



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de un horno de secado de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola.

Sánchez Sánchez, Dennis Alexander

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.

16 de febrero del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



SÁNCHEZ SÁNCHEZ DENNIS ALEXANDER_ REVISIÓN PROYECTO TÉCNICO

2%
Similitudes

1% Texto entre comillas
8% similitudes entre comillas
< 1% idioma no reconocido

Nombre del documento: SÁNCHEZ SÁNCHEZ DENNIS
ALEXANDER_ REVISIÓN PROYECTO TÉCNICO.pdf
ID del documento: 691477bf6e2e1ca57527d5e694674c7a75cca4a1
Tamaño del documento original: 1,63 Mb

Depositante: JAVIER FERNANDO CULQUI TIPAN
Fecha de depósito: 7/2/2023
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 7/2/2023

Número de palabras: 12.220
Número de caracteres: 78.867

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utn.edu.ec Secador de harinas para harinas aritméticas utilizado a la... http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5516/04/MEC_126_TRABAJO_DE_GRADO.pdf.txt 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (59 palabras)
2	repositorio.utn.edu.ec Secadores En La Industria De Alimentos - 10.3391/revista... https://docs.cjib/documentos/secadores-en-la-industria-de-alimentos-5c9f5de26cc054?text=Secado...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (50 palabras)
3	degrecolmexico.com Secado de Granos - Degradó México http://degrecolmexico.com/almacenamiento-y-conservacion/almacenamiento/secado-de-granos/	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (48 palabras)
4	Documento de otro usuario #9c89d El documento proviene de otro grupo 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (41 palabras)
5	repositorio.espe.edu.ec Diseño y construcción de un horno de tipo poliédrico incl... http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/30582/4/4-ESPE-EHT-0133.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (44 palabras)

Fuente con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.espe.edu.ec Implementación de una máquina automática de amasado ... http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/30582/4/4-ESPE-EHT-0133.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (10 palabras)



Firma digitalizada por
JAVIER FERNANDO
CULQUI TIPAN

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 horno de secado de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola."** Fue realizado por el señor **Sánchez Sánchez, Dennis Alexander**, 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 analizado 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, 16/02/2023



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

C. C.: 0503006454



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Yo **Sánchez Sánchez, Dennis Alexander**, con cédula de ciudadanía n° 1754791984, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Implementación de un horno de secado 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, 16/02/2023

Sánchez Sánchez, Dennis Alexander

C.C.: 1754791984



Departamento de Eléctrica y electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Autorización de Publicación

Yo **Sánchez Sánchez, Dennis Alexander**, con cédula de ciudadanía n° 1754791984, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Implementación de un horno de secado 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 responsabilidad.

Latacunga, 16/02/2023

.....
Sánchez Sánchez, Dennis Alexander

C.C.: 1754791984

Dedicatoria

El presente proyecto deseo dedicar primeramente a Dios que me ha dado la oportunidad, voluntad y la fuerza para lograr concluir con esta meta propuesta. A mis padres que gracias a su esfuerzo y trabajo hicieron que esto sea posible. En especial a mi madre Margarita quien con todo su amor y cariño me ha brindado sus sabios consejos lo que me ha enseñado a ser una persona de bien, gracias a ello hoy me encuentro a unos pasos de conseguir una meta más en mi vida. A mi padre Juan que me ha enseñado a ser fuerte para enfrentar los obstáculos que se crucen en mi vida brindándome sus mejores bendiciones.

A mi hermano Anthony que ha sido un pilar muy importante en mi vida contagiándome su luz que me motiva a mejorar cada día, apoyándome emocionalmente para no rendirme y ser el ejemplo para que el también cumplan sus sueños.

A mí querida familia quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional en cada instante de mi carrera, dándome ánimos para continuar con dedicación y empeño.

Sánchez Sánchez, Dennis Alexander

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme salud y vida para conseguir culminar esta carrera profesional con éxito.

También agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por haberme permitido estudiar mi carrera poniendo a disposición a sus mejores docentes que me brindaron sus conocimientos con vocación y paciencia impulsándome a ser un buen profesional en esta carrera.

A mí querida familia por ser el pilar fundamental en el desarrollo de mi vida y motivarme en cada momento de este largo y arduo proceso, pero no imposible de conseguirlo.

Sánchez Sánchez, Dennis Alexander

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoria.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido.....	8
Índice de figuras.....	14
Índice de tablas.....	18
Índice de ecuaciones.....	19
Resumen.....	20
Abstract.....	21
Capítulo I: Literatura técnica especializada.....	22
Introducción.....	22
Antecedentes.....	23
Planteamiento del problema.....	24
Justificación.....	25
Objetivos.....	26
<i>Objetivo general</i>	26
<i>Objetivos específicos</i>	26

Alcance	27
Marco teórico	28
El secado	28
Secado de granos.....	28
Horno de secado de granos	29
Descripción del grano a secar “Maíz”	31
Estructura del maíz	31
Secado del maíz	32
Tipos de secado	33
<i>Secado natural</i>	33
<i>Secado artificial</i>	34
Clasificación de Secadores artificiales.....	34
Secadores directos o adiabáticos.....	34
<i>Secadores de cabina</i>	34
<i>Secador de torre o bandeja giratoria</i>	35
<i>Secadores de cascada</i>	36
<i>Secadores rotatorios</i>	37
<i>Aplicaciones de los secadores adiabáticos</i>	37
Secadores indirectos o no adiabáticos	38
<i>Secadores de bandejas al vacío</i>	38
<i>Secadores dieléctricos</i>	39

<i>Secadores infrarrojos</i>	39
<i>Aplicaciones de los secadores no adiabáticos</i>	40
Selección de componentes de un horno de secado de granos.	40
<i>Motor de 1 HP</i>	41
<i>Caja reductora NM50 sinfín corona</i>	41
<i>Variador de frecuencia</i>	42
<i>Controlador de temperatura</i>	43
<i>Contactor</i>	44
<i>Plancha de acero inoxidable</i>	44
<i>Blower</i>	45
<i>Chumacera de cara plana</i>	45
<i>Resistencia eléctrica industrial</i>	46
<i>Selector de dos posiciones</i>	47
<i>Paro de emergencia</i>	47
<i>Potenciómetro analógico</i>	48
<i>Breaker bipolar “Interruptor termomagnético”</i>	49
<i>Gabinete Eléctrico</i>	49
<i>Canaleta dentada o ranurada</i>	50
<i>Conductores eléctricos</i>	50
<i>Eje de acero Inoxidable</i>	51
Selección de elementos eléctricos electrónicos y mecánicos a utilizar.	52

Capítulo II: Diseño de los componentes del horno de secado de granos	53
Software de simulación “Solid Works”	53
<i>Diseño general del horno de secado de granos.</i>	53
Diseño de los componentes del horno.	54
<i>Gabinete eléctrico.</i>	55
<i>Estructura del horno.</i>	55
<i>Base central del horno.</i>	56
<i>Tapa para salida de los granos del horno.</i>	56
<i>Base para el blower.</i>	57
<i>Chumacera de cara plana.</i>	57
<i>Caja reductora.</i>	58
<i>Resistencia eléctrica industrial.</i>	58
<i>Ruedas.</i>	59
<i>Eje para la mezcla de los granos.</i>	59
<i>Motor.</i>	60
<i>Vista explosionada</i>	60
Selección elementos eléctricos electrónicos y mecánicos para el control del horno de secado de granos.....	62
Elementos Eléctricos.	62
<i>Motor de 1 HP.</i>	62
<i>Blower.</i>	64
<i>Breaker “Interruptor termomagnético”.</i>	65

<i>Resistencia Eléctrica industrial</i>	67
<i>Paro de emergencia</i>	68
<i>Conductores eléctricos</i>	69
<i>Gabinete Eléctrico</i>	72
Elementos Electrónicos	73
<i>Variador de frecuencia</i>	73
<i>Programación del variador de frecuencia</i>	76
<i>Controlador de temperatura “Full Gauge”</i>	78
<i>Programación del controlador de temperatura</i>	80
Elementos Mecánicos	80
<i>Caja reductora NMS0 sinfín corona</i>	80
<i>Chumacera de cara plana</i>	81
<i>Selector de dos posiciones</i>	82
<i>Plancha de acero inoxidable</i>	83
<i>Eje de acero inoxidable 1pulgada</i>	84
<i>Ruedas</i>	85
<i>Canaleta dentada o ranurada</i>	85
Simulación del tema propuesto	86
<i>Análisis Computacional</i>	86
Capítulo III: Implementación del horno de secado de granos propuesto	88
<i>Construcción de la Máquina</i>	88

<i>Funcionamiento del horno de secado de granos.</i>	94
<i>Manual de encendido del horno de secado de granos.</i>	95
Resultados obtenidos del horno de secado de granos.	98
Mantenimiento del horno de secado de granos.	99
<i>Mantenimiento preventivo</i>	99
<i>Mantenimiento correctivo.</i>	100
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones	101
Conclusiones.....	101
Recomendaciones.....	102
Bibliografía	103
Anexos.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Secado de alimentos</i>	28
Figura 2 <i>Estructura de un horno de secado de granos</i>	30
Figura 3 <i>Estructura del maíz</i>	32
Figura 4 <i>Planta de maíz</i>	33
Figura 5 <i>Patio de secado natural</i>	33
Figura 6 <i>Secado artificial con máquinas</i>	34
Figura 7 <i>Secador de cabina</i>	35
Figura 8 <i>Secador Rotatorio</i>	36
Figura 9 <i>Secador de cascada</i>	36
Figura 10 <i>Secador de Tipo rotatorio</i>	37
Figura 11 <i>Secador de bandejas al vacío</i>	39
Figura 12 <i>Motor Trifásico 1Hp</i>	41
Figura 13 <i>Caja reductora NM50 sinfín corona</i>	42
Figura 14 <i>Variador de frecuencia</i>	43
Figura 15 <i>Controlador de temperatura</i>	43
Figura 16 <i>Contactor</i>	44
Figura 17 <i>Plancha de acero inoxidable</i>	44
Figura 18 <i>Blower</i>	45
Figura 19 <i>Chumacera de cara plana</i>	46
Figura 20 <i>Resistencia industrial</i>	46
Figura 21 <i>Selector de 2 posiciones</i>	38
Figura 22 <i>Paro de emergencia</i>	48
Figura 23 <i>Potenciómetro</i>	48
Figura 24 <i>Breaker bipolar</i>	49

Figura 25 Gabinete eléctrico	49
Figura 26 Canaleta dentada.....	50
Figura 27 Conductores eléctricos.....	51
Figura 28 Eje de acero Inoxidable.....	43
Figura 29 Vista general del horno de secado de granos.....	53
Figura 30 Vista general interna del horno de secado de granos.....	54
Figura 31 Diseño del Gabinete eléctrico.....	55
Figura 32 Diseño de la Estructura del horno	55
Figura 33 Diseño de la Base central del horno.....	56
Figura 34 Diseño de la Tapa de salida para los granos del horno.....	56
Figura 35 Diseño de la Base para el blower.....	57
Figura 36 Diseño de la Chumacera de cara plana.....	57
Figura 37 Diseño de la Caja reductora	58
Figura 38 Diseño de la resistencia eléctrica industrial.....	58
Figura 39 Diseño de las ruedas.....	59
Figura 40 Diseño del Eje.....	59
Figura 41 Nomenclatura del horno	60
Figura 42 Despiece del horno de secado de granos.....	61
Figura 43 Catálogo comercial- Mercado Latino Americano	64
Figura 44 Características de los Interruptores Termomagnéticos Bipolares	66
Figura 45 Interruptor termomagnético Bipolar	66
Figura 46 Resistencia Eléctrica industrial.....	67
Figura 47 Paro de emergencia	69
Figura 48 Datos de placa del motor WEG de 1 Hp.....	69
Figura 49 Datos de los conductores.....	71
Figura 50 Conductores.....	71

Figura 51 <i>Conductor eléctrico 10 AWG</i>	72
Figura 52 <i>Gabinete Eléctrico</i>	73
Figura 53 <i>Variador de frecuencia</i>	74
Figura 54 <i>Diagrama de cableado del variador de frecuencia</i>	75
Figura 55 <i>Diagrama de conexión para el potenciómetro</i>	76
Figura 56 <i>Diagrama de conexión para el selector</i>	77
Figura 57 <i>Diagrama de conexión del variador de frecuencia y el motor</i>	78
Figura 58 <i>Controlador de temperatura “Full Gauge”</i>	79
Figura 59 <i>Controlador de temperatura “Full Gauge”</i>	79
Figura 60 <i>Caja reductora sin fin corona</i>	81
Figura 61 <i>Chumacera de cara plana</i>	82
Figura 62 <i>Selectores 2 posiciones</i>	83
Figura 63 <i>Estructura del secador de granos de acero inoxidable</i>	84
Figura 64 <i>Tubo de acero inoxidable</i>	85
Figura 65 <i>Ruedas a usar</i>	85
Figura 66 <i>Canaleta dentada</i>	86
Figura 67 <i>Análisis estático</i>	87
Figura 68 <i>Estructura del horno de secado de granos</i>	88
Figura 69 <i>Estructura del horno de secado de granos</i>	88
Figura 70 <i>Instalación de la base central, resistencia, chumacera y eje para la mezcla del horno de secado de granos</i>	89
Figura 71 <i>Instalación de las ruedas</i>	90
Figura 72 <i>Instalación del motorreductor acoplado al eje para la mezcla</i>	91
Figura 73 <i>Instalación del Blower</i>	91
Figura 74 <i>Exterior del gabinete eléctrico</i>	93
Figura 75 <i>Interior del gabinete eléctrico</i>	94

Figura 76 <i>Ensamblado final del horno</i>	95
Figura 77 <i>Encendido del tablero</i>	96
Figura 78 <i>Mezcla de los granos</i>	97
Figura 79 <i>Compuerta para retirar los granos</i>	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Etapas poscosecha del maíz</i>	29
Tabla 2 <i>Elementos eléctricos electrónicos y mecánicos a utilizar</i>	52
Tabla 3 <i>Datos de la resistencia</i>	68
Tabla 4 <i>Datos del variador de frecuencia</i>	74
Tabla 5 <i>Elementos presentes en el gabinete eléctrico</i>	92
Tabla 6 <i>Análisis de secado</i>	99

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Cálculo del torque.</i>	62
Ecuación 2 <i>Cálculo de la Potencia</i>	63
Ecuación 3 <i>Cálculo de la Potencia del blower</i>	65
Ecuación 4 <i>Potencia trifásica</i>	70
Ecuación 5 <i>Cálculo de intensidad de corriente</i>	70
Ecuación 6 <i>Cálculo de la relación de velocidad</i>	81

Resumen

La agricultura en las zonas rurales es una de las principales fuentes de empleo para su población, siendo el maíz es uno de los cultivos más frecuentes de estos sectores. Una vez que se realiza la cosecha y clasificación de los granos estos requieren de un proceso de secado, que a menudo se realiza mediante métodos naturales dependiendo de los días soleados. Sin embargo, esto conlleva el riesgo de daño por la presencia de animales silvestres y puede tomar hasta 4 días para completarse. Por ese motivo, en el presente proyecto se ha desarrollado una maquina semiautomática mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos que permite la automatización del proceso ayudando a optimizar el tiempo de operación de secado apoyándose de un motor WEG de 1Hp con una caja reductora marca ARCOM con una relación de 1:15 que sustente la fuerza mecánica el mismo que es controlado mediante un variador de frecuencia asociado a un potenciómetro para aumentar o disminuir su velocidad de giro mientras que, para generar el calor necesario se ha implementado una resistencia eléctrica industrial en conjunto de un controlador de temperatura y un sensor que mantienen un calor constante según haya sido programado conservándolo durante todo el proceso. Todo el calor generado por la resistencia es distribuido hacia la cámara de secado mediante un blower, para realizar el control y encendido de todos los elementos se realiza desde un gabinete eléctrico el cual contiene los selectores, elementos de control, protección, etc. Este horno secador ha sido dimensionado para contener 10kg en su bandeja de secado y realizar un trabajo de 8horas continuas a una temperatura máxima de 60°C, ayudando así a los pequeños productores a simplificar sus tiempos de producción.

Palabras clave: Horno de secado, elementos eléctricos, elementos electrónicos, elementos mecánicos, producción agrícola.

Abstract

Agriculture in rural areas is one of the main sources of employment for its population, with corn being one of the most frequent crops in these sectors. Once the grains are harvested and classified, they require a drying process, which is often done using natural methods depending on sunny days. However, this carries the risk of damage from wildlife and can take up to 4 days to complete. For this reason, in this project a semi-automatic machine has been developed through the use of electrical, electronic and mechanical elements that allows the automation of the process, helping to optimize the drying operation time, supported by a 1Hp WEG motor with a gearbox. ARCOM brand with a ratio of 1:15 that supports the mechanical force, which is controlled by a frequency inverter associated with a potentiometer to increase or decrease its rotation speed while, to generate the necessary heat, an electrical resistance has been implemented set of a temperature controller and a sensor that maintain a constant heat as programmed, keeping it throughout the process. All the heat generated by the resistance is distributed to the drying chamber by means of a blower, to carry out the control and ignition of all the elements is carried out from an electrical cabinet which contains the selectors, control elements, protection, etc. This drying oven has been sized to contain 10kg in its drying tray and work for 8 continuous hours at a maximum temperature of 60°C, thus helping small producers to simplify their production times.

Keywords: Drying oven, electrical elements, electronic elements, mechanical elements, agricultural production.

Capítulo I

Literatura técnica especializada

Introducción

Actualmente, existen dos tipos de procesos para secar granos: secado natural y secado artificial. El secado natural es una técnica antigua que se utiliza para conservar granos mediante la exposición al sol y a las condiciones climáticas. Sin embargo, este método tiene algunas desventajas, como la posibilidad de pérdida del producto debido a la presencia de animales y la necesidad de esperar unos 4 días a temperatura ambiente para que los alimentos estén completamente secos.

Por otro lado, el secado artificial se lleva a cabo mediante hornos industriales automáticos que eliminan la humedad de los granos para evitar el crecimiento de hongos y prolongar la vida útil del alimento. Estos hornos industriales están disponibles en el mercado en diferentes modelos y marcas, cuyos precios pueden ser bastante elevados. Esto significa que, para los microempresarios agricultores con bajos recursos económicos, es más económico utilizar el método de secado natural.

Sin embargo, los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de innovaciones en los hornos de secado que mejoran su rendimiento y permiten obtener productos de secado de mejor calidad. Con el fin de comparar diferentes modelos y encontrar el horno de secado artificial óptimo, se ha llevado a cabo un estudio de las características presente en los diferentes modelos disponibles, como los materiales utilizados, las dimensiones y los dispositivos especiales.

Antecedentes

El proceso de secado es el método más antiguo presente en la conservación de alimentos. En varias de las investigaciones realizadas anteriormente sus autores indican que, desde la era paleolítica hace 400.000 años, iniciaron los procesos de secado de alimentos usando la energía del sol y el viento. Se aprovecha estos factores los cuales ayudan a evaporar la humedad presente que genera deterioro en el alimento por la presencia de bacterias, levaduras y hongos que necesitan agua para desarrollarse.

Esta técnica de secado fue implementada por el ser humano al percatarse que los granos recolectados, que son previamente secados mediante métodos tradicionales de exposición al sol, pueden ser almacenados durante un mayor tiempo, puesto que al deshidratarse en su etapa de madurez se asegura una mejor calidad de los alimentos conservando sus nutrientes y brindando mayores aplicaciones a los granos secos como puede ser para utilizarlos en procesos de germinación de semillas o ser hidratados nuevamente conservando su sabor.

(Acuña, 2012) *Mejoramiento de los sistemas de secado para el sector agrícola*. Este proyecto concluye con la mejora un proceso de producción agrícola, mediante procesos industriales automatizados para obtener granos de calidad. Se optimiza el manejo del grano para estabilizar su humedad, evitando la pérdida de calidad debido a prácticas inadecuadas en la etapa poscosecha. Como resultado, se aumenta la producción y mejora la economía de los productores agrícolas.

(TACURI LEOPOLDO, 2010). *Diseño de una secadora Vertical intermitente*. Este proyecto concluyó con un enfoque en la agricultura puesto que es un importante sector económico para el Ecuador. Los resultados de este proyecto se basan en mejorar un sistema de secado para cereales, productos que son dos de los principales cultivos comerciales de nuestro país. Con ello se ha implementado una secadora que brinda un producto sano y de buena calidad a los consumidores. También se ha determinado que en la producción el secado

es fundamental para almacenar el producto, evitando la descomposición biológica y echando a perder gran parte de la cosecha.

Por lo tanto, investigaciones similares muestran las formas de conservación además de los elementos que se usara para la implementación del horno de secado de granos. A la vez que nos ayuda en la conservación de los alimentos mediante procesos realizados en sus distintas fases del productor destinados a garantizar la vida e higiene de los alimentos. Las diferentes fases por las que puede pasar un alimento son la producción, transporte, venta y consumo final o simplemente para la germinación de semillas.

Planteamiento del problema

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento.

El problema de secado aparece desde que el ser humano se encontró con la necesidad de utilizar una de las técnicas más antiguamente implementadas para el secado y conservación de alimentos. (Fito, 2023).

Cuando se almacena los alimentos especialmente los granos sin haber sido previamente secados estos entran en proceso de descomposición a causa de la humedad, generan hongos los cuales producen reacciones de deterioración del alimento, así la problemática del secado de granos se mantendría presente en la producción agrícola puesto que ocasionaría problemas de mayor magnitud al momento de almacenar o germinar semillas las cuales pueden ser introducidas nuevamente en los campos de agricultura o en la industria como productos alimenticios de primera necesidad haciendo uso de este tipo de secado en cualquier hora del día.

Para suplir los procesos tradicionales del secado de granos los cuales se realizaban a través de la energía del sol generando grandes inconvenientes al momento de secar los

alimentos a la intemperie debido a que se presentan cambios climáticos, o la presencia de aves o roedores que se alimenten del producto y puedan contaminar con enfermedades el alimento. Se pretende implementar este proyecto para optimizar con mayor efectividad del secado de granos como el maíz puesto que, en los sectores rurales son cosechados en grandes cantidades para lo cual este proyecto pretende ayudar a incrementar el tiempo de conservación y un apropiado almacenamiento.

Justificación

El bienestar de los sectores rurales dedicados a la agricultura en lo que refiere a producción agraria, radica en mejorar e incrementar sus procesos de oferta, sin embargo, por varios factores como el económico estos procesos siguen siendo tradicionales. En el caso del secado de granos los agricultores dependen de las condiciones climáticas, así como de la presencia de roedores y aves que no permiten que este proceso tenga los resultados esperados.

Con el paso de los años y los avances tecnológicos de hoy en día el secado de granos puede acelerar su proceso por métodos industriales como el uso de maquinaria y tecnología acorde a la necesidad, este es el caso de este proyecto que pretende brindar una alternativa al alcance económico para eliminar las necesidades de los pequeños productores de las zonas rurales.

El proyecto de un horno secador, busca mejorar los tiempos de producción y aumentar la oferta hacia el mercado, permitiendo a los pequeños productores ser más competitivos. A manera de ejemplo, el proceso de secado de un quintal de maíz mediante el método tradicional puede durar entre 4 y 5 días, sin embargo, con la propuesta de este horno secador, se espera suplir métodos tradicionales, además de disminuir significativamente esos tiempos, alcanzando una reducción del 80%. Además, de una inversión económica necesaria para la implementación del horno, que será recuperable en un plazo corto, lo que lo convierte en una

excelente opción para los productores interesados en mejorar sus procesos de producción y aumentar su competitividad en el mercado.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un horno de secado de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción agrícola.

Objetivos específicos

- Identificar literatura técnica especializada.
- Diseño de los componentes del horno.
- Implementación del horno propuesto.

Alcance

Esta implementación se realizará en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe sector Santa Rosa de Cusubamba, inicialmente se realizará la sección de materiales para el ensamblaje del horno de secado de granos el mismo que contará con la capacidad de 10 kg y un tiempo estimado de trabajo continuo de 6 a 8 horas en donde se dimensionará la fuerza del motor requerido.

La velocidad a la que deberá trabajar el horno de secado es de 1200 rpm, esta velocidad le permitirá realizar una mezcla adecuada de grano a las paletas de acero inoxidable. Bajo este parámetro se considera la utilización de un Motor de 220V, trifásico, 4 polos, para más adelante seleccionar una caja reductora. Adicional, se implementará un variador de frecuencia de entrada bifásica 220V que controlará la velocidad de funcionamiento de la máquina mediante un potenciómetro analógico.

También es necesario un gabinete metálico para servicio liviano con una protección IP41 mismo que servirá para contener todos los elementos eléctricos como: Breaker, mandos de control, selectores y paro de emergencia

La estructura del horno secador será de acero inoxidable grado alimenticio con un espesor de 1,2 mm. La base será enlantada para facilitar el transporte.

Todos estos procesos serán evaluados y analizados para evidenciar sus resultados, Para ello se pretende realizar la implementación de un horno de secado bajo el modelo de prototipo a través del uso del software SolidWorks para realizar el diseño de los componentes del horno.

Marco teórico

El secado

El secado es un proceso esencial en muchas industrias y puede ser utilizado para una variedad de propósitos. En la industria alimentaria, el secado se utiliza para preservar frutas, verduras, carnes y pescados, permitiendo que sean almacenados durante períodos prolongados de tiempo haciendo uso de diferentes técnicas cada una de estos tipos de secado tiene sus propias ventajas y desventajas y se selecciona dependiendo de la cantidad y producto a secar hasta llegar al objetivo final. (Castro, 2023).

Figura 1

Secado de alimentos.



Nota. La figura nos muestra el secado de alimentos. Tomado de (Corporan, Leudys Martin Melenciano, 2015).

Secado de granos

El secado de granos es un proceso en el que se reduce el contenido de humedad de los granos para aumentar su durabilidad y facilitar su almacenamiento y transporte. Se realiza generalmente después de la cosecha, mediante el uso de aire caliente y ventiladores para eliminar la humedad del grano. El secado adecuado es esencial para prevenir la pérdida de calidad y evitar la germinación de los granos. (Fao.org, 2021).

Teniendo en cuenta el grano a secar en este proyecto, para el caso del maíz, es necesario realizar un proceso el cual se divide en varias etapas:

En la Tabla 1 se puede observar las etapas a realizar una vez que se haya cosechado el maíz.

Tabla 1

Etapas Poscosecha del Maíz.

Etapas Poscosecha del Maíz	
Limpieza	Los granos se limpian para eliminar impurezas y residuos de hojas y ramas.
Pre-secado	El maíz se somete a un pre-secado mediante el uso de aire caliente y ventiladores para reducir su contenido de humedad a un nivel entre el 25% y el 30%.
Secado	El maíz se somete a un proceso de secado final mediante el uso de aire caliente y ventiladores hasta alcanzar un contenido de humedad de alrededor del 14%.
Almacenamiento	Una vez seco, el maíz se almacena en silos o en bolsas para su transporte y distribución.

Es importante mencionar que el secado del maíz se realiza a una temperatura adecuada entre 30 y 40 °C para evitar dañar los granos y se realiza de manera continua y monitoreando el proceso para asegurar una humedad adecuada para su almacenamiento.

Nota. La tabla 1 nos muestra las etapas poscosecha del maíz el secado de alimentos. Tomado de. (SIPA, 2023).

Horno de secado de granos

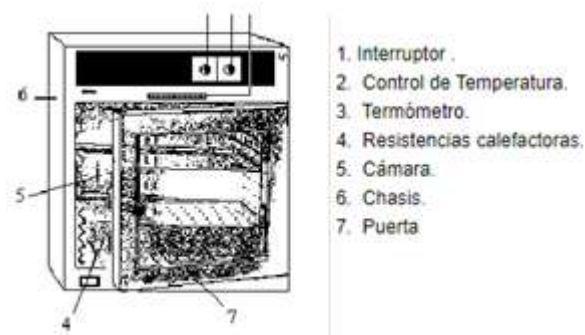
La secadora de granos es una herramienta importante en la agricultura que se utiliza para reducir el nivel de humedad de los granos cosechados a un nivel que permita su almacenamiento seguro. Consta de varias partes esenciales como:

- Cámara de secado: es la parte principal del horno donde se colocan los granos para ser secados.

- Sistema de calefacción: puede ser a gas, electricidad, o combustible. El sistema de calefacción es responsable de proporcionar el calor necesario para secar los granos.
- Ventilador: se utiliza para mover aire caliente a través de la cámara de secado.
- Sistema de control de humedad: este sistema mide la humedad de los granos y ajusta la temperatura y el flujo de aire en consecuencia para asegurar un secado uniforme.
- Entrada y salida de aire: estas aberturas permiten el ingreso y salida del aire caliente y humedad para mantener un flujo adecuado de aire en la cámara de secado.
- Sistema de descarga: permite sacar los granos secos una vez completado el proceso de secado.
- Controlador de temperatura: es responsable de medir la temperatura en el horno de secado y ajustarla de acuerdo al proceso de secado requerido. (Alanoca Colque, 2015).

Figura 2

Estructura de un horno de secado de granos.



Nota. La figura nos muestra la estructura de un horno de secado de granos. Tomado de (Equipos de laboratorio, 2012).

Descripción del grano a secar “Maíz”.

En el Ecuador, el maíz es uno de los cultivos más importantes y se cultiva en todo el territorio. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, en el 2019 la producción de maíz alcanzó 1.3 millones de toneladas.

Existen diferentes tipos de maíz que se cultivan en el Ecuador, entre ellos se encuentran:

- Maíz dulce: Es el tipo más comúnmente cultivado en el Ecuador y se utiliza principalmente para el consumo humano.
- Maíz forrajero: Es un tipo de maíz que se utiliza principalmente para alimentar a los animales.
- Maíz híbrido: Es una variedad de maíz que se obtiene a través del cruce entre dos variedades diferentes, y se caracteriza por su alta productividad y resistencia a enfermedades.
- El tiempo de crecimiento del maíz varía dependiendo de la variedad y de las condiciones climáticas, pero en promedio se tarda alrededor de 80-120 días desde la siembra hasta la cosecha. (Uriarte, 2023).

Estructura del maíz

La estructura del grano de maíz es característica de una semilla de la familia de las gramíneas. El grano de maíz consta de varios componentes, incluyendo:

- Pericarpio: Es la capa exterior del grano, es rígida y protectora, y está compuesta por tres capas: el tegumento, el endospermo y la aleurona.
- Endospermo: Es la capa interna del grano, es rica en almidón y proteínas, y es la parte comestible del grano.

- Embrión: Es la parte del grano que contiene las células que dan origen a la nueva planta. El embrión está compuesto por dos cotiledones (semillas) y un tallo embrionario.
- Perispermo: Es una capa de almidón y proteínas que rodea el embrión y está compuesta por el tegumento y el endospermo.

En resumen, el grano de maíz está compuesto por tres capas: el pericarpio, el endospermo y el embrión, cada uno de ellos tiene una función específica en la germinación y desarrollo de la planta. (PartesDel.com., 2019). En la figura 3 se puede observar la estructura de un grano de maíz.

Figura 3

Estructura del maíz.



Nota. La figura nos muestra la estructura de un grano de maíz. Tomado de (Fentress, 2022)

Secado del maíz

El secado de este cereal una vez cosechado se lo lleva a cabo mediante el uso de aire caliente entre 40 y 60 °C o aire frío y húmedo a 25°C. En ambos casos, el calor se transfiere desde el aire al grano, y la mayor parte de este calor se consume al evaporar la humedad de la superficie del grano. Este proceso es esencial para garantizar la durabilidad y el almacenamiento seguro del maíz. (Uriarte, 2023). En la figura 4 se puede observar una planta de maíz.

Figura 4

Planta de maíz.



Nota. La figura nos muestra una planta de maíz. Tomado de (Ramos, 1883).

Tipos de secado***Secado natural***

El secado es un proceso que se lleva a cabo después de la cosecha en patios de secado o en secadores simples que aprovechan la energía del viento, la temperatura ambiental y la energía solar. El objetivo es eliminar la humedad del producto mediante la evaporación. Se realiza en áreas especialmente preparadas como patios o terrazas. Sin embargo, estos lugares están expuestos a diversos factores que pueden dañar el producto, por lo que es importante tomar medidas para minimizar el riesgo. (Isabel, 2014). En la figura 5 se puede observar el secado de granos de manera natural.

Figura 5

Patio de secado natural.



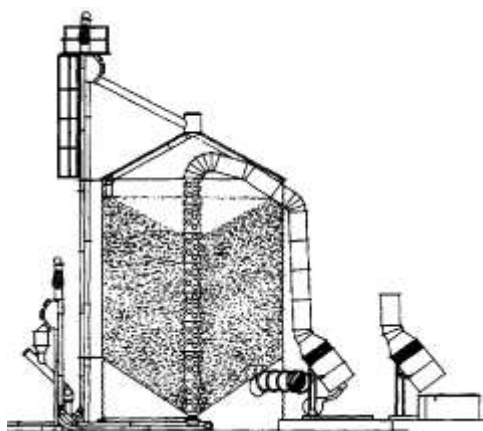
Nota. La figura nos muestra el proceso de secado de granos de forma natural. Tomado de (Corona, 2016).

Secado artificial

Es el proceso artificial que elimina cierta cantidad de agua que contiene el grano lo cual sería perjudicial para el almacenamiento del mismo. Durante la etapa de secado se establece un proceso de intercambio de humedad y energía, entre el producto con un alto contenido de humedad y al aire de secado con una alta temperatura, permitiendo que el grano entre en proceso de deshidratación. En la Figura 6 se puede observar el proceso de secado de granos de forma artificial

Figura 6

Secado artificial con máquinas.



Nota. La figura nos muestra el proceso de secado artificial con máquinas para el maíz. Tomado de (Fao.org, 2023).

Clasificación de Secadores artificiales.

Secadores directos o adiabáticos.

En este tipo de secadores el sólido o material a secar se encuentra en contacto directo con un flujo de aire caliente y se clasifican en:

Secadores de cabina.

Este tipo de secador cuenta con una serie de bandejas en donde es colocado el alimento. Estas bandejas se colocan dentro de un compartimiento del secador en donde es

expuesto al aire caliente. Este tipo de secador tiene incorporado un ventilador y una serie de resistencias eléctricas distribuidas en el secador que permiten generar aire caliente el cual es llevado a través de la sección de bandejas. (Barbosa, 2017). En la Figura 7 se puede observar un secador de cabina.

Figura 7

Secador de cabina



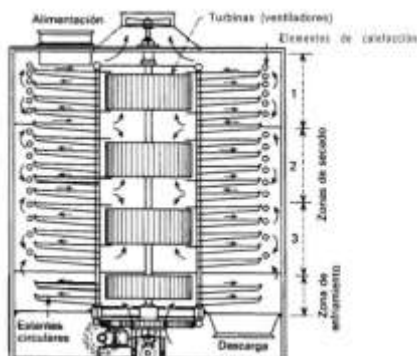
Nota. La figura nos muestra un secador artificial de cabina. Tomado de (Powder Systems Limited, 2015).

Secador de torre o bandeja giratoria.

Estos secadores están formados por una cámara metálica rectangular diseñados con soportes móviles sobre los que se apoyan los bastidores, cada bastidor sostiene un cierto número de bandejas poco profundas colocadas una sobre otras con una separación conveniente que cargan con el material a secar, comúnmente pueden realizar un secado de tipo horizontal: si el flujo circula paralelamente al lecho a secar o transversal: si el aire circula perpendicularmente al lecho a secar. En la Figura 8 se puede observar la estructura de un secador de torre o bandeja giratoria.

Figura 8

Secador Rotatorio.



Nota. La figura nos muestra la estructura de un Secador de tipo Rotatorio. Tomado de (Espinoza Brenda, 2015).

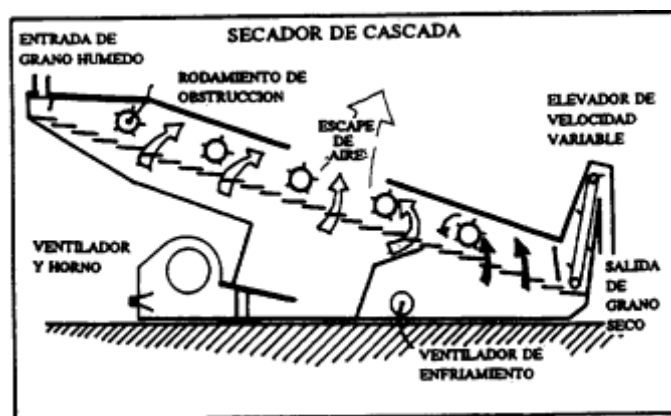
Secadores de cascada

En este secador el producto se desplaza por gravedad. Descendiendo de lo alto de una torre, mientras que el aire circula transversalmente al desplazamiento del lecho del producto.

En la Figura 9 se puede observar un secador de tipo cascada.

Figura 9

Secador de cascada.



Nota. La figura nos muestra la estructura de un Secador de tipo cascada. Tomado de (Dicovski, 2023).

Secadores rotatorios

Son secadores que cuentan con una carcasa cilíndrica que gira sobre soportes ligeramente inclinados. El material húmedo se introduce por un extremo del cilindro y avanza por el por gravedad y en rotación y sale seco por el otro extremo. Cuando los gases calientes circulan en sentido de avance del material, le ayudan a desplazarse a lo largo del secador. (Fito, 2023). En la Figura 10 se puede observar un secador de tipo rotatorio.

Figura 10

Secador de Tipo rotatorio.



Nota. La figura nos muestra la estructura de un Secador de tipo rotatorio. Tomado de (GEA, 2022).

Aplicaciones de los secadores adiabáticos

Los secadores adiabáticos son dispositivos utilizados para secar materiales, principalmente productos agrícolas y alimentos, mediante el uso de aire caliente y la circulación de aire fresco. Algunas de las aplicaciones más comunes de los secadores adiabáticos incluyen:

- Secado de granos: Seca productos agrícolas como trigo, arroz, maíz, soja y otros granos para mejorar su calidad y prolongar su vida útil.
- Secado de frutas y verduras: Seca productos alimenticios frescos como frutas, verduras, hierbas y especias para prolongar su vida útil y mejorar su calidad.

- Secado de alimentos para animales: Seca productos alimentarios para animales, como forrajes y alimentos para ganado, para mejorar su calidad y almacenamiento.
- Secado de productos forestales: Seca madera y productos forestales, como pulpa de madera, para mejorar su calidad y prolongar su vida útil.
- Secado de productos químicos: Seca productos químicos, como fertilizantes, para mejorar su calidad y almacenamiento.

La eficacia de estos secadores depende de factores como el tipo de producto a secar, la humedad inicial y el tamaño del producto. Es importante seleccionar un secador adecuado para la aplicación específica y seguir las recomendaciones del fabricante para un uso seguro y eficiente.

Secadores indirectos o no adiabáticos

En estos secadores el calor es transferido al sólido por un medio externo, un ejemplo de ello es el vapor de agua condensada y a través de una placa metálica con la cual hará contacto el sólido. Se clasifican de la siguiente manera:

Secadores de bandejas al vacío

Los secadores de bandejas al vacío se encuentran diseñados por una cámara cerrada herméticamente, con placas calefactoras y bandejas donde se coloca el material a secar y está conectada a una bomba de vacío. En la Figura 11 se puede observar el modelo de un secador de bandejas al vacío.

Figura 11

Secador de bandejas al vacío.



Nota. La figura nos muestra el modelo de un secador de bandejas al vacío. Tomado de (Hebeler Process Solutions, LLC., 2017).

Secadores dieléctricos

Estos secadores operan bajo el principio de calor dentro de los sólidos, colocándolos dentro de un campo eléctrico de alta frecuencia. Este secado dieléctrico puede ser efectuado a todas las frecuencias electromagnéticas que son calentados principalmente por energía dieléctrica, el calentamiento dieléctrico se realiza a frecuencias que van de 1 a 100 Hz. (Ceballos J. , 2015).

Secadores infrarrojos.

El principio de funcionamiento de estos secadores se basa en un calentamiento a través de un radiador. No son formas de calor si no son energías que se manifiestan como calor, Las cuales calientan al material, siendo diferente al calentamiento por métodos convencionales, ya que estos dependen de la lentitud del calentamiento que va desde la superficie del material hacia el interior, puede darse por medio de una fuente eléctrica o calentamiento de combustible. (Ceballos J. , 2015).

Aplicaciones de los secadores no adiabáticos

Los secadores no adiabáticos son dispositivos utilizados para secar materiales utilizando una fuente externa de calor. Algunas de las aplicaciones más comunes de los secadores no adiabáticos incluyen:

- Secado de productos químicos: Seca productos químicos, como sales, cloruros, nitratos y otros productos químicos industriales, para mejorar su calidad y prolongar su vida útil.
- Secado de productos farmacéuticos: Seca productos farmacéuticos, como píldoras, cápsulas y polvos, para mejorar su calidad y prolongar su vida útil.
- Secado de alimentos: Seca alimentos procesados, como cereales, pasta, snacks, y otros productos alimenticios para prolongar su vida útil y mejorar su calidad.
- Secado de productos textiles: Seca productos textiles, como telas, fibras, y hilados, para mejorar su calidad y almacenamiento.
- Secado de productos mineros: Seca minerales, como carbón, arena y otros productos mineros, para mejorar su calidad y prolongar su vida útil.

La eficacia de estos secadores depende de factores como el tipo de producto a secar, la humedad inicial y el tamaño del producto.

Selección de componentes de un horno de secado de granos.

A Continuación, vamos a describir los elementos que se utilizan para la implementación de un horno de secado de granos teniendo en cuenta que el principio de funcionamiento del proyecto propuesto será similar al trabajo que realizan los secadores de torre o bandeja giratoria. Para este caso dimensionaremos el secado en los granos de maíz y la capacidad de secado de 10kg la cual nos permitirá mejorar la producción agrícola de pequeños productores en zonas rurales, sus componentes básicos son:

Motor de 1 HP

Un motor eléctrico trifásico de 1 HP (caballo de fuerza) es un tipo de motor eléctrico que utiliza tres fases de corriente eléctrica para funcionar. Es un motor de tamaño mediano, con una potencia de 1 caballo de fuerza, que es equivalente a 746 vatios. Se utilizan en una variedad de aplicaciones, entre ellas:

- **Industria:** Se utilizan en maquinaria industrial, como bombas, ventiladores, compresores, etc.
- **Construcción:** Se utilizan en herramientas eléctricas, como taladros, sierras, etc.
- **Comercial:** Se utilizan en cajeros automáticos, máquinas expendedoras, etc.

En la Figura 12 se puede observar un motor trifásico de 1Hp.

Figura 12

Motor Trifásico 1Hp.



Nota. La figura nos muestra la estructura un motor trifásico de 1Hp.

Caja reductora NM50 sinfín corona

Una caja reductora NM50 es un tipo de caja reductora que se utiliza para reducir la velocidad de un motor eléctrico y aumentar el torque, se caracteriza por tener un sistema de transmisión sinfín y corona.

Figura 13

Caja reductora NM50 sin fin corona.



Nota. La figura nos muestra la estructura una caja reductora NM50 sin fin corana. Tomado de (Exhibir Equipos, 2023).

Variador de frecuencia

Es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar la velocidad de un motor eléctrico al variar la frecuencia de la corriente que se le suministra. Los variadores de frecuencia se utilizan a menudo para controlar la velocidad de motores de corriente alterna (CA). Tienen muchas ventajas sobre otros métodos de control de velocidad de motores eléctricos, como los inversores y los frenos dinámicos. Por ejemplo, permiten un control preciso de la velocidad, una mayor eficiencia energética y una mayor duración del motor. En la figura 14 se puede observar un variador de frecuencia.

Figura 14

Variador de frecuencia.



Nota. La figura nos muestra un variador de frecuencia. Tomado de (RELKOM, 2020).

Controlador de temperatura.

Un controlador de temperatura es un dispositivo o sistema que mantiene la temperatura de un ambiente o proceso en un valor deseado. Puede utilizar sensores para medir la temperatura actual y compararla con un valor de referencia, y luego controlar un dispositivo de calefacción o enfriamiento para ajustar la temperatura hasta alcanzar el valor deseado. Se utilizan en varias aplicaciones, como la refrigeración, la climatización, la cocción, y la producción industrial. En la Figura 15 se puede observar un controlador de temperatura.

Figura 15

Controlador de temperatura.



Nota. La figura nos muestra un controlador de temperatura y su sensor. Tomado de (Ebazar.com.br LTDA, 2023).

Contactor

Un contactor es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar la conexión y desconexión de un circuito eléctrico de alta potencia mediante una señal de control de baja potencia. Estos se utilizan para controlar motores eléctricos, bombas, ventiladores y otras cargas eléctricas que necesitan una conexión y desconexión frecuentes. También se pueden utilizar para proteger un circuito eléctrico de sobrecarga o cortocircuito.

Figura 16

Contactor.



Nota. La figura nos muestra un contactor. Tomado de (Ingecom Electricos SAS, 2020).

Plancha de acero inoxidable

Plancha de acero inoxidable se utiliza en diversas aplicaciones industriales y de construcción. Es un material muy resistente y duradero que no se oxida ni se corroe con facilidad, por lo que es ideal para su uso en entornos húmedos o agresivos estos se utilizan en la fabricación de piezas de equipos industriales, como cajas y estructuras metálicas etc,

Figura 17

Plancha de acero inoxidable.



Nota. La figura nos muestra una plancha de acero. Tomado de (Focus Technology Co., Ltd., 2023).

Blower

Es un tipo de ventilador que se utiliza para mover aire a través de un sistema de tuberías o conductos. El funcionamiento depende del tipo de blower y de su aplicación específica. Por lo general consiste en un motor eléctrico que acciona un ventilador, que a su vez mueve aire a través de un conducto o tubería. La figura 18 nos muestra este elemento.

Figura 18

Blower.



Nota. La figura nos muestra el modelo de un blower. Tomado de (Ferrecuento , 2022).

Chumacera de cara plana

Es un tipo de rodamiento que se utiliza para soportar y guiar el movimiento de un eje. Las chumaceras constan de dos anillos exteriores que giran alrededor de un eje central y están separados por bolas o rodillos de acero. Estos anillos y rodillos se encuentran en una caja de metal llamada "carcasa", que puede ser fija o flotante. Se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde maquinaria ligera hasta equipos industriales. Las chumaceras se eligen en función de la carga que deben soportar, la velocidad de giro y el tipo de movimiento que deben permitir. Como se observa en la figura 19.

Figura 19

Chumacera de cara plana.



Nota. En la figura nos muestra una chumacera de cara plana.

Resistencia eléctrica industrial

Es un dispositivo diseñado para convertir electricidad en calor. Se utilizan a menudo para calentar elementos o fluidos en una variedad de aplicaciones industriales. Se pueden fabricar en una gran variedad de formas y tamaños, dependiendo de su aplicación específica. Por ejemplo, se pueden fabricar en forma de barras, bobinas o tubos, y pueden estar hechas de materiales como el acero inoxidable o el níquel-cromo. En la figura 20 se observa una resistencia industrial.

Figura 20

Resistencia industrial.



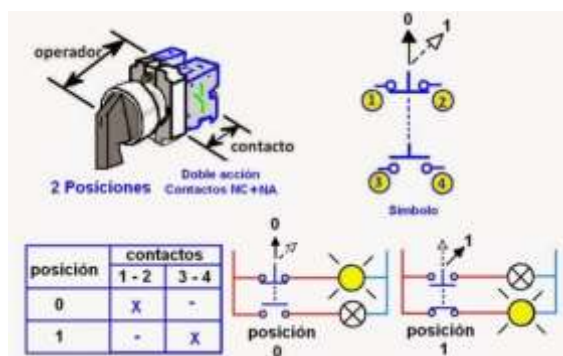
Nota. La figura nos muestra diferentes modelos de resistencias industriales. Tomado de (Ros, 2014).

Selector de dos posiciones

Un selector de dos posiciones es un dispositivo que se utiliza para seleccionar entre dos posiciones o estados diferentes: encendido y apagado. Puede tener diferentes formas y tamaños, pero suelen ser fáciles de operar y de instalar.

Figura 21

Selector de 2 posiciones.



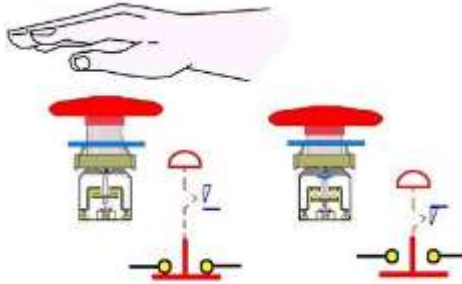
Nota. La figura nos muestra un selector de dos posiciones y su simbología. Tomado de (NANOPDF Inc., 2018).

Paro de emergencia

Un paro de emergencia es un mecanismo de seguridad que se utiliza para detener de manera inmediata un equipo o un sistema en caso de una situación de emergencia, se activa mediante un dispositivo manual, como un botón o un interruptor, que puede ser accionado fácilmente por el operador garantizando la seguridad de las personas y evitando daños a la propiedad en caso de una situación de emergencia. La figura 22 nos muestra un paro de emergencia.

Figura 22

Paro de emergencia.



Nota. La figura nos muestra el modelo y simbología de un paro de emergencia. Tomado de (Gallardo, 2022).

Potenciómetro analógico

Un potenciómetro analógico es un componente electrónico utilizado para ajustar o medir una señal de voltaje. Es un tipo de resistencia variable, ya que su resistencia eléctrica cambia a medida que se gira el eje del potenciómetro. Permitiendo aumentar o disminuir la velocidad de un motor, ajustar la intensidad de una luz y varias aplicaciones más. Se compone de tres terminales, uno para cada extremo de la resistencia variable y uno para el terminal de control. El terminal de control se conecta al eje del potenciómetro.

Figura 23

Potenciómetro.



Nota. La figura nos muestra el modelo de un potenciómetro analógico. Tomado de (CEICA, 2020).

Breaker bipolar “Interruptor termomagnético”

Un breaker bipolar es un tipo de interruptor automático que se utiliza para proteger un circuito eléctrico, se activa automáticamente cuando detecta una sobrecarga o un cortocircuito con el fin de proteger el equipo y las personas.

Figura 24

Breaker bipolar



Nota. La figura nos muestra el modelo de un breaker bipolar. Tomado de (CAMEI S.A, 2023).

Gabinete Eléctrico

Un gabinete eléctrico es un tipo de caja o armario que se utiliza para alojar y proteger los componentes eléctricos y electrónicos de un sistema o equipo. Estos componentes pueden contener interruptores, selectores, fusibles, relés y dispositivos de control o monitoreo, como: paneles de control y pantallas, etc. La figura 25 se muestra un gabinete eléctrico.

Figura 25

Gabinete eléctrico.



Nota. La figura nos muestra las partes y componentes eléctricos de un gabinete. Tomado de (Ingeniería Mecafenix, 2019).

Canaleta dentada o ranurada.

Una canaleta para cables es un sistema de protección y organización de cables y conductores eléctricos. Se instala en paredes, techos o tableros de control para ocultar y proteger los cables de la vista y del contacto accidental. Pueden tener diferentes formas y tamaños, y su material es plástico.

Figura 26

Canaleta dentada.



Nota. La figura muestra una canaleta dentada. Tomado de (HellermannTyton, 2023).

Conductores eléctricos.

Un conductor eléctrico es un material que permite el flujo de corriente eléctrica. Son de material metálico como el cobre y el aluminio, ya que estos metales tienen una alta conductividad eléctrica. Pueden ser de un solo hilo (sólido) o de varios hilos (flexible). Su grosor depende del número de cable “AWG”. La figura 27 nos muestra los conductores eléctricos de 1, 2 y 3 polos.

Figura 27*Conductores eléctricos*

Nota. La figura nos muestra los tipos de conductores eléctricos. Tomado de (Freepik Company S.L. , 210).

Eje de acero Inoxidable.

Un eje de acero inoxidable es un elemento estructural cilíndrico, utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que requieren una alta resistencia mecánica y una buena resistencia a la corrosión. Se utilizan en maquinarias, sistemas de transmisión, sistemas de movimiento lineal, entre otros. Además, su superficie lisa y resistente a la corrosión lo hace adecuado para aplicaciones en ambientes húmedos o corrosivos.

Figura 28*Eje de acero Inoxidable.*

Nota. La figura nos muestra un eje de transmisión de acero inoxidable. Tomado de (Reiproacero S.A. , 2020).

Selección de elementos eléctricos electrónicos y mecánicos a utilizar.

Tabla 2

Elementos eléctricos electrónicos y mecánicos a utilizar.

Elementos eléctricos	Elementos electrónicos	Elementos mecánicos
Motor trifásico de 1Hp	Variador de frecuencia.	Chumacera de cara plana
Breaker	Controlador de temperatura.	Caja reductora
Resistencia eléctrica industrial.	Potenciómetro analógico.	Selectores de 2 posiciones.
Paro de emergencia		Canaleta dentada
Gabinete eléctrico		Eje (acero inoxidable 1")
Contactador		
Conductores eléctricos		

Nota. La tabla muestra la elección de elementos eléctricos electrónicos y mecánicos a utilizar.

Capítulo II

Diseño de los componentes del horno de secado de granos.

Software de simulación “Solid Works”

El diseño 3D de Solid Works consiste en crear un modelo tridimensional de una máquina o dispositivo utilizando el software Solid Works. Este modelo incluye todas las partes y componentes de la máquina, así como sus dimensiones, formas y materiales. El objetivo es crear una representación virtual precisa y detallada de la máquina, que permita visualizar su aspecto y funcionamiento antes de su fabricación. Además, puede ser utilizado para simular y analizar el comportamiento de la máquina bajo diferentes condiciones y cargas.

Diseño general del horno de secado de granos.

Para asegurar la eficacia del proceso de construcción, se ha optado por desarrollar previamente un diseño en 3D detallado del horno de secado de granos. Esta planimetría en 3D proporciona una representación precisa y visualmente atractiva del producto final, lo que permite visualizar y evaluar su modelo antes de la construcción.

Figura 29

Vista general del horno de secado de granos.

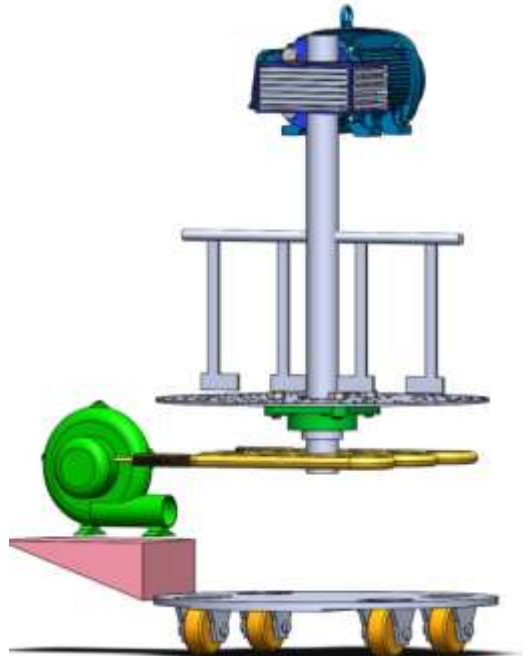


Nota. En la figura se observa una vista general externa del horno secador de granos.

En la figura 30 se observa una vista general interna del diseño 3D del horno secador de granos.

Figura 30

Vista general interna del horno de secado de granos.



Nota. En la figura se observa una vista general interna del diseño 3D del horno secador de granos.

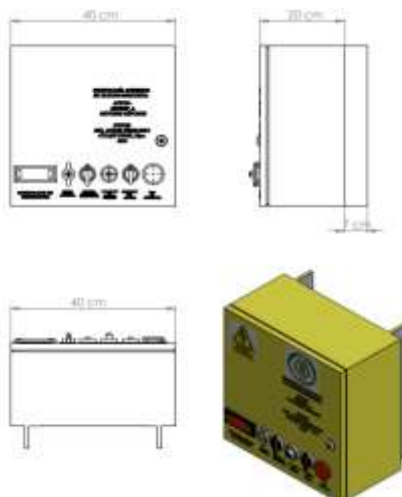
Diseño de los componentes del horno.

A continuación, se presentarán los componentes del horno en una visualización 3D de forma rápida. Para obtener más información, consulte la sección final de anexos, en donde se encuentran los formatos detallados de la planimetría de los elementos del horno.

Gabinete eléctrico.

Figura 31

Diseño del Gabinete eléctrico.

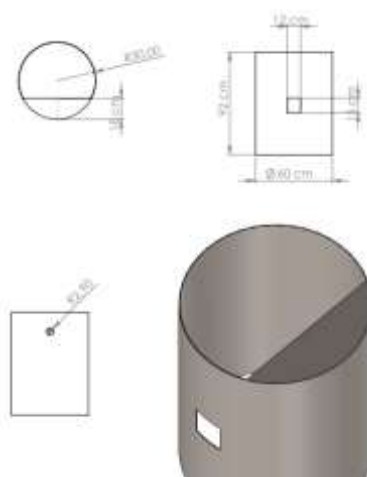


Nota. La figura muestra el diseño 3D del gabinete eléctrico. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Estructura del horno.

Figura 32

Diseño de la estructura del horno.

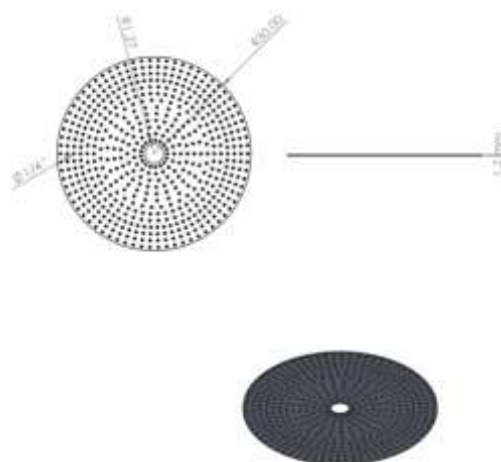


Nota. La figura muestra el diseño 3D de la estructura del horno. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Base central del horno.

Figura 33

Diseño de la Base central del horno.

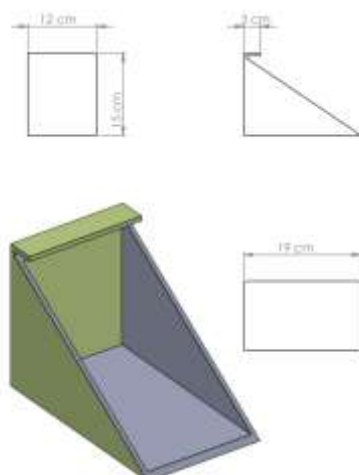


Nota. La figura muestra el diseño 3D de la base central del horno. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Tapa para salida de los granos del horno.

Figura 34

Diseño de la Tapa de salida para los granos del horno.

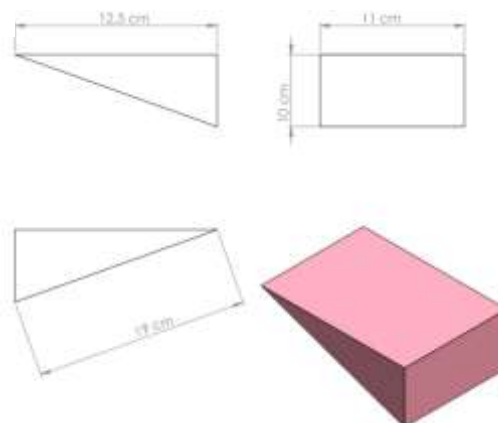


Nota. La figura muestra el diseño 3D de la tapa de salida para retirar los granos del horno. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Base para el blower.

Figura 35

Diseño de la Base para el blower.

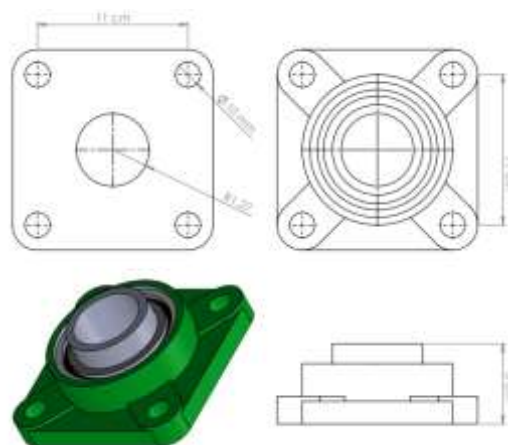


Nota. La figura muestra el diseño 3D de la base para el blower del horno. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Chumacera de cara plana.

Figura 36

Diseño de la Chumacera de cara plana.

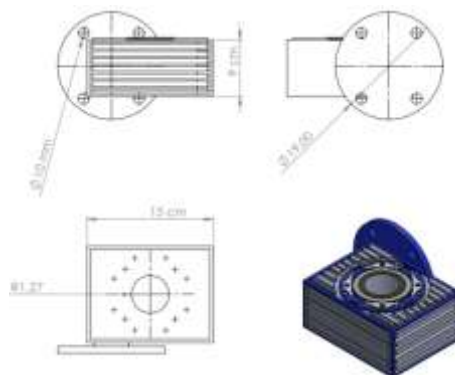


Nota. La figura muestra el diseño 3D de la chumacera de cara plana del horno. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Caja reductora.

Figura 37

Diseño de la Caja reductora.

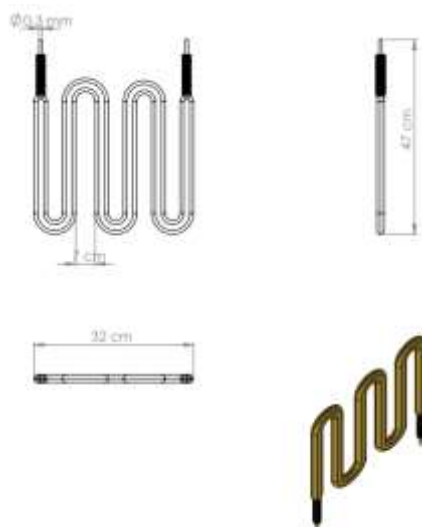


Nota. La figura muestra el diseño 3D de la caja reductora utilizada. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Resistencia eléctrica industrial.

Figura 38

Diseño de la resistencia eléctrica industrial.

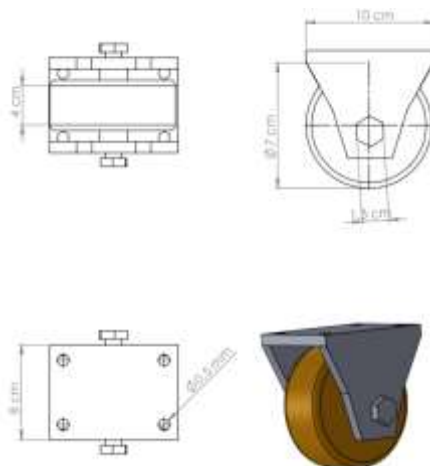


Nota. La figura muestra el diseño 3D de la resistencia utilizada. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Ruedas.

Figura 39

Diseño de las ruedas.

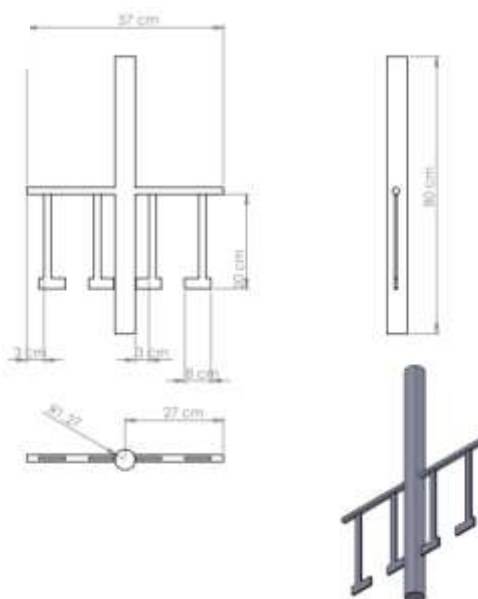


Nota. La figura muestra el diseño 3D de las ruedas utilizadas. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Eje para la mezcla de los granos.

Figura 40

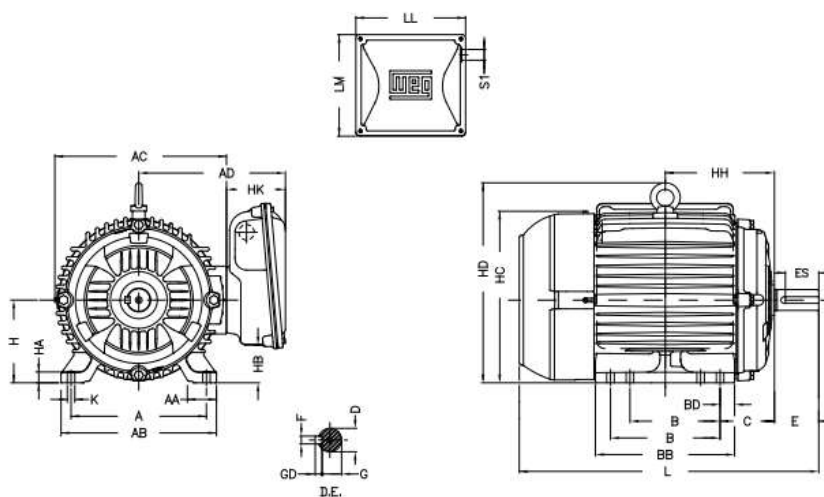
Diseño del Eje.



Nota. La figura muestra el diseño 3D del eje utilizado para la mezcla de los granos. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Motor.**Figura 41**

Nomenclatura del horno.



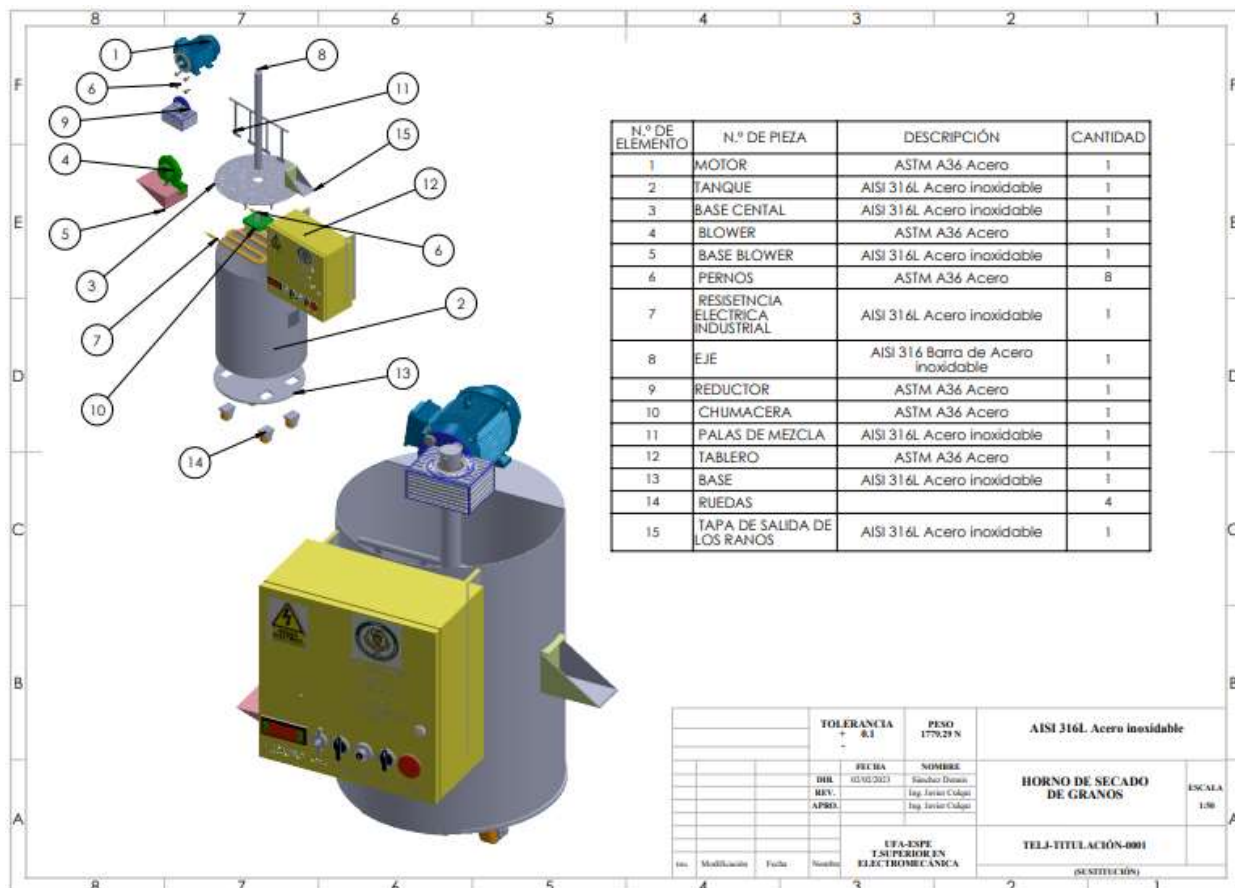
Nota. La figura muestra la nomenclatura diseño 3D del motor utilizado. Tomado de (WEG, 2020).

Vista explosionada

Una vista explosionada en SolidWorks es un tipo de representación gráfica de un modelo en 3D que muestra sus componentes desmontados y separados a una cierta distancia entre ellos para una mejor comprensión de su estructura y montaje. Es útil para visualizar y analizar las partes individuales de un modelo y cómo encajan entre sí. En la figura 42 se puede observar la vista explosionada.

Figura 42

Despiece del horno de secado de granos.



Nota. En la figura se observa una vista explosionada conjuntamente de la lista de materiales y el diseño 3D del horno secador de granos. “Para obtener más información, consulte la sección final de anexos.”

Selección elementos eléctricos electrónicos y mecánicos para el control del horno de secado de granos.

En el siguiente apartado se procede a detallar a profundidad todos los elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos utilizados para el desarrollo del presente horno de secado de granos.

Elementos Eléctricos.

Los elementos eléctricos son esenciales en el funcionamiento del horno secador de granos, ya que son los encargados de proporcionar la energía necesaria para mover el horno y controlar el proceso, en esta sección encontramos los siguientes elementos.

Motor de 1 HP

La selección de motores eléctricos es esencial para garantizar el correcto funcionamiento de un horno secador. Uno de los valores más importantes a tener en cuenta en este proceso es la potencia, ya que esta magnitud eléctrica es directamente proporcional a la fuerza necesaria para mover el eje de mezcla. Para determinar esta fuerza, se utiliza la ecuación 1 del presente documento, mediante la cual se realizan los cálculos necesarios. Para calcular la fuerza requerida se utilizó la siguiente formula:

$$T = F * d$$

Ecuación 1

Cálculo del torque.

Dónde:

T: Torque del motor

F: Fuerza requerida para doblar la varilla (Newton).

d: Distancia del brazo de empuje (metros).

Nota. Para obtener el valor de la fuerza tomamos el dato inicial el cual es 10 Kg. Valor seleccionado de la cantidad de peso a secar. Y lo multiplicamos por 9.81 m/s^2 para obtener el valor de la fuerza en (Newton).

La distancia se obtiene desde el centro del eje del motor reductor, tomando en cuenta toda la longitud que la conforma el eje para la mezcla, este caso esa distancia es de 1.27 m , estos valores se reemplazan en la Ecuación 1.

$$T = F * d$$

$$T = 10\text{kg}(9.81 \text{ m/s}^2) * 1.27\text{m}$$

$$T = 98.1 \text{ N} * 1.27\text{m}$$

$$T = 124.59$$

La potencia requería para mover el eje de mezcla se obtiene de la Ecuación 2.

$$P = \frac{W}{t}$$

Ecuación 2

Cálculo de la Potencia

Dónde:

P: Potencia (Watts)

W: Trabajo (Joules)

t: Tiempo

Nota. El trabajo se puede expresar como $F * d$ por lo tanto su valor será el resultado obtenido en la ecuación 1.

La velocidad a la cual se desplaza el eje de mezcla es de 3.2m/s .

$$P = 124.59\text{Nm} * 3.2\text{m/s}$$

$$P = 398.69\text{Watts}$$

Si transformamos a KWatts nos queda:

$$P = 0.398 \text{ KWatts}$$

Para transformar los Watts en HP debemos realizar lo siguiente:

$$398.69 \text{Watts} \frac{1 \text{HP}}{746 \text{Watts}}$$

$$P = 0.53 \text{HP}$$

Ahora se procede a seleccionar el motor de 1Hp a 1750 rpm que coincide con las características del catálogo de motores trifásicos de 4 polos de la marca WEG, como se muestra en la Figura 43.

Figura 43

Catálogo comercial- Mercado Latino Americano.

W22 - Eficiencia Premium - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/In		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia J (kgm ²)	Tiempo máx. con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	460 V						Corriente nominal In (A)	
				Letra	Ia/In				Caliente	Frio			RPM	% de la potencia nominal			Factor de potencia			
														50	75	100	50	75		100
HP	kW																			
IV polos																				
1	0.75	143/5T	3.99	L	8.4	3.2	3.5	0.0049	18	40	18.5	51.0	1760	80.0	84.0	85.5	0.55	0.68	0.75	1.47
1,5	1,1	143/5T	6,00	L	8,4	2,5	3,4	0,0060	14	31	22,0	51,0	1755	82,5	85,5	86,5	0,60	0,70	0,79	2,02
2	1,5	143/5T	8,03	K	8,0	2,7	3,2	0,0066	11	24	23,0	51,0	1750	85,5	86,5	86,5	0,57	0,70	0,79	2,76
3	2,2	182/4T	12,0	K	8,1	2,3	3,4	0,0143	23	51	41,0	56,0	1760	87,5	88,5	89,5	0,61	0,73	0,79	3,91
5	3,7	182/4T	20,0	J	7,5	2,3	3,2	0,0169	15	33	43,0	56,0	1755	88,5	89,5	89,5	0,62	0,74	0,80	6,45
7.5	5.5	213/5T	29.9	H	7.1	2.2	3.1	0.0566	20	44	70.0	58.0	1765	89.5	91.0	91.7	0.66	0.76	0.82	9.18

Nota. La ilustración muestra la selección del motor marca WEG tomado de (Grupo WEG, 2017)

Blower

Basado en la información recopilada en el capítulo anterior, se ha determinado que la mejor opción para distribuir el aire caliente emitido por la resistencia eléctrica se realizará mediante un blower alimentado con 110V de corriente alterna y con una salida de aire de 2 pulgadas asociado a un contactor de 110V, y un selector de dos posiciones, los cuales cumplirán la función de encender y apagar el sistema de control. De esta manera, se podrá

iniciar o detener el proceso de control desde el gabinete eléctrico. En la ecuación 3 se determina la potencia de consumo del blower seleccionado para la cual sus datos de corriente y voltaje son:

$$I = 1.18 \text{ A.}$$

$$E = 115 \text{ V.}$$

$$P = E * I$$

$$P = 115V * 1.18A$$

$$P = 135.7 \text{ Watts}$$

Ecuación 3

Cálculo de la Potencia del blower

Dónde:

P = Potencia de consumo.

I = Intensidad de consumo.

V = Voltaje de funcionamiento.

Breaker “Interruptor termomagnético”.

Como se especifica en la selección de conductores en la Ecuación 5. La corriente nominal del motor es de 2.17 amperios, sin embargo, durante el proceso de arranque, se observa un aumento en el valor de la corriente, alcanzando hasta 5 veces su valor nominal, lo cual resulta en una corriente de arranque de 10.85 amperios. Teniendo en cuenta este parámetro, se procederá a seleccionar el interruptor termomagnético más adecuado de acuerdo a la especificación técnica indicada, para garantizar el correcto funcionamiento del motor y evitar daños en el sistema como se lo muestra en la figura 44.

Figura 44

Características de los Interruptores Termomagnéticos Bipolares.

Referencia	Corriente	Curva	IEC 60898 230/400 V ca Icn (kA)	IEC 60947-2 230/400 V ca Icu (kA)
MDW-C2-2	2 A	C	1,5	3
MDW-C4-2	4 A	C	1,5	3
MDW-C6-2	6 A	C	3	5
MDW-C10-2	10 A	C	3	5
MDW-C16-2	16 A	C	3	5
MDW-C20-2	20 A	C	3	5
MDW-C25-2	25 A	C	3	5

Nota. La figura nos muestra el tipo de interruptor termomagnético Bipolar seleccionado.

Tomado de (Grupo WEG , 2013)

Figura 45

Interruptor termomagnético Bipolar.



Nota. La figura nos muestra el tipo de interruptor termomagnético Bipolar seleccionado para la protección contra sobrecargas del sistema del motor.

Resistencia Eléctrica industrial

Se ha implementado un sistema de control de temperatura para realizar el secado de granos de maíz. Este consiste en una resistencia eléctrica industrial conectada a un contactor de 220V y un selector de dos posiciones para encender y apagar la resistencia. Además, se utiliza un controlador de temperatura para regular la resistencia eléctrica, garantizando así una temperatura constante y acorde a las configuraciones previas. Para ello, el controlador monitorea constantemente la temperatura con un sensor y activa o desactiva la resistencia eléctrica para mantenerla en el nivel deseado. En la figura 46 se observa la resistencia eléctrica industrial usada.

Figura 46

Resistencia Eléctrica industrial



Nota. La figura nos muestra el tipo de resistencia eléctrica industrial usada para brindar el calor necesario.

En la siguiente tabla se detallan los datos de la resistencia:

Tabla 3

Datos de la resistencia

Material	Acero Inoxidable
Potencia	3500 Watts
Amperaje	15.9 A
Voltaje	220V
Horas de trabajo continuo	8 h
Temperatura Máxima	60° C

Nota. La tabla nos muestra las características de la resistencia industrial detalladas por el fabricante.

Paro de emergencia

Con el objetivo de garantizar la seguridad del operador y de cualquier persona que entre en contacto con la máquina, se ha instalado un sistema de paro de emergencia.

Este dispositivo es esencial para garantizar la seguridad en el lugar de trabajo, ya que permite detener el proceso de manera inmediata en caso de cualquier percance o accidente que pueda ocurrir durante el funcionamiento de la máquina. Este sistema se activa desde el gabinete eléctrico, lo que permite una respuesta rápida y eficiente en caso de emergencia. Además de garantizar la seguridad del operador y de las personas involucradas en el proceso, esto también ayudará a proteger la maquinaria y a minimizar los daños en caso de un incidente. Como se muestra en la figura 47.

Figura 47

Paro de emergencia.



Nota. En la figura se muestra un paro de emergencia.

Conductores eléctricos

La selección adecuada de los cables de alimentación del motor es esencial para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema. Se deben utilizar los datos de placa del motor para calcular la intensidad de corriente que circulará por cada cable y seleccionar el calibre del conductor adecuado. Es importante también tener en cuenta la longitud del cable y la caída de voltaje para asegurar una adecuada alimentación del motor.

Figura 48

Datos de placa del motor WEG de 1 Hp.



Nota. La figura nos muestra la placa de características del motor seleccionado.

A continuación, se procede determinar la potencia trifásica aplican la siguiente formula con los datos antes mencionados:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos(\varphi)$$

Ecuación 4

Potencia trifásica

Dónde:

P: Potencia trifásica

V: Voltaje línea a línea

I: Intensidad de corriente

$\cos(\varphi)$: Factor de potencia

Despejamos para obtener la intensidad por lo tanto obtenemos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos(\varphi)}$$

Ecuación 5

Calculo de intensidad de corriente.

$$I = \frac{745 \text{ W (1Hp)}}{\sqrt{3} * 220\text{V} * 0.8}$$

$$I = 2.17 \text{ A}$$

Figura 49

Datos de los conductores.

Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A

Nota. La ilustración muestra el amperaje que soportan los cables de cobre. Tomado de (Electricocable, 2018).

Para la selección adecuada del calibre del conductor para los cables de alimentación del cableado para circuito interno del horno de secado es esencial para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema. Por lo tanto, utilizando la ecuación 5, se ha obtenido una intensidad nominal del motor de 2.17 amperios. Sin embargo, durante el proceso de arranque, se observa un aumento en el valor de la corriente, alcanzando hasta 5 veces su valor nominal, lo cual resulta en una corriente de arranque de 10.85 amperios

En base a esto, se ha seleccionado el calibre del cable 14 AWG, ya que tiene un soporte máximo de 15 A, cumpliendo con las necesidades del circuito.

Figura 50

Conductores eléctricos.



Nota. La ilustración muestra los conductores eléctricos a utilizados en el cableado.

Tomando en cuenta que se debe realizar la instalación de la alimentación de todo circuito a 220V, se ha seleccionado el calibre del cable 10 AWG, ya que es adecuado para soportar la corriente requerida y garantizar una correcta alimentación del circuito. Es importante seleccionar el calibre correcto para evitar problemas de sobrecalentamiento o fallos en el sistema.

Figura 51

Conductor eléctrico 10 AWG.



Nota. La ilustración muestra el conductor eléctrico utilizado para la alimentación de 220V del circuito del horno de secado.

Gabinete Eléctrico

El gabinete eléctrico utilizado en el horno secador es esencial para proteger los componentes eléctricos y electrónicos del equipo. Cuenta con protección IP41 contra el ingreso de partículas finas y salpicaduras accidentales, goteos o derrames que puedan causar daños a los componentes del horno. El tamaño del gabinete es de 400 x 400 x 200 mm de alto, largo y profundidad, respectivamente. Es importante asegurar que el gabinete tenga las medidas adecuadas para permitir un fácil acceso para el mantenimiento, ya que este contendrá los elementos de control y como se observa en la Figura 52.

Figura 52

Gabinete Eléctrico.



Nota. La ilustración muestra el gabinete eléctrico utilizado para instalar los elementos de control, protección y el cableado del circuito del horno de secado.

Elementos Electrónicos.***Variador de frecuencia***

Una vez realizado la selección del motorreductor se tiene una velocidad de salida de 115 rpm, por este motivo se decidió utilizar un variador de frecuencia de la marca Relkom serie PI150 con voltaje de entrada 220Vac monofásico y salida de 220 Vac trifásico permite un mejor control de la velocidad de giro de la barra mezcladora en el motorreductor, mejorando su funcionamiento. También puede ayudar a reducir el consumo energético del motorreductor, ya que solo se utiliza la cantidad de energía necesaria para alcanzar la velocidad deseada. Además, que puede mejorar la vida útil del motor al reducir el esfuerzo sobre él al operar en un rango de velocidad más adecuado. En la Figura 53 se puede observar el variador Relkom.

Figura 53

Variador de frecuencia Relkom.



Nota. La figura nos muestra un variador de frecuencia.

Tabla 4

Datos del variador de frecuencia

MODELO PI150 0R7G1 0.7kW 1HP Vin: 220Vac
monofásico / Vout: 220Vac trifásico

CARACTERÍSTICAS
Variador de frecuencia inteligente
Diseño patentado ultra compacto
Nueva generación de variadores de baja potencia
Entradas: 5 digitales
1 entrada análoga
Método de control vectorial W/O PG y V/F
Función de alto torque de arranque

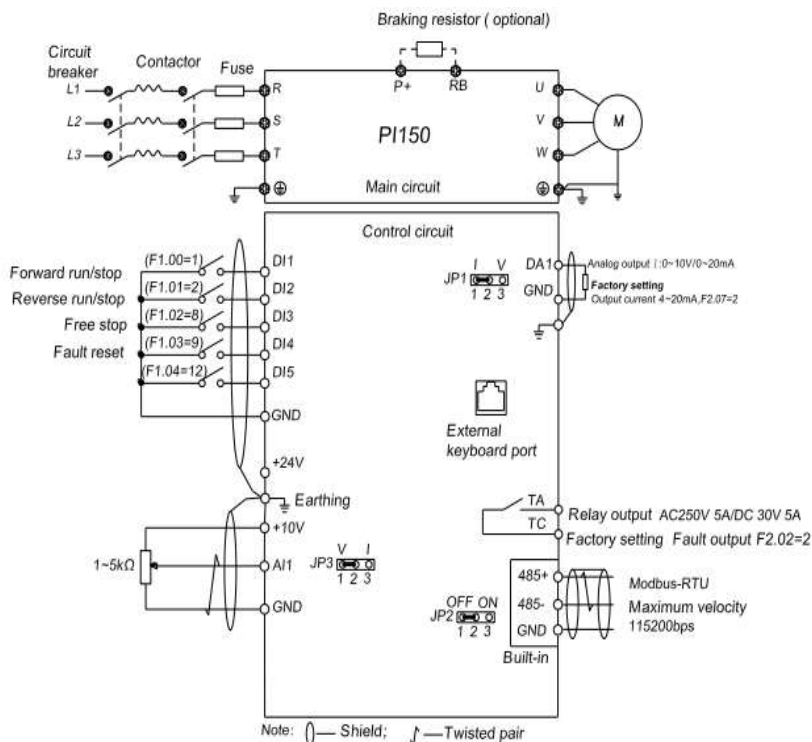
Nota. La Tabla muestra los datos especificados por el fabricante acerca del variador de frecuencia.

Como se mencionó en el capítulo anterior el potenciómetro a analógico cumple con la función de controlar la velocidad de giro de un motor, por lo tanto, mediante la conexión al variador de frecuencia nos permite aumentar o disminuir el giro del eje para la mezcla uniforme de los granos a secar.

A continuación, se procede a realizar instalación necesaria para conectar el motorreductor, los pulsadores y el potenciómetro, además se detallará la programación que se debe realizar para habilitar estas funciones, como se muestra en la figura 54.

Figura 54

Diagrama de cableado del variador de frecuencia.



Nota. La ilustración muestra el cableado del variador de frecuencia. Tomado de (RELKOM, 2020)

Programación del variador de frecuencia.

Primero se debe programar el variador para detectar el potenciómetro analógico y variar la velocidad del motor. En este caso se debe realizar lo siguiente:

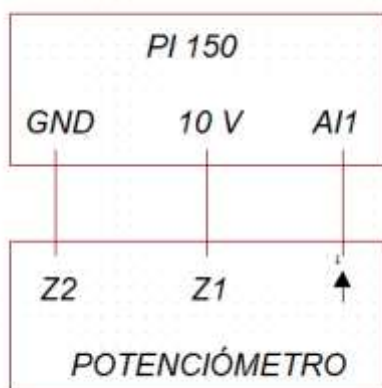
- Conectar el variador de frecuencia a una alimentación de 220V.
- Presionar el botón de PRG, acceder al menú "F0" presionar ENTER y acceder al menú "F0.03", presionar ENTER y cambiar el valor existente por "02", presionar ENTER una vez habilitada el bloque de contactos, presionando dos veces PRG salimos y finalizamos el proceso.

Esquema de conexión entre el variador de frecuencia PI 150 y el potenciómetro, como se observa en la figura 55.

Figura 55

Diagrama de conexión para el potenciómetro.

CONEXIÓN DEL POTENCIÓMETRO



Nota. La figura nos muestra el diagrama de conexión que se debe realizar entre el variador de frecuencia y el potenciómetro.

Después se debe realizar la programación en el variador para detectar para habilitar el selector ON/OFF para el encendido del motor. En este caso se debe realizar lo siguiente:

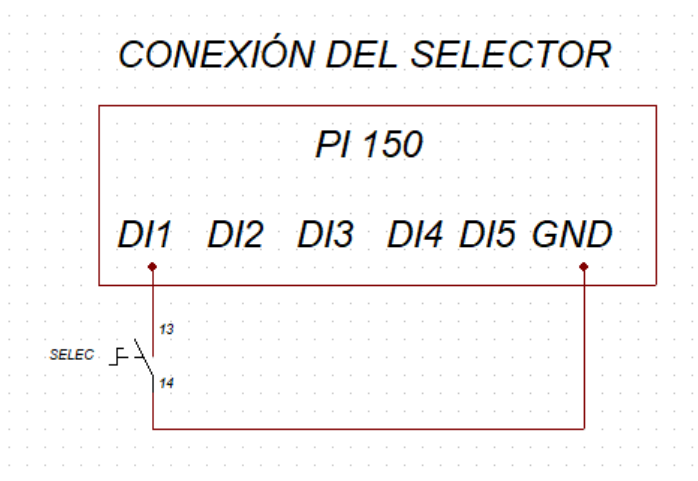
- Conectar el variador de frecuencia a una alimentación de 220V.

- Presionar el botón de PRG, acceder al menú “F0” presionar ENTER y acceder al menú “F0.11”, presionar ENTER y cambiar el valor existente por “1”, presionar ENTER una vez habilitada el bloque de contactos, presionando dos veces PRG salimos y finalizamos el proceso.

Esquema de conexión entre el variador de frecuencia PI 150 y el selector, como se observa en la figura 56.

Figura 56

Diagrama de conexión para el selector.



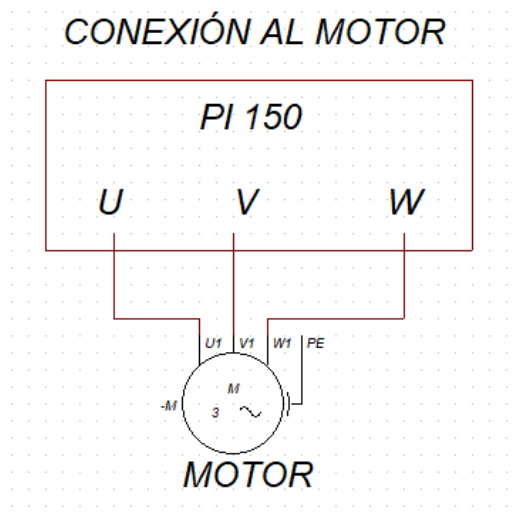
Nota. La ilustración muestra el diagrama de conexión que se debe realizar entre el variador de frecuencia y el selector dos posiciones.

Conexión al motor.

La conexión al motor se debe realizar desde el variador de frecuencia, hacia las entradas del motor: U, V, W.

Figura 57

Diagrama de conexión del variador de frecuencia y el motor.



Nota. La ilustración muestra el diagrama de conexión que se debe realizar entre el variador de frecuencia y el motor.

Controlador de temperatura “Full Gauge”

Una vez realizado la selección de la resistencia eléctrica industrial se conoce que esta debe alcanzar la temperatura deseada para realizar el secado, por este motivo se decidió utilizar un controlador de temperatura de la marca Full Gauge que permite monitorear la temperatura programada. El funcionamiento del controlador de temperatura se basa en cortar la energía de la resistencia al momento de que alcance la temperatura de secado determinada y encender nuevamente la resistencia si la temperatura es menor de la establecida. Este proceso se realiza sin intervenir con el resto del funcionamiento del horno, esto quiere decir que el blower y el motor no se ven afectados al accionarse o desactivarse el controlador de temperatura. En las figuras 58 y 59 se puede observar el controlador de temperatura.

Figura 58

Controlador de temperatura "Full Gauge"



Nota. La figura nos muestra los datos especificados por el fabricante acerca del controlador de temperatura.

Figura 59

Controlador de temperatura "Full Gauge"



Nota. La figura nos muestra el controlador de temperatura.

Programación del controlador de temperatura.

- Primero se debe realizar lo siguiente:
- Conectar el controlador de temperatura a una alimentación de 220V.
- Conectar el controlador de temperatura a un selector de dos posiciones.
- Conectar el selector de dos posiciones a un contactor de 220V.
- Conectar el contactor a la resistencia.
- Programación:

Accionar el selector de 2 posiciones. Presionar el botón superior izquierdo que cuenta con una flecha inclinada y buscar el parámetro de funciones “Func” presionar SET y acceder al menú “F 01”, presionar SET y cambiar el valor existente por “123”, presionar SET, el sistema nos regresa a “F 01” para lo cual debemos cambiar a “F 02” (con los botones de la derecha). En el parámetro “F 02” presionamos SET y modificamos la temperatura deseada. Una vez que seleccionamos la temperatura presionamos SET y automáticamente se guarda la temperatura solicitada y finalizamos el proceso.

Elementos Mecánicos.

Caja reductora NMS0 sinfín corona

Como se mencionó anteriormente la caja reductora nos ayuda a disminuir la velocidad del motor para lo cual se ha seleccionado una caja reductora de tipo sin fin corona mediante la selección de la caja reductora para lo cual. En la Ecuación 6 se observa el cálculo de la relación de velocidad entre la caja reductora y el motor.

$$v_{motor} = v_{reductor} * relación$$

Ecuación 6

Calculo de la relación de velocidad.

Dónde:

v_{motor} : Velocidad del motor.

$v_{reductor}$: Velocidad de salida del reductor.

relación: Relación de transmisión caja reductora.

$$v_{motor} = 115 \text{ rpm} * 15$$

$$v_{motor} = 1725 \text{ rpm}$$

Figura 60

Caja reductora sin fin corona.



Nota. La figura nos muestra la caja reductora utilizada para reducir la velocidad del motor.

Chumacera de cara plana.

La chumacera de cara plana seleccionada es ideal para nuestras necesidades, ya que cuenta un orificio de 1 pulgada para asegurar una conexión sólida y eficiente del eje de mezcla y el motor, su un diseño geométrico permite un acoplamiento perfecto y fluido del movimiento

de la mezcla en el horno secador. Esto garantiza un funcionamiento óptimo y eficaz, en la figura 61 se muestra la chumacera de cara plana implementada.

Figura 61

Chumacera de cara plana.



Nota. La figura nos muestra la chumacera utilizada para conectar al eje de mezcla con el motor.

Selector de dos posiciones

Tras la selección de los elementos, se ha determinado que un selector de dos posiciones es la solución óptima para controlar el controlador de temperatura, variador de frecuencia y el blower. Estos selectores son cruciales para el funcionamiento eficiente del sistema, ya que permiten activar o desactivar los componentes con facilidad y efectividad. En la figura 62 se observa los selectores usados.

Figura 62

Selectores 2 posiciones.



Nota. En la figura se observa los selectores usados para activar y desactivar los elementos como el controlador de temperatura, variador de frecuencia y el blower.

Plancha de acero inoxidable

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, este tipo de acero inoxidable con un espesor de 1,2 mm es adecuado para entrar en contacto con alimentos, por lo que se ha utilizado para fabricar el contenedor donde se almacenarán los 10 kg de maíz. La elección del acero inoxidable es crucial, ya que garantiza una superficie no porosa y resistente a la oxidación lo que permite una higiene y seguridad óptimas en la manipulación de los alimentos. Además de la compuerta para retirar los granos de la máquina. En la figura 63 se observa la estructura del tanque del horno secador de granos.

Figura 63

Estructura del secador de granos de acero inoxidable.



Nota. En la figura se observa la estructura del horno de secado con el material seleccionado acero inoxidable.

Eje de acero inoxidable 1pulgada.

El tubo de acero inoxidable es ampliamente utilizado en la industria debido a sus propiedades únicas, como su resistencia a la corrosión, durabilidad y facilidad de limpieza. En el diseño de un eje de mezcla, el uso de un tubo de acero inoxidable es esencial para garantizar un rendimiento óptimo y una larga vida útil de la máquina. Además, el acero inoxidable es resistente a la oxidación y a la abrasión, lo que lo hace ideal para aplicaciones en ambientes húmedos o agresivos. Por estas razones, es un material ideal para el eje de mezcla en una variedad. En la figura 64 se observa el tubo de acero inoxidable para el eje de mezcla.

Figura 64

Tubo de acero inoxidable.



Nota. En la figura se observa la estructura del eje de mezcla de acero inoxidable.

Ruedas.

Para optimizar el proceso de transporte y mejorar la movilidad del horno secador, se ha implementado la instalación de ruedas pequeñas en la base del equipo. Esto permitirá un fácil desplazamiento en el área de trabajo, reduciendo el esfuerzo físico requerido. La figura 65 nos muestra el tipo de ruedas a usar.

Figura 65

Ruedas a usar.



Nota. En la figura se observa las ruedas a implementar para facilitar el transporte de la máquina.

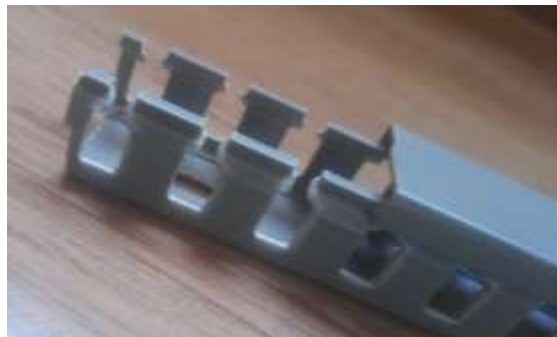
Canaleta dentada o ranurada.

La canaleta es una herramienta esencial para mantener los cables utilizados en la instalación organizados y conducirlos de manera eficiente, como se mencionó en el capítulo

anterior. Además de eso la canaleta también protege los cables de posibles daños y deterioros. Al colocar los cables en un canal cerrado, se reduce el riesgo de que sean aplastados o cortados por objetos externos. También previene el enredamiento de los cables, lo que facilita su accesibilidad y mantenimiento en el futuro. En resumen, la canaleta es un elemento importante para garantizar la seguridad y durabilidad de los sistemas de cableado. Como se muestra en la figura 66.

Figura 66

Canaleta dentada.



Nota. La figura nos muestra una canaleta dentada.

Simulación del tema propuesto

Análisis Computacional

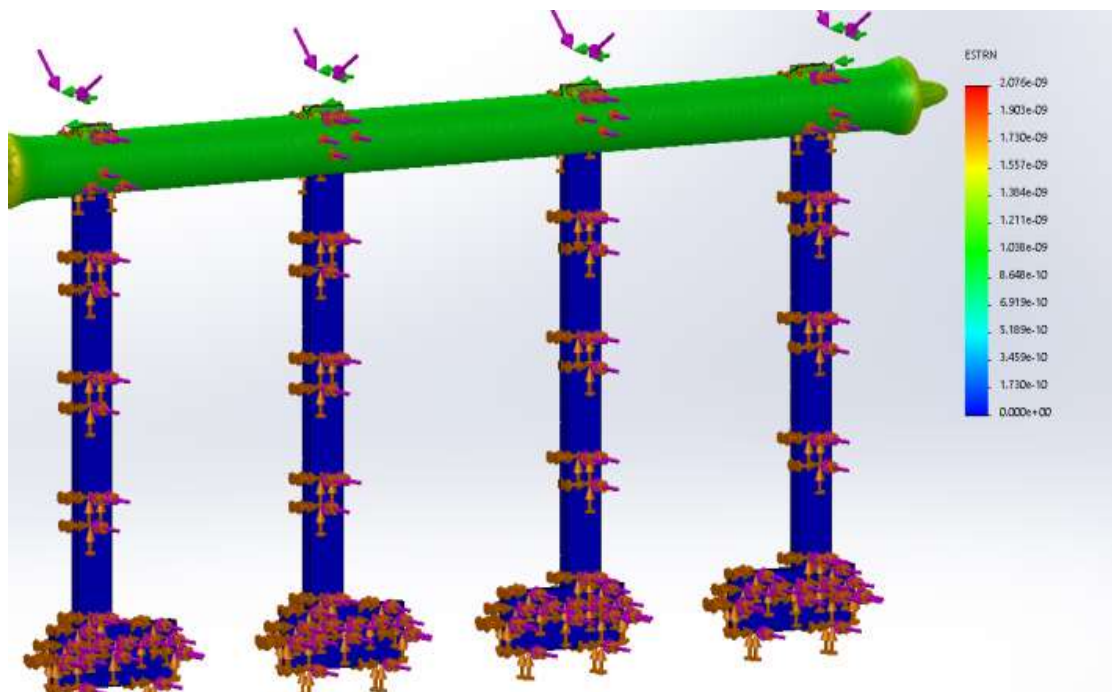
Una simulación estática en SolidWorks es un proceso de análisis que permite evaluar las cargas y deformaciones de un diseño en condiciones determinadas. Permite conocer si una pieza o ensamblaje cumplirá con los requisitos mecánicos, e identificar posibles problemas en su diseño.

En el análisis computacional se ha realizado a las palas del eje de mezcla, ya que desempeñan un papel crucial en el proceso de secado de granos. Estas palas son las encargadas de empujar el grano seco, los cuales tienen un peso de 10 kg, durante todo el proceso. Debido a su importancia, se requiere un análisis cuidadoso de sus características

estructurales para garantizar su eficacia y durabilidad. Al evaluar las palas del eje de mezcla, se pueden identificar y corregir posibles problemas antes de que afecten el rendimiento del horno de secado de granos." En la figura 67 se muestra el análisis estático realizado.

Figura 67

Análisis computacional.



Nota. En la imagen se puede apreciar un análisis estático que demuestra que la aplicación de 10Kg de fuerza en el eje para mezclar no daña al elemento en cuestión. Esto garantiza que el diseño cumple con los requisitos mecánicos y se encuentra en buen estado para su uso.

Capítulo III

Implementación del horno de secado de granos propuesto.

Una vez que se realizó la selección de materiales se procede a implementar el horno con la finalidad de ponerlo en funcionamiento.

Construcción de la Máquina

Se utilizó una plancha de acero inoxidable de 1.22 m x 2.44 m x 1.2 mm de alto largo y espesor para conformar la estructura en forma de tanque que será del horno secador esta soportará el peso de todos los elementos eléctricos electrónicos y mecánicos de la máquina. En las figuras 68 y 69 se puede observar el proceso de soldadura MIG aplicado realizar la estructura de la máquina.

Figura 68

Estructura del horno de secado de granos.



Figura 69

Estructura del horno de secado de granos.



Nota. La figura nos muestra el proceso de soldadura MIG para elaborar la estructura del horno de secado de granos.

La base está constituida por las siguientes dimensiones 92 cm x60 cm x 1.2 mm de ancho, diámetro y espesor, respectivamente. Una vez desarrollada nuestra base central se procede a realizar una tapa de 60cm de diámetro con perforaciones de una broca de cobalto de $\frac{1}{4}$ la cual contendrá los granos. Por debajo de esta malla colocamos una resistencia de 3500 Watts la cual nos brinde el calor necesario para realizar el secado, una chumacera acoplada a un eje para realizar la mezcla de los granos.

Figura 70

Instalación de la base central, resistencia, chumacera y eje para la mezcla del horno de secado de granos.



Nota. La figura nos muestra el proceso para instalar la base central, chumacera resistencia y eje para la mezcla del horno de secado de granos.

La base central está constituida por las siguientes dimensiones 60 cm x 1.2 mm de, diámetro y espesor, respectivamente.

Debido al peso de la máquina para facilitar el transporte se instaló 4 ruedas industriales anti pinchado de 3 pulgadas de diámetro que poseen un rin metálico con caucho y buje de nailon, como se muestra en la Figura 71.

Figura 71

Instalación de las ruedas.



Nota. La figura nos muestra el proceso de instalación de las ruedas y una tapa para desmontable para realizar mantenimientos a la resistencia, chumacera y eje para la mezcla.

Para un buen funcionamiento del horno de secado de granos. En esta sección se procedió adaptar una reducción de velocidad al motor de 1Hp. En la Figura 72 se puede identificar al motor y la caja reductora instalados conjuntamente con el eje para la mezcla.

Figura 72

Instalación del motorreductor acoplado al eje para la mezcla.



Nota. La figura nos muestra la instalación del motorreductor acoplado al eje para la mezcla para distribuir el calor brindado por la resistencia eléctrica industrial se ha instalado un blower en la parte inferior del horno de secado de granos.

Figura 73

Instalación del Blower.



Nota. La figura nos muestra la instalación del blower el cual distribuye aire caliente.

Finalmente se procede a instalar los elementos en el tablero de control. En la siguiente tabla se detallan los elementos instalados en el gabinete eléctrico:

Tabla 5

Elementos presentes en el gabinete eléctrico.

Gabinete eléctrico	
Elemento	Descripción
Paro de emergencia	Detiene el sistema en cualquier instante salvaguardando la integridad del operador y de la maquina en general.
Selectores 2 posiciones	Sirven para accionar elementos como: <ul style="list-style-type: none"> • Variador de frecuencia • Blower • Controlador de temperatura.
Potenciómetro	Varía la velocidad de giro del motor ayudándonos a mover el eje para la mezcla uniforme de los granos.
Controlador de temperatura	Nos ayuda a modificar y controlar el accionamiento de la resistencia manteniendo una temperatura deseada.
Contactores	Estos elementos nos ayudan a proteger y automatizar el sistema abriendo y cerrando el circuito.
Interruptores termomagnéticos	Son elementos de protección y están conectados para salvaguardar ante sobrecargas a la resistencia y al variador de frecuencia.
Variador de frecuencia	Este elemento nos permite conectar una entrada bifásica de 220V a una salida trifásica a la cual conectaremos el motor y podremos controlar su velocidad de giro.
Riel DIN	Este accesorio sirve para sujetar elementos como Interruptores termomagnéticos, contactores y el variador de frecuencia que están presentes en el circuito.

Gabinete eléctrico

Terminales en U	Este accesorio sirve para conectar fácilmente los contactores y demás elementos.
Canaleta Dentada	Este accesorio sirve para ordenar el cableado del circuito.
Prensa estopa	Este accesorio sirve para ingresar cables de alimentación o realizar una conexión externa al tablero.

Nota. La tabla nos muestra los elementos instalados en el gabinete eléctrico.

Para el funcionamiento de horno de secado de granos. En las figuras 74 y 75 podemos observar el gabinete eléctrico y los elementos instalados.

Figura 74

Exterior del gabinete eléctrico.



Nota. La figura nos muestra el exterior del gabinete eléctrico y los elementos instalados.

Figura 75

Interior del gabinete eléctrico.



Nota. La figura nos muestra el interior del gabinete eléctrico y los elementos instalados.

Funcionamiento del horno de secado de granos.

El horno de secado de granos se ha ensamblado siguiendo las instrucciones detalladas en el apartado 3.1. Logrando una máquina eficiente y confiable con una capacidad de secar 10 kg de granos en 8 horas sin interrupciones, este horno garantiza un rendimiento óptimo y un secado rápido y efectivo. En la figura 76 se muestra el horno de secado de granos.

Figura 76

Ensamblado final del horno.



Nota. La figura muestra el diseño final una vez implementado el horno de secado de granos.

Manual de encendido del horno de secado de granos.

El funcionamiento consiste en activar los interruptores termomagnéticos, de la resistencia y el variador de frecuencia,

- Activar mediante el selector de dos posiciones el blower.
- Activar la resistencia mediante el selector de dos posiciones.
- Realizar la programación del controlador de temperatura:

Accionar el selector de 2 posiciones. Presionar el botón superior izquierdo que cuenta con una flecha inclinada y buscar el parámetro de funciones “Func” presionar SET y acceder al menú “F 01”, presionar SET y cambiar el valor existente por “123”, presionar SET, el sistema nos regresa a “F 01” para lo cual debemos cambiar a “F 02” (con los botones de la derecha). En el parámetro “F 02” presionamos SET y modificamos la temperatura que en este ejemplo para secar los granos de maíz sería de 45° C. Una vez que seleccionamos la temperatura presionamos SET y automáticamente se guarda la temperatura solicitada y finalizamos el proceso.

Figura 77

Encendido del tablero.



Nota. La figura muestra cómo se activa el controlador hasta llegar a la temperatura programada una vez encendido.

- Activar mediante el selector de 2 posiciones el variador de frecuencia para que el motor entre en funcionamiento y el eje para la mezcla empiece a girar. Como se muestra en la figura 78.

Figura 78

Mezcla de los granos.



Nota. La figura muestra cómo se activa motor conjuntamente con el eje para mezcla de los granos.

Una vez que el proceso se haya terminado se debe abrir la compuerta situada a un costado del horno para que los granos puedan ser retirados del proceso de secado. Como se observa en la figura 79.

Figura 79

Compuerta para retirar los granos.



Nota: La figura nos muestra cómo se retiran los granos mediante una compuerta los cuales son empujados con el propio giro del eje de mezcla.

Resultados obtenidos del horno de secado de granos.

Una vez realizado el ensamblaje del horno de secado de granos se lo puso en funcionamiento para lo cual se realizaron diferentes pruebas de funcionamiento bajo dos diferentes cargas de 5 y 10 kg para lo cual lo granos utilizados apenas fueron cosechados, limpiados y clasificados “este proceso tardo un día en ser realizado “por lo tanto estos tenían un contenido de humedad del 99 % una vez que se los ubico en el horno se realizó un monitoreo en el cual se determinó los siguientes datos detallados en la tabla 5

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes mostrados en la tabla 5:

Tabla 6*Análisis de secado.*

Grano a secar		Maíz	
Temperatura	% de humedad	Horas "h"	Cantidad "Kg"
60° C	99%	7 h	10Kg
50° C	50%	5 h	10Kg
30° C	10%	3h	10Kg
60° C	99%	5:30 H	5Kg
50° C	50%	4H	5Kg
30° C	10%	2H	5Kg

Nota. En la tabla nos muestra las horas y la cantidad que debemos secar los granos teniendo en cuenta el porcentaje de humedad.

Mantenimiento del horno de secado de granos.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo del horno de secado de granos es crucial para garantizar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil. Algunas medidas preventivas incluyen:

- Limpieza regular: Limpiar el horno después de cada uso para evitar la acumulación de residuos y la corrosión.
- Revisión de componentes: Revisar periódicamente los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos para detectar y solucionar cualquier problema a tiempo.
- Lubricación: Asegurarse de lubricar los componentes móviles regularmente para reducir el desgaste y la fricción.
- Verificación eléctrica: Revisar el sistema eléctrico del horno para detectar y solucionar problemas de conexión y aislamiento.

- Calibración del sensor: Calibrar periódicamente el sensor para asegurar una medición precisa de la temperatura y la humedad.

Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo es un tipo de mantenimiento que se realiza cuando se detecta un problema o falla en un equipo o máquina. En el caso de un horno de secado de granos, el mantenimiento correctivo incluiría la identificación y reparación de cualquier problema técnico que afecte el funcionamiento del horno.

Por ejemplo en el mantenimiento correctivo para un horno de secado de granos incluyen:

- Reparación de componentes: Reparación de piezas rotas o desgastadas.
- Reemplazo de componentes: Reemplazo de componentes que ya no funcionan correctamente, como el sensor o los actuadores.
- Solución de problemas eléctricos: Identificación y solución de problemas eléctricos, como cortocircuitos, mal funcionamiento del sensor, etc.

Capítulo IV

Conclusiones

Se realizó el análisis de los distintos tipos de hornos de secado, destacando sus características y aplicaciones. Dando a conocer que el sistema de secado automático se usa como una solución altamente eficiente, capaz de acortar significativamente el tiempo requerido para secar los granos ayudando a mejorar la producción agrícola a gran escala.

Determinamos mediante la selección elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos los materiales necesarios para esta implementación. Basándonos en las especificaciones de los fabricantes, datos técnicos y cálculos de funcionamiento. Para asegurar que el equipo sea adecuado y cumpla con las necesidades requeridas.

Mediante el desarrollo del diseño 3D en el software Solid Works de los componentes a implementar en el horno, con la finalidad de llevar a cabo un análisis estático de las palas para la mezcla de los granos puesto que este elemento es el que más trabaja. Además, se verificó su capacidad máxima de granos a secar es de 10kg durante 8 horas continuas.

Con la implementación de los componentes de manera secuencial, se realizó las conexiones de manera segura para evitar problemas al poner en marcha el equipo. También se buscó maximizar la movilidad del equipo construyendo una base con ruedas que permita su fácil traslado, sin importar su peso y tamaño. Esto mejora la funcionalidad del equipo.

Recomendaciones

Una vez realizado la investigación se determinó que se debe seleccionar de manera adecuada el sistema de secado artificial que cumpla con los parámetros necesarios para realizar la implementación del tema.

Tomar en consideración que este horno secador es para granos de maíz o granos que tengan una mayor robustez ya que si son más pequeños estos pueden traspasar por los orificios de la base central y ser triturados al insertarse en los orificios de la base y reciban un golpe de las palas del eje de mezcla.

Una vez que se haya realizado las pruebas de funcionamiento se debe tomar en cuenta el tiempo de secado y la carga insertada ya que de estos factores son cruciales para determinar el tiempo a secar.

Cuando se ponga en funcionamiento este equipo debe ser monitoreado constantemente para precautelar la integridad de los granos que estén siendo secados puesto que estos pueden necesitar ser mezclados a mayor o a menor velocidad dependiendo el calor que se haya configurado.

Después de cada uso se debe realizar una inspección de rutina para conocer el estado de los componentes verificando que se encuentren limpios y lubricados, en caso de que un elemento no se encuentre en buen estado se debe realizar un mantenimiento correctivo con el fin de solucionar a tiempo la falla y que esta no afecte al equipo.

Bibliografía

- Acuña, O. (17 de 02 de 2012). *Sistema de Secado*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=7GiPH66y06U>
- Alanoca Colque, B. G. (2015). *Repositorio Institucional*. Obtenido de Repositorio Institucional: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/9327>
- ARGUI. (2023). *Horno para secado*. Obtenido de Horno para secado: <https://www.argui.com/horno-para-secado-de-electrodos-de-pe-24/>
- Barbosa, C. (2017). *Deshidratación de Alimentos*. Obtenido de Deshidratación de Alimentos: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meie/carrillo_a_j/capitulo1.pdf
- CAMEI S.A. (2023). Obtenido de Breaker riel din 2 Polos 20 Amperios Curva C Acti9 iC60N: <https://www.camei.com.ec/shop/product/se-a9f74220-breaker-riel-din-2-polos-20-amperios-curva-c-acti9-ic60n-1878?page=4>
- Castro, J. (01 de 01 de 2023). *Guía de Operaciones, Procesos e Instalaciones Industriales*. Obtenido de http://www4.ujaen.es/~ecastro/proyecto/operaciones/materia_calor/secado.html
- Ceballos, J. (11 de 06 de 2015). *Secadores Dieléctricos*. Obtenido de Secadores Dieléctricos: <https://es.scribd.com/document/271260859/Secadores-Dielectrico#>
- Ceballos, J. (11 de 06 de 2015). *Secadores infrarrojos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/271260859/Secadores-Dielectrico#>
- CEICA. (2020). Obtenido de POTENCIÓMETROS: <https://www.ceica.com/product/potenciometros/>
- Corona, R. S. (2016). *Patios de secado*. Obtenido de Patios de secado: <https://www.mexicodesconocido.com.mx/expedicion-reserva-triunfo-bosques-cafe-chiapas.html>

Corporan, Leudys Martin Melenciano. (25 de 02 de 2015). Obtenido de Alimentos secos:

<https://es.slideshare.net/leudysmartinmelencianocorporan/secado-en-la-produccion-alimentarias>

Dicovskiy, L. (2023). *Características de la poscosecha de secado de granos*. Obtenido de

<https://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/unidad-i-secado-poscosecha.pdf>

Diego, N. (2016). *Secado por sublimación*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/6-](https://www.researchgate.net/figure/6-2-Secado-por-sublimacion_fig5_314808506)

[2-Secado-por-sublimacion_fig5_314808506](https://www.researchgate.net/figure/6-2-Secado-por-sublimacion_fig5_314808506)

Ebazar.com.br LTDA. (2023). Obtenido de Controlador Digital Full Gauge Mt512e 2hp Bivolt

C/Sensor: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1471162075-controlador-digital-full-gauge-mt512e-2hp-bivolt-csensor-_JM

Electricocable. (30 de 04 de 2018). Obtenido de QUÉ AMPERAJE SOPORTA LOS CABLE

DE COBRE: <http://electricocable.blogspot.com/2018/04/que-amperaje-soporta-los-cable-de-cobre.html>

Equipos de laboratorio. (23 de 02 de 2012). Obtenido de Hornos de secado:

<https://equiposdelaboratorio.wordpress.com/2012/02/23/horno-de-esterilizacion-uso-y-caracteristicas/>

Equipos y Laboratorio de Colombia S.A.S. (2012). *ESTUFA DE SECADO U HORNO DE*

SECADO. Obtenido de ESTUFA DE SECADO U HORNO DE SECADO:

<https://www.equposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/estufa-de-secado-u-horno-de-secado>

Espinoza Brenda, V. J. (2015). Obtenido de Tipos de Secadores:

<https://docplayer.es/39084640-Universidad-estatal-de-guayaquil-facultad-de-ingenieria-quimica-trabajo-de-titulacion-previo-a-la-obtencion-del-titulo-de-ingeniero-quimico-tema.html>

Exhibir Equipos. (13 de 01 de 2023). Obtenido de Caja reductora NM110 sinfin corona :

<https://exhibirequipos.com/producto/caja-reductora-nm110-sinfin-corona/>

Fao.org. (9 de 10 de 2021). *Sistema de Secado*. Obtenido de Sistema de Secado:

<https://www.fao.org/3/x5028s/X5028S08.htm>

Fao.org. (2023). *Secado de Granos Y Secadoras*. Obtenido de Secado de Granos Y

Secadoras: <https://www.fao.org/3/x5028s/X5028S08.htm>

Fentress, S. (19 de 12 de 2022). *Conocer la agricultura y la ganadería*. Obtenido de

<http://www.conocerlaagricultura.com/2017/04/que-no-te-enganen-no-todo-el-maiz-es.html>

Ferrecuento . (2022). Obtenido de Blowers Hot Deal 2" 110V:

<https://www.frecuento.com/blowers-hot-deal-2-110v/951481/>

Fito, A. (2023). *ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS DEL SECADO*. Obtenido de

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/22566/Antecedentes.pdf>

Focus Technology Co., Ltd. (2023). Obtenido de Plancha de acero : [https://es.made-in-](https://es.made-in-china.com/co_zhongxiangsteel/product_0-2mm-Thick-0-4mm-1-5mm-1-2h-304-Stainless-Steel-Plate-Galvanized-Steel-Sheets-in-Steel-Plates_uoihuonshy.html)

[china.com/co_zhongxiangsteel/product_0-2mm-Thick-0-4mm-1-5mm-1-2h-304-Stainless-Steel-Plate-Galvanized-Steel-Sheets-in-Steel-Plates_uoihuonshy.html](https://es.made-in-china.com/co_zhongxiangsteel/product_0-2mm-Thick-0-4mm-1-5mm-1-2h-304-Stainless-Steel-Plate-Galvanized-Steel-Sheets-in-Steel-Plates_uoihuonshy.html)

Freepik Company S.L. . (210). Obtenido de Varios tipos de energía, cables acústicos con

conductores de cables eléctricos unidos: https://www.freepik.es/vector-premium/varios-tipos-energia-cables-acusticos-conductores-cables-electricos-unidos-ilustracion-conjunto-realista-funda-general-blindado-aislamiento-adicional_8590029.htm

Gallardo, J. (22 de 04 de 2022). *Schneider Electric, Inc*. Obtenido de

<https://community.se.com/t5/Industry-Automation-and-Control/Botones-que-salvan-vidas/td-p/392769>

GEA. (2022). Obtenido de SECADORES ROTATIVOS:

<https://www.gea.com/es/products/dryers-particle-processing/rotary-dryers-coolers/rotary-dryer.jsp>

Grupo WEG . (02 de 02 de 2013). Obtenido de Unidad Automatización:

https://serradell.com.ar/wp-content/uploads/2019/04/WEG_Interruptores_MDW_RDW-1.pdf

Grupo WEG. (01 de 10 de 2017). *Motores trifásicos*. Obtenido de Motores trifásicos:

<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h60/h24/WEG-w22-motor-trifasico-50044029-brochure-spanish-web.pdf>

Hebeler Process Solutions, LLC. (2017). Obtenido de SECADORES DE ESTANTES AL

VACÍO: <http://www.buflovak.es/productos/soluciones-de-secado-t%C3%A9rmico-y-solidificaci%C3%B3n/secadores-de-estantes-al-vac%C3%ADo/>

HellermannTyton. (2023). Obtenido de Canaleta para cables.:

<https://www.hellermanntyton.es/competencias/canaleta-para-cables-heladuct>

Herrera, I. C. (2015). *Prototipo de desgranadora de maíz* . Obtenido de

<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tepeji/n8/a16.html>

Ingecom Electricos SAS. (2020). Obtenido de Ingenieria de control moderno:

<https://ingecomsas.com/producto/contactor-chint-25a-220vac/>

Ingeniería Mecafenix. (27 de 03 de 2019). Obtenido de Tipos de tableros eléctricos:

<https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>

Isabel, I. (2014). *Secado y almacenamiento de los granos*. Obtenido de Secado y almacenamiento de los granos:

<https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/secado-grano.aspx#:~:text=El%20secado%20del%20grano%20es,alcance%20la%20instalac>

NANOPDF Inc. (18 de 05 de 2018). Obtenido de Prácticas de Formación profesional y

enseñanzas técnicas.: https://nanopdf.com/download/0-pulsadores-interruptores-reles_pdf

PartesDel.com. (2019). Obtenido de Estructura del grano de Maíz:

https://www.partesdel.com/partes_del_grano_de_maiz.html

Powder Systems Limited. (2015). Obtenido de Secador de cabina:

<https://www.directindustry.es/prod/powder-systems-limited-psl/product-67130-562898.html>

Ramos, M. B. (1883). *Planta de Maíz*. Obtenido de

https://www.google.com/search?q=descripci%C3%B3n+del+maiz&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiRst-s1c_8AhVXQTABHdpdDbEQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=649&dpr=1#imgrc=yUeeTpl9ggNNdM

Reiproacero S.A. . (2020). Obtenido de Eje de acero inoxidable:

<https://reiproacero.ec/m/producto/eje-de-acero-inoxidable/>

RELKOM. (2020). Obtenido de VARIADOR DE FRECUENCIA COMPACTO PI150:

<https://relkom.tech/pi150.php>

Ros, J. (2014). *Resistencias Tope*, S.A. Obtenido de <https://www.resistenciastope.com/es/11-resistencias-aire/10-resistencias-para-calentar-aire-y-gases/>

SIPA. (17 de 01 de 2023). Obtenido de Eapas de secado: <https://eva.iniap.gob.ec/web2/maiz-duro/poscosecha-maiz-duro/>

TACURI LEOPOLDO, Q. M. (11 de 06 de 2010). *DISEÑO CONCURRENTE DE UNA SECADORA*. Obtenido de

<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/908/1/15T00449.pdf>

Universidad de Granada. (2023). Obtenido de Prácticas docentes en la Facultad de Ciencias
Facultad de Ciencias Universidad de Granada:

<http://fciencias.ugr.es/practicasdcentes/wp-content/uploads/guiones/SecadoPorLiofilizacion.pdf>

Uriarte, J. M. (09 de 01 de 2023). Obtenido de El Maíz: <https://humanidades.com/maiz/>

WEG. (2020). Obtenido de Motor Eléctrico Monofásico Catálogo Comercial mercado latinoamericano : <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h35/h2b/WEG-w22-motor-electrico-monofasico-50070884-brochure-spanish-web.pdf>

Anexos