



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Industrial.

Proyecto de investigación

**ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SECADORA DE
GRANOS AGRÍCOLAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE
LA U.T.E.Q. PARA LA OPTIMIZACIÓN DE ENERGÍA
MANTENIENDO LAS CARACTERÍSTICAS ÓPTIMAS DEL
PRODUCTO.**

Autor:

MORÁN RODRÍGUEZ DIÓMEDES FABRICIO

Director del proyecto de investigación:

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2017



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Diómedes Fabricio Morán Rodríguez**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Diómedes Fabricio Morán Rodríguez

C.C. # 120465632-4



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Morán Rodríguez Diómedes Fabricio** realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de grado de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** titulada **“Elaboración de un prototipo de secadora de granos agrícolas de la zona de influencia de la U.T.E.Q. para la optimización de energía manteniendo las características óptimas del producto.”**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f. _____

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD. En calidad de Director de Proyecto de Investigación titulado **“Elaboración de un prototipo de secadora de granos agrícolas de la zona de influencia de la U.T.E.Q. para la optimización de energía manteniendo las características óptimas del producto.”**, me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de la Facultad lo siguiente:

Que, el estudiante egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial, ha cumplido con las correcciones, e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien de certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 9%

Documento	TESIS INGENIERIA INDUSTRIAL-Diomedes - RJAN.docx (D34006933)
Presentado	2017-12-19 09:18 (-05:00)
Presentado por	janeira1@espe.edu.ec
Recibido	janeira1.espe@analysis.orkund.com
Mensaje	Mostrar el mensaje completo

9% de estas 40 páginas, se componen de texto presente en 17 fuentes.

Se adjunta esta imagen del análisis del **URKUND**.

f. _____

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SECADORA DE GRANOS
AGRÍCOLAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA U.T.E.Q. PARA
LA OPTIMIZACIÓN DE ENERGIA MANTENIENDO LAS
CARACTERÍSTICAS ÓPTIMAS DEL PRODUCTO.

Presentado al Honorable Consejo directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Aprobado por:

Ing. Leonardo Baque Mite MsC
Miembro del Tribunal de Tesis

Ing. José Guadalupe Almeida MsC
Miembro del Tribunal de Tesis

Ing. Rogelio Navarrete Gómez
Miembro del Tribunal de Tesis

Ing. Marisol Véliz Aguilar
Redacción Técnica

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2017

Agradecimiento

Por la culminación de este proyecto y la formación como Ingeniero Industrial agradezco a Dios, quien con su inmenso amor ha hecho posible que todo fluya de manera perfecta en mi vida, alcanzando a concluir este trabajo en el momento exacto.

A la Facultad Ciencias de la Ingeniería y a la carrera de Ingeniería Industrial por haberme dado los conocimientos técnicos, éticos y una formación académica de excelencia.

A mis padres: Ramón Morán y Rosa Rodríguez que han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional y confianza, enseñándome con amor el conocimiento de superación y sacrificio para alcanzar las metas propuestas en la vida.

A mi esposa Maribel Montecé quien siempre ha estado en cada momento apoyándome, a mis hijos Steven, Jeremy y Aynara Doménika.

A mi tío Gestuardo Rodríguez y a Don Bolívar Colmenares por brindarnos el apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida para seguir luchando por el objetivo alcanzado.

A mis hermanos: Eusebio, Rodolfo, Ninfa, Mayra, Jasmany, Jair, Josselyn y Mayté y demás familiares quienes han sido para mí cada día un gran ejemplo de superación, amor, sabiduría, perseverancia, valentía e inteligencia y por el apoyo incondicional que me han brindado para poder culminar mi carrera profesional.

Un agradecimiento a mis compañeros por compartir sus experiencias en el transcurso de nuestra etapa estudiantil.

Un agradecimiento eterno a los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial y a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ, quienes han impartido sus conocimientos, enseñándome con entrega para obtener una excelente formación académica.

Al Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD., Director del proyecto de investigación y a la Ing. Marlene Medina MsC Sub Decana de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería por su guía durante la realización del proyecto de investigación.

Diómedes Fabricio Morán Rodríguez

Dedicatoria

Este trabajo dedico a Dios por la salud, y especialmente por la oportunidad que me ha otorgado para cumplir esta meta.

A mis amados padres Ramón Morán y Rosa Rodríguez por el apoyo sostenible en todo momento, por los consejos y darme la mayor herencia “La Educación”.

A mi amada esposa Maribel Montecé que con tanto amor y paciencia supo estar conmigo en los momentos más difíciles, y ser una compañera incondicional.

A mis hijos Steven, Jeremy y Aynara Doménika, hermanos, familiares y seres queridos por que han sido la fortaleza para continuar luchando por cumplir una meta más en mi vida, sus consejos, apoyo y sabiduría transmitida en el desarrollo de mi formación profesional y como persona, han hecho de mí una persona humilde.

Diómedes Fabricio Morán Rodríguez

Resumen

En este trabajo de investigación se consideró elaborar un prototipo de secadora de granos agrícolas, equipo que permite desarrollar un óptimo secado del grano para fines investigativos que satisfaga la demanda alimenticia. Este tipo de secado permite mantener la calidad del grano, a diferencia de otros métodos a altas temperaturas que podrían alterar la calidad del producto final. Además se evaluaron diferentes procesos térmicos con dos tipos de secado a base de Gas y Electricidad, acompañado de un sistema de retención de energía en conductos instalados a través de un sistema disperso de aceite de inducción térmica. Este sistema posee un eje céntrico que contiene dos aletas tipo rastrillo que da movimiento al grano que se está secando a través del aire caliente que sale por los orificios del plato inoxidable a través del sistema de mecanismos accionados por un motor y botones desde la caja de mando cuando se requiera mayor o menor temperatura. El mantenimiento se realiza de forma periódica cada tres procedimientos de secado de granos agrícolas. Se determinó el costo de fabricación del equipo para su uso exclusivo a nivel de laboratorio que tiene un monto de **2770,15 USD**. Mediante la obtención de un grano seco se aplicó un modelo estadístico de bloque al azar con modelo factorial $A \times B \times C$, se evaluó como variables: Factor A: Características de funcionamiento con tres diferentes productos que lo representa (a_0 = Cacao), (a_1 = Soja) y (a_2 = Maíz); Factor B: Diseños a fin de optimizar energía que lo representa (b_0 = 15 hrz), (b_1 = 30 hrz) y (b_3 = 60 hrz), y el Factor C: Tiempo y Temperatura que lo representa (c_0 = 1h x 60°C) y (c_1 = 1h x 80°C) para obtener una mejor calidad del producto final.

Palabras Claves: Secado de granos, sistema automatizado, almacenamiento térmico, diseño experimental $A \times B \times C$.

Abstract

In this research work was considered to develop a prototype of agricultural grain dryer, equipment that allows to develop an optimal drying of the grain for research purposes that satisfies the nutritional demand. This type of drying allows maintaining the quality of the grain, unlike other methods at high temperatures that could alter the quality of the final product. In addition, different thermal processes were evaluated with two types of gas and electricity drying, accompanied by an energy retention system in ducts installed through a dispersed system of thermal induction oil. This system has a central axis containing two rake-type fins that gives movement to the grain that is drying through the hot air that comes out of the holes of the stainless plate through the system of mechanisms driven by a motor and buttons from the box. control when higher or lower temperature is required. The maintenance is carried out periodically every three drying procedures of agricultural grains. The cost of manufacturing the equipment for its exclusive use at a laboratory level that has an amount of **2770,15 USD** was analyzed, as well as the unit cost of the product. By obtaining a dry grain we applied a random block statistical model with factorial model $A \times B \times C$, we evaluated as variables: Factor A: Performance characteristics with three different products that represent it ($a_0 = \text{Cocoa}$), ($a_1 = \text{Soy}$) and ($a_2 = \text{Corn}$); Factor B: Designs to optimize energy that represents it ($b_0 = 15 \text{ hrz}$), ($b_1 = 30 \text{ hrz}$) and ($b_3 = 60 \text{ hrz}$), and Factor C: Time and Temperature that represents it ($c_0 = 1 \text{ h} \times 60^\circ\text{C}$) and ($c_1 = 1 \text{ h} \times 80^\circ\text{C}$) to obtain a better quality of the final product.

Key words: Drying of grains, automated system, thermal storage, experimental design $A \times B \times C$.

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	2
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	4
Agradecimiento	6
Resumen	8
Abstract.....	9
TABLA DE CONTENIDOS	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
ÍNDICE DE GRÁFICOS	15
Código Dublín	16
Introducción.....	17
CAPÍTULO I.....	18
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.1. Problema de investigación.....	19
1.1.1. Planteamiento del problema	19
1.1.4. Formulación del problema.....	21
1.1.5. Sistematización del problema.....	21
1.2. Objetivo	22
1.2.1. Objetivo general	22
1.2.2. Objetivos específicos.....	22
1.3. Hipótesis	23
1.3.1. Hipótesis nula	23
1.3.2. Hipótesis alternativa	23
1.4. Justificación.....	24
CAPÍTULO II.....	25
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	25

2.1. Marco conceptual	26
2.1.1. Diseño mecánico.....	26
2.1.2. Prototipo o Equipo para prueba de laboratorio.....	26
2.1.3. El software AUTOCAD	26
2.2. Marco referencial.....	27
2.2.1. Generalidades del secado de los granos	27
2.2.1.1. Cacao (teobroma cacao)	27
2.2.1.1.1. El cacao como producto	28
2.2.1.1.2. Importancia del cacao como producto.....	28
2.2.1.2. Soja o Soya (glycine max).....	29
2.2.1.2.1. Almacenamiento de la soja.....	30
2.2.1.2.1.1. Consideraciones previas al almacenamiento que se deben tener en cuenta	30
2.2.1.3. (Maíz) zea mays.....	31
2.2.1.3.1. Consideraciones previas al almacenamiento que se deben tener el maíz antes de ser cosechado. 32	
2.2.1.3.1.1. Cosecha.....	32
2.2.2. El Secado	33
2.2.2.1. Mecanismos de secado	33
2.2.2.2. Método natural.....	34
2.2.2.3. Método artificial	34
2.2.2.4. Ventajas del secado artificial.....	35
2.2.2.5. Desventajas del secado artificial.....	35
2.2.2.6. Importancia del secado en el grano de cacao	35
2.2.2.7. Importancia del secado en el grano de soja	36
2.2.2.8. Importancia del secado en el grano de maíz.....	37
CAPÍTULO III	38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	38

3.1. Metodología.....	39
3.1.1. Localización.....	39
3.5. Materiales y Equipos	41
3.6. Materiales de acero inoxidable	43
3.7. Materiales para el sistema de calentado eléctrico.....	47
3.8. Materiales para el sistema de calentado eléctrico.....	54
CAPÍTULO IV	57
RESULTADO Y DISCUSIÓN	57
4.1. Resultados.....	58
4.1.1. Elaboración del prototipo de secadora de granos agrícolas.....	58
4.1.2. Elaboración del equipo.	60
4.1.3. Funcionamiento del sistema de secado de granos agrícolas.....	60
4.1.4. Diseño experimental para evaluar de los niveles y tiempo de la temperatura del secado en los tres tipos de granos agrícolas (cacao, soja y maíz).	61
4.1.4.1. Factores de Estudio.....	61
4.1.4.2. Tratamientos	62
4.2. Diseño experimental	63
4.2.1. Características del Experimento	63
4.2.2. Mediciones experimentales	63
4.2.3. Análisis estadístico	63
4.2.5. Determinación, comparación y evaluación de la eficiencia del secado en el funcionamiento del equipo con tres productos agrícolas cacao, soja y maíz, a 1h/60°C y 1h/80°C, y frecuencias de giro entre 15, 30 y 60 Hertz	65
4.3. Discusión	76
4.3.1. Elaboración del prototipo de secadora de granos agrícolas.....	76
4.3.2. Determinación, comparación y evaluación del funcionamiento del equipo con tres productos agrícolas cacao, soja y maíz, a 1h/60°C y 1h/80°C, y frecuencias de giro entre 15, 30 y 60 Hertz	76

4.3.2.1. Factor A: Pérdida de peso (gr) en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.).....	76
4.3.2.2. Factor A: Pérdida de peso (gr) en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando energía eléctrica.	77
En cuanto a producto agrícola:	77
4.3.2.3. Factor B: consumo de energía en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando G.L.P.....	77
4.3.2.4. Factor B: consumo de energía en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando energía eléctrica.	78
CAPÍTULO V	79
CONCLUSION Y RECOMENDACION	79
5.1. Conclusiones.....	80
5.2. Determinación, comparación y evaluación del funcionamiento del equipo con tres productos agrícolas cacao, soja y maíz, a 1h/60°C y 1h/80°C, y frecuencias de giro entre 15, 30 y 60 Hertz	80
5.3. Recomendaciones	82
CAPÍTULO VI.....	83
BIBLIOGRAFIA	83
6. Bibliografía.....	84
CAPÍTULO VII.....	85
ANEXOS	85
4.1. Anexos.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de fermentación del cacao después de la cosecha	29
Tabla 2. Materiales y Equipos utilizados en diseño, construcción de la secadora de granos	41
Tabla 3. Descripción Factores de Estudio para la determinación del correcto secado del cacao, soja y maíz a nivel experimental para su aplicación en investigación científica.....	61
Tabla 4. Combinación de los tratamientos propuestos para la determinación del diseño de un equipo de prueba de laboratorio	62
Tabla 4. Análisis estadístico	64
Tabla 6. Análisis de Varianza con relación a la pérdida de peso (gr) en el secado de los productos agrícolas utilizando energía a base de gas L.P.	65
Tabla 7. Análisis de Varianza con relación a la pérdida de peso (gr) en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando energía a electricidad.	66
Tabla 8. Análisis de Varianza con relación al consumo de energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) en el secado de los productos agrícolas.....	67
Tabla 9. Determinación del costo de fabricación del prototipo de secadora de granos.....	72
Tabla 10. Determinación del costo de fabricación del prototipo de secadora de granos.....	87
Tabla 11. Datos de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando gas (G.L.P.)	89
Tabla 12. Resultado de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando gas licuado de petróleo (G.L.P.).....	91
Tabla 13. Resultado de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de consumo de energía utilizando energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.).....	92
Tabla 14. Datos del resultado de las pruebas realizadas en el proceso de consumo de energía de secado de granos utilizando energía eléctrica	93
Tabla 15. Datos de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando energía eléctrica.....	94
Tabla 16. Datos de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando energía eléctrica.....	96
Tabla 17. Datos de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando energía eléctrica.....	97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Plato o recipiente del equipo con agujeros de 4mm.....	43
Gráfico 2. Soporte o Bastidor.....	44
Gráfico 3. Quemador industrial.....	44
Gráfico 4. Válvula de Gas Licuado de Petróleo (G.L.P).....	45
Gráfico 5. Manguera de gas licuado de petróleo.....	46
Gráfico 6. Barómetro.....	46
Gráfico 7. Motor eléctrico.....	47
Gráfico 8. Termopar.....	48
Gráfico 9. Resistencia eléctrica.....	49
Gráfico 10. Variador de frecuencia.....	49
Gráfico 11. Contactor.....	50
Gráfico 12. Breaker.....	51
Gráfico 13. Guarda Motor.....	52
Gráfico 14. Potenciómetro.....	53
Gráfico 15. Botones de mando.....	53
Gráfico 16. Aislante de Calor.....	55
Gráfico 17. Soplador centrifugo.....	56
Gráfico 18. Resultados de las medias de los niveles del factor A (perdida de peso en el secado con energía a G.L.P) en las que el recuadro Hace mención a los resultados de 1.- frecuencia giro, 2.- producto 3.-repeticiones 4.-temperatura.....	69
Gráfico 19. Resultados de las medias de los niveles del factor A (perdida de peso en el secado con energia electrica) en las que el recuadro hace mención a los resultados de 1.- giro, 2.- producto 3.-repeticiones 4.-temperatura.....	70
Gráfico 20. Resultados de las medias de los niveles del factor B (consumo de energia G.L.P) en las que el recuadro hace mención a los resultados de 1.- giro, 2.- producto 3.-repeticiones 4.-temperatura.....	71

Código Dublín

Título:	Elaboración de un prototipo de secadora de granos agrícolas de la zona de influencia la U.T.E.Q. para la optimización de energía manteniendo las características óptimas del producto.
Autores:	Morán Rodríguez Diómedes Fabricio
Palabras claves:	Secado de granos, sistema automatizado, almacenamiento térmico, diseño experimental AxBxC.
F. publicación	
Editorial:	Quevedo UTEQ 2017
Resumen	<p>En este trabajo de investigación se consideró elaborar un prototipo de secadora de granos agrícolas, equipo que permite desarrollar un óptimo secado del grano para fines investigativos que satisfaga la demanda alimenticia. Este tipo de secado permite mantener la calidad del grano, a diferencia de otros métodos de secado a altas temperaturas que podrían alterar la calidad del producto final. (...)</p> <p>In this research work was considered to develop a prototype of agricultural grain dryer, equipment that allows to develop an optimal drying of the grain for research purposes that satisfies the nutritional demand. This type of drying allows to maintain the quality of the grain, unlike other methods of drying at high temperatures that could alter the quality of the final product. (...)</p>
Descripción:	99 hojas: Dimensiones 29x21 cm : CD - Rom
URI:	

Introducción

Desde la antigüedad el proceso de secado consistía en cañas picadas tipo tablas estas se las colocaba en el suelo con maderos pesados aplastándolas en las puntas para que no se doblaran, los granos se los regaba encima de ellas para que se doraran y así liberaran un poco de humedad [1].

Desde entonces los agricultores sobre todo a nivel nacional fueron instaurando más sembríos empezando a incrementar la producción de estos cultivos ya que la demanda que promovían los países industrializados requería de suma urgencia de estos productos y con estos equivalentes antiguos de secado fueron modificando para imponer más calidad y valor económico sobre la semilla.

El secado de granos agrícola es una operación unitaria industrial en la cual se involucra la transferencia de masa y energía el cual tiene como objetivo fundamental la extracción de humedad contenida de los sólidos o líquidos por medio un sistema térmico emitido por aire caliente a presión para obtener un mejor secado de granos agrícolas.

Actualmente se desarrolla estudios de secado de granos agrícola y sus propiedades a nivel de laboratorio en la zona provincial, con la finalidad de resolver problemas de producción, pero no se cuenta con un equipo adecuado para el desarrollo de este tipo de investigación, por esta razón en este estudio, se enfocó en la elaboración de un prototipo de secadora de granos agrícolas de la zona para realizar pruebas que permitan aproximar resultados, para luego ser aplicados en escalas mayores.

Encontrándose con la actual situación, el presente trabajo de investigación, pretende reducir el costo del consumo de energía en diferentes tipos de granos agrícolas en el secado mediante el sistema térmico propuesto, para que de esta forma sean secados sin dañar la corteza del grano.

En lo posterior este equipo, será utilizados para la investigación de laboratorio que requiere la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el área de la industria alimenticia, teniendo en cuenta que en la actualidad los granos secados son utilizados específicamente en la industria por lo cual la comercialización exige productos con las mejores condiciones del secado para esto es indispensable optimizar recursos como energía, objetivo principal de la construcción de este prototipo de secadora de granos.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La falta de equipos para pruebas de laboratorio específicamente que se ajusten a los requerimientos de la investigación para la aplicación en productos locales, más aún para el secado de diversos tipos de granos bajo diferentes parámetros de funcionamiento y temperatura hacen indispensable la ejecución de esta investigación, con intención de cambiar la matriz productiva y tecnológica del país.

Por lo tanto surge la necesidad de experimentar en los laboratorios de bromatología y análisis de alimentos con equipos adecuados, por esta razón se consideró la puesta en marcha el proyecto: “Elaboración de un prototipo de secadora de granos agrícolas de la zona de influencia la U.T.E.Q. para la optimización de energía manteniendo las características óptimas del producto”.

1.1.2. Diagnóstico

Se considera la necesidad de contar con un prototipo de secadora de granos agrícolas, maquinaria que permita desarrollar un grano seco recomendable para fines investigativos que satisfaga la demanda alimenticia.

En la elaboración de este equipo se seleccionaran las diferentes alternativas para facilitar su funcionamiento, sin dañar la calidad del producto, además se evaluó el secado de tres diferentes granos agrícolas como el cacao, soja y maíz, el giro que se da para dar movimiento al producto en diferentes medidas de 15, 30 y 60 Hertz con una temperatura de 60°C y 80°C con dos tipos de energía para el secado a base de gas L.P. y Electricidad, acompañado con un sistema de retención de energía en conductos que permite el acopio de un aceite especial para aprovechar el vapor que emana del aceite retenido, con el sistema térmico disperso a través de aceite caliente se logra un óptimo secado de granos con dicha acumulación de energía que emana vapor a través de este sistema.

Se trabajara con pequeñas cantidades de producto ya que la función de secado sea a nivel de laboratorio, el mismo que requiere de muestras seleccionadas, uniformes, con tratamiento previo para el secado en condiciones controladas, una vez establecido el proceso tecnológico sean ajustables a las medidas de calidad se implementará un método normalizado a fin de ponerlo al servicio del laboratorio de la Facultad, habrá que seguir protocolos lógicos y establecer los parámetros técnicos que regirán la producción industrial.

Los factores implícitos en esta investigación deberán estar relacionados con la temperatura ejercida sobre la materia prima, tamaño de los orificios del plato, espesor del grano, tiempo de secado entre otros, los mismos tendrán que ajustarse a los diferentes productos a evaluarse, a fin de conseguir un equipo que permita regular: frecuencia de giro, temperatura y ventilación, con la finalidad de que su utilización regularice parámetros, ya que es un equipo para investigación.

1.1.3. Pronóstico.

El dotar a los estudiantes de la U.T.E.Q., de equipos especializados en secado de granos para estudios estrictamente experimental que se dan en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, facilitará las prácticas profesionales, además de desarrollar destrezas en los proponentes afín de afianzar sus conocimientos.

Por tal razón la elaboración del equipo para prueba de laboratorio permitirá realizar una investigación científica que facilitará el secado de granos agrícolas con el propósito de optimizar la utilización de energía a través de gas licuado de petróleo (G.L.P.) y electricidad, adaptado un conducto tipo doble camisa con aceite de inducción térmica que tiene como objetivo retener vapor y así ser aprovechado para la utilización de fluido de aire caliente que sirve para secar el producto.

1.1.4. Formulación del problema

¿La falta de un prototipo de secadora de granos agrícolas de la zona de influencia de la u.t.e.q. Impide realizar practiocas para la optimización de energía manteniendo las características óptimas de productos agrícolas?.

1.1.5. Sistematización del problema

¿Cuál es la determinación de las características de funcionamiento del equipo con tres diferentes productos (cacao, soja y maíz)??

¿Cuál es la metodología que se utiliza para tomar mediciones de tiempo y temperaturas mediante el proceso de secado a (1h/60°C y 1h/80°C) a 15, 30 y 45 Hertz?

¿Qué tipo de diseño se utiliza para optimizar energía en la evaluación del secado a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) y electricidad?

¿Cuáles son los costos de fabricación del prototipo de secadora de granos agrícolas?

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo general

- Elaborar un prototipo de secadora de granos agrícolas de la zona de influencia de la U.T.E.Q. para la optimización de energía manteniendo las características óptimas del producto.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características de funcionamiento del equipo con tres diferentes productos (cacao, soja y maíz).
- Comparar el funcionamiento del equipo con un tiempo y dos temperaturas de secado a (1h/60°C y 1h/80°C), utilizando frecuencias de giro entre 15, 30 y 45 Hertz.
- Evaluar la eficiencia del secado utilizando energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) y Electricidad.
- Determinar los costos de fabricación del prototipo de secadora de granos agrícolas.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis nula

- ✓ Las características de funcionamiento no varían de acuerdo con los diferentes productos.
- ✓ Un tiempo determinado, diferentes temperaturas y frecuencias de giro implementadas no alteran las condiciones de secado.
- ✓ La utilización de energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P) y Electricidad no afectan en el secado del cacao, soja y maíz.
- ✓ La elaboración del equipo no afectará el costo de fabricación de la secadora de granos agrícolas.

1.3.2. Hipótesis alternativa

- ✓ Las características de funcionamiento varían de acuerdo con los diferentes productos.
- ✓ Un tiempo determinado, diferentes temperaturas y frecuencias de giro implementadas alteran las condiciones de secado.
- ✓ La utilización de energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P) y Electricidad afectan en el secado del cacao soja y maíz.
- ✓ La elaboración del equipo afecta el costo de fabricación de la secadora de granos agrícolas.

1.4. Justificación

El propósito de este proyecto de investigación es llevar a cabo la elaboración de un equipo para prueba de laboratorio que permita determinar parámetros de temperatura, para esto se procedió a adaptar un termostato, para que sea manipulado de acuerdo a las necesidades del investigador, lo mismo ocurrió con la velocidad de giro, esto permitiría calcular el consumo de energía y encontrar tiempos óptimos de secado, bajo el principio de diseños experimentales.

El diseño del equipo se basa a su funcionamiento de calentamiento: uno de ellos es específicamente a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) y a electricidad, este debe garantizar que el producto será aprovechado en su máxima expresión, sin alterar las condiciones óptimas del grano, obteniendo como resultado un avance en el funcionamiento del equipo en base al secado del producto en su nivel de aceptación en la humedad relativa del grano.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Diseño mecánico

El diseño es un proceso renovado con muchos complementos de intercambio, es la combinación, en una estructura agradable de materiales, de instrucciones de todos los componentes que tienden a una establecida función.

2.1.2. Prototipo o Equipo para prueba de laboratorio

Los materiales y aparatos de uso frecuente en el laboratorio se asemejan por su nombre correcto y uso delimitado que tiene cada uno, pero más importante es saber manipular adecuadamente en el momento acertado, teniendo en cuenta los cuidados y pautas especiales para el uso de aquellos que así lo requieran. Los materiales y útiles de laboratorio están formados de materiales diversos.

2.1.3. El software AUTOCAD

Es un software de diseño asistido por computadoras utilizado para dibujo 2D y modelado 3D para las industrias de manufactura, infraestructuras, construcción, medios y entretenimientos y datos transmitidos vía inalámbricas.

2.2. Marco referencial

2.2.1. Generalidades del secado de los granos

2.2.1.1. Cacao (teobroma cacao)

Es un arbusto perenne perteneciente a la familia Malvaceae, su principal característica es la producción de flores y frutos en los tallos, además es una planta semiumbrófila es decir necesita de un porcentaje de sombra durante todo su ciclo de vida (Dirección General de Investigación, 1991). En nuestro país se reconocen 2 variedades de cacao cada una con diferentes rasgos, como la variedad CCN 51 es un arbusto de menor tamaño su fruto es de color conchuevino en estado verde y de color rojo al madurar en cambio el cacao nacional o fino de aroma puede alcanzar una altura de 10 m es de color rojo en estado verde y amarillo al madurar (Torres, L. 2012) [1].

Tallo. Irregular de 1 a 3 m de altura, de este emergen las ramas horizontales en número de 3 a 5 formando el llamado abanico u horqueta. Formada la horqueta la yema terminal se elimina, y prosigue el crecimiento vertical (Torres, L. 2012).

Hojas. Color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, de forma ovaladas, borde entero, el peciolo presenta una hinchazón en la unión con la rama llamado yema de donde se originan las nuevas ramas (Torres, L. 2012).

Flores. Hermafroditas, poseen cinco sépalos, cinco pétalos y diez estambres son caudifloras es decir flores y frutos brotan de las partes más viejas de la planta mayoritariamente del tronco, las flores salen de yemas antiguas y siempre brotan en el mismo lugar (Torres, L. 2012).

Fruto. Indehiscente, baya comúnmente conocida como mazorca, posee diferentes tamaños, colores y formas según la variedad. Tienen un tamaño aproximado de 30 cm de largo y 30 cm de ancho, contiene entre 20 y 60 semillas dispuestas en 5 filas rodeadas con una pulpa gelatinosa y azucarada (Torres, L. 2012).

Semilla. Se encuentra dentro del fruto, el número, tamaño y forma depende de la variedad, son de forma aplanada o redondeada de 2 cm a 4 cm de tamaño, están ubicadas ordenadamente en cinco hileras dentro del fruto, testa gruesa y coriácea, embrión está formado por dos grandes cotiledones (Torres, L. 2012).

2.2.1.1.1. El cacao como producto

El cacao es un producto que a través de los años ha mostrado un gran dinamismo para las exportaciones en nuestro país. El cultivo posee un valor incalculable por las diversas características que presenta en términos de sabor y aroma que debemos conservar; el cacao la materia prima del chocolate, un arbusto que genera ingresos permanentes para el campesino por 30 años consecutivos se caracteriza por su potencial exportador buscado principalmente por los mercados de Europa quienes lo prefieren por su gran aroma (Sacha y Shura, 2009) [2].

2.2.1.1.2. Importancia del cacao como producto

La importancia del cacao como uno de los productos agrícolas más relevantes en la producción es utilizado como materia prima para la obtención de diversos productos de la industria de alimentos el residuo pulverizado, que también se llama cacao, es la materia prima a partir de la cual se fabrica el chocolate (confitería, bebidas) (Sacha y Shura, 2009).

2.2.1.1.3. Proceso de fermentación del cacao después de la cosecha

Este proceso es uno de los más importantes que se lleva a cabo en el secado del cacao, se desarrolla en primera fase llenando sacos o introduciendo el producto en cajones de madera, en los cuales se los acumula las almendras uniformemente y se las cubre para mantener la temperatura provocada por los alcoholes, esta masa se voltea a partir de las primeras 24 horas para aumentar una temperatura mayor a 35 °C y luego en la segunda 48 horas alcanza una temperatura de 45°C hasta 50°C para alcanzar el nivel de humedad que se requiere para airearla y lograr una buena fermentación que puede durar entre 5 a 6 días sin mezclar los granos cosechados recientemente, dependiendo de las condiciones del grano y del clima. La fermentación tiene como objetivo lo siguiente:

- ✓ Desligar el mucilago que resguarda las almendras.
- ✓ Estimular la muerte del embrión e impedir la germinación de la semilla,
- ✓ Impedir alteraciones bioquímicas en el interior de los cotiledones.

Tabla 1. Porcentaje de fermentación del cacao después de la cosecha

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
25 °C	40°C	49°C	49,8°C	46°C	45.5°C

Elaborado por: **Morán D. (2017)**

2.2.1.2. Soja o Soya (*glycine max*)

Es una especie de la familia de las leguminosas (Fabaceae) cultivada por sus semillas, de medio contenido en aceite y alto de proteína. El grano de soja y sus subproductos (aceite y harina de soja, principalmente) se utilizan en la alimentación humana y del ganado. Se comercializa en todo el mundo, debido a sus múltiples usos.

El cultivo de soja, además de ser un factor muy valioso, ayuda al ser humano si se efectúa en el marco de un cultivo por rotación estacional, ya que fija el nitrógeno en los suelos, agotados tras haberse practicado otros cultivos intensivos. En cambio, el monocultivo de soja, acarrea desequilibrios ecológicos y económicos si se mantiene prolongadamente y en grandes extensiones. El fruto es una vaina pilosa que crece en grupos de 3-5, cada vaina tiene 3-8 cm de longitud y usualmente contiene 2-4 (raramente más) semillas de 5-11 mm de diámetro.

La soja se da en varios tamaños y la cáscara de la semilla es de color negro, marrón, azul, amarillo, verde o abigarrado. La cáscara del poroto maduro es dura, resistente al agua y protege al cotiledón e hipocótilo (o "germen") de daños. Si se rompe la cubierta de la semilla, ésta no germinará. La cicatriz, visible sobre la semilla, se llama hilum (de color negro, marrón, gris y amarillo) y en uno de los extremos del hilum está el micrópilo, o pequeña apertura en la cubierta de la semilla que permite la absorción de agua para brotar.

Algo para destacar es que las semillas que contienen muy altos niveles de proteína, como las de soja, pueden sufrir desecación y todavía sobrevivir y revivir después de la absorción de agua.

2.2.1.2.1. Almacenamiento de la soja

2.2.1.2.1.1. Consideraciones previas al almacenamiento que se deben tener en cuenta

Deterioro de granos

El deterioro de los granos es un proceso irreversible e inevitable. Se produce de todos modos, no se puede evitar, pero sí se puede demorar o postergar en el tiempo. Para entender mejor este proceso de deterioro de los granos de soja, es necesario comprender como se forman los mismos. El desarrollo de los granos es muy lento durante los primeros 10 a 15 días posteriores a la floración.

El contenido de humedad aumenta hasta el 90% y luego comienza a disminuir hasta el 50-55% a los 60 a 65 días, momento en que el grano alcanza la madurez fisiológica (MF). Luego sigue perdiendo humedad, llegando al 14 al 18% en el momento de la cosecha. El tamaño de los granos aumenta hasta los 60 días y luego decrece, a medida que se seca. La materia seca (MS) comienza a acumularse rápidamente a partir de los 20 días y alcanza el máximo valor 60 a 65 días luego de la floración. El máximo de peso seco se obtiene en MF cuando el grano tiene 50% de humedad aproximadamente.

A nivel de plantas hay cierta graduación en la madurez fisiológica, ya que no todas las vainas se forman al mismo tiempo y dependen de la amplitud de madurez que cada cultivar alcanza cuando el grano contiene un 50 a 55% de humedad. En la planta, se manifiesta como un cambio de color, de verde hacia castaño claro.

2.2.1.3. (Maíz) *zea mays*

Es una especie de gramínea anual originaria de América e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz.

Raíz. La planta tiene dos tipos de raíz, las primarias son fibrosas, presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta, sin embargo, por su gran masa de raíces superficiales, es susceptible a la sequía, intolerancia a suelos deficientes en nutrientes, y a caídas de grandes vientos (acame) [3].

Tallo. El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.

Hojas. Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta, cuyo número puede variar entre ocho y treinta.

La Inflorescencia

Es una planta monoica de flores unisexuales; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran bien diferenciadas en la misma planta:

La inflorescencia masculina es terminal y se conoce como panícula, panoja, espiga "miahuatl" en nahuatl, compuesta por un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen en forma apareada las flores esta minadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen.

Las inflorescencias femeninas, las mazorcas, se localizan en las yemas axilares de las hojas; son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas, una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen.

Granos. En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósido que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca.

2.2.1.3.1. Consideraciones previas al almacenamiento que se deben tener el maíz antes de ser cosechado.

A nivel de plantas hay cierta graduación en la madurez fisiológica, ya que no todas las mazorcas se forman al mismo tiempo y dependen de la amplitud de madurez que cada cultivo alcanza cuando el grano contiene una humedad de 20 a 22% antes de la cosecha. En la planta, se manifiesta cuando este se comienza a secar y a presentar color café amarillo. Una vez la mazorca presentada estas características se debe cosechar.

2.2.1.3.1.1. Cosecha

El factor que altera la calidad del grano de Soja es el daño mecánico que se produce durante la cosecha por una mala regulación de los equipos. Este daño no sólo altera la integridad física de los granos, sino que también incide directamente sobre su aptitud para la posterior conservación (almacenamiento).

En esta etapa es necesario destacar que cualquier daño de tipo físico, sea causado por insectos (como chinches) y/o por el clima, predispone a los granos a una mayor susceptibilidad al ataque de hongos, como los del grupo *Aspergillus spp.* Esto se agrava

cuando la humedad relativa del aire supera el 75% y la humedad del grano es superior al 14%.

2.2.2. El Secado

La temperatura máxima media que se obtiene durante el proceso de secado es de 55 °C, con la cual no se distorsiona la actividad enzimática del grano de cacao. En el caso de máquinas secadoras, se obtienen temperaturas superiores a 65 °C, que pueden producir inhibición de la actividad enzimática, que es importante dentro de la almendra, donde ocurren reacciones de oxidación que disminuyen el sabor amargo y la astringencia del grano de cacao, aunque esto sucede poco durante el secado (Forsyth y Quesnel, 1963) [4].

2.2.2.1. Mecanismos de secado

El secado se puede realizar por dos métodos:

- **Evaporación:** ocurre cuando la presión de vapor del agua en la superficie del sólido es igual a la presión atmosférica y la temperatura de ésta se incrementa hasta el punto de ebullición. Si el material que se está secando es sensible al calor, la temperatura de evaporación debe ser reducida bajando la presión (al vacío), y si ésta última se reduce más allá del punto triple, la humedad es congelada y se sublima directamente.
- **Vaporización:** la presión de vapor de agua en sólido es menor que la presión atmosférica. El secado se lleva a cabo por convección pasando aire caliente sobre el producto.

Para ambos casos el calor puede ser suministrado al sólido por medio de convección, conducción o radiación. El proceso se puede llevar a cabo de forma continua, si el material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene material seco en régimen continuo, o en lotes (bache o tanda) cuando el proceso se verifica por periodos.

2.2.2.2. Método natural

Usado comúnmente por los campesinos, consiste en aprovechar el calor de los días soleados, esparciendo todos los granos en un tendal durante varias horas, lamentablemente los campesinos no conocen con exactitud los días de sol ni la intensidad de calor generada por el mismo, por lo que no se obtiene un secado uniforme ni acelerado (Zambrano, A. et al., 2010) [5].

2.2.2.3. Método artificial

Los sistemas para el secado artificial de granos están constituidos por un ventilador que mueve el aire y que lo fuerza a pasar por la masa de granos, una cámara para contener el grano y un quemador que permite aumentar la temperatura del aire de secado. Cuando el grano se va a secar en flujos continuos, los secadores requieren equipos especiales para llenarlos con granos húmedos y para vaciarlos cuando los granos están secos. En los secadores estacionarios o por lotes, el grano se retira del secador después que se ha secado y enfriado.

A diferencia del método natural este utiliza una turbina alimentada por gas licuado, manteniéndose el calor por tiempo indefinido mientras dure el depósito de gas, obteniéndose el grado de humedad óptimo en menos tiempo y sin esfuerzo (Zambrano, A. et al., 2010) [5].

El secado puede afectar a la estructura de los tejidos celulares modificando las propiedades físico-químicas del producto, siendo la temperatura un factor determinante. Estas modificaciones afectan principalmente la textura, la capacidad de rehidratación y el aspecto físico. (Gilses, H. Sanmartín, F. 2013) [6].

Uno de los principales problemas originados por los cambios irreversibles que acompañan al secado es el pardeamiento enzimático y no enzimático que conduce a la variación del color y desarrollo del sabor. Durante el proceso de secado las reacciones de oxidación de los Polifenoles son acelerados debido a la mayor presencia de oxígeno, se evapora el ácido acético debido a su carácter volátil (Gilses, H. Sanmartín, F. 2013) [6].

2.2.2.4. Ventajas del secado artificial

Según Gilses y Sanmartín (2013) las ventajas del secado artificial son las siguientes:

- La calidad del producto deshidratado
- La velocidad de secado
- Las condiciones sanitarias y nutritivas (en casos de alimentos) son mejores al no estar el producto expuesto a la acción directa del sol, la lluvia, el polvo y los insectos

2.2.2.5. Desventajas del secado artificial

Las desventajas guardan relación con el poco control que se ejercen sobre los factores químicos y físicos, los cuales son intrínsecos al propio proceso de secado (Gilses, H. Sanmartín, F. 2013) [6].

Alto costo de la instalación, tanto por la cámara de secado como por el método que utiliza para elevar la temperatura, ejemplo; calderos, hornos o calentadores de aire, y el alto costo de producción en caso que se consuma combustibles derivados de petróleo o electricidad para el calentamiento del aire o del producto (Gilses, H. Sanmartín, F. 2013) [6].

2.2.2.6. Importancia del secado en el grano de cacao

El secado de cacao es una de las labores más importantes después de la cosecha, entre las razones principales para el secado, es proporcionarle al grano su sabor y aroma, evitar la proliferación de bacterias, y principalmente obtener el porcentaje adecuado de humedad dejarle la humedad necesaria que debe poseer el grano, que es la principal característica que califican para determinar la calidad del mismo (Gilses, H. Sanmartín, F. 2013) [6].

Las almendras de cacao después de la fermentación presentan una acidez volátil (AV) del 1%, el cual 9/10 partes son de ácido acético. Este compuesto es de importancia durante la fermentación, pero indeseable en etapas posteriores y pertinente su eliminación durante el secado (Jinap et al., 1994). Es indispensable encontrar condiciones que permitan la disminución adecuada de acidez durante el secado y que se cumpla con las

especificaciones requeridas de humedad para asegurar un ambiente óptimo de almacenamiento y evitar contaminación microbiana (Zambrano, A. et al., 2010) [5].

Existen dos grupos de secadores, los naturales y los artificiales. Los naturales son aquellos donde se utiliza la energía solar, mientras que, en los artificiales, la energía requerida la suministran unidades de calor diseñadas con esa finalidad. Los secadores naturales sólo pueden ser utilizados cuando las lluvias no son excesivas y la insolación es suficiente (Zambrano, A. et al., 2010) [5].

¿Cómo es el proceso de secado del cacao?

Para saber si el cacao está seco se realizan pruebas con un medidor de granos que muestra el porcentaje de humedad en el interior del grano del 6 - 7%, si este es el resultado estará listo para su almacenamiento seguro. También se lo puede realizar pruebas manuales como agarrar un puñado de granos y frotarlos con las manos. Si se produce un sonido seco o chasquido.

2.2.2.7. Importancia del secado en el grano de soja

Postcosecha

Los granos se deben guardar limpios, secos (13.5% de humedad recibido) y sin daño mecánico, con lo cual el riesgo de deterioro es mínimo. Para esto, se debe considerar el acondicionamiento, el almacenamiento y el control de calidad de granos durante esta etapa. En general, el objetivo del almacenamiento es el de mantener la calidad inicial de los granos, lograda en el campo, hasta su entrega.

2.2.2.8. Importancia del secado en el grano de maíz

Postcosecha

El porcentaje de humedad relativa del maíz es de 28% cuando se realiza la cosecha en el campo. La temperatura óptima del secado se da a 40°C y la humedad establecida del secado no debe sobrepasar el rango del 10%. [7]

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología

3.1.1. Localización

El presente trabajo se llevó a cabo en el Taller Industrial Morán, ubicado en la Av. Guayas, Cda. Las Brisas del cantón El Empalme y las pruebas del experimento de funcionamiento del equipo se lo realizó en el laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en la Av. Quito km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas en la Ciudad de Quevedo, Provincia de Los Ríos. La ubicación del equipo tendrá un área de 24 m², con un espacio de 6 metros de longitud y 4 metros de ancho.

3.2. Tipo de investigación

En el desarrollo de este proyecto se utilizaron tres métodos de investigación, entre ellas están la investigación bibliográfica y la investigación descriptiva.

3.2.1. Investigación bibliográfica

En el transcurso de esta investigación se recopiló importante información en documentos, libros sobre diseños que facilitará la elaboración de secadora de granos agrícolas.

3.2.2. Investigación descriptiva

Para la elaboración del diseño del equipo secadora de granos agrícolas se utilizó este tipo de investigación para establecer los principales detalles de elaboración del equipo.

3.3. Métodos de investigación

La metodología es una etapa de vital importancia que asiste con información para obtener excelentes resultados en la determinación y culminación de este trabajo investigativo.

3.3.1. Método analítico

Este método podemos realizar tratamientos con datos para analizar la información indagada en base a una encuesta realizada a diez estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la U.T.E.Q., con la finalidad de establecer parámetros de diseño y elaboración del equipo de secado de granos.

3.3.2. Método deductivo

Es un procedimiento racional, que consiste en llegar al conocimiento de casos particulares a partir de conocimientos universales. Este método nos provee de internet, tesis y bibliografías con la finalidad de obtener resultados óptimos a lo investigado con base científico que facilitarán con el cumplimiento de los objetivos planteados en este proyecto.

3.3.3. Método experimental

En este estudio de laboratorio permite comprobar mediante este diseño el tiempo y temperatura proporcionados para cada uno de los tipos de granos que se han trazado como objeto de disertación. Los resultados determinaron el mejor tratamiento con la aplicación del ADEVA (Análisis Varianza), y la prueba de significación con TUKEY.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Fuentes primarias

- Observación directa.

3.4.2. Fuentes secundaria

- Trabajos de investigación.
- Sitios Web.
- Textos.

- Documentos.
- Programas software.

3.5. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados en esta investigación fueron los siguientes.

Tabla 2. Materiales y Equipos utilizados en diseño, construcción de la secadora de granos

MATERIA PRIMA	EQUIPOS	MATERIAL DE LABORATORIO	REACTIVOS
Cacao	Termocupla 220 Watt	Recipientes	G.L.P.
Soja	Perfil galvanizado de 80*15 mm	metálicos.	Electricidad
Maíz	Perfil galvanizado de 80*15 mm		
	Tubo rectangular de 50*25 mm	Recipientes	Aceite de
	Quemador industrial	plásticos.	inclusión
	Boquilla		térmica
	Llave industrial para gas	Encendedor.	
	Manguera industrial 8 mm 5/16 para gas		
	Manómetro MAAC		
	Fragua de 2" LOWER		
	Cable # 14 220 Watts		
	Aceite 240		
	Resistencia eléctrica de 500 Watt		
	Variador de 1 Hp 220 Watt SIEMENS		
	Motor de 1 Hp 220 Watt SIEMENS		
	Contactador 220 What SIEMENS		
	Breaker de 55*12 SIEMENS		
	Botón de emergencia color rojo (Botón)		
	Botón de encendido color verde (Botón)		
	Potenciómetro de 1Hp 220 Watts		
	SCHNEIDER		
	Interruptor industrial de encendido y		

apagado
Panel de temperatura
Abrazaderas de metal de 2"
Disco para pulir para corte de 4 1/2 mm
Libra de anillo plano de 3 1/4*1 1/4 mm
Libra de perno de 3 1/4*1 1/4 mm
Electrodos para acero inoxidable
Libras de electrodos de 60
Broca de 3/16 mm
Teflón grande
Te de 1/2" para metal
Adaptadores para llave de paso de 1/2 "
Plancha de polietileno
Tubo redondo de metal de 1"
Tubo redondo de metal de 1/4"
Abrazaderas de metal de 1/2"
Cilindro de gas
Pernos con tuercas de 1"
Disco de pulir para acero inoxidable
Disco de pulir para metal
diluyente
fondo poliuretano
Pliego de lija # 36 para acero inoxidable
Bolas de Waipe
Litro de fondo gris nitro DISTHER
Lija para metal # 36 ABRACOL
Lija para acero inoxidable # 36
ABRACOL
Enchufe para 220 Watt
Electrodos de 60/20
Manguera de 8 mm para gas

Elaborado por: Morán D. (2017)

3.6. Materiales de acero inoxidable

3.6.1. Plato circular con fondo perforado

El plato circular con fondo perforador tiene un radio de 30 cm. En este plato se colocará las almendras y permitirá el ingreso de aire caliente producido por energía a base de gas y electricidad durante el proceso de secado de granos agrícolas. Este plato será fabricado con acero inoxidable, para evitar la corrosión y contaminación que genera los componentes químicos del sistema de secado.

Esta plancha citada posee perforaciones uniformes de 4 mm distribuidas en toda su superficie con 10 mm. de distancia entre sí, estos están adaptado para que los granos no se introduzcan hacia el sistema de calentamiento, los productos agrícolas a estudiar son: cacao, soja y maíz.

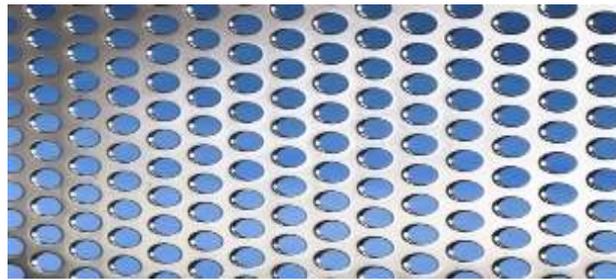


Gráfico 1. Plato o recipiente del equipo con agujeros de 4mm

Fuente: DIPAC [8]

3.6.2. Bastidor

El bastidor es una estructura metálica conocido como soporte, este puede ser construido con perfiles, tubos redondos, cuadrados u otros elementos estructurales. Su distribución puede estar ajustada por distintos elementos. El bastidor cumple con la función de sostener los bloques que conforman el equipo. Es decir, es el soporte universal del equipo.



Gráfico 2. Soporte o Bastidor

Fuente: http://stepsweb.com/index.php?route=product/product&product_id=243 [9].

3.6.3. Mater Quemador industrial para gas licuado de petróleo (G.L.P.)

Es un dispositivo para quemar combustible líquido, gaseoso o ambos (excepcionalmente también sólido) y producir calor generalmente mediante una llama. Habitualmente va asociado a una caldera o un generador para calentar agua o aire, pero también se usa en procesos industriales para calentar cualquier sustancia.

El combustible usado puede ser gaseoso, generalmente gas natural, butano, propano, etc.; líquido, generalmente gasóleo (también fuel) o una combinación de ambos (gas y gasóleo), en cuyo caso se denomina «quemador mixto». Los hay atmosféricos, que producen la llama a presión ambiente, y con soplante, donde un ventilador se encarga de aumentar la presión del aire necesario para la combustión, lo que hace que se pueda quemar más cantidad de combustible y que el rendimiento sea superior. [10]



Gráfico 3. Quemador industrial

3.6.4. Válvula industrial para gas licuado de petróleo (G.L.P.)

Válvula es un instrumento de regulación y control de fluido. Una definición más completa describe la válvula como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Hay que diferenciar que existen válvulas que dejan pasar un fluido en un sentido y lo impiden en el contrario (incluido el llamado fluido eléctrico), como suele suceder en el uso de válvulas industriales,¹ campo en el que puede considerarse como instrumento básico. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos.

Sus tamaños van desde unos milímetros hasta los 90 m o más de diámetro (aunque en tamaños grandes suelen llamarse compuertas). Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 140 MPa (megapascales) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1100 K (kelvin). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia. [11]



Gráfico 4. Válvula de Gas Licuado de Petróleo (G.L.P)

3.6.5. Manguera industrial para gas licuado de petróleo (G.L.P.)

Una manguera es un tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro. Poseen la capacidad de resistir multiplicidad de fluidos corrosivos, absorber vibraciones, permitir una fácil aplicación y proveer una elevada flexibilidad. [12]



Gráfico 5. Manguera de gas licuado de petróleo

3.6.6. Barómetro

El barómetro proviene de la unión “baro y metro” que alude a una herramienta para medir la presión atmosférica. La manera más usual de hacerlo es usando un barómetro de mercurio, que se trata de una herramienta muy antigua, que utiliza la fuerza por unidad de superficie ejercida por el peso de la atmósfera que es el peso del aire que actúa sobre la tierra, una presión que es conocida por la “presión atmosférica” [13]



Gráfico 6. Barómetro

3.7. Materiales para el sistema de calentado eléctrico

3.7.1. Motor eléctrico

Es un artefacto de tipo rotativo que se encarga de convertir la energía eléctrica en energía mecánica (movimiento) obtenido a través de interacciones electromagnéticas. Algunos motores eléctricos son transformables, es decir que permitirán transformar la energía mecánica en energía eléctrica pasando a cumplir la función de un auténtico generador.

Tanto en los motores de corriente directa como los de corriente alterna se fundamentan en el similar principio de funcionamiento, el cual constituye que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro del campo magnético este tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético. Su funcionamiento se da a 220 V.



Gráfico 7. Motor eléctrico

Fuente: http://stepsweb.com/index.php?route=product/product&product_id=243 [14]

3.7.2. Termopar (Termocupla)

También llamado Termopar por traducción del término inglés Thermocouple) es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura. Las aleaciones de termopar están comúnmente disponibles como alambre. [15]

Los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o calibraciones para adaptarse a diferentes aplicaciones. Los tres más comunes son las calibraciones tipo J, K y T, de los cuales el termopar tipo K es el más popular debido a su amplio rango de temperaturas y bajo costo.

El termopar tipo K tiene un conductor positivo de níquel-cromo y un conductor negativo de níquel-aluminio. Existen calibraciones tipo R, S, B, G, C y D para alta temperatura que ofrecen un rendimiento de hasta 2320 ° C. Estos están hechos de metales preciosos (platino / rodio y tungsteno / renio) y por lo tanto son relativamente caros. [16]



Gráfico 8. Termopar

3.7.3. Resistencia eléctrica

La resistencia cartucho es un elemento calefactor utilizado en la industria para generar energía en forma de calor para procesos industriales variados. Las resistencias cartucho son alimentadas principalmente con voltaje de corriente alterna, aunque algunas resistencias utilizan también corriente directa en distintas capacidades según las dimensiones disponibles para el calentamiento. Estas resistencias son principalmente utilizadas en moldes ajustadas dentro de cavidades calentando el sólido y alcanzando altas temperaturas. La versatilidad de las resistencias cartucho estriba en la posibilidad de que pueden incluir

un termopar dentro del cuerpo de la resistencia ayudando a tener un control de la temperatura aún más preciso. [28]

El mecanismo de fijación de las resistencias de cinta aisladas es una característica exclusiva que consiste en una abrazadera incorporada de baja expansión térmica, la que se sujeta mejor que las abrazaderas separadas o bridas dobladas (“orejas”). El diseño de las resistencias sirve para aplicaciones de hasta 1200 °F (650 °C) y densidades de potencia de hasta 45W/pulg² 7W/cm². [29]



Gráfico 9. Resistencia eléctrica

3.7.4. Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. [17]



Gráfico 10. Variador de frecuencia

3.7.5. Contactor

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: un encendido y otro apagado, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden. Constructivamente son similares a los relés, y ambos permiten controlar en forma manual o automática, ya sea localmente o a distancia toda clase de circuitos. Pero se diferencian por la misión que cumple cada uno: los relés controlan corrientes de bajo valor como las de circuitos de alarmas visuales o sonoras, alimentación de contactores, etc.; los contactores se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos de iluminación y fuerza motriz de elevada tensión y potencia.

[18]



Gráfico 11. Contactor

3.7.6. Breaker (Disyuntor)

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática.

Los disyuntores se fabrican de diferentes tamaños y características, lo cual hace que sean ampliamente utilizados en viviendas, industrias y comercios. También conocidos como disyuntor, interruptor automático (España), automático (Chile), pastilla (México, y Panamá), Flipon (Guatemala). [19]



Gráfico 12. Breaker

3.7.7. Guarda motor

Un guarda motor es un interruptor magneto térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los

arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K.

Las características principales de los guardas motores, al igual que de otros interruptores automáticos magneto térmica, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase. [20]



Gráfico 13. Guarda Motor

3.7.8. Potenciómetro

Un potenciómetro es un resistor eléctrico con un valor de resistencia variable y generalmente ajustable manualmente. Los potenciómetros utilizan tres terminales y se suelen utilizar en circuitos de poca corriente, para circuitos de mayor corriente se utilizan los reóstatos. En muchos dispositivos eléctricos los potenciómetros son los que establecen el nivel de salida. Por ejemplo, en un altavoz el potenciómetro ajusta el volumen; en un televisor o un monitor de ordenador se puede utilizar para controlar el brillo.

Los potenciómetros funcionan relativamente simples. Uno de los tres terminales que tiene cada potenciómetro es conectado a la fuente de electricidad y otro es conectado a un punto neutral (toma de tierra – un punto con voltaje cero y sin resistencia). El tercer terminal se

conecta a una resistencia. Esta resistencia generalmente está construida en una pieza cuya resistividad (nivel de resistencia) va creciendo desde un extremo hasta el otro. Este tercer terminal es el que manipula el usuario a través de un mando o palanca.

El usuario puede ajustar la posición del tercer terminal a lo largo de la resistencia. Cómo la resistividad no es homogénea, su valor variará según la posición en la que el usuario deje el tercer terminal. El valor de esta resistencia determinará la cantidad de corriente que fluye a través del circuito (intensidad de corriente o amperaje). Cuándo se utiliza para regular la intensidad de corriente, la capacidad de regulación del potenciómetro está limitada por la resistividad máxima de la resistencia. [21]



Gráfico 14. Potenciómetro

3.7.9. Botones de mando

El botón (de mando), tecla utilizada para activar alguna función de un dispositivo o enviar alguna señal a un sistema. [22]



Gráfico 15. Botones de mando

3.7.10. Panel de temperatura

Los indicadores de panel son instrumentos que muestra una señal de entrada, ya sea digital o en un gráfico de barras. Estos aceptan una única entrada y proporcionan una visualización digital de la señal. Estos contadores típicamente aceptan entradas de los sensores de temperatura, tales como termopares y RTDs, así como células de carga o señales de proceso, tales como 4-20 mA, 0-5 Vdc y 0-10 Vdc (Voltage of Continuous Current) Voltios de Corriente Continua [23].

3.8. Materiales para el sistema de calentado eléctrico

3.8.1. Aceite de inducción térmica

Aceite de transferencia de calor sintético de alto rendimiento para sistemas no presurizados y temperaturas de hasta 350°C (temperatura de salida del producto en gran volumen). Proporciona una excelente estabilidad térmica.

La capacidad del fluido térmicos o aceite térmico de transferencia de calor y calefacción indirecta en amplios rangos de temperatura hace que sean adecuados para gran variedad de aplicaciones. El uso de estos componentes orgánicos va ligado principalmente a determinados procesos en la producción tanto de materias primas químicas como de productos acabados de alta calidad [24].

3.8.2. Aislante de calor (lana de roca)

Un aislante térmico es un material usado en la construcción y en la industria, caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que el calor traspase los separadores del sistema que interesa (como una vivienda o una nevera) con el ambiente que lo rodea.

En general, todos los materiales ofrecen resistencia al paso del calor, es decir, son aislantes térmicos. La diferencia es que de los que se trata tienen una resistencia muy grande, de modo, que espesores pequeños de material presentan una resistencia suficiente al uso que quiere dársele. El nombre más correcto de estos sería aislante térmico específico.

Se considera que son aislantes térmicos específicos aquellos que tienen una conductividad térmica, $\lambda < 0,08 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$. La lana de roca, perteneciente a la familia de las lanas minerales, es un material fabricado a partir de la roca volcánica. Se utiliza principalmente como aislamiento térmico y como protección pasiva contra el fuego en la edificación, debido a su estructura fibrosa multidireccional, que le permite albergar aire relativamente inmóvil en su interior. [25]



Gráfico 16. Aislante de Calor

3.8.3. Soplador centrífugo (Fragua)

Los sopladores industriales son dispositivos mecánicos utilizados principalmente para circular el movimiento del aire y del gas en aplicaciones de la ventilación. Estos contienen una rueda con un soplador que trabaja como una turbina de rueda que se encuentra montada sobre un eje con sus ejes paralelos al flujo del aire. El volante o rueda gira a alta velocidad. Los motores de este soplador y de los otros tipos, son eléctricos y son los que proporcionan la potencia mecánica para accionar la rueda. Los sopladores, de desplazamiento positivo, en los cuales un elemento rotatorio desplaza un volumen fijo con cada revolución.

Los sopladores de desplazamiento positivo son requeridos para crear una cantidad predecible de gases químicos de manejo de flujos con varias propiedades, tales como gases inflamables, corrosivos, peligrosos, de alta presión y de alta temperatura.

Desplazamiento positivo Un soplador es un dispositivo mecánico que consiste de aspas móviles que tiene la función de forzar la circulación del aire a través de un venturi, que es una reducción que causa un incremento en la presión del aire, que se mueve a través del mismo. Los sopladores se emplean en un buen número de aplicaciones en diferentes sectores industriales, como suministro de aire para combustión, aireación de procesos, entre otros. [26]



Gráfico 17. Soplador centrifugo

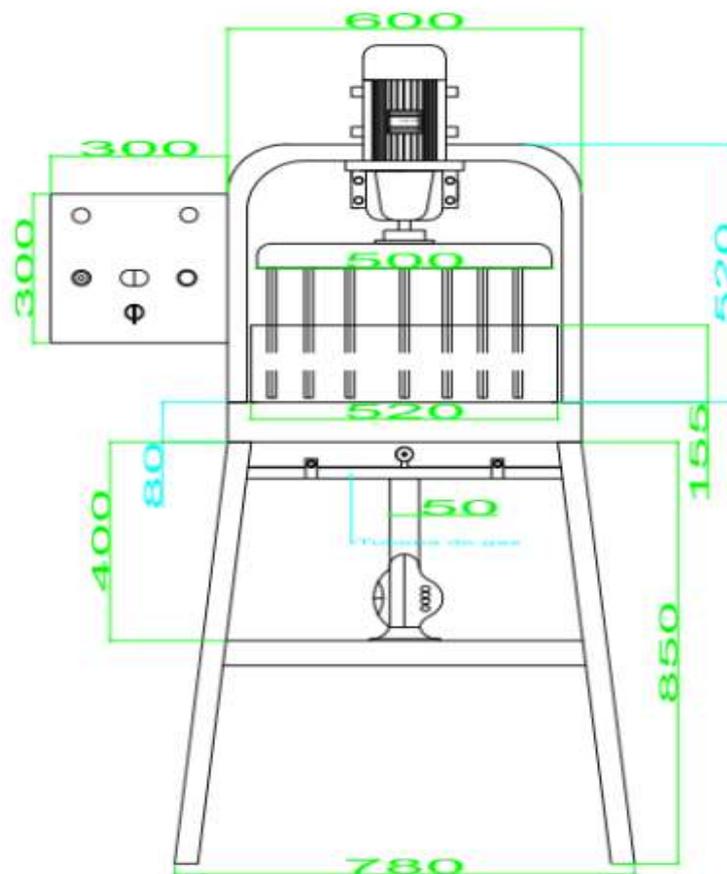
CAPÍTULO IV
RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Elaboración del prototipo de secadora de granos agrícolas

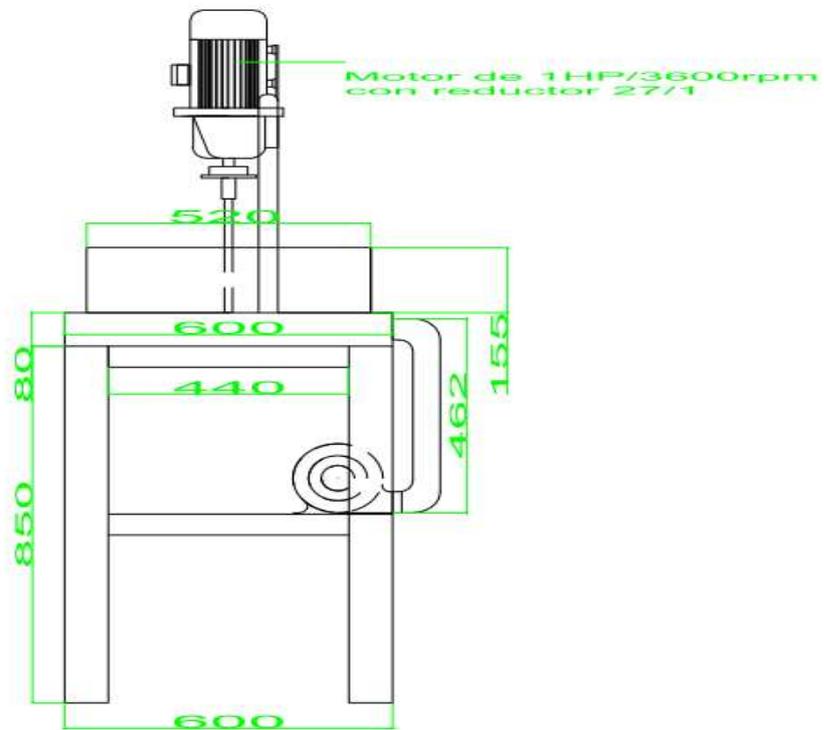
El prototipo secadora de granos agrícola es un equipo destinado a estudiante de la U.T.E.Q. para que realicen sus investigaciones, su función es secar los granos como los de: cacao, soja y maíz mediante la el proceso de combustión a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) y electricidad acompañado de un conducto tipo serpentina el cual contiene aceite térmico de inducción para que este se caliente a través del gas o electricidad y pueda emitir aire caliente a través del sistema de secado cada vez que se desconecte el gas o la electricidad.

4.1.1.1. Planos del prototipo de secadora de granos agrícolas



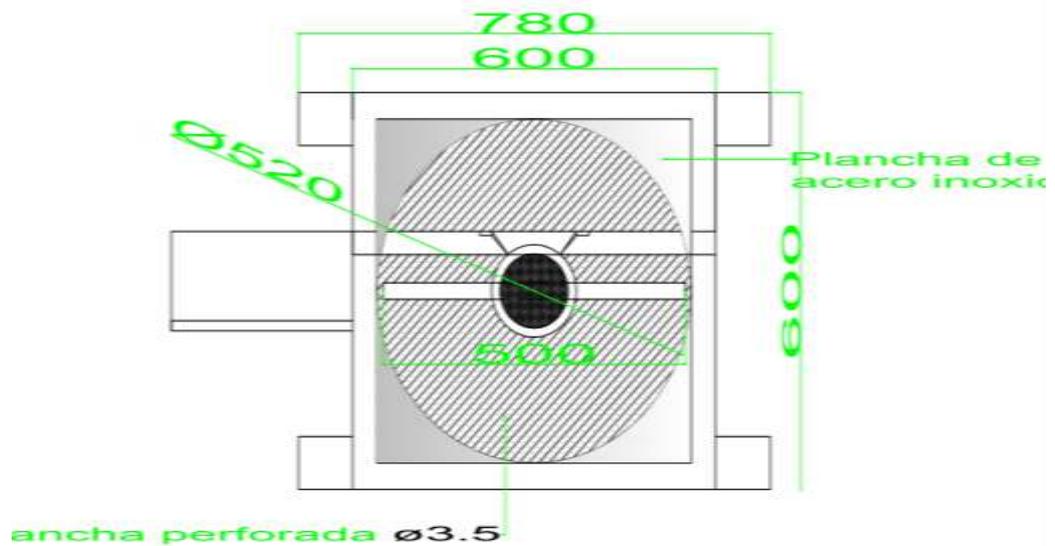
Plano 1: Vista frontal

Elaborado por: Morán D. (2017)



Plano 2: Vista lateral

Elaborado por: Morán D. (2017)



Plano 3: Vista de planta

Elaborado por: Morán D. (2017)

4.1.2. Elaboración del equipo.

La elaboración del equipo de prueba de laboratorio, se basó en el proceso de secado de granos agrícolas que ha progresado significativamente a lo largo de los años. La destreza habitual utilizada en las secadoras, como se denomina a las manufacturas en que se elabora la harina de maíz y soja y la pasta de cacao productos derivados de los granos agrícolas, consistía en secarlos en pistas o tendales improvisados.

4.1.3. Funcionamiento del sistema de secado de granos agrícolas.

Al evaluarse dos niveles de consumo de energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P) y a electricidad del equipo para prueba de laboratorio mediante el secado de granos agrícolas en el presente estudio se determinó la deshidratación del producto obtenido con 3 pruebas de 15, 30 y 60 Hertz midiéndose el movimiento giratorio. Se empleó 1 kg de los diferentes tipos de granos (cacao, soja y maíz) en consideración a los cuales se les aplicó temperaturas de 60°C y 80°C para su respectivo secado.

En el caso especial del cacao primero se lo pone a fermentar o a destilar la baba en cajones de madera en un tiempo determinado de unas 24 horas aproximadamente, para obtener un producto con menor cantidad de humedad en la parte posterior del grano, posteriormente ser ingresado al plato del equipo para prueba de laboratorio.

Mediante los tratamientos del secado y la obtención de un grano seco se aplicó un modelo estadístico de bloque al azar con modelo factorial $A \times B \times C$, se evaluó como variables: **Factor A:** Características de funcionamiento con tres diferentes productos que lo representa (a_0 = Cacao), (a_1 = Soja) y (a_2 = Maíz); **Factor B:** Diseños a fin de optimizar energía que lo representa (b_0 = 15 Hertz), (b_1 = 30 Hertz) y (b_3 = 60 Hertz), y el **Factor C:** Tiempo y Temperatura que lo representa (c_0 = 1h x 60°C) y (c_1 = 1h x 80°C) para obtener una mejor calidad del producto final. Para el análisis de datos se empleó el paquete estadístico Statgraphics Centurión de la Universidad de Massachusetts y InfoStat/L, para la dispersión de medias de los niveles de los tratamientos se realizó la prueba de significación de TUKEY ($p \leq 0.05$).

4.1.4. Diseño experimental para evaluar de los niveles y tiempo de la temperatura del secado en los tres tipos de granos agrícolas (cacao, soja y maíz).

4.1.4.1. Factores de Estudio

Los factores de estudio que intervinieron en esta investigación fueron los siguientes:

Tabla 3. Descripción Factores de Estudio para la determinación del correcto secado del cacao, soja y maíz a nivel experimental para su aplicación en investigación científica

Factores de estudio	Simbología	Descripción
Factor A: Características de funcionamiento con tres diferentes productos	a0	cacao
	a1	soja
	a2	maíz
Factor B: Diseños a fin de optimizar energía	b0	15 Hertz
	b1	30 Hertz
	b2	60 Hertz
Factor C: Tiempo y temperatura	c0	1h x 60°C
	c1	1h x 80°C

Elaborado por: Morán D. (2017)

4.1.4.2. Tratamientos

Se aplicaron un arreglo factorial AxBxC, con los niveles en A=3; B=3, C=2 dando como resultado un total de 18 tratamientos.

Tabla 4. Combinación de los tratamientos propuestos para la determinación del diseño de un equipo de prueba de laboratorio

Nº.	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
1	a0b0c0	cacao + 15 Hertz + 1h x 60°C
2	a0b0c1	cacao + 15 Hertz + 1h x 80°C
3	a0b1c0	cacao + 30 Hertz + 1h x 60°C
4	a0b1c1	cacao + 30 Hertz + 1h x 80°C
5	a0b2c0	cacao + 60 Hertz + 1h x 60°C
6	a0b2c1	cacao + 60 Hertz + 1h x 80°C
7	a1b0c0	soja + 15 Hertz + 1h x 60°C
8	a1b0c1	soja + 15 Hertz + 1h x 80°C
9	a1b1c0	soja + 30 Hertz + 1h x 60°C
10	a1b1c1	soja + 30 Hertz + 1h x 80°C
11	a1b2c0	soja + 60 Hertz + 1h x 60°C
12	a1b2c1	soja + 60 Hertz + 1h x 80°C
13	a2b0c0	maíz + 15 Hertz + 1h x 60°C
14	a2b0c1	maíz + 15 Hertz + 1h x 80°C
15	a2b1c0	maíz + 30 Hertz + 1h x 60°C
16	a2b1c1	maíz + 30 Hertz + 1h x 80°C
17	a2b2c0	maíz + 60 Hertz + 1h x 60°C
18	a2b2c1	maíz + 60 Hertz + 1h x 80°C

Elaborado por: **Morán D. (2017)**

4.2. Diseño experimental

Para el presente estudio se aplicará un arreglo factorial $A \times B \times C$ con tres niveles en el **Factor A** (cacao, soja y maíz), tres niveles en el **Factor B** (15, 30 y 60 Hertz), dos niveles en **Factor C** (1h/60°C y 1h/80°C). Para determinar los efectos entre niveles y tratamientos se utilizará la prueba de significación de TUKEY ($p \leq 0.05$).

4.2.1. Características del Experimento

➤ Tratamientos:	18
➤ Repeticiones:	3
➤ Unidades experimentales:	54

4.2.2. Mediciones experimentales

Las variables estudiadas son las siguientes:

- Características de funcionamiento del equipo con tres tipos de granos (cacao, soja y maíz).
- Evaluación de la eficiencia utilizando energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) y electricidad y frecuencias de giro de 15, 30 y 60 Hertz.
- 1 Tiempo y 2 temperaturas de secado.

4.2.3. Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de los datos se lo realizó mediante el ADEVA (análisis de varianza) que es una técnica que se emplea para analizar la variación total de los datos, descomponiéndolos en porciones significativas e independientes, atribuibles a cada una de las fuentes de variabilidad presentes y a variación casual aleatoria. (MANSON, 2005).

Tabla 5. Análisis estadístico

FUENTE DE VARIACION	GRADO DE LIBERTAD
FACTOR A: Productos agrícolas	3
FACTOR B: Frecuencias de giro	3
FACTOR C: 1 tiempo y 2 temperaturas	2
REPITICIONES	3
AXBXC	18
ERROR EXPERIMENTAL	25
TOTAL	54

Elaborado por: Morán D. (2017)

4.2.4. Variables a evaluar

Evaluar la eficiencia del secado en la:

- Pérdida de peso (gr) del cacao, soja y maíz en el secado.
- Consumo de energía a base de gas licuado de petróleo (G. L.P) (gr) y Electricidad (KW/h).

4.2.5. Determinación, comparación y evaluación de la eficiencia del secado en el funcionamiento del equipo con tres productos agrícolas cacao, soja y maíz, a 1h/60°C y 1h/80°C, y frecuencias de giro entre 15, 30 y 60 Hertz

Tabla 6. Análisis de Varianza con relación a la pérdida de peso (gr) en el secado de los productos agrícolas utilizando energía a base de gas L.P.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Gl Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: PRODUCTO	56246,5	2	28123,2	98,21	0,0000
B: FRECUENCIA DE GIRO	2062,88	2	1031,44	3,60	0,0416
C:TEMPERATURA	3611,31	1	3611,31	12,61	0,0015
D:REPETICIONES	31220,9	2	15610,4	54,52	0,0000
INTERACCIONES					
AB	1361,36	4	340,341	1,19	0,3392
AC	2084,98	4	521,246	1,82	0,1552
BC	29925,2	4	7481,3	26,13	0,0000
ABC	3492,32	8	436,54	1,52	0,1970
RESIDUOS	7444,94	26	286,344		
TOTAL (CORREGIDO)	137450,	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Elaborado por: Morán D. (2017)

En la tabla 4, muestra los resultados de ANOVA en cuanto a la Pérdida de peso en gramos en el secado de granos, se observó que en el FACTOR A (Productos agrícolas) presenta diferencia altamente significativa, en el FACTOR B: (Frecuencia de giro) presenta diferencia significativa, mientras que en el FACTOR C: (Temperatura) también presenta diferencia altamente significativa, lo mismo ocurre con las repeticiones. En cuanto a las interacciones AB y AC no presentan diferencia significativa, en la interacción BC si presenta diferencia significativa, mientras que la interacción ABC no presenta diferencia significativa. Por lo expuesto es recomendable realizar una prueba de significación para determinar las diferencias de media de los niveles del factor A, factor C y repeticiones, en contribuciones debidas a varios factores puesto que 5 valores-P son menores que 0,05,

estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre PERDIDA DE PESO con un 95,0% de nivel de confianza.

Tabla 7. Análisis de Varianza con relación a la pérdida de peso (gr) en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando energía a electricidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PRODUCTO	325907,	2	162953,	14376,53	0,0000
B:GIRO	8900,24	2	4450,12	392,61	0,0000
C:TEMPERATURA	1036,66	1	1036,66	91,46	0,0000
D:REPETICIONES	368604,	2	184302,	16260,00	0,0000
INTERACCIONES					
AB	218,634	4	54,6585	4,82	0,0048
AC	443,41	4	110,852	9,78	0,0001
BC	18818,6	4	4704,65	415,07	0,0000
ABC	1172,71	8	146,589	12,93	0,0000
RESIDUOS	294,701	26	11,3347		
TOTAL (CORREGIDO)	725395,	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Elaborado por: Morán D. (2017)

En la tabla 5, muestra los resultados de ANOVA en cuanto a la pérdida de peso en gramos se observó que los factores A (Producto), B (Giro), C (Temperatura) y D (Repeticiones) presentan diferencia altamente significativa. Puesto a que en las interacciones AB y AC presentan diferencia significativa mientras que las interacciones BC y ABC presentan diferencia altamente significativa.

Por lo expuesto es recomendable realizar una prueba de significación para determinar las diferencias de media de los niveles del factor A, factor C y repeticiones, en contribuciones debidas a varios factores A, B, C, D y las interacciones BC y ABC en contribución de

cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 8 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre PERDIDA DE PESO con un 95,0% de nivel de confianza.

Tabla 8. Análisis de Varianza con relación al consumo de energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) en el secado de los productos agrícolas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PRODUCTO					
AGRÍCOLA	0,000192593	2	0,0000962963	0,08	0,9223
B:FRECUECIA DE GIRO					
(Hertz)	0,000903704	2	0,000451852	0,38	0,6865
C:TEMPERATURA (°C)	0,00015	1	0,00015	0,13	0,7245
D:REPETICIONES	0,00254815	2	0,00127407	1,07	0,3534
INTERACCIONES					
AB	0,0044963	4	0,00112407	0,95	0,4493
AC	0,00271111	2	0,00135556	1,14	0,3314
BC	0,00164444	2	0,000822222	0,69	0,5074
ABC	0,00397778	4	0,000994444	0,84	0,5112
RESIDUOS	0,0403852	34	0,0011878		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0570093	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Elaborado por: Morán D. (2017)

En la tabla 6, muestra los resultados de ANOVA en cuanto al consumo de gas (G.L.P.) en gramos en el secado de granos. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los Factores A, B, C y D no presentan diferencia significativa. Puesto que

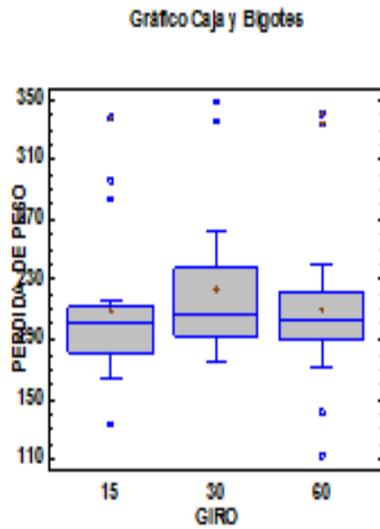
ningunas de las interacciones presentan diferencia significativa ya que su valor es menor que 0,05, ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre CONSUMO DE GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.)(gr) con un 95,0% de nivel de confianza.

4.2.5.1. Resultado del análisis de valores de los niveles del Factor A.- (Pérdida de peso en el secado con energía a G.L.P.) mediante la prueba de Tukey ($p<0.05$).

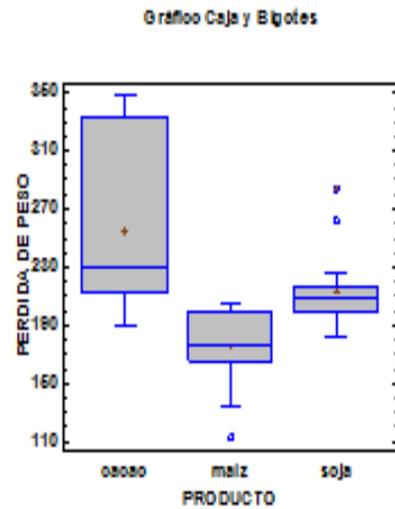
El grafico 18, Indica los valores de los niveles del factor A, si observamos el recuadro 1 podemos notar que si existió DS en las medias de los niveles estudiados con respecto a perdida de peso en el secado con gas.L.P. Si observamos el cuadro en el que consta la representación gráfica de los valores por producto podemos notar que si existió diferencia significativa entre los resultados de los tres productos estudiados, la representación gráfica de los valores de repeticiones muestran que tambien existio diferencia altamente significativa en el numero de repeticiones, lo mismo ocurre en la representacion grafica de temperaturas que muestran que existio diferencia altamente significativa.

Gráfico 18. Resultados de las medias de los niveles del factor A (perdida de peso en el secado con energía a G.L.P) en las que el recuadro Hace mención a los resultados de 1.- frecuencia giro, 2.- producto 3.-repeticiones 4.-temperatura .

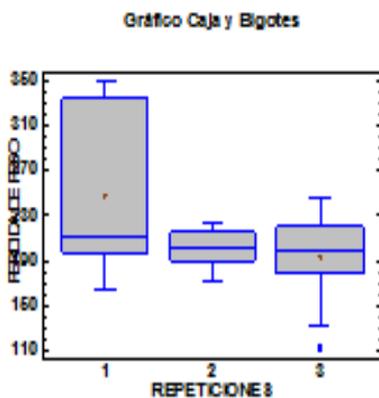
1.- Frecuencia de Giro



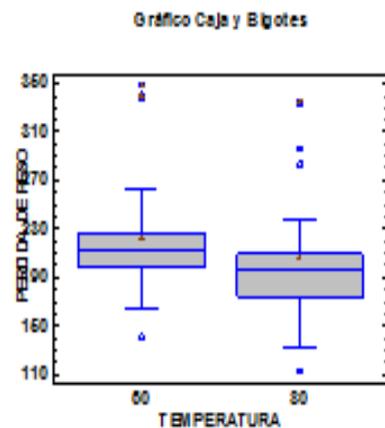
2.- Productos Agrícola



3.- Repeticiones



4.- Temperatura

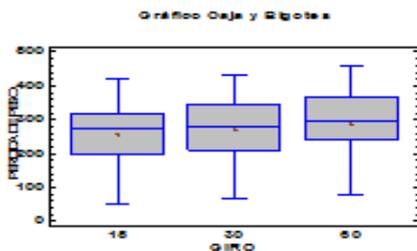


4.2.5.2. Resultado del análisis de valores de los niveles del Factor A.- (Pérdida de peso en el secado con energía eléctrica) mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

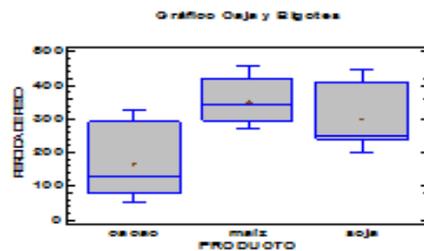
El gráfico 19. Indica los valores de los niveles del factor A, si observamos el recuadro 1 podemos notar que si existió DS en las medias de los niveles estudiados con respecto a pérdida de peso en el secado con energía eléctrica. Si observamos el cuadro en el que consta la representación gráfica de los valores por frecuencia de giro ,producto,repeticiones, temperatura podemos notar que si existió diferencia altamente significativa

Gráfico 19. Resultados de las medias de los niveles del factor A (pérdida de peso en el secado con energía eléctrica) en las que el recuadro hace mención a los resultados de 1.- giro, 2.- producto 3.- repeticiones 4.- temperatura .

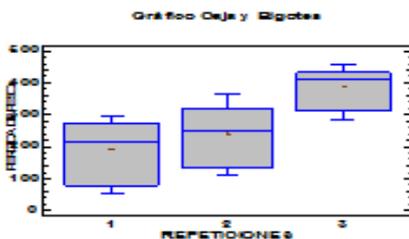
1.- Frecuencia de Giro



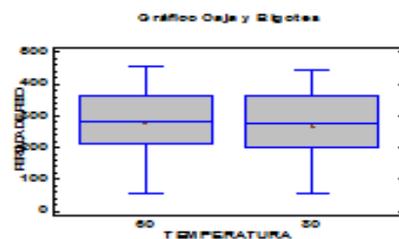
2.- Productos Agrícola



3.- Repeticiones



4.- Temperatura

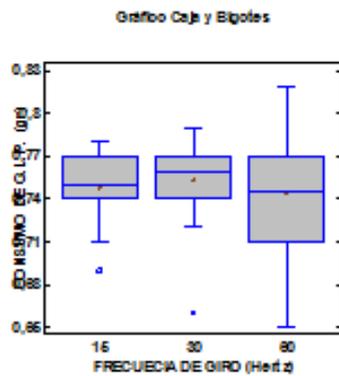


4.2.5.3. Resultado del análisis de valores de los niveles del Factor B.- (consumo de energía G.L.P.) mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

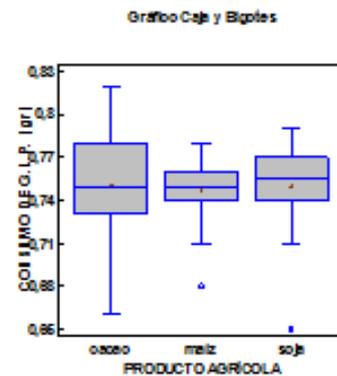
El gráfico 20. Indica los valores de los niveles del factor B, si observamos el recuadro 1 podemos notar que no existió DS en las medias de los niveles estudiados con respecto a consumo de energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.). Si observamos el cuadro en el que consta la representación gráfica de los valores de frecuencia de giro ,producto,repeticiones, temperatura, podemos notar que no existió diferencia significativa

Gráfico 20. Resultados de las medias de los niveles del factor B (consumo de energía G.L.P) en las que el recuadro hace mención a los resultados de 1.- giro, 2.- producto 3.- repeticiones 4.-temperatura.

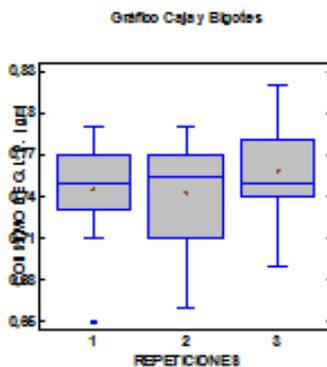
1.- Frecuencia de Giro



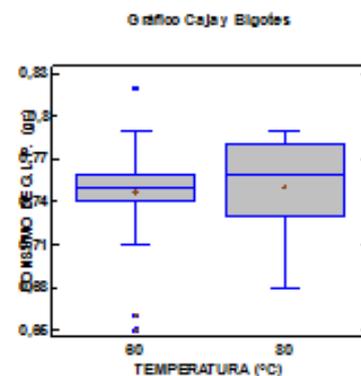
2.- Productos Agrícola



3.- Repeticiones



4.- Temperatura



4.2.6. Determinación de los costos de fabricación

A continuación, se describe los materiales para la elaboración del equipo secadora de granos agrícolas y sus respectivos costos:

Tabla 9. Determinación del costo de fabricación del prototipo de secadora de granos.

COSTOS DIRECTOS				
CANT.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	Termocupla 220 Watt	unidad	19,91	19,91
1	Correa galvanizado de 80*15 mm	unidad	17,30	17,30
1	Tubo rectangular de 50*25 mm	unidad	139,91	139,91
1	Quemador industrial	unidad	6,00	6,00
1	Boquilla industrial	unidad	15,00	15,00
1	Llave industrial para gas	unidad	7,00	7,00
3	Manguera industrial 8 mm 5/16 para gas	metros	1,50	4,50
2	Manómetro MAAC	unidad	10,50	21,00
1	Fragua de 2" LOWER	unidad	32,75	32,75
3	Cable # 14 concéntrico para instalación de 220 Watts	metros	2,50	7,50
2	Aceite de inducción térmica 240	litros	18,75	37,50
2	Resistencia eléctrica de 500 Watt	unidad	60,00	120,00
1	Variador de 1 Hp 220 Watt SIEMENS	unidad	200,00	200,00
1	Motor de 1 Hp 220 Watt SIEMENS	unidad	230,00	230,00
1	Contactador 220 Watt SIEMENS	unidad	40,00	40,00
1	Breaket de 55*12 SIEMENS	unidad	12,00	12,00
1	Roko de emergencia color rojo (Botón)	unidad	17,50	17,50

1	Roko de encendido color verde (Botón)	unidad	13,50	13,50
1	Potenciómetro de 1Hp 220 Watts SCHNEIDER	unidad	35,00	35,00
1	Interruptor industrial para encendido y apagado	unidad	33,00	33,00
1	Panel de temperatura	unidad	65,00	65,00
4	Abrazaderas de metal para tuberías de 2"	unidad	0,50	2,00
1	Disco para pulir para corte de 1/2 mm	unidad	1,75	1,75
1	Anillo plano de 3 1/4*1 1/4 mm	libra	0,95	0,95
1	Perno de 3 1/4*1 1/4 mm	libra	1,95	1,95
10	Electrodos para acero inoxidable	unidad	1,25	12,50
10	Electrodos de 60	unidad	2,00	20,00
1	Broca de 3/16 mm	unidad	3,25	3,25
1	Teflón grande	unidad	0,50	0,50
1	Te de 1/2" para metal	unidad	1,35	1,35
2	Adaptadores de metal para llave de paso de 1/2 "	unidad	0,95	1,90
1	Plancha de polietileno	unidad	23,75	23,75
1	Tubo redondo de metal de 1"	unidad	27,00	27,00
1	Tubo redondo de metal de 1/4"	unidad	22,00	22,00
3	Abrazaderas de metal para tuberías de 1/2"	unidad	1,25	3,75
20	Pernos con tuercas de 1"	unidad	0,13	2,60
1	Disco de pulir para acero inoxidable	unidad	3,75	3,75
1	Disco de pulir para metal	unidad	2,75	2,75
3	Diluyente	unidad	1,25	3,75
1	Fondo poliuretano	unidad	5,75	5,75
1	Lija # 36 para acero inoxidable	unidad	1,60	1,60
10	Waibe	unidad	0,15	1,50

1	Fondo gris nitro DISTHER	unidad	4,69	4,69
1	Lija para metal # 36 ABRACOL	unidad	0,54	0,54
1	Lija para acero inoxidable # 36 ABRACOL	unidad	0,90	0,90
3	Cable para 220 Watt	metros	0,80	2,40
1	Enchufe para 220 Watt	unidad	1,25	1,25
1	Electrodos de 60/20	libras	2,50	2,50
2	Manguera de 8 mm para gas	metros	1,50	3,00
1	Unión de manguera de 8 mm para gas	unidad	1,00	1,00
50	Abrazaderas de plástico de 15 cm	unidad	0,10	5,00
1	Cinta aislante color negra	unidad	0,50	0,50
1	Guarda motor	unidad	60,00	60,00
SUBTOTAL				\$ 1.300,50

MANO DE OBRA

Descripción	N°	Salario/ Hora	Horas	Total
Ingeniería y Diseño	1	10,00	24	240,00
Maestro Mecánico	1	5,00	80	400,00
Ayudantes	2	2,50	80	400,00
SUBTOTAL				\$ 1.040,00

COSTOS INDIRECTOS

Producto	Unidad	\$	Consumo	Total
Consumo de gas (G.L.P.) (45 kg)	gr	0,03	40,3	0,41
Consumo de Energía Eléctrica	kw/h	0,04	60,8	2,59
Aceite de inducción térmica	Litro	4,75	1	4,75
Encendedor de Fuego	Unidad	1,50	1	1,50
Cacao	Kg	2,00	6	12,00
Soja	Kg	0,45	6	2,70
maíz	Kg	0,40	6	2,40
				\$ 27,15

COSTO TOTAL

Subtotal (costos directos + mano de obra + costos indirectos)	2367,65
Costos imprevistos 5%	118,38
IVA 12 %	284,12
TOTAL	\$ 2.770,15

4.3. Discusión

4.3.1. Elaboración del prototipo de secadora de granos agrícolas

Se logró fabricar un prototipo de secadora de granos agrícolas con capacidad para 5 Kg de producto, esta funciona a dos tipos de energía a G.L.P y a energía eléctrica las mismas que logran calentar un aceite especial que está en un sistema de conducto tipo doble camisa, el cual emite calentura cuando el equipo este sin ningún tipo de energía optimizando la misma. En lo que respecta al suministro de aire, se lo hace con una fragua de 2'', además consta de un motor de 1 hp con su respectiva moto reductor se configura para dar diferentes frecuencias de giro al mover el producto a secar. En cuantos costos: para la fabricación de este equipo se invirtió 2.770,15 USD, considerando nuestra mano de obra, este costo está por debajo de cualquier equipo de laboratorio, como es el caso del prototipo de secadora de granos agrícolas.

4.3.2. Determinación, comparación y evaluación del funcionamiento del equipo con tres productos agrícolas cacao, soja y maíz, a 1h/60°C y 1h/80°C, y frecuencias de giro entre 15, 30 y 60 Hertz

Mediante un análisis experimental se determinó la pérdida de peso de los productos y consumo de energía a gas licuado de petróleo (G.L.P) y electricidad de acuerdo a los factores estudiados:

4.3.2.1. Factor A: Pérdida de peso (gr) en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando energía a gas licuado de petróleo (G.L.P.).

Los valores obtenidos en el factor A pérdida de peso utilizando energía a gas licuado de petróleo (G.L.P). En cuanto a frecuencia de giro: 15, 30 y 60 Hertz según pruebas realizadas en el equipo son valores muy altos para remover granos agrícolas.

En cuanto al producto agrícola:

Cacao va desde 19.0 hasta 34.9 % los cuales son superiores a los determinados por Zambrano, A. et al., 2010 [5], Soja va desde 18,1 hasta 28.4 % los cuales son superiores a los determinados por AGROSINTESIS [7], Maíz va desde 11,3 hasta 20.4 % los cuales son inferiores a los determinados por AGROSINTESIS [7]. En cuanto a temperaturas a 60°C y 80°C los valores son superiores a los establecidos para el secado de granos no>50°C.

4.3.2.2. Factor A: Pérdida de peso (gr) en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando energía eléctrica.

Los valores obtenidos en el factor A pérdida de peso utilizando energía a gas licuado de petróleo (G.L.P.) En cuanto a frecuencia de giro: 15, 30 y 60 Hertz según pruebas realizadas en el equipo son valores muy altos para remover granos agrícolas.

En cuanto a producto agrícola:

Cacao va desde 11,6 hasta 30.2 % los cuales son superiores a los determinados por Zambrano, A. et al., 2010 [5], Soja va desde 21.0 hasta 25.4 % los cuales son superiores a los determinados por AGROSINTESIS [7], Maíz va desde 27.4 hasta 42.5 % los cuales son superiores a los determinados por AGROSINTESIS [7]. En cuanto a temperaturas a 60°C y 80°C los valores son superiores a los establecidos para el secado de granos agrícolas no>50°C.

4.3.2.3. Factor B: consumo de energía en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando G.L.P.

El consumo de gas licuado de petróleo (G.L.P.) en las 54 pruebas realizadas con el mismo tuvo un consumo equitativo de 0.75 kg/h por prueba dando un consumo final de 40.3 kg/h.

4.3.2.4. Factor B: consumo de energía en el secado de los productos agrícolas cacao, soja y maíz utilizando energía eléctrica.

El consumo de electricidad en las 54 pruebas realizadas con el mismo tuvo un consumo equitativo de 1.2 kW/h por prueba dando un consumo final de 64,8 kW/h.

4.3.3. Determinación de los costos de fabricación

Los costos de fabricación de este equipo están por debajo de cualquier equipo de laboratorio, 2.770,15 USD como es el caso del prototipo de secadora de granos agrícolas.

CAPÍTULO V
CONCLUSION Y RECOMENDACION

5.1. Conclusiones

5.1.1. Sobre la elaboración del equipo secadora de granos

Se logró elaborar un equipo para prueba de laboratorio con un excelente funcionamiento mecánico, el mismo que permite obtener un óptimo secado de granos agrícolas a través del fluido de aire caliente que los provee un sistema de calentado a gas licuado de petróleo (G.L.P.) y electricidad, a estos sistemas son adaptados un conducto tipo U que contiene en su interior un aceite de inducción térmica que consiste en emanar aire caliente cuando este se calienta a 300 °C permitiendo optimizar energía. Todo este aire caliente que fluye a través del sistema a gas licuado de petróleo (G.L.P.) es direccionado por una fragua o soplador centrífugo de 2” de diámetro hacia los orificios de la plancha inoxidable con perforaciones de 3 mm del plato de la secadora donde se encuentra depositado el producto agrícola para el proceso de secado. El equipo permite obtener conexiones eléctricas de 110V para el funcionamiento del soplador centrífugo y 220V para el motor de 1 Hp, la cual tiene una capacidad máxima de 5 kg de granos para su respectiva prueba. El equipo está diseñado para secar diversos tipos de granos.

5.2. Determinación, comparación y evaluación del funcionamiento del equipo con tres productos agrícolas cacao, soja y maíz, a 1h/60°C y 1h/80°C, y frecuencias de giro entre 15, 30 y 60 Hertz

5.2.1. Factor A: Productos Agrícolas

En los niveles de factor A (Productos agrícolas) con relación a la pérdida de peso se encontró diferencia significativa por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se concluyó que las temperaturas y frecuencias de giro empleadas nos dan resultados diferentes en el secado de granos.

En los niveles de factor A (Productos Agrícolas) con relación al consumo de energía a gas licuado de petróleo (G.L.P.) se encontró que no existe diferencia significativa por lo que se acepta la hipótesis nula.

5.2.2. Factor B: Frecuencias de giro

En los niveles de factor B (Frecuencias de giro) con relación a la pérdida de peso se encontró diferencia altamente significativa por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se concluyó que las los productos agrícolas y temperaturas empleadas nos dan resultados diferentes en el secado de granos.

En los niveles de factor B (Frecuencias de giro) con relación al consumo de energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) se encontró que no existe diferencia significativa por lo que se acepta la hipótesis nula.

5.2.3. Factor C: Temperatura

En los niveles de factor C (Temperatura) con relación a la pérdida de peso se encontró diferencia altamente significativa por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se concluyó que las los productos agrícolas y frecuencias de giro empleadas nos dan resultados diferentes en el secado de granos.

En los niveles de factor C (Temperatura) con relación al consumo de energía a base de gas L.P. se encontró que no existe diferencia significativa por lo que se acepta la hipótesis nula.

5.2.4. Tratamientos estudiados, interacción AxBxC (productos agrícolas + frecuencia de giro + temperatura)

Con respecto a productos agrícolas no existe diferencia significativa y se concluyó que a nivel experimental los valores son iguales. En tanto los valores de frecuencias de giro no existió diferencia significativa y se concluyó que sus valores experimentales también no son iguales y los valores de temperaturas también no presentan diferencia significativa y se concluye que sus valores experimentales representan igualdad.

5.3. Recomendaciones

El estudio permitió la fabricación de un equipo automático, regulable, el mismo que podrá utilizarse para realizar investigación, tanto en el campo agropecuario (poscosecha), como en procesos industriales, este equipo dará facilidades como: regulación de la velocidad de giro, regulación de temperatura, además de evaluar dos tipos de energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.) y electricidad, de acuerdo a las necesidades del sector y del producto. Además, la doble camisa con aceite de inducción térmica industrial, permite mantener una mejor transferencia de temperatura, además de mantener el calor por más tiempo, esto permite el ahorro de energía.

El estudio estadístico permite recomendar aplicar 5 temperaturas de secado, inferiores a las estudiadas, y disminuir la velocidad de giro, de acuerdo a cada producto.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFIA

6. Bibliografía

- [1] (Torres, L. 2012)
- [2] (Sacha y Shura, 2009) El cacao y sus derivados. Consultado 28 de agosto en [http://todosobrechocolate.blogspot.com/].
- [3] (acame)
- [4] (Forsyth y Quesnel, 1963) Forsyth, W. G. C. and V. C. Quesnel. 1963. The mechanism of cacao curing. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*. Hoboken. USA. 25:457-492 p.
- [5] (Zambrano, A. et al., 2010) Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias. Venezuela. 389 - 396 p.
- [6] (Gilses, H. Sanmartín, F. 2013) Tesis. Análisis y selección de proceso de secado de cacao y diseño de prototipo de una unidad secadora tipo plataforma. 116 p.
- [7] <https://www.agrosintesis.com/humedad-del-grano-del-maiz-importancia-la-comercializacivzon/>
- [8] DIPAC
- [9] http://stepsweb.com/index.php?route=product/product&product_id=243
- [13] <http://conceptodefinicion.de/barometro/>
- [14] http://stepsweb.com/index.php?route=product/product&product_id=243
- [16] <https://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>
- [21] <https://potencias.com/que-es-un-potenciometro>
- [23] <https://es.omega.com/prodinfo/indicadores-de-panel.html>
- [24] <http://www.todeca.com/fluidos-termicos-aceites-termicos/>
- [26] <https://prezi.com/gq5c0josaj6h/sopladores-industriales/> CROS, E. and N. JEANJEAN. 1995. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. *Plantations, recherche, development*. 24:25-27 p.
- [27] Forsyth, W. G. C. and V. C. Quesnel. 1963. The mechanism of cacao curing. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*. Hoboken. USA. 25:457-492 p.
- [28] <http://teii.com.mx/resistencias-cartucho.html>
- [29] <https://lafisicaparatodos.wikispaces.com/aplicaciones+de+resistencias+electricas>

CAPÍTULO VII
ANEXOS

4.1. Anexos

Anexo 1: Elaboración del equipo



Tabla 10. Determinación del costo de fabricación del prototipo de secadora de granos.

MATERIA PRIMA	EQUIPOS	MATERIAL DE LABORATORIO	REACTIVOS
Cacao	Termocupla 220 Watt	Recipientes	G.L.P.
Soja	Perfil galvanizado de 80*15 mm	metálicos.	Electricidad
Maíz	Perfil galvanizado de 80*15 mm		
	Tubo rectangular de 50*25 mm	Recipientes	Aceite de
	Quemador industrial	plásticos.	inclusión
	Boquilla		térmica
	Llave industrial para gas	Encendedor.	
	Manguera industrial 8 mm 5/16 para gas		
	Manómetro MAAC		
	Fragua de 2" LOWER		
	Cable # 14 220 Watts		
	Aceite 240		
	Resistencia eléctrica de 500 Watt		
	Variador de 1 Hp 220 Watt SIEMENS		
	Motor de 1 Hp 220 Watt SIEMENS		
	Contactador 220 What SIEMENS		
	Breaker de 55*12 SIEMENS		
	Botón de emergencia color rojo (Botón)		
	Botón de encendido color verde (Botón)		
	Potenciómetro de 1Hp 220 Watts		
	SCHNEIDER		
	Interruptor industrial de encendido y apagado		
	Panel de temperatura		
	Abrazaderas de metal de 2"		
	Disco para pulir para corte de 4 1/2 mm		
	Libra de anillo plano de 3 1/4*1 1/4 mm		
	Libra de perno de 3 1/4*1 1/4 mm		
	Electrodos para acero inoxidable		

Libras de electrodos de 60
Broca de 3/16 mm
Teflón grande
Te de 1/2" para metal
Adaptadores para llave de paso de 1/2 "
Plancha de polietileno
Tubo redondo de metal de 1"
Tubo redondo de metal de 1/4"
Abrazaderas de metal de 1/2"
Cilindro de gas
Pernos con tuercas de 1"
Disco de pulir para acero inoxidable
Disco de pulir para metal
diluyente
fondo poliuretano
Pliego de lija # 36 para acero inoxidable
Bolas de Waipe
Litro de fondo gris nitro DISTHER
Lija para metal # 36 ABRACOL
Lija para acero inoxidable # 36
ABRACOL
Enchufe para 220 Watt
Electrodos de 60/20
Manguera de 8 mm para gas

Elaborado por: Morán D. (2017)

Tabla 11. Datos de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando gas (G.L.P.)

PRODUCTO AGRÍCOLA	FRECUENCIA DE GIRO (Hertz)	TEMPERATURA (°C)	REPETICIONES	PÉRDIDA DE PESO (kg)	CONSUMO DE G.L.P. (gr)
cacao	15	60	1	338,0	0,75
cacao	15	80	1	295,8	0,73
cacao	30	60	1	348,7	0,78
cacao	30	80	1	335,2	0,72
cacao	60	60	1	340,3	0,75
cacao	60	80	1	333,5	0,74
soja	15	60	1	211,4	0,76
soja	15	80	1	283,6	0,78
soja	30	60	1	262,5	0,73
soja	30	80	1	197,5	0,72
soja	60	60	1	209,6	0,65
soja	60	80	1	199,8	0,79
maíz	15	60	1	201,3	0,75
maíz	15	80	1	164,7	0,78
maíz	30	60	1	192,1	0,77
maíz	30	80	1	181,4	0,76
maíz	60	60	1	199,3	0,71
maíz	60	80	1	170,6	0,74
cacao	15	60	2	211,6	0,78
cacao	15	80	2	195,7	0,74
cacao	30	60	2	222,5	0,66
cacao	30	80	2	190,4	0,77
cacao	60	60	2	217,0	0,76
cacao	60	80	2	194,9	0,71
soja	15	60	2	215,5	0,77
soja	15	80	2	208,4	0,71
soja	30	60	2	216,3	0,75
soja	30	80	2	209,3	0,79
soja	60	60	2	221,9	0,76
soja	60	80	2	199,8	0,77
maíz	15	60	2	199,4	0,74
maíz	15	80	2	172,2	0,77
maíz	30	60	2	204,1	0,74
maíz	30	80	2	174,4	0,76
maíz	60	60	2	189,9	0,71
maíz	60	80	2	173,8	0,68
cacao	15	60	3	212,1	0,74
cacao	15	80	3	198,7	0,69

cacao	30	60	3	245,9	0,79
cacao	30	80	3	237,1	0,79
cacao	60	60	3	239,8	0,82
cacao	60	80	3	221,2	0,79
soja	15	60	3	181,7	0,75
soja	15	80	3	181,1	0,74
soja	30	60	3	226,6	0,76
soja	30	80	3	192,2	0,77
soja	60	60	3	213,3	0,75
soja	60	80	3	208,1	0,74
maíz	15	60	3	165,4	0,75
maíz	15	80	3	133,6	0,74
maíz	30	60	3	179,1	0,75
maíz	30	80	3	199,3	0,76
maíz	60	60	3	141,9	0,74
maíz	60	80	3	113,3	0,78

Elaborado por: Morán D. (2017)

Tabla 12. Resultado de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando gas licuado de petróleo (G.L.P.)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=104,86002

Error: 1162, 9025

gl: 34

PRODUCTO	GIRO	TEMPERATURA	Medias	n	E.E.		
maíz	60,00	80,00	152,57	3	19,69	A	
maíz	15,00	80,00	156,83	3	19,69	A	
maíz	60,00	60,00	177,03	3	19,69	A	B
maíz	30,00	80,00	185,03	3	19,69	A	B
maíz	15,00	60,00	188,70	3	19,69	A	B
maíz	30,00	60,00	191,77	3	19,69	A	B
Soja	30,00	80,00	199,67	3	19,69	A	B
soja	60,00	80,00	202,57	3	19,69	A	B
soja	15,00	60,00	202,87	3	19,69	A	B
soja	60,00	60,00	214,93	3	19,69	A	B
soja	15,00	80,00	224,37	3	19,69	A	B
cacao	15,00	80,00	230,07	3	19,69	A	B
soja	30,00	60,00	235,13	3	19,69	A	B
cacao	60,00	80,00	249,87	3	19,69	A	B
cacao	15,00	60,00	253,90	3	19,69	A	B
cacao	30,00	80,00	254,23	3	19,69	A	B
cacao	60,00	60,00	265,70	3	19,69		B
cacao	30,00	60,00	272,37	3	19,69		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 13. Resultado de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de consumo de energía utilizando energía a base de gas licuado de petróleo (G.L.P.)

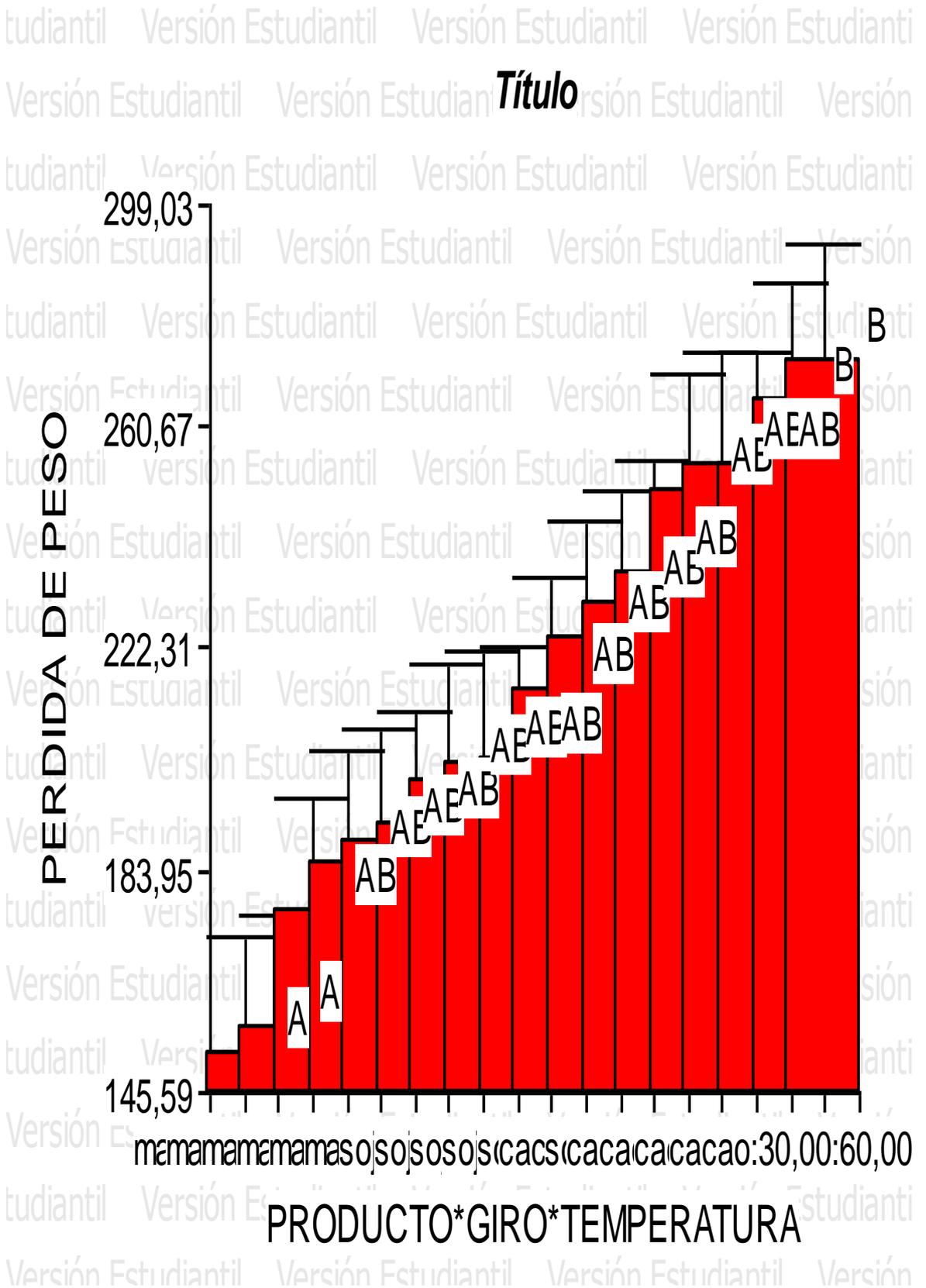


Tabla 14. Datos del resultado de las pruebas realizadas en el proceso de consumo de energía de secado de granos utilizando energía eléctrica

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10463

Error: 0,0012 gl: 36

PRODUCTO

AGRÍCOLA FRECUENCIA DE GIRO (Hertz) TEMPERATURA

(°C) Medias n E.E.

maíz	60,00	60,00	0,72	3 0,02	A
soja	60,00	60,00	0,72	3 0,02	A
cacao	15,00	80,00	0,73	3 0,02	A
maíz	60,00	80,00	0,73	3 0,02	A
maíz	15,00	60,00	0,74	3 0,02	A
cacao	60,00	80,00	0,74	3 0,02	A
cacao	30,00	60,00	0,75	3 0,02	A
cacao	15,00	60,00	0,75	3 0,02	A
soja	30,00	60,00	0,75	3 0,02	A
soja	15,00	80,00	0,75	3 0,02	A
soja	15,00	60,00	0,75	3 0,02	A
cacao	30,00	80,00	0,76	3 0,02	A
soja	30,00	80,00	0,76	3 0,02	A
maíz	30,00	80,00	0,76	3 0,02	A
maíz	30,00	60,00	0,76	3 0,02	A
soja	60,00	80,00	0,76	3 0,02	A
maíz	15,00	80,00	0,77	3 0,02	A
cacao	60,00	60,00	0,78	3 0,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 15. Datos de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando energía eléctrica

PRODUCTO AGRÍCOLA	FRECUNCIA DE GIRO (Hertz)	TEMPE-RATURA (°C)	REPETI-CIONES	PÉRDIDA DE PESO (kg)	CONSUMO DE ELECTRICIDAD (kw/h)
cacao	15	60	1	137,15	1,2
cacao	15	80	1	137,25	1,2
cacao	30	60	1	142,30	1,2
cacao	30	80	1	147,65	1,2
cacao	60	60	1	152,14	1,2
cacao	60	80	1	153,01	1,2
soja	15	60	1	210,10	1,2
soja	15	80	1	215,10	1,2
soja	30	60	1	225,10	1,2
soja	30	80	1	227,20	1,2
soja	60	60	1	238,14	1,2
soja	60	80	1	239,11	1,2
maíz	15	60	1	273,70	1,2
maíz	15	80	1	279,45	1,2
maíz	30	60	1	280,00	1,2
maíz	30	80	1	282,24	1,2
maíz	60	60	1	294,01	1,2
maíz	60	80	1	295,09	1,2
cacao	15	60	2	116,50	1,2
cacao	15	80	2	116,95	1,2
cacao	30	60	2	125,34	1,2
cacao	30	80	2	126,15	1,2
cacao	60	60	2	131,20	1,2
cacao	60	80	2	132,08	1,2
soja	15	60	2	249,30	1,2
soja	15	80	2	249,36	1,2
soja	30	60	2	251,37	1,2
soja	30	80	2	252,00	1,2
soja	60	60	2	253,03	1,2
soja	60	80	2	254,09	1,2
maíz	15	60	2	319,00	1,2
maíz	15	80	2	319,99	1,2
maíz	30	60	2	322,18	1,2
maíz	30	80	2	331,04	1,2
maíz	60	60	2	336,15	1,2
maíz	60	80	2	336,99	1,2
cacao	15	60	3	291,40	1,2
cacao	15	80	3	292,00	1,2
cacao	30	60	3	298,20	1,2

cacao	30	80	3	299,00	1,2
cacao	60	60	3	301,10	1,2
cacao	60	80	3	302,50	1,2
soja	15	60	3	413,10	1,2
soja	15	80	3	414,16	1,2
soja	30	60	3	415,86	1,2
soja	30	80	3	419,45	1,2
soja	60	60	3	421,11	1,2
soja	60	80	3	422,19	1,2
maíz	15	60	3	419,50	1,2
maíz	15	80	3	419,00	1,2
maíz	30	60	3	421,23	1,2
maíz	30	80	3	422,04	1,2
maíz	60	60	3	423,15	1,2
maíz	60	80	3	425,19	1,2

Tabla 16. Datos de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando energía eléctrica

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=75,70489

Error: 606,1377 gl: 34

PRODUCTO	GIRO	TEMPERATURA	Medias	n	E.E.		
cacao	15,00	80,00	149,70	3	14,21	A	
cacao	15,00	60,00	154,57	3	14,21	A	
cacao	30,00	80,00	165,90	3	14,21	A	
cacao	30,00	60,00	170,03	3	14,21	A	
cacao	60,00	80,00	174,53	3	14,21	A	
cacao	60,00	60,00	184,60	3	14,21	A	
soja	15,00	80,00	279,83	3	14,21		B
soja	30,00	80,00	289,30	3	14,21		B
soja	15,00	60,00	290,83	3	14,21		B
soja	30,00	60,00	302,60	3	14,21	B	C
soja	60,00	80,00	309,60	3	14,21	B	C
soja	60,00	60,00	321,63	3	14,21	B	C
maíz	15,00	80,00	329,73	3	14,21	B	C
maíz	15,00	60,00	337,40	3	14,21	B	C
maíz	30,00	80,00	345,17	3	14,21	B	C
maíz	30,00	60,00	354,33	3	14,21	B	C
maíz	60,00	80,00	366,73	3	14,21		C
maíz	60,00	60,00	373,37	3	14,21		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 17. Datos de las pruebas realizadas en el proceso de secado de granos de pérdida de peso utilizando energía eléctrica

Título

