simara

ABSTRACT

The present proposal establishes a prototype of machine in order to chocho optimization separation process directed to the small producers and merchants of the product. The prototype of machine fulfills with the process of separating the best and worst chocho, additional classifying according to its size, rating by its quality. Indirectly it would reduce the number of people that do this activity, that's because is a hand-work process that requires personal training, with repetitive movements. This activity affect their hands, wrist, fingers and force people to keep the same rigid position for a long periods of time affecting principally the spine. With the proposal, the workforce will be reduced and these people would do other activities. According to the existing problem, different solution alternatives were established in order to obtain encouraging results to achieve the optimization of the separation process. It was established three available alternatives, the first one was to obtain the product classified through a vibrating table that separates the product by its size, but no by its quality that is why a new alternative needed. The second alternative an open air source was added; it was located, so that when the product falls, go through it. After many tests carried out the separation was achieved and visually was appreciated that the good quality product comes out with the bad one, finally the conclusion was that the results weren't expected. The third and last alternative was to implement a closed system for air circulation, with this the results were better, the process was visually validated obtaining a product separated by its size and quality. The prototype of machine was built considering that it will work with food, it was made of stainless steel and material composed of aluminum. The built prototype performs the separation of good and bad chochos allowing the optimization of used resources in the process; additional the involved people in the process are just for filling up the machine in the chute alimentation, picking the product and subsequent storage.

Key words: Process, separating chocho, optimization.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Centro
Cultural de
Idiomas

AVAL DE TRADUCCIÓN

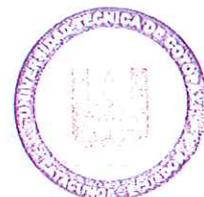
En calidad de docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los estudiantes: CHUQUITARCO LUIS MIGUEL, QUISHPE CONDÓR YADIRA SIMARA, cuyo título versa **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SEPARACIÓN DE CHOCHO”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical al Idioma.

En todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera más ética que estimen conveniente.

Latacunga, Febrero del 2019.

Atentamente:

Lis. Jose Ignacio Andrade
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS
C-I. 050310104-0



1 INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR: Chuquitarco Chiluisa Luis Miguel.

Quishpe Cóndor Yadira Simara

TEMA APROBADO: “Optimización del Proceso de Separación de Chocho”.

CARRERA: Ingeniería Industrial

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA: Ing. MSc. Ángel Hidalgo

LUGAR DE EJECUCIÓN: (Sierra, Cotopaxi, Latacunga, Eloy Alfaro)

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA: 6 meses

FECHA DE ENTREGA: Febrero 2019

LÍNEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea de Investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi: Procesos Industriales

Sub-líneas de Investigación de la Carrera de Ingeniería Industrial: Optimización de procesos productivos

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA: Propuesta innovadora

2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Optimización del Proceso de Separación de Chocho

2.2 TIPO DE ALCANCE

Productivo

2.3 ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Ingeniería, industria y construcción

2.4 SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

La presente propuesta establece un prototipo de máquina para la optimización del proceso de separación del chocho dirigida a los pequeños productores y comerciantes del producto, la cual está en la capacidad de separar chochos de buena y mala calidad. Adicionalmente, la máquina es capaz de clasificar al producto de buena calidad por su tamaño. De esta manera, se benefician los pequeños productores y comerciantes de chocho de la provincia de Cotopaxi que realizan esta actividad de forma manual. Indirectamente se podrá reducir el número de personas que realizan la actividad, ya que el proceso actualmente es realizado de manera manual y además requiere de entrenamiento personal, siendo así una actividad con movimientos repetitivos, mismos que afecta principalmente a manos, muñecas, dedos, y a la vez obliga a las personas a mantener una postura fija durante periodos largos, causando molestias principalmente en la columna, de tal manera que, al implementarse la propuesta la mano de obra empleada podrá utilizarse en el desarrollo de otras actividades.

2.5 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1 Objeto de estudio

La optimización del proceso de separación de chochos en los pequeños productores y comerciantes de la Provincia de Cotopaxi, tomando en cuenta los recursos utilizados en el proceso, de esa forma dar solución a la problemática establecida.

2.5.2 Campo de acción

El proceso de la separación de chochos automatizado en los pequeños productores y comerciantes de la Provincia de Cotopaxi.

2.6 SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1 Situación problemática

En Ecuador el chocho forma parte del grupo de cultivos y alimentos de origen andino, el cual es cultivado en buenas características geográficas, climáticas y de suelos, que le permiten una

adecuada adaptación y desarrollo, sembrándose en zonas de clima frío y templado, en especial en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Carchi, Imbabura, Tungurahua y Bolívar, con un ciclo de germinación de 6 a 8 meses. Las semillas de chocho rinden 1500 kilogramos por hectárea, cultivado en suelos arenosos y de baja precipitación. [1]

Este tipo de terrenos se encuentran en:

- Cotopaxi (Sigchos, Latacunga y Pujilí)
- Chimborazo (Guano, Guamote y Alausí)
- Pichincha (Cayambe y Mejía)

Actualmente, el 70% de la producción de chocho proviene de Cotopaxi y Chimborazo, las fincas productoras en estas provincias están ubicadas entre los 2700 y los 3800 metros sobre el nivel del mar, en las que existe un alto índice de lluvia, los meses de mayor precipitación son: febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. En Chimborazo y Cotopaxi en las zonas productoras de chocho, la precipitación varía entre 250 a 500 mm/año. [2]

2.6.2 Problema

¿Cómo optimizar el proceso de separación de chocho para los pequeños productores y comerciantes en la Provincia de Cotopaxi?

2.7 HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

La implementación de un prototipo de máquina clasificadora de chocho permitirá optimizar recursos utilizados en el proceso de separación de este producto.

- **Variable Dependiente**

Optimización de recursos

- **Variable Independiente**

Implementación de un prototipo de máquina separadora de chocho

2.8 OBJETIVOS

2.8.1 Objetivo general

Optimizar el proceso de separación del chocho a partir del diseño, construcción y puesta en marcha de un prototipo de máquina separadora de chocho.

2.8.2 Objetivos específicos

- Analizar las características físico-químicas del chocho.
- Determinar las condiciones y los parámetros de diseño del prototipo de la máquina.
- Realizar el diseño y la selección de los elementos del prototipo de máquina.
- Determinar el costo de construcción del prototipo de la máquina separadora de chochos.
- Construir el prototipo de máquina separadora de chochos y realizar pruebas para la verificación de la optimización del proceso.

2.9 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Con la finalidad de lograr el cumplimiento de los objetivos previamente establecidos, en la Tabla 2.1, especifica las actividades a realizar, así como los resultados que se desean obtener con el desarrollo de este proyecto.

Tabla 2.1. Actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Medios de verificación
1. Analizar las características físico-químicas del chocho.	Determinación de las principales características físico-químicas del chocho para proceso de clasificación.	Información acertada sobre las características como color, tamaño y humedad.	Tabla de características físico-químicas del chocho.

<p>2. Determinar las condiciones y los parámetros de diseño del prototipo de la máquina.</p>	<p>Determinación la cantidad de chocho a clasificar.</p> <p>Establecer los materiales necesarios para la construcción de la máquina.</p> <p>Consultar en la Normativa correspondiente acerca el diseño y construcción del prototipo de máquina.</p>	<p>Capacidad del prototipo de máquina.</p> <p>Determinación de los materiales del prototipo de máquina.</p>	<p>Capacidad del prototipo establecida.</p> <p>Materiales del prototipo definidos.</p>
<p>3. Realizar el diseño y la selección de los elementos del prototipo de máquina.</p>	<p>Realizar el diseño mecánico del prototipo.</p>	<p>Obtención del plano mecánico del prototipo.</p>	<p>Planos mecánicos de las partes del prototipo.</p>
<p>4. Determinar el costo de construcción del prototipo de la máquina separadora de chochos.</p>	<p>Indagar costo de materiales para construcción del prototipo.</p>	<p>Presupuesto del prototipo de la máquina.</p>	<p>Registro final de costos del prototipo.</p>
<p>5. Construir el prototipo de máquina separadora de chochos y realizar pruebas para la verificación de la optimización del proceso.</p>	<p>Adquisición de los materiales.</p> <p>Construcción del prototipo de maquina separadora.</p>	<p>Materiales y equipos adecuados para la construcción del separador.</p>	<p>Prototipo de máquina construido.</p>

Fuente: Los Autores

3 MARCO TEÓRICO

3.1 El chocho en Ecuador

Lupinus Mutabillis es una leguminosa, también conocida como chocho, nativa de la zona de los Andes, principalmente de los países de Perú, Ecuador y Bolivia, en Ecuador crece en varias zonas de la Región Sierra, entre 2500 y 3400 metros sobre el nivel del mar. El alto consumo de chocho se ha convertido en el enfoque principal para su producción, [3].

En el Ecuador el cultivo de chocho con el pasar del tiempo ha aumentado. Según datos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en el 2016 existían aproximadamente 10000 hectáreas sembradas de chocho en el Ecuador y con una superficie potencial estimada para el cultivo de chocho de 70000 hectáreas. [4]

3.2 Producción de chocho en Ecuador

En la Tabla 3.1, se presenta las provincias con mayor producción de chocho, las cuales son Cotopaxi, Tungurahua, Pichincha, Bolívar, Carchi e Imbabura. La producción y comercialización de chocho se da principalmente en las zonas potencialmente altas las cuales encuentran concentradas en las Provincias de Pichincha (15,197 hectáreas) en los cantones: Cayambe, Pedro Moncayo, Quito.

Tabla 3.1. Superficie cosechada de chocho

Provincia	Chocho (hectáreas)	Kg. (aprox)
Carchi	45	180000
Imbabura	192	768000
Pichincha	425	1700000
Cotopaxi	2281	9124000
Tungurahua	284	1136000
Chimborazo	975	3900000
Bolívar	330	1320000
TOTAL	4532	18128000

Fuente: [1]

Por otro lado, en la Provincia de Imbabura (10,457 hectáreas), en los cantones: Otavalo, Ibarra y San Miguel de Urququí. En la Provincia de Tungurahua (9,711 hectáreas), en los cantones Santiago de Píllaro, Mocha y Tisaleo, Quero. En la Provincia de Chimborazo (9,287 hectáreas), principalmente dentro de los cantones: Riobamba, Alausí, Chambo, Guamote y

Guano. En la provincia de Cotopaxi (85,787 hectáreas) en los cantones: Latacunga, Pujilí, Salcedo, Saquisilí y Sigchos. [1].

3.3 Características físicas del chocho

Los granos de chocho contienen ciertas características físicas, detalladas en la Tabla 3.2, que pueden intervenir indirectamente en el proceso de separación.

Tabla 3.2 Características físicas del chocho

Características Físicas del grano de Chocho		
Forma	Elipsoidal o Lenticular	4-15 mm
Peso	100 semillas	28-30 gr
Tamaño	1era calidad	> 8 mm
	2da calidad	$\leq 8\text{mm}$ y $> 7\text{mm}$
	3era calidad	$\leq 7\text{mm}$ y $> 6\text{mm}$
	4ta calidad	$\leq 6\text{mm}$
	La variación en tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento y variedad.	

Fuente: [1]

3.4 Características químicas del chocho

El grano del chocho es rico en proteína y grasas, razón por la cual debería ser utilizado en la alimentación humana con mayor frecuencia; las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso; estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestran que la proteína varía del 41- 51% y la grasa de 14-24%.” [2], las características químicas del chocho se las ha obtenido a través de un análisis bromatológico realizado por el INIAP, mostrado en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Análisis bromatológico del chocho amargo y desamargado

Parámetros	Amargo	Desamargado
Humedad	9,90 %	73,63 %
Materia seca	90,10 %	26,37 %
Proteína	41,20 %	51,06 %
Cenizas	3,98 %	2,36 %
Grasa	17,54 %	20,37 %
Fibra bruta	6,24 %	7,47 %
Alcaloides	3,11 %	0,08 %

Tabla 3.4 Continuación

Fosforo	0,60 %	0,43 %
Calcio	0,12 %	0,42 %
Magnesio	0,24 %	0,17 %
Sodio	0,15 %	0,04 %
Potasio	1,13 %	0,02 %
Hierro	73 ppm	120 ppm
Manganeso	37 ppm	26 ppm
Zinc	34 ppm	50 ppm
Cobre	11 ppm	10 ppm
Energía bruta	5518 cal/g	5839 cal/g

Fuente: [2]

3.5 Principios básicos de la separación de impurezas de granos

La separación de impurezas de granos se basa en las diferencias que existen entre las propiedades físicas de los mismos y las impurezas.

Las máquinas de limpiar realizan la separación en función de tres características básicas:

3.5.1 Tamaño

Los granos tienen tres dimensiones, siendo: largo, ancho y grosor. En las máquinas de limpieza y clasificación, para realizar la separación se utilizan dichas dimensiones, mostrado en la Fig. 3.1.

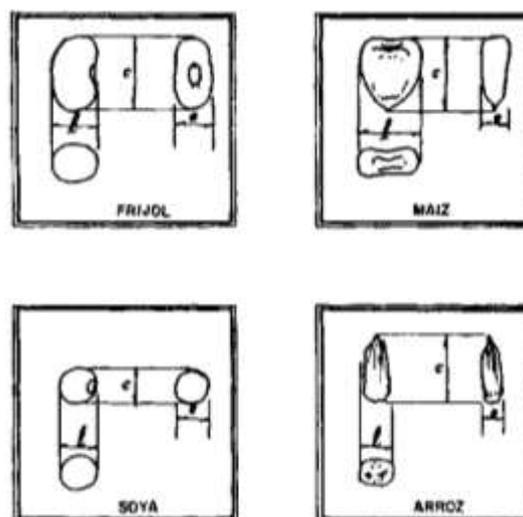


Fig. 3.1. Dimensiones de varios granos:

c=largo=ancho; y e=grosor.

Fuente: [5]

3.5.1.1 Separación en función del ancho

Para separar los granos de un mismo ancho se pueden utilizar zarandas con orificios redondos, considerando que los granos tienen el mismo largo y espesor, mostrado en la Fig. 3.2.



Fig. 3.2. Separación en función del ancho

Fuente: [5]

3.5.1.2 Separación en función del grosor

Los granos que poseen grosores diferentes pueden ser separados con una malla de orificios alargados u oblongos, si tienen el mismo largo y ancho, mostrado en la Fig. 3.3.

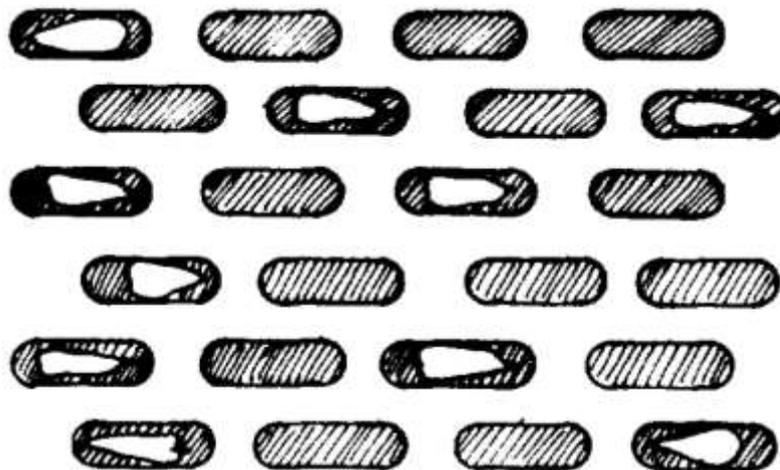


Fig. 3.3. Separación en función del grosor

Fuente: [5]

3.5.1.3 Separación en función de la longitud

Los materiales o granos que poseen idéntico ancho y grosor, pero diferentes longitudes, pueden separarse mediante el uso de un separador de disco o cilindro alveolado; no es posible separarlos por medio de limpiadoras de zarandas. [5]

3.5.2 Forma

La elección del tipo de perforación de las mallas usadas como separadores en las máquinas de limpieza está relacionada con la forma del producto, según el tipo de granos e impurezas. [4]

3.5.3 Velocidad Terminal

La velocidad terminal es una propiedad física utilizada en la separación de impurezas de un producto ya que, si el producto es sometido a una corriente de aire ascendente y comienza a flotar, la velocidad de la corriente de aire en equilibrio con las fuerzas del producto se conoce como "velocidad terminal" de ese producto tal que, si la velocidad del aire aumenta o disminuye, el producto tenderá a desplazarse.

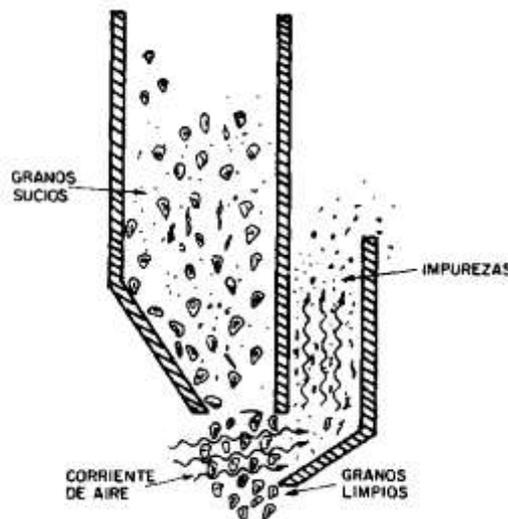


Fig. 3.4. Separación de impurezas por medio del aire

Fuente: [5]

Las máquinas de limpieza que utilizan la velocidad terminal para la separación de impurezas, de tal manera que el producto es sometido a una corriente de aire que tiene una velocidad

menor que la velocidad terminal de los granos, por lo que las impurezas más livianas son impulsadas por la corriente de aire, así facilitando su separación, mostrado en la Fig. 3.4.

3.6 Métodos actualmente utilizados en la clasificación del chocho

Una vez ya realizada la labor de cosecha del chocho ya sea de manera manual o de manera mecánica con la ayuda de una trilladora para su limpieza, se obtiene una gran cantidad de granos de chocho (9124000 kg en la Provincia de Cotopaxi) [5], la cual debe ser clasificada para su posterior almacenamiento y comercialización.

Se tiene muy poca información sobre la existencia de propuestas tecnológicas que ayuden a la optimización de recursos en el proceso de clasificación de chocho, ya que el mismo se lo realiza de manera manual. En Ecuador para realizar el proceso de clasificación de chocho se utiliza un tamiz de 4mm de diámetro para la eliminación de impurezas y un tamiz de 8mm para separar el grano de primera calidad.

El INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) detalla que en Ecuador se cuentan con tres métodos de separación de chocho los cuales se detallan a continuación:

3.6.1 Método Manual o jornal

La separación de chocho en el sistema manual, mostrado en la Fig. 3.5, permite obtener un grano limpio y de calidad, pero también arroja gran cantidad de grano de baja categoría, que puede ser aprovechable [4], el mismo que puede ser procesado para la producción de alimentos como, por ejemplo: empanadas, manjar, crema, tamal, entre otras cosas.

Es el sistema más utilizado por los pequeños comerciantes de la Provincia de Cotopaxi, consiste en separar el producto que es bueno del producto malo, que exige esfuerzo físico y habilidad para las personas encargadas de realizar la actividad de selección el mismo que incrementa los costos para el comerciante del producto.

Por esta razón, la técnica utilizada no es la adecuada ya que es perjudicial para la salud, pues el trabajador permanece realizando dicha actividad con movimientos repetitivos en posturas no adecuadas durante el tiempo de selección de chocho.



Fig. 3.5. Separación de manera manual de chocho

Fuente: [4]

3.6.2 Método semi-manual

En cuanto a la separación de manera semi-manual, se han presentado resultados similares al proceso anterior, pero con la optimización de una cierta cantidad de tiempo con una mayor cantidad de grano que se puede clasificar. El proceso semi-manual consiste en la utilización de una zaranda para la separación del producto, mostrado en la Fig. 3.6.



Fig. 3.6. Separación de manera semi-manual.

Fuente: [4]

3.6.3 Método Mecánico Crippen

La separación por medio del sistema de la máquina Crippen, mostrado en la Fig. 3.7, método automático donde se pretende aumentar la capacidad de limpieza de impurezas del chocho en menos tiempo, con ello se disminuye de manera considerable el esfuerzo físico de quien lo realice. arroja varios puntos favorables como es la utilización de menos mano de obra que los procesos anteriores al igual que el tiempo en relación a los procesos anteriores. [4]



Fig. 3.7. Separación por medio del sistema de la máquina Crippen

Fuente: [4]

3.7 Métodos existentes para la clasificación de granos por tamaño

Existen diferentes alternativas para la clasificación de productos que pueden reemplazar a la clasificación manual, donde se elimina el producto dañado o defectuoso, la clasificación por tamaño es útil ya que dependiendo de ello se puede llegar a la obtención de un buen producto, es por ellos que a continuación se mencionan métodos de clasificación por tamaño ya existentes:

3.7.1 Método semi-manual

Método utilizado por los pequeños agricultores utilizando las zarandas manuales porque permiten la limpieza de pequeñas cantidades de productos de manera eficiente y pueden ser

construidas fácilmente por los propios agricultores. Las zarandas tienen la desventaja de ser una operación de bajo rendimiento y de exigir gran esfuerzo físico y habilidad. Fig. 3.8.

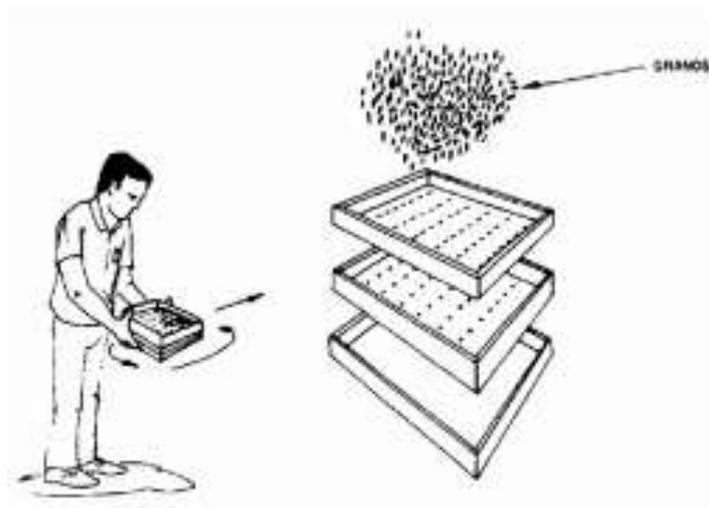


Fig. 3.8. Método semi-manual

Fuente: [6]

Ventajas

- Fácil de construir
- No son costoso
- Fácil para adquirir en el mercado
- Fácil para usarlo
- Puede ser utilizado en cualquier lugar de trabajo

Desventajas

- No permite clasificar en grandes cantidades
- Bajo rendimiento
- La clasificación no es rápida
- Desgaste físico

3.7.2 Clasificación por anillos

Es útil cuando el producto es de forma redondeada de tal manera que se puede separar usando anillos clasificadores por tamaño, mismos que se pueden construir de madera o a la vez comprarlos hechos en una amplia gama de tamaños, mostrado en la Fig. 3.9.

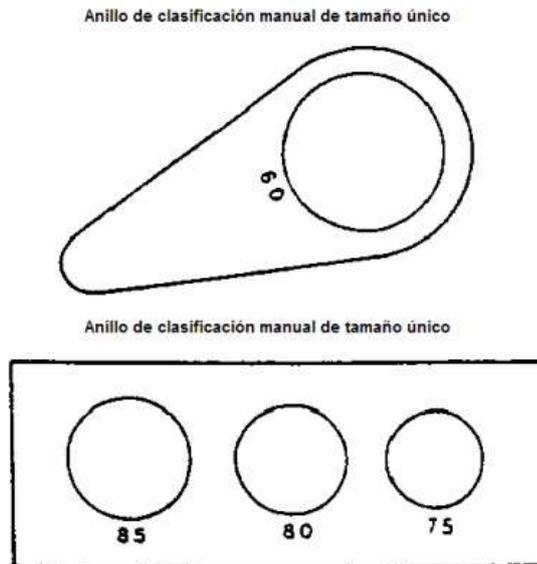


Fig. 3.9. Anillos clasificadores

Fuente: [6]

Ventajas

- Fácil de construir
- No son costoso
- Fácil para adquirir en el mercado

Desventajas

- No permite clasificar en grandes cantidades
- La clasificación no es rápida

3.7.3 Clasificación por cilindros rotatorios

Está compuesta por cilindros perforados que rotan en movimiento contrario a las manecillas del reloj cuando se pone en marcha el motor eléctrico, cada cilindro esta perforado, con agujeros del tamaño deseado, cuando el producto pasa a través de ellos, es recogido por una bandeja inclinada y se dirigen hasta los recipientes, mostrado en la Fig. 3.10. [6]

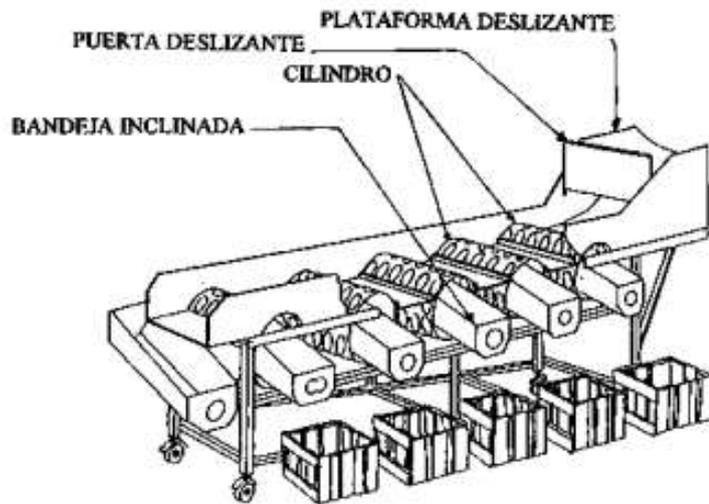


Fig. 3.10. Máquina clasificadora por cilindros rotatorios

Fuente: [7]

Ventajas

- La capacidad de clasificar grandes cantidades.
- Reduce el tiempo de trabajo y esfuerzos de los operarios

Desventajas

- Necesidad de un reductor de velocidad.
- Existe la posibilidad de que el producto sea maltratado.
- Alta complejidad de fabricación.
- Costo de fabricación.
- Dificultan en la limpieza y el mantenimiento.
- Solo funciona para un determinado tipo de productos.

3.7.4 Mesa de clasificación por tamaños

La mesa clasificadora por tamaños forma parte de un grupo de tres o más mesas que se usan de manera escalonada, cada una cuenta con perforaciones de agujeros de tamaño determinado. La primera mesa, la más alta, tiene los agujeros de mayor tamaño y la última, la más baja, tiene los más pequeños. Consiste en vaciar el producto sobre la mesa más alta y aquellas que no pasan a través son recolectados al final de la mesa en una malla, mostrado en la Fig. 3.11.

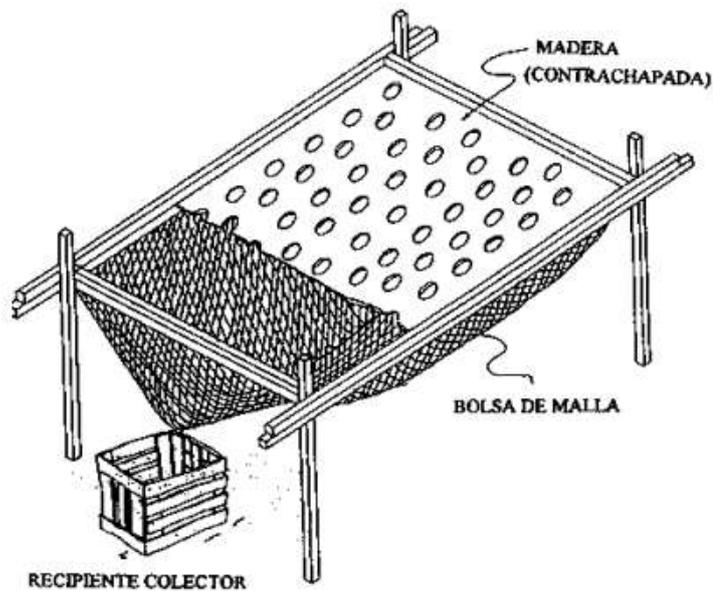


Fig. 3.11. Mesa clasificadora por tamaños

Fuente: [7]

Ventajas

- Costo bajo de fabricación.
- Facilidad de fabricación.
- No se necesita de energía eléctrica.
- No necesita de personal capacitado.

Desventajas:

- Puede existir el maltrato del producto.
- La clasificación no se garantiza.
- Solo funcionara un determinado tipo de productos.

3.7.5 Método vibratorio

El método vibratorio se utiliza para la clasificación de grandes cantidades de productos ya que el movimiento vibratorio se comunica al tamiz por medio de levas, con una excéntrica y un volante desequilibrado, o mediante un electroimán. [8]. El tamiz puede poseer una sola superficie tamizante o llevar dos o tres en serie, como se muestra en la Fig. 3.12.



Fig. 3.12. Tamiz vibratorio

Fuente: [7]

Ventajas

- Se usa para grandes capacidades
- Alto rendimiento
- Exactitud y la selección en el tamaño
- Bajo costo en mantenimiento
- Ahorro en la instalación y peso

Desventajas

- No separa por densidad ni por color
- no se puede usar en lugares donde no exista energía eléctrica

3.7.6 Método giratorio

Está formado por un tamiz de forma cilíndrica que gira sobre un eje, ver Fig. 3.13. Pueden disponerse en varios tambores en serie, de modo que el tamizado del primero pase luego al segundo y de éste al tercero, etc.

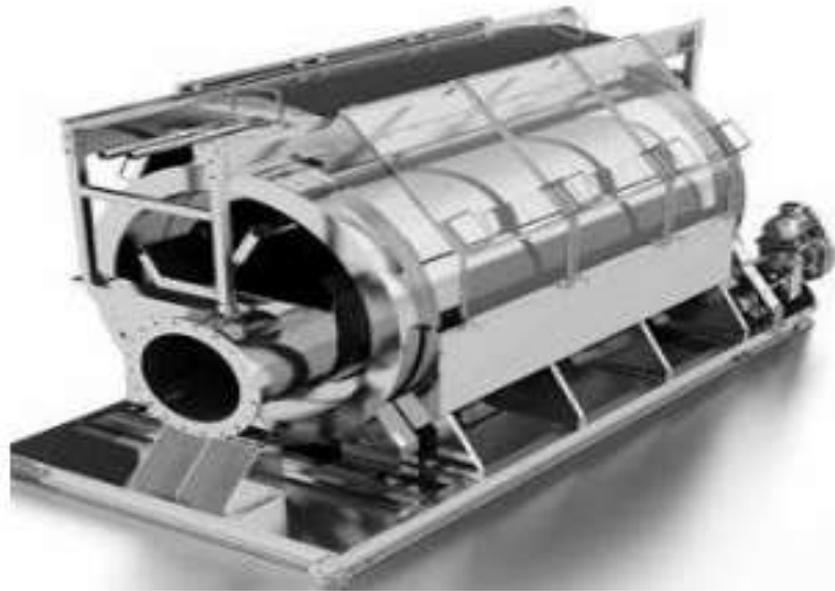


Fig. 3.13. Tamiz giratorio

Fuente: [7]

Ventajas

- Producto limpio a bajo costo
- Fácil operación
- Trabaja en forma continua
- La clasificación se realiza en forma rápida

Desventajas

- Pérdida de tiempo al momento de cambiar la zaranda
- Mantenimiento periódico

En el proyecto contenido en [7] se consideraron los siguientes parámetros:

- Seguridad: Hace referencia a que la mínima debe presentar sus debidas protecciones y guardas respectivas para que el operador no sufra daño alguno.
- Rendimiento: Los resultados deben lograrse con el menor esfuerzo del operador en función de los métodos utilizados.
- Confiabilidad: Funcionamiento de la máquina para cualquier lugar donde se necesite ser utilizado.
- Mantenibilidad: Los componentes de la maquina deben brindar facilidad de montaje y desmontaje con herramientas existentes en el medio.

- Costo: Todos los componentes de la maquina deben ser diseñados para una vida útil que garantice un mínimo de mantenimiento.

3.8 Métodos existentes para la limpieza y separación de granos e impurezas con viento

Además de la clasificación por tamaño, se tiene que la separación con viento donde intervenga peso del producto, es muy útil ya que dependiendo del peso del grano y la implementación de una fuente de aire se pretende que, al momento de caer el grano, el de mala calidad saldrá expulsado y el de buena calidad con mayor peso caerá.

En el sector rural utilizan métodos rudimentarios; por lo general las impurezas se separan por medio del viento, utilizando cernidores manuales, juego de mallas y zarandas.

Dentro de los sistemas para limpieza de granos están:

3.8.1 Método manual de limpieza y separación de granos e impurezas con viento (Venteado Artesanal)

La limpieza y separación de granos por el viento actualmente usada en el sector rural, consiste en levantar los granos a una altura determinada y déjalos caer para permitir que el viento arrastre impurezas, ver Fig. 3.14.



Fig. 3.14. Venteado artesana

Fuente: Los autores

Las impurezas pueden ser: fragmentos de la propia planta, como rastrojos, hojas, trozos de granos, ramas, entre otros, siendo estos más livianos que el grano de buena calidad [9]. Teniendo como desventaja que el método está a dependencia del clima del sector en que se realice la limpieza.

3.8.2 Método de limpieza y separación con ventilador

Consiste en que un ventilador genere un flujo de aire, el que realiza la separación de impurezas del producto. Esta separación se efectúa en base las diferencias de la velocidad terminal de las impurezas y de los granos.

3.8.3 Método de limpieza y separación con zarandas cilíndricas rotativas

Estas máquinas tienen gran capacidad de limpieza, consisten básicamente en dos mallas cilíndricas concéntricas, en donde el interior tiene forma de cono para que los granos se deslicen cuando se opera el equipo a una velocidad más baja.

3.8.4 Método de limpieza y separación con ventilador y zarandas

Es el sistema más eficiente para limpiar granos. Por lo general, está constituido por una tolva, un sistema de aspiración de polvo, un conjunto de zarandas, un dispositivo para producir la vibración de las zarandas y opcionalmente un sistema limpiador de zarandas.

3.8.5 Método de limpieza y separación de impurezas en máquinas con aire y zarandas

Las máquinas de limpieza con ventilador y zarandas se considera el sistema más eficiente para la limpieza de los granos. Estas máquinas se utilizan cuando se requiere una limpieza más eficiente del producto, [5] mostrado en la Fig. 3.15.

Por lo general, las máquinas con ventilador y zarandas están constituidas por un alimentador, un sistema que provee el viento y un conjunto de zarandas intercambiables y un dispositivo para producir la vibración u oscilación del conjunto de zarandas.

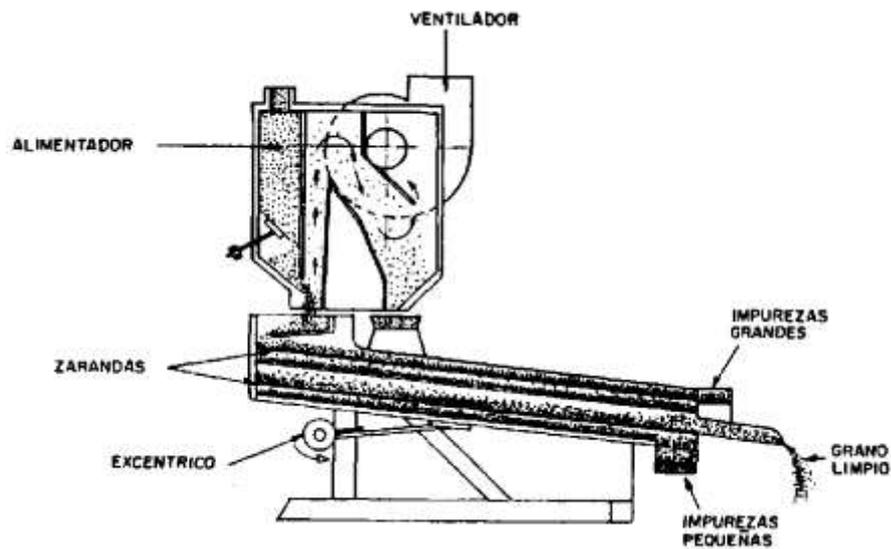


Fig. 3.15. Máquina de limpieza con ventilador y zarandas

Fuente: [5]

3.9 Optimización de procesos

Optimizar un proceso significa mejorarlo utilizando o asignando todos los recursos que intervienen en el de la manera más excelente posible. la optimización está orientada hacia 2 metas fundamentales, siendo estas:

- Maximizar ganancias
- Minimizar costos

Es decir, producir más y mejor a un menor costo. Por lo tanto, el propósito de optimizar un proceso es incrementar la productividad. Teniendo en cuenta que la productividad es la relación entre producción y recursos, es decir $\text{Productividad} = \text{producción}/\text{recursos}$.

Existe básicamente dos maneras de incrementar la productividad:

1. Obteniendo la misma producción con menos recursos
2. Aumentando la producción con los mismos recursos

3.10 Materiales comunes en la industria alimentaria

Durante el proceso de producción para proteger alimentos, los componentes de la máquina no deben desprender ni absorber sustancias nocivas ni que alteren negativamente el sabor ni el olor de los alimentos, tanto por contacto directo como indirecto. [10]

Para la elección del metal más adecuado se debe tener en cuenta que los materiales de los componentes de la máquina no deben reaccionar al producto de limpieza ni a desinfectantes.

Por lo tanto, deben ser:

- Resistentes a la corrosión
- Estables mecánicamente
- Diseñados de manera que la superficie del material no sufra alteraciones

3.10.1 Metales y Aleaciones

El acero dulce se emplea mucho en la construcción de armaduras y partes de aparatos que no están en contacto directo con los productos tratados [11], como se muestra en la Fig. 3.16.



Fig. 3.16. Acero para estructura

Fuente: [11]

3.10.2 Acero Inoxidable

En general, el acero inoxidable mostrado en la Fig. 3.17. Proporciona una gran resistencia a la corrosión, por ese motivo se usa mucho en la industria alimentaria.

La gama de aceros inoxidables disponibles es grande y la selección de la calidad más apropiada depende de las propiedades corrosivas (no sólo por lo que respecta a los iones químicos involucrados, sino también al pH y la temperatura) del proceso y de los productos de limpieza y desinfección. La elección también estará determinada por otros factores como las tensiones a las que esté sometido el acero y a su soldabilidad, dureza, coste, entre otros.

[11]



Fig. 3.17. Acero Inoxidable

Fuente: [11]

3.10.3 Material compuesto de aluminio

El material compuesto de aluminio consta de 2 láminas de aluminio y un núcleo de polietileno de alta densidad, que se considera un aislante térmico que se lo consigue en variedad de colores y posee resistencia al impacto, humedad, abrasión, ambientes ácidos, contaminación, agua, intemperie que a la vez es de fácil limpieza, mantenimiento y manipulación.

Material utilizado en fabricación de fachadas de edificios, cubiertas y marquesinas, revestimiento de túneles, revestimiento de decoración de interiores, revestimiento de superficie de cocina, fabricación de stands, kioscos, vallas publicitarias, revestimiento de furgones, entre otros. [12]



Fig. 3.18. Material compuesto de aluminio

Fuente: [12]

4 METODOLOGÍA

En el presente apartado se describe la metodología del proyecto a realizar en base a cada uno de los objetivos específicos planteados. Tomando en cuenta que se aplicará una metodología proyectiva la cual consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico.

4.1 Características del chocho necesarias para la separación y clasificación

4.1.1 Características físicas

Las principales características físicas del chocho que intervienen en el proceso de separación son el peso y el tamaño del mismo.

4.1.1.1 Peso

Estudios realizados por el INIAP establece que aproximadamente el peso de los 100 granos de chocho de buena calidad es de 28 a 30 gramos, de tal manera que se puede hacer relación a que 1 grano de chocho pesaría de 0,28 a 0,30 gramos, adicionalmente informa que 100 granos de chochos malos pesan alrededor de 13 a 15 gramos, lo que quiere decir que el peso del grano de chocho malo está alrededor de los 0,13 a 0,15 gramos. [3]

4.1.1.2 Tamaño

"En [13] Norma Técnica Ecuatoriana establece que, el grano de chocho se clasifica en los siguientes tipos.

1. Grano de chocho de primera. Es aquel formado por granos de color uniforme, retenidos en zarandas de 8,0 mm de diámetro.
2. Grano de chocho de segunda. Es aquel formado por granos de color uniforme, que pasan la zaranda de 8,0 mm de diámetro y son retenidos en zarandas de 7,0 mm de diámetro.
3. Grano de chocho de tercera. Es aquel formado por granos de color uniforme, que pasan la zaranda de 7,0 mm de diámetro y son retenidos en zarandas de 6,0 mm de diámetro.
4. Grano de chocho de cuarta. Es aquel formado por granos de color uniforme, que pasan la zaranda de 6,0 mm de diámetro."

4.2 Condiciones y parámetros de diseño del prototipo de la máquina

Para poder definir el diseño y determinar las dimensiones de los elementos constructivos del prototipo, se parte de la idea de crear un prototipo de máquina para el proceso de separación del chocho, para determinar los parámetros de diseño del prototipo, siendo estos:

- El prototipo de máquina a diseñar debe estar en la capacidad de separar los chochos buenos de los malos y adicionalmente obtener una clasificación del chocho por tamaño.
- Dentro del prototipo se utilizará materiales que no desprendan partículas de su composición para así tener un producto en perfecto estado para su comercialización y posterior consumo sin generar pérdidas a los productores.
- Capacidad del prototipo de la máquina

4.3 Diseño y selección de los elementos del prototipo de la máquina

Actualmente se observó que el proceso de separación de chocho es realizado de manera manual, como se muestra en la Fig.4.1, para lo cual, en las siguientes alternativas de solución se realizaron pruebas con el fin de optimizar el proceso de separación de chocho, logrando obtener la mejor opción para plasmarla en la presente propuesta tecnológica.



Fig. 4.1. Proceso de separación manual de chocho

Fuente: Los autores

4.3.1 Alternativas de solución

4.3.1.1 Alternativa de solución 1

Después de haber apreciado visualmente propiedades del chocho se procedió a generar una primera alternativa de prototipo, mostrado en la Fig. 4.2.



Fig. 4.2. Alternativa de solución 1

Fuente: Los autores

En su principio se pretendió realizar la selección de chochos buenos y malos mediante la clasificación por tamaño, para lo cual fue necesario tamices con perforaciones en donde especificaba que el chocho que sobrepase los 8mm de perforación se consideraba de buena calidad junto con otro tamiz en donde los chochos que pasaban por las perforaciones de 8mm se quedan en el que contenía perforaciones de 6mm en donde se pretendía obtener chochos que se consideraban de medianos de buena calidad y los chochos que pasaban por las perforaciones de 6mm se consideraba que son de mala calidad y desechos.

El motor anclado a un contrapeso ubicado en la parte superior de la estructura generará vibración para que los chochos al caer de la tolva colocada a un extremo puedan avanzar a lo largo de los tamices y al mismo tiempo puedan atravesarlos y clasificarse por sus diferentes tamaños.

4.3.1.2 Alternativa de solución 2

Como segunda alternativa se implementaron varios componentes adicionales como se muestran a continuación en la Fig. 4.3.



Fig. 4.3. Parte frontal y parte posterior alternativa de solución 2

Fuente: Los Autores

La segunda opción la cual consta de la implementación de una fuente de aire ubicada sobre la mesa vibradora previamente realizada, para poder clasificar los chochos mediante su peso a través de un flujo de aire, ya que los chochos buenos por tener un mayor peso caerían normalmente al atravesar el flujo que emite la fuente, mientras que los chochos malos por tener un peso inferior saldrían expulsados.

4.3.1.3 Alternativa de solución 3

Se indagó información y se pudo diseñar un sistema cerrado para la circulación del aire, como se muestra en la Fig. 4.4, ya que al ser un sistema cerrado el flujo de aire circula en un solo sentido lo que evita que se disipe a su alrededor. El sistema permite el paso de los granos de chocho a ser separado, mismo que en el extremo inferior está conectado a la fuente de aire y en la parte superior cuenta con la tolva de alimentación con su salida regulada que permite la caída de los granos de chocho al sistema previamente mencionado en pequeñas cantidades.

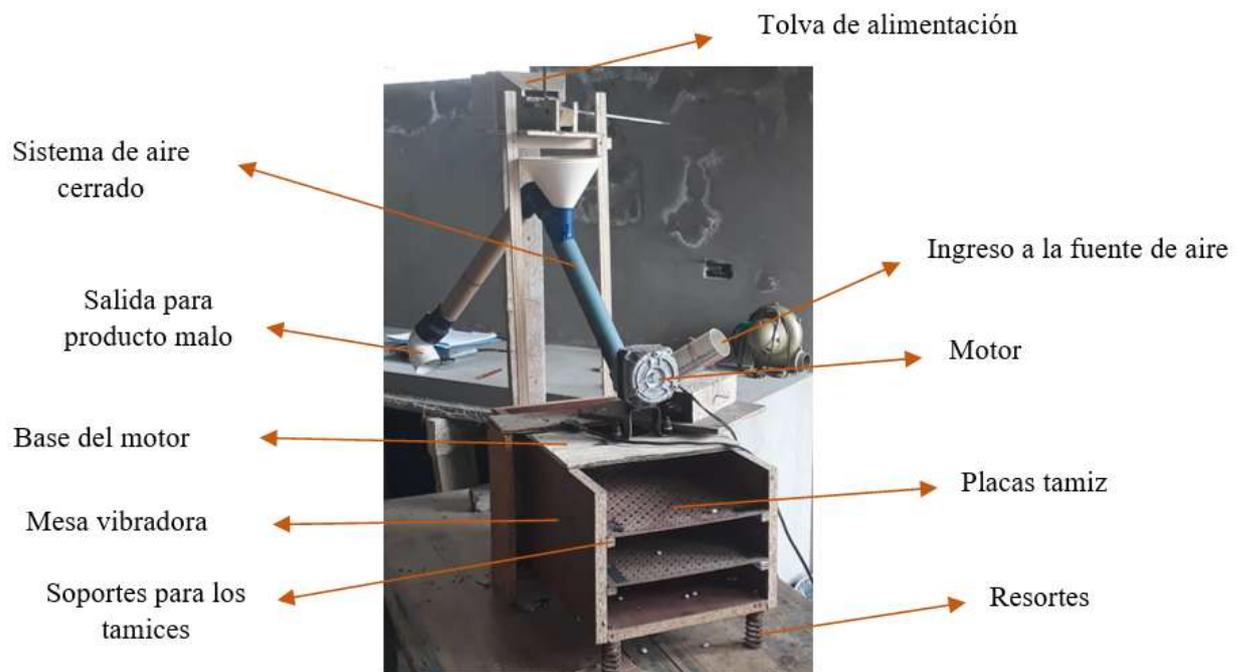


Fig. 4.4. Alternativa de solución 3

Fuente: Los autores

4.3.2 Selección de la mejor alternativa

Para la selección de la mejor alternativa se realizó una matriz de selección, mostrada en la Tabla 4.2, a través de la misma se asignaron valores estimados de hasta 5 siendo este valor de mejor valoración, llegando a la conclusión de que la alternativa 3 provee el mejor resultado, mediante una inspección visual de los mismos.

Tabla 4.1. Matriz de selección de alternativa

MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVA					
ALTERNATIVAS	CRITERIOS				Valoración total
	Capacidad para separar chochos buenos de malos	Optimización del recurso humano	Tiempo	Ingresos Económicos	
Solución propuesta 1	0	1	3	2	6
Solución propuesta 2	1	3	2	3	9
Solución propuesta 3	5	5	3	5	18

Fuente: Los autores

4.3.2.1 Alternativa de solución 3 mejorada

Tomando en cuenta los parámetros para maquinaria que trabaja con alimentos se reprodujo el prototipo, como se muestra en la Fig. 4.5, (PLANO MOSTRADO EN EL ANEXO I), siendo su funcionamiento similar a la alternativa de solución 3.



Fig. 4.5. Alternativa de Solución 3 mejorada
Fuente: Los Autores

4.4 Construcción del prototipo de máquina separadora de chochos

En base a los resultados obtenidos de la alternativa seleccionada, el prototipo de máquina separadora y clasificadora de chochos consta de: estructura, mesa vibratoria, tamices, tolva de alimentación, resortes, motor, blower (soplador) para lo cual se procede con la construcción de las respectivas partes.

4.4.1 Estructura

Sobre ella se encuentra el soporte para el blower (soplador), soporte para la tolva de alimentación y soporte de guías de salida del producto, mostrado en la Fig. 4.6. (Plano de la estructura mostrado en el ANEXO II)



Fig. 4.6. Estructura
Fuente: Los Autores

4.4.2 Mesa vibradora

Genera el efecto de vibración mediante el desequilibrio al que está expuesto el eje del rotor del motor ubicado sobre la misma, ver Fig. 4.7, que a la vez cuenta con soportes en donde sobre ellos estará la tolva de alimentación.(Plano de la mesa vibradora mostrado en el ANEXO III)



Fig. 4.7. Mesa vibradora

Fuente: Los Autores

4.4.3 Soporte para la tolva de alimentación

Soporte que se sujeta a la mesa vibradora para así el efecto de vibración sea transmitido para que, sobre él, la tolva de alimentación sea ubicada, como se muestra en la Fig.4.8. (Plano de los soportes mostrado en el ANEXO IV)



Fig. 4.8. Soporte para la tolva de alimentación

Fuente: Los Autores

4.4.4 Tolva de alimentación

Depósito y canalización del producto a ser separado y clasificado, ubicado sobre el soporte destinado para el mismo como se muestra en la Fig. 4.9. Diseño realizado en base a la necesidad de que los granos de chocho avancen en pequeñas cantidades mediante la vibración que se transfiere por los soportes anclados a la mesa vibradora. (Planos de la Tolva de alimentación mostrado en el ANEXO V)



Fig. 4.9. Tolva de alimentación

Fuente: Los Autores

4.4.5 Tamices

Siendo en este caso dos planchas de material compuesto de aluminio, mostrado en la Fig. 4.10, perforada de 8 y 7 mm de diámetro ubicadas en la mesa vibradora, en donde el producto se separa por tamaño. (Planos de los tamices mostrado en el ANEXO VI)

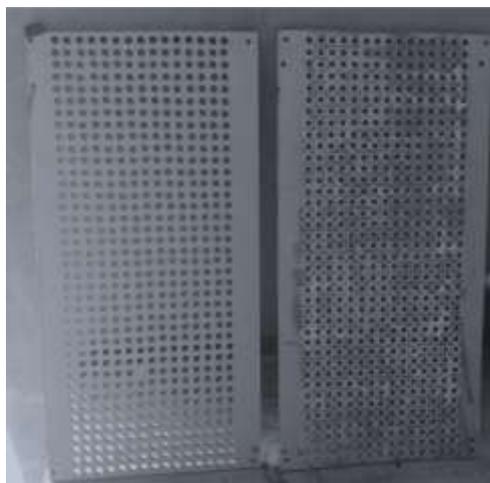


Fig. 4.10. Tamices

Fuente: Los Autores

4.4.6 Soporte de guías de salida del producto

Soporte ubicado a la salida del producto de la mesa vibratoria, donde va ubicada cada una de las guías de salida del producto, mostrado en la Fig. 4.11. (Plano mostrado en el ANEXO VII)



Fig. 4.11. Soporte de guías de salida del producto

Fuente: Los Autores

4.4.7 Guías de salida del producto

Guías que permiten que el producto de calidad sea recolectado, ver Fig. 4.21. (Plano de guías de salida del producto mostrado en el ANEXO VIII)



Fig. 4.12. Guías de salida del producto

Fuente: Los Autores

4.4.8 Sistema cerrado de circulación de aire

Conectado a la fuente de aire que permite que circule por el interior, como se muestra en la Fig. 4.13. (Planos del sistema cerrado de circulación de aire mostrado en el ANEXO IX)



Fig. 4.13. Sistema cerrado de circulación de aire

Fuente: Los Autores

4.5 Determinación final del costo de construcción del prototipo de la máquina separadora y clasificadora de chochos

Para la determinación del costo final del prototipo se tomó en cuenta el costo de materiales, insumos, mano de obra, que se utilizaron en la construcción final del prototipo.

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Características del chocho

Se observó los granos de chocho con el fin de poder apreciar visualmente sus propiedades, pudiendo obtener los siguientes resultados:

1. El grano de chocho bueno se lo puede diferenciar de los demás por su color a simple vista, por naturaleza el grano de chocho malo tiende a ser de otro color que lo diferencia de los chochos buenos, como se muestra en la Fig. 5.1.



Fig. 5.1. Grano de chocho malo y bueno

Fuente: Los Autores

2. El tamaño del chocho bueno lo clasifica por calidades establecidas, como se muestra en la Fig. 5.2, chocho bueno de primera, segunda y tercera calidad.



Fig. 5.2. Chocho bueno de primera, segunda y tercera calidad

Fuente: Los Autores

3. El peso del chocho interviene en la separación ya que los chochos buenos tienen textura uniforme y mayor peso que los granos de mala calidad.

5.2 Diseño del prototipo de la máquina

Una vez observado el proceso de separación manual se tomaron tiempos, los cuales se muestran en la Tabla 5.1, que sirvieron para la comparación entre el proceso manual y las alternativas de solución, que se muestran en la Tabla 5.2, donde se realizaron pruebas empíricas con el fin de optimizar el proceso de separación de chocho, logrando obtener la mejor alternativa la cual ha sido construida en la presente propuesta tecnológica.

Tabla 5.1. Tiempos tomados en el proceso de separación manual

TIEMPOS TOMADOS EN EL PROCESO DE SEPARACIÓN MANUAL						
	Cant	Número de personas			Cantidad de producto buena calidad	Cantidad de producto mala calidad
		1	2	3		
Tiempo	3 lbs	00:013:26 min	00:08:27 min	00:05:36 min	2 lb	1 lb
	2 lbs	00:09:03 min	00:05:26 min	00:03:41 min	1 ½ lb	1 ½ lb
	1 lb	00:04:52 min	00:02:33 min	00:01:56 min	3/4 lb	3/4 lb

Fuente: Los autores

Tabla 5.2 Comparación entre el proceso manual y alternativas de solución

COMPARACIÓN ENTRE EL PROCESO MANUAL Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN						
Proceso	Cant.	Tiempo	Chocho de 1era calidad	Chocho de 2da calidad	Chocho de 3era calidad	Cantidad de producto mala calidad
Manual	3 lbs	13 min	2 lb (908 gr)	La clasificación por tamaño se dificulta en el proceso manual es por ello que consideran chocho bueno y malo.		1 lb (454 gr)
	2 lbs	9 min	1 ½ lb (681 gr)			1/2 lb (227 gr)
	1 lb	4 min	3/4 lb (342 gr)			1/4 lb (114 gr)
Alt. 1	3 lbs	26 min	1 lb (454 gr)	1 lb (454 gr)	1 lb (454 gr)	El proceso no cumplió con la separación
	2 lbs	18 min	1 lb (454 gr)	1/2 lb (227 gr)	1/2 lb (227 gr)	
	1 lb	10 min	1/2 lb (227 gr)	1/4 lb (114 gr)	1/4 lb (114 gr)	
Alt. 2	3 lbs	46 min	1 lb (454 gr)	1/2 lb (227 gr)	1/2 lb (227 gr)	1 lb (454 gr)
	2 lbs	31 min	1 lbs (454 gr)	1/4 lb (114 gr)	1/4 lb (114 gr)	1/2 lb (227 gr)
	1 lb	16 min	3/8 lb (170 gr)	3/8 lb (170 gr)	1/8 lb (57 gr)	1/8 lb (57 gr)
Alt. 3	3 lbs	60 min	1 1/2 lb (681 gr)	1/2 lb (227 gr)	1/2 lb (227 gr)	1/2 lb (454 gr)
	2 lbs	32 min	1 1/8 lb (511 gr)	1/4 lb (114 gr)	1/4 lb (114 gr)	3/8 lb (170 gr)
	1 lb	15 min	1/2 lb (227 gr)	1/4 lb (114 gr)	1/8 lb (57 gr)	1/8 lb (57 gr)
Alt. 3 mejorada	3 lbs	18 min	1 1/2 lb (681 gr)	1/2 lb (227 gr)	1/2 lb (227 gr)	1/2 lb (454 gr)
	2 lbs	12 min	1 1/8 lb (511 gr)	1/4 lb (114 gr)	1/4 lb (114 gr)	3/8 lb (170 gr)
	1 lb	6 min	1/2 lb (227 gr)	1/4 lb (114 gr)	1/8 lb (57 gr)	1/8 lb (57 gr)

Fuente: Los autores

5.2.1 Alternativas de solución

5.2.1.1 Alternativa de solución 1

Después de pruebas realizadas se obtuvo como resultado:

- En el primer tamiz, chochos que sobrepasan en tamaño los 8mm de perforación realizada.
- En el segundo tamiz, chochos menores al tamaño de los 8mm y superiores a los 5mm de perforación realizada.
- En la base de la estructura, chochos menores al tamaño de los 5mm de perforación realizada, mismos mostrados en la Fig. 5.3.



Fig. 5.3. Resultado obtenido de la alternativa de solución 1

Fuente: Los Autores

Después de haber realizado esta primera opción se pudo constatar que el chocho era clasificado por tamaño, más no separar chochos buenos de malos, sin poder alcanzar el resultado esperado.

5.2.1.2 Alternativa de solución 2

Se pudo observar, para que los chochos malos salgan expulsados tenían que caer en pequeñas cantidades para que el aire pueda disiparse y ayudar a la separación, ya que, si la caída de los chochos se daba en cantidades grandes al pasar por el flujo de aire, atravesaban toda clase de chochos (buenos y malos).

En la alternativa de solución planteada se pudo clasificar 3 libras de chocho utilizando el sistema diseñado con la fuente de aire junto con la mesa vibradora, mismas que se separaron y clasificaron en un tiempo aproximado de 46 minutos, mostrado en la Fig. 5.4.



Fig. 5.4. Resultado obtenido la alternativa de solución 2

Fuente: Los autores

Después de realizar pruebas, visualmente se apreció que el chocho de buena calidad también salía expulsado por el aire, llegando a la conclusión que los resultados no eran los esperados.

5.2.1.3 Alternativa de solución 3

El resultado obtenido se pudo observar que la separación da mejores resultados que en las alternativas anteriores de tal manera que se pudo clasificar las mismas 3 libras de chocho utilizadas en la alternativa 2, también utilizando la mesa clasificadora vibratoria junto con el sistema cerrado de circulación de aire, en la presente alternativa y los resultados fueron distintos ya que cumplió con la separación de chochos malos de buenos apreciando visualmente y mostrado en la Fig. 5.5.



Fig. 5.5 Resultado obtenido de la alternativa de solución 3

Fuente: Los Autores

5.2.1.4 Alternativa de solución 3 mejorada

El prototipo fue realizado en acero inoxidable y material compuesto por aluminio cumple con la separación de chochos malos de buenos y la vez clasifica los chochos buenos en calidades establecidas por tamaño, como se muestra en la Fig. 5.7, permitiendo la optimización de recursos utilizados en el proceso, limitando la intervención de las personas para el suministro del producto en la tolva de alimentación, así como para su recolección y posterior almacenamiento.



Fig. 5.6. Resultado obtenido de la alternativa de solución 3 mejorada

Fuente: Los Autores

5.3 Construcción del prototipo de máquina separadora de chochos

La construcción del prototipo de la máquina separadora y clasificadora de chochos, mostrado en la Fig. 5.7, consta de las siguientes partes:

1. Estructura
2. Soporte de guías de salida del producto
3. Guías de salida del producto
4. Motor
5. Botonera ON/OFF
6. Blower (Soplador)
7. Tolva de alimentación
8. Soporte para la tolva
9. Sistema cerrado de circulación de aire

- 10. Soporte del Blower
- 11. Resortes
- 12. Tamices
- 13. Mesa vibradora

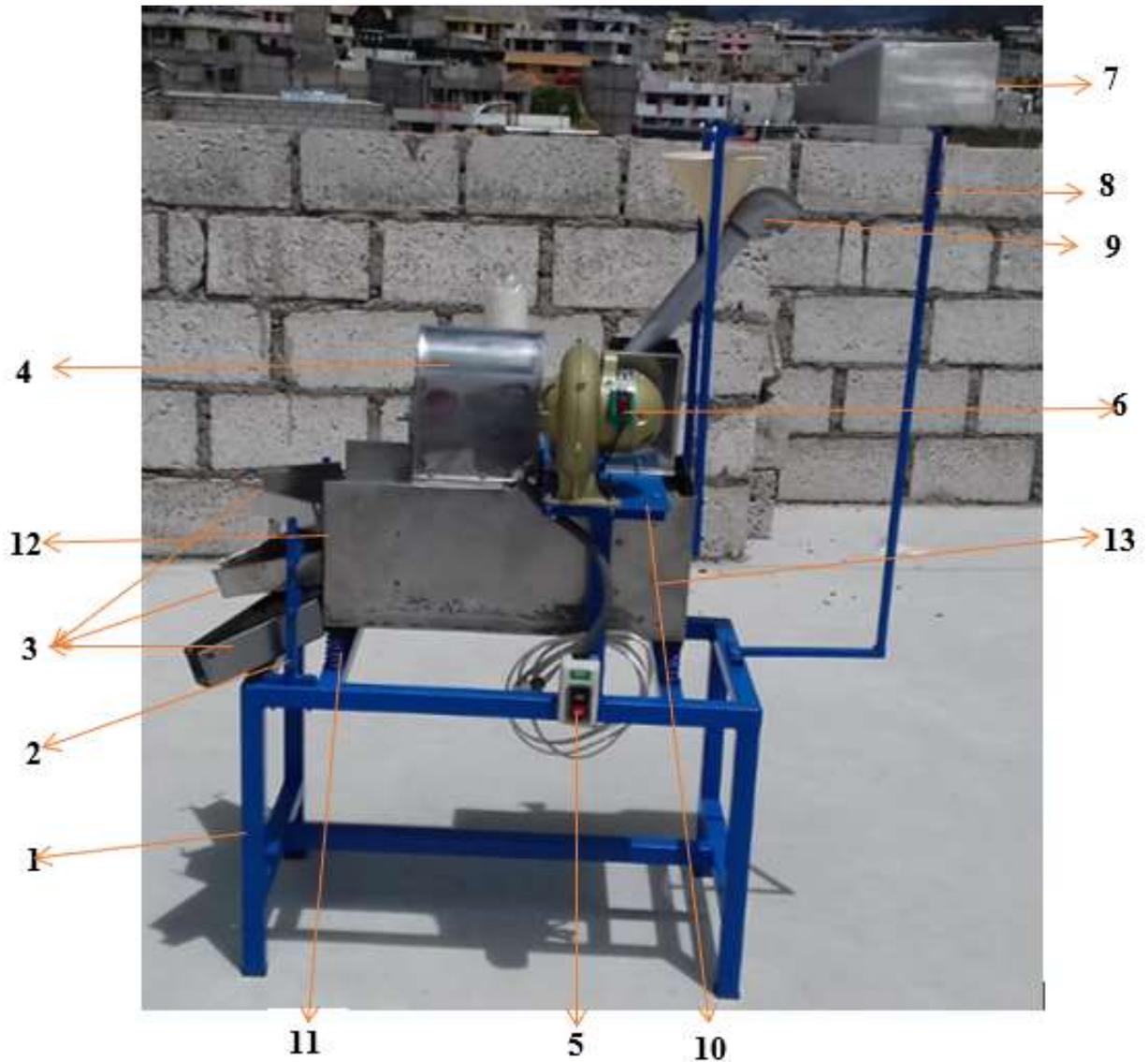


Fig. 5.7. Partes del prototipo de máquina separadora y clasificadora de chochos
Fuente: Los autores

5.4 Explicación del funcionamiento del prototipo

En base a los resultados obtenidos se procedió a la medición de la vibración y del flujo de aire necesarios en el proceso de separación y clasificación del chocho.

5.4.1 Separación

La separación se produce por el sistema de circulación de aire cerrado el cual se reguló hasta obtener resultados visualmente, para continuación medir la velocidad del flujo de aire que el Blower (soplador) genera.

A continuación, en la Tabla 6.1, se presentan datos de la placa del blower, adicionalmente, con la ayuda de un Anemómetro de Marca Nielsen Kellerman y modelo Kestrel 5500, que es un indicador de presión barométrica, velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, se han medido datos de la velocidad utilizados y a partir de ello se ha calculado el caudal de aire, utilizados en el proceso.

Tabla 5.3. Datos del Blower

Electric Blower	
Marca	CENTURY
Modelo	SY02
Voltaje	110V
Amperaje (Amperios)	3 A
RPM	3000/3600
Frecuencia	50/60 Hz
Tamaño de salida	2"
Tamaño utilizado	1 3/8"
Velocidad de aire de salida	15,8 m / s ²
Velocidad de aire utilizado	6,4 m / s ²
Caudal de salida	0,032 m ³ / s
Caudal utilizado	0,000612 m ³ / s

Fuente: Los autores

5.4.2 Vibración

Para generar el efecto de vibración del sistema se cuenta con un contra peso sujeto al eje del rotor del motor con un contrapeso de 5 gramos, ubicado a una distancia de 4 cm.

A continuación, en la Tabla 6.2, se presentan datos de la placa del motor eléctrico, adicionalmente en la tabla 6.3, se muestra los datos de vibración medidos con la utilización de un Medidor de Vibraciones de marca REED SD-8205, que mide la velocidad y la aceleración para determinar los niveles de vibración en la maquinaria.

Tabla 5.4. Datos del motor eléctrico

Motor Eléctrico	
Marca	CENTURY
Clase	B
Modelo	QBSO
Voltaje	110V
RPM	3400
Frecuencia	60 Hz
Potencia	0,37 kW

Fuente: Los Autores

Vibración generada por el motor

Tabla 5.5. Medición de vibración generada por el motor

Medición de vibración generada por el motor		
Lugar medido	Valor máximo (m/s)	Valor mínimo (m/s)
Estructura	10,7	8,95
Mesa	29,35	24,26
Tolva de alimentación	23,92	21,13

Fuente: Los Autores

5.4.3 Consumo de energía del prototipo

El consumo de energía del prototipo se lo puede apreciar en la Tabla 5.4, tomando en cuenta que la tarifa residencial del kilovatio hora (kWh) en la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi (ELEPCO S.A) está establecido en \$0,08.

Tabla 5.6. Consumo de energía del prototipo

Consumo de energía del prototipo		
	Blower	Motor
Voltaje (Voltios)	120	120
Corriente (Amperios)	3	
Potencia (vatio hora)	324	370
Tiempo (hora)	1	1
Vatios (Wh)	324	370
Kilovatios hora (kWh)	0,324	0,37
Horas al día	8	8

Tabla 5.7. Continuación

Kilovatios hora por día	2,592	2,96
Valor kWh (\$)	0,08	0,08
Costo por día (\$)	0,21	0,24
Costo total por día (\$)		\$ 0,44
Costo total por mes (30 días)		\$ 13,32

Fuente: Los Autores

El prototipo de máquina separadora y clasificadora de chocho consume \$ 0,44 tomando en cuenta 8 horas de funcionamiento y al mes, tomando en cuenta 30 días de funcionamiento consumiría \$ 13,32, quiere decir que no afectaría de manera significativa en el pago mensual.

5.4.4 Funcionamiento del prototipo

El prototipo de máquina separadora y clasificadora de chocho, mostrado en la Fig. 5.8, tiene el siguiente funcionamiento:



Fig. 5.8. Prototipo de máquina separadora y clasificadora de chochos

Fuente: Los Autores

Al encender el prototipo, el motor y el blower entran en funcionamiento de manera simultánea, lo que permite que el motor genere el efecto de vibración al sistema, permitiendo que la tolva de alimentación facilite la salida de los granos de chocho en pequeñas cantidades y de manera paulatina a través de su salida regulada.

Los granos de chocho caen en el sistema cerrado de circulación de aire, mismo que permite que por diferencia de pesos realice la separación, expulsando los chochos malos por el extremo superior del sistema y permitiendo que los granos buenos salgan por el orificio inferior del mismo, así cayendo a la mesa vibradora.

En la mesa vibradora los granos buenos tienden a ser clasificados en sus diferentes calidades por tamaño, para continuación circulen por las guías de salida del producto y finalmente sean recolectados.

5.5 Determinación final del costo de construcción del prototipo de la máquina separadora y clasificadora de chochos

Para la determinación del costo final del prototipo se tomó en cuenta el costo de materiales, insumos, mano de obra, que se utilizaron en la construcción final del prototipo, mismos que se encuentran detallados en la Tabla. 5.8.

Tabla 5.8. Costo de construcción del prototipo

Costo de construcción			
Cant.	Elemento	Precio Unitario	Precio total
1	Motor	\$10,00	\$10,00
1	Blower (soplador)	\$40,00	\$40,00
1	Cuerpo de la mesa	\$50,00	\$50,00
1	Tubo cuadrado de 30x1,5mm	\$8,00	\$8,00
1	Varilla cuadrada de 12x0,9mm	\$7,00	\$7,00
2 lbs	Electrodos 6011	\$5,00	\$5,00
80	Pernos y tornillos M6		\$29,00
1/4	Material compuesto de aluminio	\$10,00	\$10,00
1	Tolva de alimentación	\$50,00	\$50,00
1/2	Plancha acero inoxidable	\$30,00	\$30,00
1	Cable y botonera	\$18,50	\$18,50
4	Resortes	\$4,00	\$16,00
	Acabados	\$50,00	\$50,00
	Gastos varios	\$40,00	\$40,00
	TOTAL		\$363,50

Fuente: Los Autores

El costo de la construcción del prototipo es \$363,00, mismo que sería construido en un tiempo de dos semanas aproximadamente.

6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1 Presupuesto

El costo final del prototipo se ve reflejado en la Tabla 6.1, contiene la lista de materiales que fueron utilizados en la construcción del prototipo de maquina separadora y clasificadora.

Tabla 6.1. Costos de construcción del prototipo

Costos de construcción del prototipo	
Etapas de alternativas	
Elemento	Precio
Motor	\$17,00
Blower (soplador)	\$39,00
Madera melamina	\$10,00
Madera perforada	\$6,00
Alambres y brocas	\$5,00
Codos y embudos	\$19,10
Total, etapa de pruebas	\$96,10
Etapas de construcción	
Elemento	Precio
Motor	\$10,00
Blower (soplador)	\$40,00
Cuerpo de la mesa	\$50,00
Tubo cuadrado de 30x1,5mm	\$8,00
Varilla cuadrada de 12x0,9mm	\$7,00
Electrodos 6011	\$5,00
Pernos y tornillos M6	\$29,00
Material compuesto de aluminio	\$10,00
Tolva de alimentación	\$50,00
Plancha acero inoxidable	\$30,00
Cable y botonera	\$18,50
Resortes	\$16,00
Acabados	\$50,00
Gastos varios	\$40,00
Total, etapa de construcción	\$363,50
Transporte	\$15,00
Gastos bibliográficos	\$85,00
TOTAL	\$459,60

Fuente: Los Autores

6.2 Análisis de Impactos

6.2.1 En las personas

El proyecto ayuda en la mejora de calidad del trabajo que realizan los pequeños productores y comerciantes favoreciendo al recurso humano, visto que, con la implementación de una máquina separadora y clasificadora de chocho, evitará que las personas realicen actividades con movimientos repetitivos y permanezcan en la misma postura por periodos largos.

6.2.2 Tecnológico

Se cuenta con una máquina que realiza el proceso de forma autónoma que limita la intervención manual de las personas a colocar el producto en una tolva de alimentación y recogerlo en sus diferentes clases en las guías de salida de producto.

6.2.3 Económico

El prototipo de máquina separadora posee un impacto económico beneficioso para los pequeños productores, visto que no tendrán que pagar a terceras personas para que realicen el proceso de separación, tomando en cuenta que el prototipo no genera un recargo significativo en la planilla de consumo eléctrico.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las características utilizadas en el proceso de separación y clasificación del chocho son el peso y el tamaño, ya que el peso del chocho malo es inferior al del chocho bueno es por esto que, en el sistema cerrado de circulación de aire el chocho malo sale expulsado, mientras que el de buena calidad continúa con la separación basada en el tamaño.
- Luego de observar el proceso de separación de chocho manualmente y plantear varias alternativas de solución, se ha construido un prototipo que se ajusta a los requerimientos planteados inicialmente.
- El costo del prototipo de máquina representa un valor accesible para un pequeño productor, además que el consumo diario de energía eléctrica no representaría un recargo significativo en el pago mensual.
- Se comprobó que el prototipo de máquina separadora y clasificadora construido cumple con la separación de chochos malos de buenos, en base a pruebas realizadas se establece que el proceso cumple con la optimización de recursos, limitando la intervención de las personas en el proceso, ya que se convierte en un proceso continuo con el adicional que se obtiene chocho bueno clasificado en sus diferentes calidades establecidas por tamaño.

RECOMENDACIONES

- Generar un estudio de factibilidad acerca de la escalabilidad y aceptación del prototipo en la implementación en una industria.
- Automatizar el sistema de alimentación y recolección actual del producto en el prototipo construido.
- Diseñar un sistema cerrado de circulación de aire que incremente la velocidad de separación en el prototipo, conjuntamente con el rediseño de la tolva de alimentación que permita la caída del chocho en pequeñas cantidades como pueden ser sistemas paralelos de ingreso de producto a la máquina.

8 REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Agricultura, «Zonificación agroecológica económica del cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*) en el Ecuador a escala,» p. 15, 2014.
- [2] Chocho, frejol y arveja, leguminosas de grano comestible, con un mercado potencial en el Ecuador, Quito: Fundacyt, Iniap, Profriza, 2014.
- [3] I. N. D. I. Agropecuarias, «INIAP,» 2016.
- [4] INIAP y FUNDACYT, Pposcocecha y mercado de chocho en Ecuador,» poscocecha y mercado de chocho en Ecuador, vol. 105, pp. 1-39, 2001.
- [5] FAO, «Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural,» 1993. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S01.htm#Prologo>.
- [6] M. Angos y H. Calvopiña, «Diseño, construcción y simulación de una máquina clasificadora de frutos por su tamaño (Tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico),» Salgolqui, 2013.
- [7] J. Amangandi y F. Lamiña, «Diseño y construcción de una máquina clasificadora de maíz partido (Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico),» Riobamba, 2013.
- [8] M. Reyes, Design Concept and Operation of ASEAN Packhouse Equipment for Fruits and Vegetables, Laguna: Philippine, 1998.
- [9] Adolfo, «Diseño y Fabricación de una máquina venteadora de trigo y cebada (Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico),» Lima, 2007.
- [10] FESTO, «Conocimientos profesionales y soluciones para la industria alimentaria y de bebidas,» p. 12, 2013.
- [11] COM, «Europa.eu,» 17 Noviembre 2003. [En línea]. Available: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2003/ES/1-2003-689-ES-F1-1.Pdf>. [Último acceso: 17 Octubre 2018].
- [12] Aluminio, «Aluminox,» [En línea]. Available: <http://www.aluminox.com.gt/acm>.

- [13] INEN, NTE INEN 2389: Leguminosas. Grano amargo de chocho. Requisitos, 2005.
- [14] I. 4. ANDINO, «VARIEDAD DE CHOCHO,» vol. 1, p. 169, 2010.
- [15] K. Decker, «Elementos de máquinas,» de Elementos de máquinas, México, Urmo, S.A, 1998, p. 26.
- [16] B. ACTUAL, «Aluminio en los alimentos,» Centipede Films, 31 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.bioecoactual.com/2017/08/31/aluminio-los-alimentos/>. [Último acceso: 18 Noviembre 2018].

9 ANEXOS