



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de un tamizador automático de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola

Guevara Llumiquinga, Bryan Emilio

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en
Electromecánica

Ing. Culqui Tipán, Javier Fernando Mgtr

26 de julio de 2023

Latacunga



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Reporte de verificación de contenido



Plagiarism and AI Content Detector Report

TAMIZADORA DE GRANOS FINAL (3).pdf

Scan details

Scan time:
July 25th, 2023 at 17:24 UTC

Total Pages:
34

Total Words:
8481

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	3.3%	283
Minor Changes	1.3%	112
Paraphrased	2.9%	246
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	0%	0
Human text	100%	8481

[Learn more](#)



Ing. Culqui Tipán, Javier Fernando, Mgtr

C.C: 0503006454

Director



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un tamizador automático de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola”** fue realizado por el señor **Guevara Llumiquinga, Bryan Emilio**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de julio de 2023



.....
Ing. Culqui Tipán, Javier Fernando, Mgtr

C.C: 0503006454

Director



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Yo, Guevara Llumiyinga, Bryan Emilio, con cédula de ciudadanía n° 1754879599, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Implementación de un tamizador automático de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 25 de julio de 2023

Guevara Llumiyinga, Bryan Emilio

C.C.: 1754879599



Departamento de Eléctrica y Electrónica
Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Autorización de publicación

Yo Guevara Llumiquinga, Bryan Emilio, con cédula de ciudadanía n° 1754879599, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Implementación de un tamizador automático de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 25 de julio de 2023

Guevara Llumiquinga, Bryan Emilio

C.C.: 1754879599

Dedicatoria

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres que me brindaron el camino del estudio y a Dios que me fue guiando en cada paso para poder concluir con un logro más en mi corta vida. Dedico este proyecto a Emilio mi padre que me apoyo en cada paso y caída dentro de mi vida, los consejos de nunca rendirse y de las típicas palabras “Si hay que equivocarse se equivoca pero se aprende” siempre las tendré presente; a Dennis mi hermano que a pesar de la distancia unas palabras de aliento no me hacía falta, a Martha mi madre que entre enojos y bromas me brindo su apoyo cuando lo necesite y por último a mis hermanas Emily y Abigail que con sus preguntas tan inocentes me hacían caer en cuenta de algunos errores que se iba teniendo en el desarrollo del mismo.

En fin, a toda mi familia sea interna y externa que me brindo unas palabras de aliento e incluso consejos para que hoy en día me encuentre a un escalón de superar un logro más en mi vida.

Guevara Llumiquinga, Bryan Emilio

Agradecimiento

Agradezco a Emilio mi padre por cada consejo que me dio con su voz de la experiencia y con su sabiduría.

Agradezco a Dennis mi hermano que me apoyo en momentos que pensaba que ya no había salida pero siempre estuvo ahí.

Agradezco a Emily y Abigail mis hermanas que me han repetido que soy su ejemplo a seguir y espero no defraudarlas.

Agradezco a Martha mi madre de juventud que simplemente con pocas palabras ya sabía que estaba bien y mal.

Agradezco a Rosa mi madre de sangre que a pesar de que esta en el cielo sé que me está observando y guiando en cada paso que doy.

Agradezco a Britany por su cariño y apoyo que siempre me ha demostrado, siendo para mí un pilar fuerte en mi vida demostrándome que no todo es fácil, pero con esfuerzo se puede lograr.

Agradezco a Javier y Jota que me acompañaron en el trayecto de mi vida universitaria y que me sigan acompañando en los muchos logros que se planea tener.

Agradezco a Damián por la compañía impulsada dentro y fuera de la universidad mostrando compañerismo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de figuras	12
Índice de tablas.....	14
Índice de ecuaciones	15
Resumen.....	16
Capitulo I: Introducción.....	18
Tema.....	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema.....	19
Justificación	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos.....	20
Alcance	21

Capitulo II: Literatura técnica especializada	22
Tamizador:	22
Tamizadoras y sus diferentes tipos	23
<i>Tamiz vibratorio</i>	<i>24</i>
<i>Tamiz centrífugo</i>	<i>25</i>
<i>Tamiz Rotatorio-recíproco</i>	<i>26</i>
Vibradores eléctricos	27
Tamaño promedio de los granos a tamizar	28
Dimensiones del grano:	28
<input type="checkbox"/> Frijol.....	28
<input type="checkbox"/> Maíz.....	29
Volumen del grano:	29
Componentes de la tamizadora	29
<i>Polea.....</i>	<i>29</i>
<i>Bandas</i>	<i>30</i>
<i>Chumaceras.....</i>	<i>31</i>
<i>Pulsadores.....</i>	<i>32</i>
Resorte helicoidal de tracción.	33
Material para realizar el armazón de la tamizadora.	33
<i>Peso y fuerza del material a utilizar.....</i>	<i>34</i>
<i>Producción y coste de los materiales a utilizar</i>	<i>34</i>
Material para realizar la bandeja de la tamizadora.	34

<i>Resistencia a la corrosión del material a utilizar</i>	35
Material para realizar la malla de la tamizadora.....	35
Capitulo III: Diseño electromecánico de la máquina	37
Diseño de la estructura:.....	37
<i>Diseño estructural:</i>	39
Diseño de las bandejas de clasificación.....	39
Diseño de las rejillas	40
Diseño del mecanismo de clasificación	43
Diseño del diámetro de las poleas a implementar.....	44
Selección del tipo de motor.....	47
<i>Cálculo de la velocidad angular del motor.</i>	48
<i>Velocidad tangencial</i>	48
<i>Aceleración radial</i>	48
<i>Aceleración tangencial</i>	49
<i>Aceleración total</i>	49
<i>Inercia</i>	50
<i>Torque</i>	51
<i>Potencia del motor</i>	52
Simulación del tema propuesto	53
Capitulo IV: Implementación del tema propuesto	55
Estudio de dimensionamiento del mecanismo	55

Desarrollo del prototipo	58
Pruebas de funcionamiento	61
Capitulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	67
Conclusiones	67
Recomendaciones	68
Bibliografía	69
Anexos	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Principio de funcionamiento del tamiz</i>	23
Figura 2 <i>Tamiz Vibratorio</i>	25
Figura 3 <i>Tamiz Centrífugo</i>	26
Figura 4 <i>Tamiz Rotatorio-recíproco</i>	27
Figura 5 <i>Vibrador eléctrico</i>	28
Figura 6 <i>Diseño de la polea</i>	29
Figura 7 <i>Tipos de bandas</i>	31
Figura 8 <i>Tipos de chumaceras</i>	32
Figura 9 <i>Pulsador abierto y cerrado</i>	32
Figura 10 <i>Resortes de tracción</i>	33
Figura 11 <i>Acero inoxidable 316</i>	35
Figura 12 <i>Malla de fibra plástico verde</i>	36
Figura 13 <i>Diseño de la estructura</i>	38
Figura 14 <i>Análisis estructural de la resistencia de la estructura</i>	39
Figura 15 <i>Disposición de las bandejas de clasificación</i>	40
Figura 16 <i>Diseño de la rejilla</i>	43
Figura 17 <i>Clasificación de bandejas</i>	44
Figura 18 <i>Diseño del sistema reductor con poleas</i>	45
Figura 19 <i>Implementación de la polea con el motor</i>	47
Figura 20 <i>Simulación de la tamizadora por medio del Software Solidworks</i>	54
Figura 21 <i>Implementación del mecanismo vibratorio</i>	55
Figura 22 <i>Soldadura MIG de los tubos</i>	59
Figura 23 <i>Estructura soldada y preparada para pulir</i>	60
Figura 24 <i>Botones del tablero de control</i>	61
Figura 25 <i>Verificación de posicionamiento del prototipo</i>	62

Figura 26 <i>Regulador de velocidad del motor</i>	63
Figura 27 <i>Revisión de resortes y riel guía de las bandejas</i>	64
Figura 28 <i>Colocación de los granos a clasificar</i>	64
Figura 29 <i>Clasificación de los granos y verificación del operador</i>	65
Figura 30 <i>Separación de los granos clasificados</i>	65
Figura 31 <i>Implementación del paro de emergencia</i>	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ventajas y desventajas de las diferentes tamizadoras</i>	24
Tabla 2 <i>Cuadro Comparativo Acero-Aluminio</i>	37
Tabla 3 <i>ASTM E-11 estándares de tamices</i>	41
Tabla 4 <i>Tabla de descripción para cálculo de inercia</i>	50
Tabla 5 <i>Selección de motores de la silla de ruedas</i>	53

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	45
Ecuación 2	46
Ecuación 3	46
Ecuación 4	46
Ecuación 5	46
Ecuación 6	48
Ecuación 7	48
Ecuación 8	48
Ecuación 9	49
Ecuación 10	49
Ecuación 11	50
Ecuación 12	51
Ecuación 13	51
Ecuación 14	52
Ecuación 15	56
Ecuación 16	56
Ecuación 17	56
Ecuación 18	57
Ecuación 19	57

Resumen

El estudio realizado es enfocado en la Implementación de un tamizador automático de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola. El tamizador es un dispositivo usado para la separación de partículas por lo que se propuso mejorar tiempos y costos con ayuda de la máquina, sin embargo, para la elaboración se implementó la maquina con materiales como acero negro para la estructura o armazón y acero inoxidable para la elaboración de las bandejas seleccionadoras del grano por motivos de normas alimenticias. Para el control de la maquina se implementó un panel de control que dispone marcha, paro, regulador de velocidad y paro de emergencia; resguardando la seguridad del usuario que quiera hacer uso de la máquina. Se tomo varios puntos en cuenta para la implementación y se realizó un diseño previo a la construcción para tomar en cuenta puntos críticos que existieran en la máquina sea acorde al peso o velocidad que requiera; el alcance del proyecto es mejorar el tiempo de entrega del producto tamizado y el costo que genera el realizar el tamizado de forma manual. Finalmente se anuncia que el estudio realizado queda abierto para mejoras o implementaciones que distintos usuarios quieran realizar o tomar como ejemplo.

Palabras clave: Tamizadora automática, Eficiencia agrícola, Optimización de recursos, Control automatizado.

Abstract

The study carried out is focused on the Implementation of an automatic grain sieve through the use of electrical, electronic and mechanical elements for the improvement of agricultural production. The sieve is a device used for the separation of particles, for which it was proposed to improve times and costs with the help of the machine, however, for the elaboration the machine was implemented with materials such as black steel for the structure or frame and stainless steel for the elaboration of the grain sorting trays for reasons of food standards. To control the machine, a control panel was implemented that has start, stop, speed regulator and emergency stop; protecting the safety of the user who wants to use the machine. Several points were taken into account for the implementation and a design prior to construction was carried out to take into account critical points that existed in the machine, according to the weight or speed required; The scope of the project is to improve the delivery time of the sieved product and the cost generated by performing the sieving manually. Finally, it is announced that the study carried out is open for improvements or implementations that different users want to carry out or take as an example.

Keywords: Automatic screening machine, Agricultural efficiency, Optimization of resources, Automated control.

Capítulo I

Introducción

Tema

Implementación de un tamizador automático de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola

Antecedentes

El tamizado proviene desde los años 1556 y es demostrado en el arte egipcio como el primer método para la separación de partículas creada en esos tiempos. En la actualidad, el tamizado destaca su uso para la separación de granos de trigo, cereales y arenas con la finalidad de reducir tiempo en áreas de la agricultura y construcción, con el paso del tiempo podemos constatar que las modificaciones del arte de tamizado dependen de la imaginación y creatividad de sus creadores. (CEPAL, FAO, & IICA, 2021)

En el Ecuador hay normas que están al pendiente del tamizado de granos y cereales los cuales nos ayudan a verificar que se tenga un mejor control de calidad en los que podemos destacar la INEN 1 236 la cual es la encargada de ver la calidad de los granos; también se encuentra la norma INEN 1 515 la cual te ayuda con las especificaciones del tamizador.

Estas normas especifican el tamaño nominal de los tamices de ensayo y los tamices metálicos o las aberturas de los agitadores utilizados para separar materiales que pueden clasificarse según el tamaño de las partículas. En conclusión, el proceso de tamizado es muy apetecido en el mercado de la construcción y agricultura pues facilita en gran parte la separación de granos que van a ser empacados y exportados entre ellos el maíz, frejol, lenteja y algunos granos secos que requieren clasificación.

Planteamiento del problema

Los problemas de tamización en el área agrícola han existido desde siempre debido a que los granos son alimentos muy pequeños, por lo que el tiempo de separación es más prolongado hablando en temas de producción. El proceso de tamizado es un proceso tradicional, sin embargo, estos procesos pueden mejorar a través de la utilización de maquinaria, las cuales ayudan a mejorar el tiempo de producción y reducir el esfuerzo físico de los agricultores beneficiarios.

El problema es visible en el agricultor de mediano impacto ya que para poder lograr un beneficio necesitara maquinaria; el simple hecho de ofrecerle tiempo menor para la producción hace que sea rentable para el agricultor. Por otro lado, se encuentra el agricultor de bajo impacto que no ve rentable o importante el uso de la maquinaria, ya que depende del tamizado por mano propia de modo que dispone del tiempo necesario para realizar la separación.

El tamizado es un proceso que para la agricultura ayuda en gran parte mejorar tiempos de entrega sean estos de granos para preparar o para la venta y seleccionado de los diferentes granos que se va a comercializar. Sabemos que este proceso es manual y se tarda un tiempo prolongado hasta lograr el tamizado; con la máquina ya no debería existir dependencia de la variante del tiempo (este sería más corto).

Cuando tratas de depender mucho del ser humano sabes que es mejor tener una máquina que hace el trabajo que cinco personas logran y en menor tiempo o a un tiempo anterior al previsto por lo que aparte de reducir costos mejoran tiempos e incluso mejorar la entrega de los diferentes productos que se tenga pendiente en el plan diario de producción.

Ya comprendido los problemas que se generan al no utilizar la maquinaria se propone hacer un prototipo con la finalidad de dar un beneficio en relación costo y tiempo para todos los productores rurales pequeños que requieren de la maquinaria para obtener beneficios.

Justificación

Cuando se habla de tiempo y costo se conoce que la implementación de un tamizador es un beneficio en ambas partes ya que como sabemos si tratamos de tamizar o separar de forma manual los granos nuestro tiempo de entrega se alarga y si vemos por el lado de costo entre más personas estén realizando la tamización de los granos el costo de producción aumenta.

En la elaboración del proyecto se toma en cuenta como beneficiarios primarios a los agricultores donde se planea hacer la implementación del tamizador y como beneficiarios secundarios sería todo aquel agente externo como puede ser la clientela o personal aparte del personal de empleados. No se dispone de un tiempo estimado para la tamización de los granos por lo que se podría analizar por el tipo de grano a tamizar y de los orificios de la malla realizada ya que no se produce una separación ideal. Trataremos de mejorar la calidad y cantidad de producción por lo que se buscaría la actualización de los procesos tradicionales por procesos industriales mejorando tiempos y cantidad de la tamización de granos.

Finalmente se implementará el prototipo en el sector de agrícola obteniendo como resultado un proceso de producción industrial o comercial dentro del clásico proceso tradicional de tamizado, el cual es bastante común en los pequeños agricultores de las diferentes áreas rurales dentro del país.

Objetivo general

Implementar un tamizador automático de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola

Objetivos específicos

- Identificar literatura técnica especializada.
- Diseño electromecánico de la máquina tamizadora.
- Implementación del tema propuesto.

Alcance

Al diseñar e implementar un prototipado de tamiz de granos para el área agrícola hay que realizar un estudio del tipo de grano a tamizar y la cantidad según los mismos; se evaluará las características que deberá cumplir el tamiz y los modelos ya existentes dentro del área comercial e industrial. Se verificará el tipo de funcionamiento, tipo de monitoreo y control con el que trabajan los tamizadores.

Dentro del Ecuador hay diferentes tipos de tamizadores por lo que se pretende dar una explicación de cada uno en relación a su funcionamiento, mostrando cual es el más eficiente y accesible para los agricultores de mediano impacto según el tipo de grano que se requiera tamizar. Para poder efectuar el proyecto se requiere la selección de cada elemento eléctrico, electrónico y mecánico que estarán siendo utilizados durante el ensamble del tamizador de granos, los cuales deben ser seleccionados bajo un criterio técnico para obtener un funcionamiento óptimo y correcto de la máquina.

El prototipado será tipo comercial por lo que contara con un tamiz y una bandeja para poder realizar la separación estos funcionaran mediante la vibración o agitación de un motor el cual contara con un panel de control para su funcionamiento (marcha, paro, paro de emergencia, etc.).

La finalidad del tamizador de granos es mejorar la producción de los agricultores encargados de la separación del grano de maíz el cual se encuentran dentro de los pequeños agricultores en el Ecuador.

El tamiz se realizará como un prototipado el cual permitirá que con ayuda de un motor se logre tamizar por medio de la agitación de las bandejas. Las bandejas estarán realizadas de acero inoxidable para poder interactuar con los alimentos y la estructura será de acero negro.

Capítulo II

Literatura técnica especializada

La agricultura es un pilar fundamental de la economía ecuatoriana por tres razones: representa el 9% del PIB del país, contribuye al respeto de la soberanía alimentaria y alberga la mayor concentración de empleo para el 26,8% de la población económicamente activa del Ecuador. (CEPAL, FAO, & IICA, 2021)

Para que un producto llegue a las manos del consumidor ecuatoriano este pasa por varias etapas de procesado, sean desde la cosecha del producto, limpieza, selección de calidad, empaquetado, etiquetado, entre otros procesos.

El tamizado es un método mecánico por el cual se pueden separar partículas sólidas presentes en una mezcla heterogénea. Por proceso simple o directo, las partículas más grandes de la mezcla quedan retenidas en la superficie del tamiz. Solo las partículas con un diámetro menor que el orificio o el orificio del tamiz pasarán a través de este dispositivo,

Para que se lleve a cabo el tamizado, debe haber algún movimiento entre la mezcla que se va a separar y la superficie del tamiz. Así, se establece una coincidencia entre los orificios del tamiz y las partículas que pueden atravesarlos. El propósito del tamiz es separar las partículas sólidas según su tamaño. Al aplicar un único proceso de tamizado, la mezcla se separará en dos partes más homogéneas. (Cisa-Technologies, 2022)

Finalmente, el proceso de tamizado trata de mejorar los procesos tradicionales dentro del cultivo de los diferentes granos mejorando en tiempos y costos, con la rápida entrega de los mismos. Hay que tomar en cuenta la diferencia entre un tamizador industrial y un tamizador comercial, cada uno de estos está enfocado a un diferente agricultor.

Tamizador:

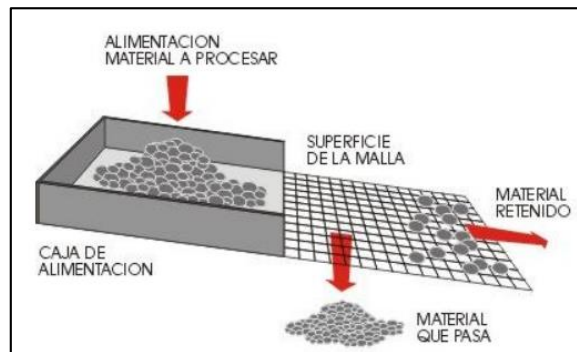
Un tamizador es aquella máquina con ayuda de una agitación o rotación hará que las partículas se clasifiquen de acuerdo al tamaño necesario. Toda masa que se encuentre en su

interior, y se mantenga girando acorde a la función del tamizador, obtendrán tamaños considerables, o se clasificarán según la necesidad a la que fueron sometidas. (Espinosa & Varela, 2019)

El funcionamiento que es requerido para este proceso, consiste en ir clasificando cada partícula por medio de distintas láminas, las mismas que tienen diferentes tamaños; lo que se gana con este procedimiento es que una pequeña parte o fracción de la partícula se vaya clasificando en varios rangos, según corresponda el tamaño deseado. Finalmente se distribuirán en los niveles deseados, según el tamaño previsto, esto se obtendrá gracias al movimiento de la máquina vibratoria indicada en la **Figura 1**.

Figura 1

Estructura de funcionamiento de la máquina tamizadora



Nota. Partes de la distribución del material al pasar por el proceso de tamizado. Tomado de (Espinosa & Varela, 2019)

Tamizadoras y sus diferentes tipos

Al realizar una variedad de investigaciones, se puede identificar una gran variedad de tamices de tipo industrial, entre los más comunes se encuentran:

- Tamices vibratorios,
- Tamices centrífugos,

- Tamices rotativos.

Según vaya a ser el modo de empleo, se requeriría de un modelo de tamizadora en especial, debido a que, según su modo de empleo, se generarán ventajas y desventajas que se pueden observar en la **Tabla 1**. (Espinosa & Varela, 2019)

Tabla 1

Ventajas y desventajas de un tamizador

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Vibratoria	Compactas Pocas partes móviles	Clasificación lenta Ruidosas
Centrífuga	Clasificación rápida	Ocupa mucho espacio
Rotatoria- recíproca	Separa sólidos de líquidos	Su capacidad de clasificación es la menor entre los tres tipos

Nota. Existen diferentes tamizadoras comerciales, cada una cuenta con ventajas y desventajas que serán favorables o no, en su aplicación. Tomado de (Espinosa & Varela, 2019)

Tamiz vibratorio

Este tipo de tamizadora tiene una alta frecuencia, con la que trabajan de manera principal grandes industrias que principalmente manejan el procesamiento ya sea de alimentos, o incluso de la minería, por los resultados que se pueden obtener.

A manera general, se pretende que, al realizar este proceso, se obtengan residuos sólidos muy pequeños, según unos estudios, el valor ya triturado que es requerido a manera general es de hasta 200 micro milímetros, esto se obtiene tras un buen mecanismo vibratorio que por lo general cuenta con un vibrador electromagnético posicionado en la máquina en cuestión.

Existen grandes diferencias entre tamices, sin embargo, está establecido que estos

tamices deberían variar entre 0 a 25 grados, y mantener una frecuencia establecida entre a 7200 revoluciones por minuto, con la finalidad no solo de separar tamaños, sino de separar impurezas del material que podrían ocasionar daños en una producción, y de paso se optimizaría su producción. En la **Figura 2**, se observar un modelo guía.

Figura 2

Tamiz Vibratorio



Nota. Se muestra un tamiz vibratorio comercial, utilizado en la industria para la respectiva separación de materiales sólidos. Tomado de (*Ecofricalia, 2018*)

Tamiz centrífugo

Los productos suministrados por un dispensador o portador neumático son suministrados al barril a través de un mecanismo que reduce el paso de las partículas, según su tamaño y la velocidad a la que el tamiz estaría enfocado, al enviarlas a las paredes de una rejilla tamizadora cilíndrica por fuerza centrífuga.

El producto tamizado pasa por el tamiz y cae en la tolva de descarga conectada al transportador de aire o tanque receptor. Por otro lado, la chatarra y las materias extrañas quedan atrapadas en una lámina interna que luego se las pueden desechar o incluso dar un uso en especial, véase la **Figura 3**.

Tamiz Rotatorio-recíproco

Es un mecanismo para filtrar o tamizar líquidos que contienen sólidos en su salida, lo que permite separar partículas sólidas muy pequeñas, como se muestra en la **Figura 4**; en algunos casos se puede obtener una clasificación que va desde los 0.15 mm hasta los 5 mm.

El líquido a filtrar ingresa a través de tubos por todas las zonas del tambor filtrante giratorio. Donde los residuos que quedan en una parte del cilindro, se mueven hacia la pared, y la bandeja de descarga separa las partículas. El líquido filtra la pantalla del tambor, elimina el afluente que fluye a través de la pantalla del tambor y finalmente llega a la tubería.

Figura 3

Tamiz Centrifugo



Nota. Se muestra un Tamiz Centrifugo, de grado industrial, con sus diferentes equipamientos para realizar una función específica. Tomado de (Gaoufu, 2020)

Figura 4

Tamiz Rotatorio-recíproco



Nota. Se muestra un Tamiz Rotatorio-recíproco, que explica el funcionamiento de separación de componentes sólidos de líquidos. Tomado de (Ecofricalia, 2018)

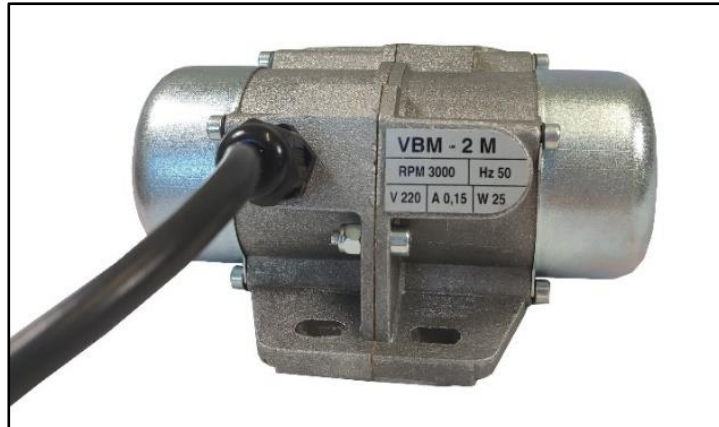
Vibradores eléctricos

Existen máquinas que generan una vibración para poder separar partículas, donde el principio de funcionamiento, o de acción empieza con una masa externa desbalanceada, la misma que generaría una vibración interna que desequilibra al motor, generando así una vibración y selección de partículas según sea el caso de aplicación. Se pueden aplicar en múltiples tareas, como puede ser la eliminación de residuos en algún material específico, o quizá también la separación de impurezas de algún producto en específico que se vaya a tratar.

Al momento de realizar la selección de este tipo de materiales, es necesario conocer de manera específica la finalidad del mismo, es decir, que actividad va a realizar, bajo este criterio se puede realizar un análisis que consiste incluso en la velocidad que se utilizará de manera constante para la eliminación o separación de residuos. En la **Figura 5**, se muestra un modelo de vibrador eléctrico utilizado de manera general en la industria. (Espinosa & Varela, 2019)

Figura 5

Vibrador eléctrico.



Nota. Se muestra un vibrador eléctrico. Tomado de (Vibrafrance, 2023)

Tamaño promedio de los granos a tamizar

Dimensiones del grano:

- **Frijol.** Este tipo de grano tiene una característica especial, se puede deducir que según estudios realizados, existe un rango en el que se considera su tamaño, este puede ser de entre los 8.5 a los 15.1 mm, siendo el valor intermedio registrado de 10.8 mm; existe una gran variedad, donde se puede mencionar al tipo Blanco Enano y Negro Ribereño. Sin embargo, en ambos casos, varían su ancho, donde el rango establecido esta de 5.4 mm hasta 7.3 mm, con un valor intermedio de 6.3 mm.

Existe otra variedad que se considera con un ancho mucho menor que el establecido anteriormente, destinado para la especie de Rito enano y Rojito; donde después de un amplio análisis se puede determinar que los frijoles tienen tamaños muy diversos, que no manejan estándares, sin embargo, los productores prefieren realizar una clasificación para mantener estándares de calidad.

- **Maíz.** Mientras que en el maíz existen otros valores, aquí se empieza con un análisis de inicio con las dimensiones de la mazorca que va de 14.68 cm, que, entre su peso, diámetro y separación entre hileras, se puede obtener granos de diferentes tamaños, como en el caso de los frijoles, dando una longitud intermedia de 1.01 mm y un ancho de 0.7 mm. (Unesum, 2022)

Volumen del grano:

El volumen del grano, como ya se mencionó anteriormente, depende de gran manera del tipo de grano a analizar, sin embargo, varía también según la especie que se vaya a usar como referencia, dado el caso, en este proyecto se enfatizará en la variedad de Blanco Enano y Negro Ribereño. (Unesum, 2022)

Componentes de la tamizadora

Polea

La polea, es un sistema de máquina simple que funciona por tracción y transmite una fuerza para mover objetos pesados de una forma cómoda. Consta de una rueda anclada a un eje donde gira un cordel, de modo que la fuerza se distribuye alrededor de la rueda, siendo más sencillo mover ese objeto, véase la **Figura 6**. (Merlin, 2022)

Figura 6

Polea



Nota. Se muestra una polea, mecanismo a implementar en el desarrollo del proyecto. Tomado de (Dilco S.A., 2022)

Bandas

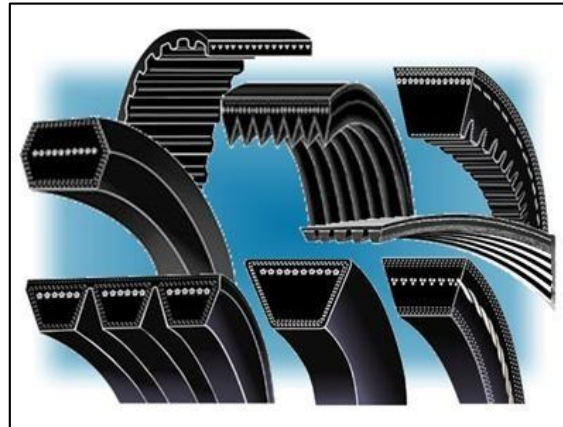
La banda es un instrumento que ayuda a transmitir fuerza y movimiento dentro de un motor o según la aplicación que se requiera, como es el caso de este proyecto se aplicará para transmitir movimiento de un motor hacia un eje, que es el encargado de impulsar todo el mecanismo, donde de manera principal se puede escoger entre dos tipos de banda que se utiliza de manera general, la una es una banda de tipo en V, y la otra hace referencia a una banda trapezoidal, que está definida por un cierto número de dientes, como se muestra en la figura 7.

Para entender este tipo de nomenclatura, se hará énfasis en términos principales de este tipo de bandas que se encuentran en el mercado:

- **Estrías:** Su forma hace referencia a una V, como se identifica en la letra del abecedario, donde este tipo de banda se usa para asegurar un agarre más fuerte con la polea, reduciendo así el desgaste y aumentando la fricción.
- **Costura:** Cada banda contiene diferentes formas, y acabados, sin embargo, las costuras son indispensables para mantener rígida toda la forma de la banda en general y que mantenga su estructura por más tiempo.
- **Cuerpo:** Es el indicador del recubrimiento de la banda, en su mayoría se realizan con caucho, para mejorar su agarre y disminuir así la fricción.
- **Dorsal:** Es la parte lisa de la banda que generalmente pasa por las poleas lisas que posee el motor.

Figura 7

Tipos de bandas



Nota. Se muestra el diseño de diferentes bandas, entre las que se muestran las indicadas anteriormente. Tomado de (G.M.B., 2022)

Chumaceras

Es utilizado para mantener fijo a un eje que va a estar en una constante rotación, por lo que son ubicados de manera exacta entre la unión que hace dar movimiento al eje. Su diseño es diferente según la fábrica y aplicación que se le vaya a dar, existen diversos tipos, entre los más utilizados están los fijos, o los que pueden ir colocados de manera interna en algún sistema.

Este tipo de rodamientos, como se observa en la **Figura 8**, cuentan con un diseño auto lubricante, tienen un depósito que les sirve para almacenar lubricante, por lo que al mantener una constante rotación no va a requerir de lubricación, esto permite el ahorro de tiempo en paradas para lubricación y mantenimiento de los equipos, su depósito de lubricante amplía los intervalos de lubricación por lo que además alarga la vida útil del cojinete.

Figura 8

Tipos de chumaceras



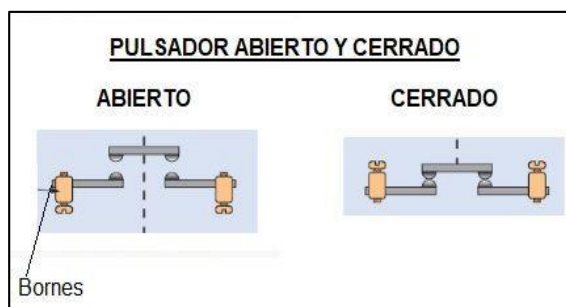
Nota. Se muestra la variedad de chumaceras existentes en el mercado, dentro de las cuales se observa varias aplicaciones. Tomado de *(Refracciones Industriales, 2022)*

Pulsadores

Un pulsador es un dispositivo eléctrico que do y no da paso de la corriente eléctrica cuando se pulsa. Solo se abre o se cierra cuando el usuario lo pulsa y lo mantiene pulsado que al dejar de pulsar vuelve a su posición inicial. En su funcionamiento está dispuesto un resorte o muelle que hace que vuelva a la posición, en la **Figura 9**, se muestra su funcionamiento.

Figura 9

Pulsador abierto y cerrado



Nota. Se observa el mecanismo de un pulsador en sus estados originales tanto abierto como cerrado. Tomado de *(Ecofricalia, 2018)*

Resorte helicoidal de tracción.

Estos resortes también llamados resortes de extensión “actúan absorbiendo y/o acumulando energía, mediante la creación de resistencia a una fuerza de tracción. La forma de los extremos varía en forma para satisfacer el usuario y la aplicación o uso”, véase la **Figura 10**. (Salazar, 2014)

Figura 10

Resortes de tracción



Nota. Se observa distintos tipos de resortes que podrán ser utilizados en la transmisión de movimiento de las bandejas. Tomado de (*Ecofricalia, 2018*)

Los resortes de tensión se utilizan en telefonía, pilates, juguetes, auto partes, etc. Es un resorte que ejerce la acción hacia su interior, oponiéndose a una fuerza exterior que trata de estirarlo en la dirección de su eje.

En reposo, las espiras de este tipo de resorte están normalmente juntas, por lo que el paso de las espiras es igual al diámetro del hilo. Por su modo de acción, un resorte de tracción debe presentar sus extremos curvados en forma de gancho, los cuales pueden presentar diversas formas, según la finalidad a que están destinados. (Salazar, 2014)

Material para realizar el armazón de la tamizadora.

Al momento de realizar la selección de materiales, se consideró las principales fuentes útiles y normadas en el país, fueron indispensables para este análisis, además, de acuerdo al

costo y necesidades, se establecieron otros aspectos.

Peso y fuerza del material a utilizar

Se deduce que el acero es más fuerte que el aluminio, donde los principales factores que entran en la comparación sería la durabilidad, peso y menor deformación, en este caso son factores favorables para el acero; mientras que el aluminio, si bien es cierto es mucho más ligero que el acero, tiende a deformarse con mayor facilidad. (Alsimet, 2020)

Producción y coste de los materiales a utilizar

La industria del acero produce enormes cantidades de materiales cada año. En 2019 según (Alsimet, 2020), hubo 1.870 millones de toneladas de petróleo crudo en todo el mundo, sin embargo, la producción mundial de aluminio fue de alrededor de 64 millones de toneladas debido a una demanda mucho menor.

Material para realizar la bandeja de la tamizadora.

Es necesario considerar que los granos a utilizar se aplicarán a un nivel alimenticio, es por eso que, partiendo de esta consideración, el acero inoxidable 316, tiene un alto contenido de cromo y níquel.

Por lo que sería adecuado para el contacto con los alimentos, por la alta resistencia que tiene a ácidos, bases y cloruros, por lo que, para esta ocasión, será la mejor opción al momento de escoger el material que será de base para la bandeja que clasificará los granos.

En **la figura 11**, se observa el tipo de acero inoxidable AISI 316, el mismo que se utilizará como base para la bandeja que separará los granos, es importante comprender que este tipo de acero es un poco más elevado en cuestión del precio, sin embargo, la durabilidad y la confianza que brinda al utilizarlo en la industria alimenticia, ha demostrado su verdadera utilidad, siendo razón principal para elegir este material en este prototipo. (CookInox, 2019)

Figura 11

Acero inoxidable 316



Nota. Se observa las planchas de acero inoxidable que servirán para realizar este tipo de bandejas. Tomado de (CookInox, 2019)

Resistencia a la corrosión del material a utilizar

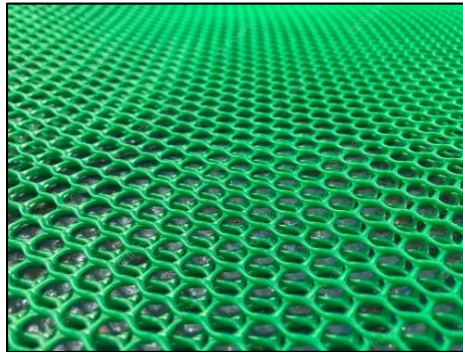
Las capas de aluminio pasivado son resistentes a la oxidación y la corrosión, pero con el tiempo y a temperaturas extremas pueden corroerse y causar picaduras y pérdida de material. El acero inoxidable, en cambio, es más resistente a este tipo de ataques debido a su grueso niquelado, cobre o cromo. (Alsimet, 2020)

Material para realizar la malla de la tamizadora.

El material recomendado para este proceso sería el plástico, sin embargo, se considera de mejor uso la elaboración de mallas en acero o aluminio; podemos anunciar que en las grandes industrias según (Atlantis, 2019), entre sus usos también están para elaboración de comederos, mallas para camarónicas, sector pesquero (malla plástica). Por lo que resultará eficiente para la aplicación a darle, se muestra en la **figura 12**, la distribución de la malla.

Figura 12

Malla de fibra plástico verde



Nota. Malla aplicable para la distribución de granos por su textura y su gran variedad de tamaños en la distribución de su perforación. Tomado de (*Atlantis, 2019*)

Capítulo III

Diseño electromecánico de la máquina

Para disponer de un correcto diseño del prototipo (maquina) para el tamizado debemos realizar diferentes estudios que permitan un desarrollo de la máquina de forma ordenada obtenido un producto de calidad para el usuario que requiera del tamizado de granos.

Como objetivo es cumplir con las necesidades de los agricultores dando un diseño y construcción que beneficie en el tiempo y costo.

Diseño de la estructura:

Para la selección de los elementos que va a llevar la tamizadora se tomó en cuenta la estructura general del prototipo. En la **Tabla 2**, se muestra una comparación entre los principales materiales a utilizar, en donde se muestran características a considerar al momento de realizar la selección de componentes.

Tabla 2

Cuadro Comparativo Acero-Aluminio

Características:	Tubo estructural	Aluminio
Físicas y Mecánicas	Cuadrado negro A30	
Peso Específico (gr/cm³)	7,85	2,70
Punto de Fusión (°C)	1535	658
Coeficiente de Dilatación Térmica Lineal (10⁻⁶ °C⁻¹)	11	23
Resistividad Eléctrica (microhmios-cm²/cm)	19	2.8
Resistencia a Tracción (N/mm²)	370-620	250-300

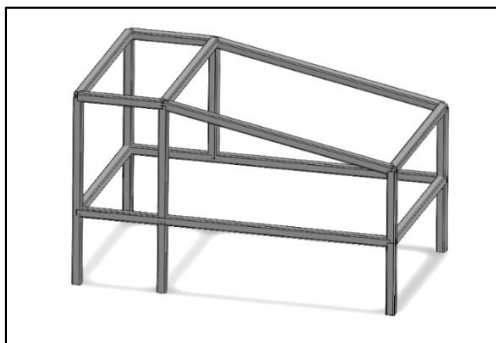
Características:	Tubo estructural	Aluminio
Físicas y Mecánicas	Cuadrado negro A30	
Límite Elástico 0,2 (N/mm²)	240-360	270

Nota. Se observa una comparativa entre las principales características de los perfiles de acero y Aluminio. Tomado de (*Construmática, 2019*)

Una vez realizado esta comparativa, se puede decidir que el mejor material a implementar al momento de realizar la estructura es con Tubo Estructural Cuadrado Negro A30, que se observa en la **Figura 13**, ya que es la ideal para el montaje de estructuras por la mayor tensión que posee.

Figura 13

Diseño de la estructura



Nota. Estructura diseñada con la finalidad de soportar las vibraciones generadas por el motor al clasificar los granos.

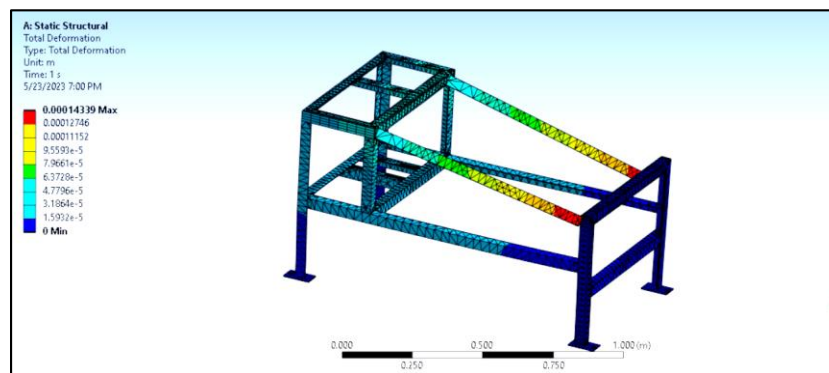
La finalidad de la base es sostener y evitar que haya movimientos indeseados al momento de realizar la separación de granos; por lo que se mantendría fija soportando los movimientos de vibración.

Diseño estructural:

Para poder tener un diseño que sea robusto, se decidió realizar un análisis de deformaciones con la finalidad de que la estructura soporte todo el peso que se aplicará dentro de su desarrollo, en este caso el peso del motor, las bandejas y los accesorios serían un punto a considerar con el que se aplicó en la **Figura 14**, un determinado número de fuerzas a través de toda la estructura.

Figura 14

Análisis estructural de la resistencia de la estructura



Nota. Análisis de esfuerzos sometidos a tensión en los puntos principales de la estructura, para verificar la resistencia del diseño realizado.

Se puede observar que el ángulo que servirá de riel y soportará a las bandejas será la parte más comprometida del sistema en su punto máximo, sin embargo, es indispensable conocer que esta fuerza aplicada está sobredimensionando la capacidad del sistema, por lo que servirá de un indicador a considerar, en el caso de lubricación y movimientos del prototipo.

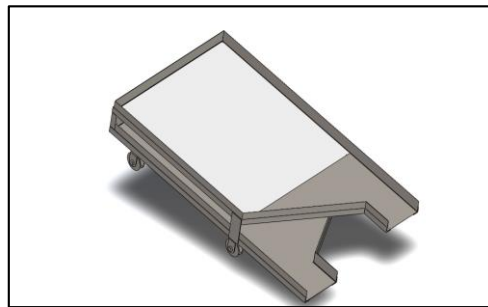
Diseño de las bandejas de clasificación

Este diseño es importante, debido a que servirá para el sistema de clasificación de los granos indicados previamente en el título, es importante considerar que, al tratarse de

manipulación de alimentos, estos granos deberán mantener contacto con un acero de grado alimenticio, por lo que la mejor opción fue un AISI 316, utilizado con mayor frecuencia en la industria de alimentos. Una vez especificado el material, el diseño de clasificación también fue un diseño demandante, debido a que irían dos bandejas paralelas, donde la bandeja superior recibirá todos los granos, quedándose los de mayor volumen aquí, mientras que la bandeja inferior recibirá la clasificación de aquellos granos con un volumen más pequeño. En la **Figura 15**, se puede visualizar la posición de estas dos bandejas que se utilizarán para el sistema de clasificación.

Figura 15

Disposición de las bandejas de clasificación



Nota. Bandejas posicionadas en paralelo para la clasificación y separación de los granos a desarrollar.

Diseño de las rejillas

Consiste en una plancha de acero inoxidable que contiene un espacio predeterminado entre ellas para tamizar rocas o minerales antes de triturarlos o clasificarlos. Pueden ser de estáticas o vibratorias, sin embargo, en ambos casos es muy importante considerar el tamaño del tamiz, que se puede observar en la **Tabla 3**.

Tabla 3*ASTM E-11 estándares de tamices*

Número o Tamaño de la muestra	Abertura del Tamiz	
	<i>Estándar (mm)</i>	<i>Estándar (IN)</i>
4	4.75 mm	0.187
5	4.00 mm	0.157
6	3.35 mm	0.132
7	2.80 mm	0.111
8	2.36 mm	0.0937
10	2.00 mm	0.0787
12	1.70 mm	0.0661
14	1.40 mm	0.0555
16	1.18 mm	0.0469
18	1.00 mm	0.0394
20	850 μm	0.331
25	710 μm	0.0278
30	600 μm	0.0234

Número o Tamaño de la muestra	Abertura del	Tamiz
45	355 μm	0.0139
50	300 μm	0.0117
60	250 μm	0.0098
70	212 μm	0.0083
80	180 μm	0.007
100	150 μm	0.0059
120	125 μm	0.0049
140	106 μm	0.0041
170	90 μm	0.0035
200	75 μm	0.0029
230	63 μm	0.0025
270	53 μm	0.0021
325	45 μm	0.0017

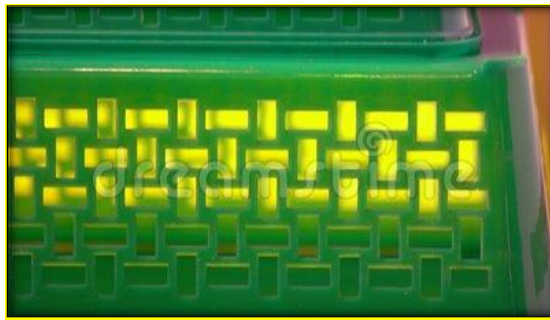
Nota. Se obtiene un muestreo de 28 datos en los que se puede identificar los distintos parámetros a considerar.

Una vez considerado los diámetros a tener en cuenta, se puede observar en la

Figura 16, que se utilizó una malla de fibra plástica verde, debido a que el costo de implementación de una malla metálica sería muy elevado, sin embargo, la funcionalidad es la misma, y como se sustentó anteriormente el uso de esta malla no alteraría al producto.

Figura 16

Diseño de la rejilla



Nota. El diseño de la rejilla se adecuó a las necesidades según el costo beneficio de su aplicación.

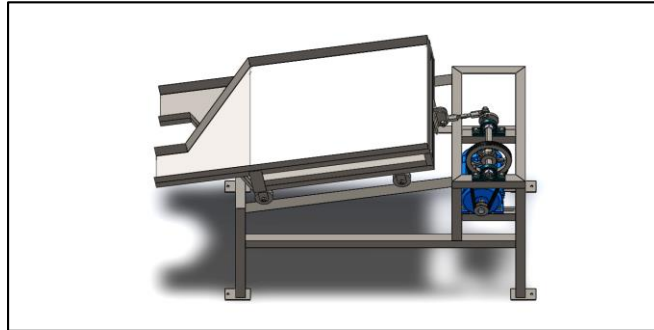
Diseño del mecanismo de clasificación

Para el modelo del mecanismo de la zaranda se hizo pruebas con algunos modelos existentes en el mercado, sin embargo, no dieron resultados óptimos, por lo que se decidió implementar un sistema sencillo, pero funcional.

En la **Figura 17**, se observa cómo funciona todo el sistema; los granos caen desde que el operador lanza todos los granos un poco atrás de la rejilla de fibra plástica verde, seguidamente los granos de menor dimensión para efectos de estudio será el maíz se irán a la bandeja inferior, mientras que los granos más grandes permanecerán en la bandeja superior, para posterior a esta clasificación avanzar a contenedores separados

Figura 17

Clasificación de bandejas



Nota. El diseño de la bandeja doble, que separará los dos tipos de granos a implementar en el sistema.

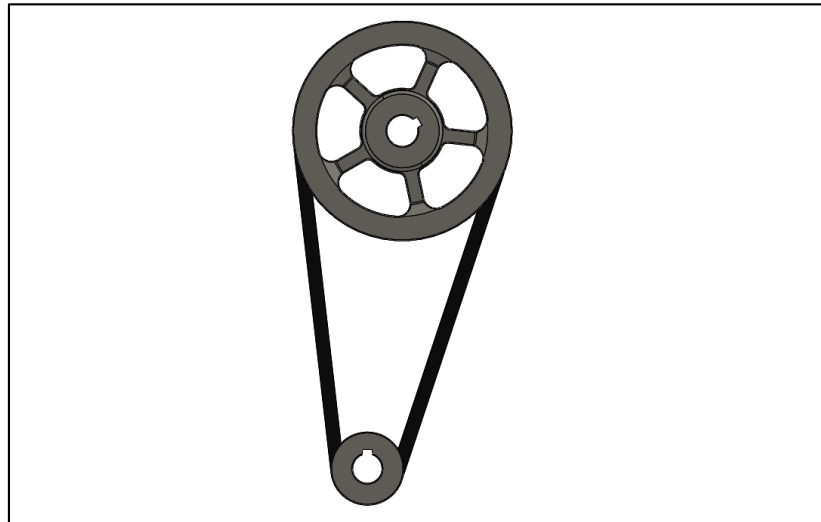
Diseño del diámetro de las poleas a implementar

El procedimiento de transmisión de poleas es un dispositivo muy utilizado para el traspaso de movimiento entre dos o más poleas, con ayuda de la transmisión de poleas podemos disminuir el rpm de acuerdo al uso que se necesite, por lo que es de suma importancia realizar los respectivos cálculos.

Partiendo como punto de referencia el diseño desarrollado por el autor para una reducción de la velocidad a la que girará el motor en este proyecto, véase la **Figura 18**, se puede indicar que es necesario únicamente un sistema con dos ejes y dos poleas, que realizarán la función requerida de mantener el torque y reducir la velocidad del motor, con este proceso, se podrá controlar la vibración a la que estará sometida la máquina durante el funcionamiento de clasificación.

Figura 18

Diseño del sistema reductor con poleas



Nota. Se debe realizar cálculos con la finalidad de obtener un diseño óptimo para las condiciones requeridas del proyecto.

Para un procedimiento con dos ejes-dos poleas, como se muestra con las poleas, como se indica en la Ecuación 1.

$$d1 * n1 = d2 * n2$$

Ecuación 1

Dónde:

- d 1 = diámetro de la polea motriz (pulgadas, mm)
- n 1 = revoluciones de la polea motriz (rpm)
- d 2 = diámetro de la polea conducida (pulgadas, mm)
- n 2 = revoluciones de la polea conducida (rpm)

La Ecuación 1, se puede convertir para enunciar los siguientes parámetros, que, para efectos de cálculos, serán indispensables y necesarios en su momento.

Revolución de polea conducida

$$n2 = d1 * n1/d2$$

Ecuación 2

Revolución de la polea del conductor

$$n1 = d2 * n2/d1$$

Ecuación 3

Diámetro de polea conducida

$$d2 = d1 * n1/n2$$

Ecuación 4

Diámetro de la polea del conductor

$$d1 = d2 * n2/N1$$

Ecuación 5

Las revoluciones del eje 2 en una transmisión simple de correa, como se observa en la

Figura 18, donde:

- $n 1 = 1750 \text{ rpm}$
- $d 1 = 60 \text{ mm}$
- $d 2 = 180 \text{ mm}$

Se puede calcular como:

$$n2 = (1750rpm) * (60mm)/(180mm) = 583 \text{ rpm}$$

Una vez que se haya realizado el cálculo, se puede indicar que el dimensionamiento de la estructura es correcto y servirá para el desarrollo de todos los aspectos del proyecto, en este caso será, el de realizar la función de clasificación, con la finalidad de hacer un proceso

duradero, que no afecte al producto en clasificación y, además, funcione acorde su diseño.

En la **Figura 19**, se observa la implementación de este sistema de poleas, en conjunto con el motor y el mecanismo que se encargará de transmitir el movimiento hacia las bandejas para su clasificación.

Figura 19

Implementación de la polea con el motor



Nota. Es importante indicar que el motor al ser de mucha potencia y rpm, se debe reducir su velocidad como se indicaron en cálculos anteriores.

Selección del tipo de motor

Una consideración muy importante, es identificar que en este caso se utilizará un motor existente en el mercado, por lo que sería uno de los factores indispensables para la selección. Para poder realizar los respectivos cálculos de selección de motor hay que conocer las RPM (250 RPM) a las que se desea trabajar el motor y el máximo de RPM (1800 RPM) a las que trabaja por otro lado hay que visualizar también masas, pesos y tiempos. Ya que con ello podemos resolver los diferentes cálculos sea tanto de velocidades, aceleraciones, inercia, torque y finalmente potencia.

Cálculo de la velocidad angular del motor.

Donde:

ω = velocidad angular [rad]/seg

T = período [seg]

$$\omega = \frac{2\pi * rpm}{t}$$

Ecuación 6

$$\omega = \frac{2\pi * 250rpm}{60}$$

$$\omega = 26.18 \text{ rad/s}$$

Velocidad tangencial

Donde:

r = radio [m]

ω = velocidad angular [rad/seg]

$$v = \omega * R$$

Ecuación 7

$$v = 26.18 * 0.03$$

$$v = 0.7854 \text{ m/s}$$

Aceleración radial

Donde:

V= velocidad tangencial [m/s]

R= radio [m]

$$ar = \frac{v^2}{r}$$

Ecuación 8

$$ar = \frac{0.7854^2}{0.03}$$

$$a = 20.5617 \text{ m/s}^2$$

Aceleración tangencial

Donde:

V= velocidad tangencial [m/s]

T=tiempo [seg]

$$atg = \frac{v}{t}$$

Ecuación 9

$$atg = \frac{0.7854}{2.5}$$

$$atg = 0.3142 \text{ m/s}^2$$

Aceleración total

Donde:

Ar= Aceleración radial [m/s²]

Atg= Aceleración tangencial [m/s²]

$$a_{total} = \sqrt{ar^2 + atg^2}$$

Ecuación 10

$$a_{total} = \sqrt{20.5617^2 + 0.3142^2}$$

$$a_{total} = 20.56 \text{ m/s}^2$$

Inercia

Tabla 4

Tabla de descripción para cálculo de inercia

DESCRIPCION	Peso (gramos)
Masa polea 1	200
Masa bandeja	2181
Masa bandeja tamizadora	2546
Masa polea 2	780
Masa soporte de bandejas	2870
Eje	734

Nota. Se indica los datos de los pesos sobre las partes de la tamizadora para realizar el respectivo cálculo de inercia.

Donde:

mi= Masas infinitesimales [kg]

Ri= radios referentes al sistema [m]

$$I = \sum mi * ri \qquad \text{Ecuación 11}$$

$$I2 = m(0)^2 + m(2R)^2 = 4mR^2$$

Para la inercia del soporte de las bandejas más los materiales tenemos que la inercia es:

$$Ip = \frac{1}{2} m_p r_p^2$$

$$I = 1/2 (r1^2) * mpolea + 4(r2^2) * mconjunto$$

$$I = 1/2 (0.03^2) * 0.2 + 4(0.09^2) * 9.111$$

$$I = 0.295286Kg.m$$

Aceleración general

Se tomo en cuenta un tiempo aproximado de 10 seg.

Donde:

w = velocidad del motor [rad/s]

w_0 = velocidad inicial

α = aceleración [m/s²]

t = tiempo [s]

$$\omega = \omega_0 + \alpha * t$$

Ecuación 12

$$\omega = \cancel{\omega_0} + \alpha * t$$

$$\omega = \alpha * t$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{26.18}{10}$$

$$\alpha = 2.618 \frac{rad}{s^2}$$

Torque

Donde:

T = Torque [Nm]

I = Inercia [Kg.m²]

α = Aceleración [rad/s²]

$$T = I * \alpha$$

Ecuación 13

$$T = 0.295286Kg.m^2 * 2.618$$

$$T = 0.7731 Nm$$

Potencia del motor

Donde:

P= Potencia [Watt]

T= Torque [Nm]

ω = velocidad angular [rad/s]

$$P = T \cdot \omega$$

Ecuación 14

$$P = 0.7731 \text{ Nm} * 60\pi$$




$$P = 145.7259 \text{ Watt}$$

$$P = 0.1954 \text{ Hp}$$

Es importante considerar que los motores para este tipo de sistemas deberán ser robustos, y aptos para generar la vibración que requiere el sistema, es por eso que en esta ocasión se debe analizar que el motor escogido cumpla con los requisitos de torque y potencia solicitados. En la **Tabla 5** se realiza un balance de estas tres opciones calificándolas con un valor de +1, 0 y -1. Esta opción de selección se considera debido a la disposición con la que se puede filtrar las particularidades de los diferentes dispositivos acorde a las necesidades de trabajo de acuerdo al estado de los agricultores o usuarios.

Debido a la evaluación realizada, se puede deducir que la mejor opción sería el Motor de ¼ HP con 1750 RPM de marca Weg, además, es importante considerar que este motor funcionará a 110 V, lo que permitirá un uso a nivel general sin complicaciones para el usuario, siendo esto muy útil debido a que, si la máquina se traslada al campo, no disponen del servicio de 220V.

Tabla 5*Selección de motores de la tamizadora.*

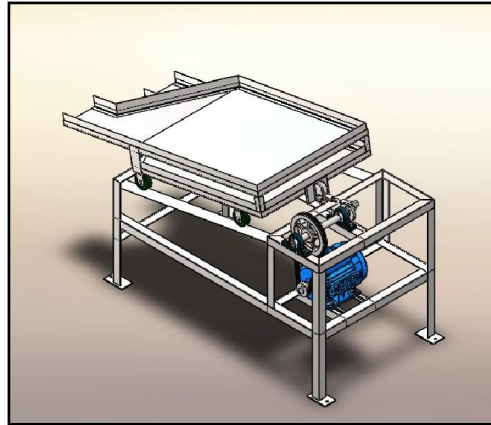
<u>Criterio</u> <u>de</u> <u>selección</u>	<u>Motor ¼ hp</u> <u>1750 rpm</u> 	<u>Motor 1 hp</u> <u>1755 RPM</u> 	<u>Motor 2 hp</u> <u>1755 RPM</u> 
Bajo costo	+1	0	-1
Durabilidad	+1	+1	+1
Precisión	0	0	+1
Peso bajo	0	0	-1
Alto torque	+1	+1	+1
Encoder	0	0	0
Disponibilidad de drivers	+1	+1	+1

Nota. Se indica la comparativa entre los motores más utilizados en el mercado para el desarrollo del prototipo indicado.

Simulación del tema propuesto

Figura 20

Simulación de la tamizadora por medio del Software Solidworks



Nota. Simulación de la tamizadora de granos con ayuda del software Solidworks.

Se adjunta el link de la respectiva simulación del tema propuesto para beneficio de los lectores para un mejor entender.

https://drive.google.com/file/d/1tw7qT2zellWEFA3VqwXIIvX1sHOd8I-O/view?usp=drive_link

Implementación del tema propuesto

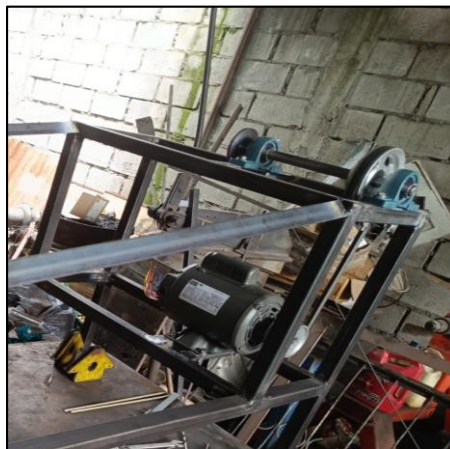
Estudio de dimensionamiento del mecanismo

Es importante considerar que para que este mecanismo funcione, se tiene que aplicar un criterio de análisis de vibraciones, en la que al utilizar un motor de $\frac{1}{4}$ HP con 1750 RPM, ayudará de una manera muy importante, sin embargo, el diseño está considerado para que el movimiento giratorio que se genere, sea por una masa excéntrica desplazada del centro de rotación del motor, ayudando a que genere el movimiento deseado en la interacción de la separación de los granos.

En la **Figura 21**, se puede identificar como se transmite el movimiento desde el motor hacia todo el mecanismo, donde el mecanismo genera una transmisión de movimiento a través de una banda, la misma que conecta con un cojinete por medio de una polea, donde se aplicará este movimiento excéntrico.

Figura 21

Implementación del mecanismo vibratorio



Nota. Análisis del posicionamiento de bandas y poleas para un mejor desarrollo vibratorio de la máquina a desarrollar.

El sistema integrado generará movimientos elípticos en la bandeja inclinada de

desplazamiento, que permite separar los diferentes granos a seleccionar y el transporte para su selección.

Para establecer las velocidades y aceleraciones de un procedimiento biela – manivela, ésta será explícita de la siguiente forma, con una referencia de cada una de las ecuaciones a manejar:

Para comenzar el análisis es necesario conocer el desplazamiento de la bandeja seleccionadora, a través de la Ecuación 15.

$$X_{av} = l \frac{r_{exc}^2}{4l} + r_{exc} \left(\cos(\omega_{eje1} * t) + \frac{r_{exc}}{4l} \cos(2\omega_{eje1} * t) \right) \quad \text{Ecuación 15}$$

Posteriormente, se designa la ecuación acorde a la velocidad de la bandeja seleccionadora, según indica la Ecuación 16.

$$V_{av} = -r_{exc} * \omega_{eje1} \left(\sin(\omega_{eje1} * t) + \frac{r_{exc}}{2l} \sin(2\omega_{eje1} * t) \right) \quad \text{Ecuación 16}$$

Y por último se indica aquella aceleración de la bandeja seleccionadora que se utilizará como se indica en la Ecuación 17.

$$a_{av} = -r_{exc} * \alpha_{eje1} \left(\sin(\omega_{eje1} t) + \frac{r_{exc}}{2l} \sin(2\omega_{eje1} t) \right) - r_{exc} * \omega_{eje1}^2 \left(\cos(\omega_{eje1} t) + \frac{r_{exc}}{l} \cos(2\omega_{eje1} t) \right) \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

- r_{exc} : Radio excéntrico (m)
- ω_{eje1} : Velocidad angular del eje (rpm)
- L : Longitud de manivela
- t : Tiempo

La aceleración de deslizamiento negativo y positivo en la pendiente de la bandeja se calculará con las sucesivas ecuaciones, considerando la aceleración de la bandeja seleccionadora – desplazamiento positivo.

$$a_{avS} = \frac{g}{\frac{\cos \alpha_B}{U_E} - \sin \alpha_B}$$

Ecuación 18

Por otro lado, para la cuestión de aceleración de la bandeja seleccionadora – desplazamiento negativo.

$$a_{avB} = \frac{g}{\frac{\cos \alpha_B}{U_C} - \sin \alpha_B}$$

Ecuación 19

Donde se indica que, para haber un correcto trabajo del sistema, se debe cumplir lo siguiente:

$$a_{avB} < a_{av} < a_{avS}$$

- Resolución de funcionamiento con tiempo estimado de 1 minuto

$$a_{avS} = \frac{g}{\frac{\cos \alpha_B}{U_E} - \sin \alpha_B}$$

$$a_{avS} = \frac{9.8}{\frac{\cos(2.618)}{2} - \sin(2.618)}$$

$$\underline{a_{avS} = 21.595354}$$

$$a_{avB} = \frac{g}{\frac{\cos \alpha_B}{U_C} - \sin \alpha_B}$$

$$a_{avB} = \frac{9.8}{\frac{\cos(2.618)}{1} - \sin(2.618)}$$

$$\underline{a_{avB} = 10.280}$$

$$a_{av} = -r_{exc} * \alpha_{eje1} \left(\sin(w_{eje1}t) + \frac{r_{exc}}{2l} \sin(2w_{eje1}t) \right) \\ - r_{exc} * \omega_{eje1}^2 \left(\cos(w_{eje1}t) + \frac{r_{exc}}{l} \cos(2w_{eje1}t) \right)$$

$$a_{av} = -0.03 * 2.618 \left(\sin(25 * 1) + \frac{0.03}{2 * 0.09} \sin(2 * 25 * 1) \right) \\ - 0.03 * 25^2 \left(\cos(25 * 1) + \frac{0.03}{0.09} \cos(2 * 25 * 1) \right)$$

$$\underline{a_{av} = 20.972}$$

$$\underline{10.280 < 20.972 < 21.595}$$

Desarrollo del prototipo

Al momento de realizar la construcción y desarrollo del prototipo, se consideró los materiales necesarios a utilizar, es por esta razón que se tuvo que utilizar recursos de una mecánica con servicios de solda en la ciudad de Latacunga para poder tener todos los materiales a implementar al alcance del usuario y poder avanzar sin trabas.

Para empezar, se requiere de una preparación de los tubos a utilizar previo el análisis realizado en la **Tabla 2**, donde se eligió al acero como material a trabajar y dentro de él una tubería cuadrada, para lo que es necesario seguir un orden para este procedimiento, como se indica a continuación:

1. Se debe determinar la longitud y el diámetro necesarios para cada tubo según las especificaciones del diseño.
2. Utilizar herramientas de corte como sierras de corte, para cortar los tubos a la longitud correcta, es importante indicar que se debe tener precaución además de utilizar el EPP

(Equipo de protección personal) con la finalidad de evitar incidentes en el desarrollo de la construcción del prototipo.

Una vez que los tubos están cortados, se preparan las piezas para la soldadura. Esto implica limpiar y desengrasar los extremos de los tubos, y preparar las superficies para que estén limpias y libres de impurezas.

Posteriormente, como se observa en la **Figura 22**, se aplica el proceso de soldadura, que puede ser MIG, TIG o soldadura por arco eléctrico; es importante considerar que para aplicar este tipo de suelda depende mucho de los implementos que tenga el taller, y la experiencia del operador que realizará este procedimiento; en este caso se usó soldadura tipo MIG, debido a que, gracias a los talleres inducidos en la universidad, se perfeccionó más esta técnica.

Figura 22

Soldadura MIG de los tubos



Nota. Suelda de los tubos con el tipo de soldadura MIG, se muestra el primer perfil que sostendrá la estructura.

Una vez realizado el proceso de soldadura y verificado que todos los puntos estén bien soldados, se considera que la estructura va a estar sometida a vibraciones y puede generar un

fallo en su funcionamiento, se lleva a cabo un proceso de acabado para preparar la estructura.

Esto puede incluir la limpieza de las soldaduras, el pulido de las superficies y la aplicación de un recubrimiento protector para prevenir la oxidación y la corrosión; además servirá como un agregado para que estéticamente el prototipo se vea más agradable y llame la atención al consumidor que requiera de este tipo de prototipo; en la **Figura 23**, se muestra la estructura ya soldada en su totalidad, lista para la preparación.

Figura 23

Estructura soldada y preparada para pulir



Nota. Se observa la estructura ya armada, verificada que todos los puntos de suelda estén reforzados para evitar inconvenientes futuros.

Finalmente, se realizan las pruebas de calidad y se verifica que la estructura de tubo de acero soldada cumpla con las especificaciones de diseño y los estándares de seguridad. Si todo está en orden, la estructura se considera apta para su uso.

Pruebas de funcionamiento

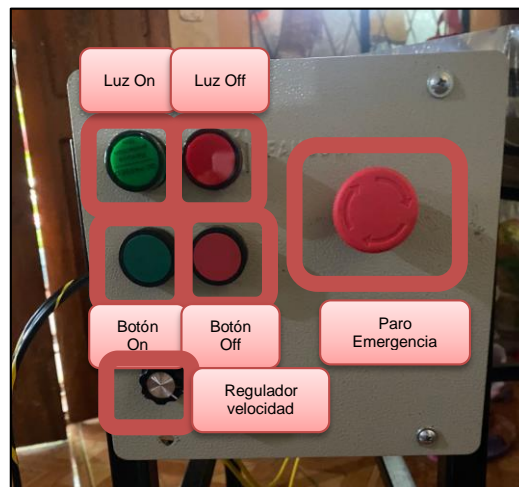
Para poder corroborar el desarrollo y funcionamiento del prototipo, es necesario indicar y textualizar el funcionamiento a partir de su encendido hasta la clasificación de los granos, para lo que se procederá con una breve explicación del proceso de funcionamiento.

Como primer punto se debe considerar que el prototipo desarrollado consta de los siguientes componentes en su tablero de control para un funcionamiento más seguro y confiable, como se observa en la **Figura 24**:

- Luz tipo: Indicador de encendido.
- Luz tipo: Indicador de apagado.
- Botón tipo: Encendido del prototipo.
- Botón tipo: Apagado del prototipo
- Botón tipo: Paro de emergencia.
- Regulador de velocidad del motor.

Figura 24

Botones del tablero de control



Nota. Distribución de los botones en el tablero de control.

Posteriormente corresponde la conexión del prototipo a un suministro eléctrico que esté dimensionado para 110 V, adicionalmente, se requiere que el operador tenga en consideración que el prototipo debe estar completamente fijado a la superficie plana para evitar deslizamientos y posibles incidentes con la potencia que maneja este motor.

En la **Figura 25**, se observa como el operador se posiciona junto al prototipo para poder verificar la posición y estabilidad del prototipo; una vez que se haya comprobado que este bien sujeto se procede a encender el prototipo con el botón de accionamiento verde, colocado en la parte superior izquierda del tablero de control, es importante conocer el funcionamiento de estos botones debido a que si existe algún percance se podrá poner en pausa el funcionamiento, o simplemente apagar el prototipo por seguridad.

Las luces indicadoras, servirán de guía para que los usuarios distingan en que posición se encuentra el prototipo desde distancias no tan cercanas al mismo.

Figura 25

Verificación de posicionamiento del prototipo



Nota. El operador debe verificar el posicionamiento del prototipo para evitar lesiones posteriores.

Al estar el motor en marcha se encuentra un regulador de velocidad, como se observa en la **Figura 26**, el mismo que servirá de ayuda para poder realizar una clasificación más rápida

de los granos, sin embargo, es necesario considerar que a mayor velocidad se tenga, puede existir fallos en el sistema debido a que el motor de $\frac{1}{4}$ Hp generaría demasiada fuerza y provocaría que además de la clasificación, las bases del prototipo se puedan estropear a lo largo del tiempo.

Figura 26

Regulador de velocidad del motor



Nota. El usuario tiene la opción de regular la velocidad del motor, según sea conveniente para la aplicación a realizar.

Se requiere comprobar que todos los componentes del prototipo estén alineados correctamente, es por esta razón que debajo de las bandejas se encuentran distribuidos unos resortes que servirán para controlar las vibraciones de las mismas, estos resortes deben ser verificados por el usuario, que aún mantengan los niveles de resistencia con los que se estableció el diseño original, además, se debe verificar que la riel que sirve de guía para el movimiento de las bandejas, se encuentre alineado y permita un correcto deslizamiento, como se observa en la **Figura 27**.

Figura 27

Revisión de resortes y riel guía de las bandejas



Nota. Se debe verificar antes de cada proceso, la ubicación de los rieles guías para el movimiento de la bandeja y revisión de los resortes.

Cuando el prototipo haya sido probado su arranque, su movilidad y resistencia del resorte, se debe colocar los diferentes granos a clasificar, es importante considerar que el prototipo está diseñado para clasificar granos de diferentes medidas, por lo que el prototipo clasificará en dos tamaños de manera general como se observa en la **Figura 28**.

Figura 28

Colocación de los granos a clasificar



Nota. Se podrá clasificar en dos tamaños diferentes con una tolerancia mínima para la bandeja inferior del prototipo.

Al verificar que todo el funcionamiento del prototipo este en lo correcto, se procede a cargar consecutivamente los granos a clasificar para su posterior separación, donde, como se indicó previamente se harán dos selecciones, los granos más pequeños pasaran a través de la malla a la bandeja inferior, mientras que los granos de mayor tamaño se mantendrán en la bandeja superior, lo que producirá que por medio de la vibración generada por el motor desciendan hacia los contenedores establecidos para su clasificación, como se observa en la **Figura 29** y en la **Figura 30**.

Figura 29

Clasificación de los granos y verificación del operador



Nota. Se realiza la clasificación de los granos en general y se divide en dos tamaños, que se ordenan en las bandejas correspondientes.

Figura 30

Separación de los granos clasificados



Nota. Se coloca dos recipientes en la cavidad de cada bandeja para que el prototipo seleccione los granos clasificados.

En ocasiones, existen problemas mecánicos debido a muchos factores, entre los cuales pueden ocasionar algún problema o falla en el sistema, razón por la cual se desarrolló el paro de emergencia, como se observa en la **Figura 31**, el mismo que ayudará a parar bruscamente el sistema en cualquier parte de su operación si llegará a existir algún desperfecto durante el proceso de clasificación de granos.

Figura 31

Implementación del paro de emergencia



Nota. Actuación del paro de emergencia en el caso de que existiera algún fallo que requiera detener el proceso de manera inmediata.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

La implementación del tamizador de granos incidió positivamente en la automatización del proceso de selección de granos, porque en él se definió los requisitos del proceso en base a las necesidades detectadas o requeridas por los agricultores.

El tamizador de granos cuenta con un sistema de control con pulsadores y luces guía, sin embargo, se tomó en cuenta como medida preventiva la implementación de un paro de emergencia en caso de contar con algún fallo o desperfecto al operar la máquina.

El diseño del tamizador de granos permite el tamizado no solo del grano estudiado (maíz), sino de cualquier otro grano que se encuentre dentro del rango de la malla, lo cual representa un beneficio para que sea aceptado y producido a nivel nacional.

Se colocó un dimmer de velocidad para el desplazamiento de las bandejas seleccionadoras obteniendo un mejor control y mayor precisión en el tamizado de los granos de acuerdo a la cantidad proporcionada.

Recomendaciones

Para controlar el riego de granos en el proceso de tamizado, la maquina debe estar empotrada al piso, conjuntamente se implementó tapas con guías en ambas bandejas seleccionadoras del prototipo.

Considerar el uso de acero tipo Inox de grado alimenticio para la implementación de la bandeja tamizadora, con la finalidad de que no tenga inconvenientes al momento de realizar la clasificación con los granos tratados, sea cual fuere el caso.

Tomar en cuenta que, como medidas preventivas, la máquina requiere de un mantenimiento previo al uso sea por seguridad o por limpieza para disponer de una máquina con mayor vida útil.

Mantener a la máquina dentro de un área con cubierta para evitar que el ambiente (lluvia, humedad, sol, etc.) proporcione un desperfecto dentro del área eléctrica de la máquina.

Bibliografía

- Alsimet. (15 de 06 de 2020). *7 DIFERENCIAS ENTRE EL ALUMINIO Y EL ACERO INOXIDABLE*. Obtenido de <http://www.alsimet.es/es/noticias/7-diferencias-entre-el-aluminio-y-el-acero-inoxidable#:~:text=El%20acero%20es%20sin%20duda,más%20ligero%20que%20el%20acero.>
- Atlantis. (15 de 12 de 2019). *Malla verde pesquera*. Obtenido de <https://atlantis.ec/product/malla-verde/#:~:text=Usos%3A%20para%20elaboración%20de%20comederos,mallas%20para%20camaroneras%2C%20sector%20pesquero.>
- CEPAL, FAO, & IICA. (2021). *Perspectivas de la Agricultura y del Desarrollo Rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2021-2022*. San José: IICA. Obtenido de <https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
- Cisa-Technologies. (23 de 06 de 2022). *CISA Sieving Technologies*. Obtenido de <https://www.cisa.net/principios-tamizado/>
- Construmática. (25 de 02 de 2019). *Cuadro Comparativo Acero-Aluminio*. Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Cuadro_Comparativo_Acero-Aluminio
- Cookinox. (25 de 11 de 2019). *Acero inoxidable de grado alimenticio*. Obtenido de <https://www.cookinox.com/que-es-el-acero-inoxidable-grado-alimenticio/>
- Dilco S.A. (15 de 06 de 2022). *Poleas*. Obtenido de <https://www.dilco.com.mx/poleas>
- Ecofricalia. (25 de 07 de 2018). *Tamiz vibratorio VBR300*. Obtenido de <https://peletizadoras.net/catalogo/equipos-industriales/tamiz-limpiador-pelet/>
- Espinosa, E., & Varela, F. (07 de 2019). *REDISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TAMIZADORA DE GRANOS DE CAFÉ PARA LA PLANTA DE EMPAQUETADO DE LA ASOCIACIÓN RÍO INTAG*. Obtenido de

- <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17596/1/UPS%20-%20ST004175.pdf>
- G.M.B. (06 de 11 de 2022). *Banda de Accesorios – Tipos y Fallas*. Obtenido de <https://gmb.net/es/banda-de-accesorios-tipos-y-fallas/#:~:text=La%20banda%20de%20accesorios%20es,mientras%20el%20motor%20este%20encendido.>
- Gaofu. (12 de 11 de 2020). *Tamiz centrífugo WSA*. Obtenido de <https://es.gaofu.com/product/tamiz-centrifugo/>
- Merlin, L. (23 de 05 de 2022). *Polea*. Obtenido de <https://www.leroymerlin.es/bricopedia/polea#:~:text=Sirve%20para%20transmitir%20una%20fuerza,más%20sencillo%20mover%20ese%20objeto.>
- QUIMICA.ES. (05 de Enero de 2023). *QUIMICA.ES*. Obtenido de QUIMICA.ES: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Granulometr%C3%ADa.html>
- Química.es. (05 de Enero de 2023). *QUIMICA.ES*. Obtenido de QUIMICA.ES: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Granulometr%C3%ADa.html>
- Refracciones Industriales. (15 de 10 de 2022). *Chumaceras (Rodamientos Montados)*. Obtenido de <https://brr.mx/chumaceras/#:~:text=Las%20chumaceras%20son%20rodamientos%20montados,paralela%20al%20eje%20del%20árbol.>
- Salazar, L. (2014). *“Implementación de una tamizadora vibratoria para arenas de moldeo en el taller de fundición de la facultad de mecánica de la escuela superior politécnica de chimborazo”*. Robamba: Espoch. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3664/1/85T00305.pdf>
- Teoría del Tamizado*. (s.f.).
- Unesum. (2022). *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ETNOBOTÁNICA DEL MAÍZ CRIOLLO*. Obtenido de *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ETNOBOTÁNICA DEL MAÍZ CRIOLLO*: file:///D:/user/Descargas/631-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1922-

2-10-20220127.pdf

UNESUM. (2022). *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ETNOBOTÁNICA DEL MAÍZ*

CRIOLLO. Obtenido de *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ETNOBOTÁNICA DEL*

MAÍZ CRIOLLO: file:///D:/user/Descargas/631-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1922-

2-10-20220127.pdf

Vibrafrance. (27 de Junio de 2023). *Vibración eléctrica*. Obtenido de *Vibración eléctrica*:

<https://www.vibrafrance.fr/es/12-vibracion-electrica>

ANEXOS