



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE SEMILLAS DE AMARANTO
MEDIANTE TECNOLOGÍA MICROONDAS”**

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

Autor:

Jiménez Jiménez German Geovanny

Tutor:

Ing. MSc. Ángel Hidalgo Oñate

Latacunga – Ecuador

Febrero 2019



DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **JIMÉNEZ JIMÉNEZ GERMAN GEOVANNY** declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE SEMILLAS DE AMARANTO MEDIANTE TECNOLOGÍA MICROONDAS”**, siendo el Ing. Ángel Hidalgo Oñate, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Jiménez Jiménez German Geovanny

CC: 050302337-6



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE SEMILLAS DE AMARANTO MEDIANTE TECNOLOGÍA MICROONDAS”**, de **JIMÉNEZ JIMÉNEZ GERMAN GEOVANNY**, de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero del 2019

.....
Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

CC: 050325740-4



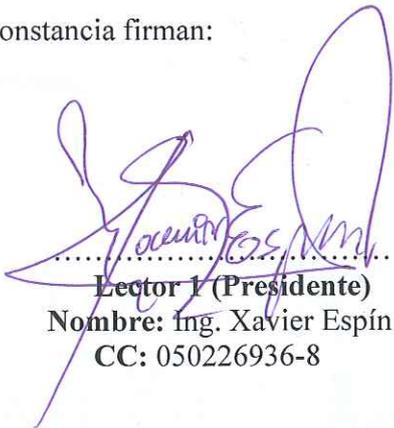
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

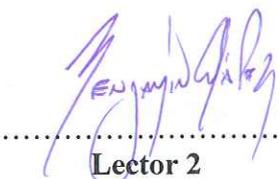
En calidad de tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: JIMÉNEZ JIMENEZ GERMAN GEOVANNY, con el título de Proyecto de titulación: **“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE SEMILLAS DE AMARANTO MEDIANTE TECNOLOGÍA MICROONDAS”**. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, febrero del 2019

Para constancia firman:


.....
Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Xavier Espín
CC: 050226936-8


.....
Lector 2
Nombre: Ing. Benjamín Chávez
CC: 171676037-4


.....
Lector 3
Nombre: Ing. Karina Berrezueta
CC: 050293516-6



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

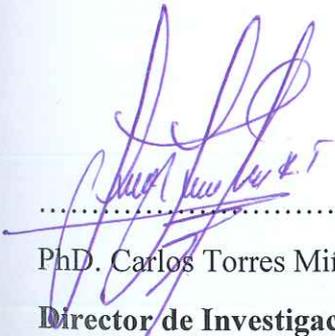
AVAL DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICACIÓN:

Al señor **JIMÉNEZ JIMÉNEZ GERMAN GEOVANNY**, estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en mi calidad de Director de Investigación, certifico que el peticionario ha desarrollado el tema de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE SEMILLAS DE AMARANTO MEDIANTE TECNOLOGÍA MICROONDAS”**, para la unidad de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, el trabajo ha satisfecho las expectativas establecidas.

Este aval lo otorgo, en razón del tiempo que ha trabajado el estudiante en el desarrollo del proyecto de investigación, por lo tanto, puede dar el presente documento el uso que estime conveniente.

Latacunga, febrero del 2019


PhD. Carlos Torres Miño
Director de Investigación



AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a la carrera de Ingeniería Industrial por abrirme las puertas y permitirme realizar mis estudios de ingeniería.

Al director del proyecto PhD. Ángel Hernández durante todo el proceso, quien con su dirección y conocimiento permitió el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Ángel Hidalgo más que un docente un amigo, gracias por su apoyo, paciencia y tiempo compartido.

Giovanny Jiménez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Lourdes y a mi padre Giovanni por siempre apoyarme y demostrarme su cariño incondicional, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a terminar mi carrera universitaria. A mi abuelita Isabel Ramos por el apoyo que me brindó y mediante el cual alcancé unos de mis sueños, por motivarme a ustedes mil gracias y los llevaré por siempre en mi corazón.

Giovanny Jiménez

ÍNDICE

DECLARATORIA DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE INVESTIGACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
5.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	5
6. OBJETIVOS:.....	6
6.1 General	6
6.2 Específicos	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	11
8.1 Amaranto (Zelenaya Sosulka).....	11
8.2 Amaranto en el Ecuador	12
8.3 Humedad de la semilla	13
8.4 Concepto de secado	13
8.5 Métodos de secados	14

8.5.1 Secado natural	14
8.5.2 Secado artificial	15
8.5.2.1 Secado por ventilación	15
8.5.2.2 Secado por aire caliente	15
8.6 Horno microondas.....	15
8.7 Calentamiento con microondas	16
8.8 Curvas de secado	18
8.9 Diferencia entre el calentamiento con microondas y otros tipos de calentamiento.....	19
8.10 Secado de semillas con microondas	21
8.11 Conservación de semillas	21
8.12 Efecto del secado de semillas con energía microondas.....	22
8.13 Horno eléctrico.....	22
9. HIPÓTESIS	23
10. METODOLOGÍA	24
10.1 Método Científico Experimental	24
10.2 Investigación Bibliográfica-Documental	24
10.3 Técnica	24
10.4 Semillas de Amaranto.....	24
10.4.1 Secado en horno microondas	24
10.4.2 Secado en horno eléctrico convencional.....	25
10.4.3 Procedimiento para obtener la curva de secado	25
10.4.4 Consumo de energía eléctrica.....	26
10.4.5 Pruebas de germinación de las semillas.....	26
10.4.6 Análisis estadístico de los resultados y prueba de hipótesis.....	27
10.4.6.1 Prueba t	27
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS	27

11.1 Efecto de la temperatura sobre el tiempo de secado y el consumo de energía en el Horno Microondas.	27
11.2 Efecto de la temperatura de secado sobre la tasa de germinación de las semillas de amaranto secadas en Horno Microondas.	30
11.3 Efecto de la temperatura sobre el tiempo de secado y el consumo de energía en el Horno Eléctrico.	33
11.4 Efecto de la temperatura de secado sobre la tasa de germinación de las semillas de amaranto secadas en Horno Eléctrico.	34
11.5 Determinación de la tecnología más apropiada para secar las semillas de amaranto.	34
11.6 Análisis Estadístico de los resultados.	35
12. IMPACTOS	36
12.1 Técnico	36
12.2 Económico.....	36
12.3 Ambiental.....	36
12.4 Social	37
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	37
14. CONCLUSIONES	40
15. BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Semillas de Amaranto	11
Figura 2: Planta de Sangorache	12
Figura 3: Secado natural de semillas	14
Figura 4: Horno microondas.....	15
Figura 5: Curva de secado de un sólido húmedo	18
Figura 6: Horno eléctrico	22
Figura 7: Curva del tiempo se secado y consumo de energía	30

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. (1) Humedad, %	25
--------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Áreas del conocimiento del proyecto.....	2
Tabla 2: Agricultores de la Provincia de Cotopaxi	4
Tabla 3: Actividades en relación a los objetivos planteados	7
Tabla 4: Composición nutricional.....	12
Tabla 5: Clasificación y características de los materiales de acuerdo con su interacción con las ondas electromagnéticas.	17
Tabla 6: Ventajas del calentamiento con energía microondas	20
Tabla 7: Conceptualización de variables	23
Tabla 8: Configuración de la cámara automatizada de germinación.....	26
Tabla 9: Experimentos de secado en Horno Microondas	28
Tabla 10: Experimentos de germinación de las semillas de amaranto secadas en horno microondas.....	31
Tabla 11: Comparación de germinación.....	33
Tabla 12: Experimentos de secado en Horno Eléctrico.....	33
Tabla 13: Experimentos de germinación de las semillas de amaranto secadas en horno eléctrico.	34
Tabla 14: Comparación de tecnologías utilizadas.....	35
Tabla 15: Comparación de tecnologías utilizadas.....	35
Tabla 16: Impacto económico del proyecto.	36
Tabla 17: Impacto ambiental del proyecto.	37
Tabla 18: Costo de los equipos utilizados	38
Tabla 19: Gastos de suministros de oficina	38
Tabla 20: Gastos de recursos tecnológicos.....	39
Tabla 21: Imprevistos	39
Tabla 22: Costo total.....	39

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE SEMILLAS DE AMARANTO MEDIANTE TECNOLOGÍA MICROONDAS”

Autor: JIMÉNEZ JIMÉNEZ GERMAN GEOVANNY

RESUMEN

El secado de semillas en la provincia de Cotopaxi, en Ecuador, se realiza fundamentalmente al aire, aprovechando la energía solar. Este método de secado es ampliamente utilizado debido a que la energía empleada para el proceso es gratis, y abundante en muchas partes del mundo, especialmente en los países tropicales. Sin embargo, este procedimiento es extremadamente dependiente de las condiciones climáticas, y éstas, en Cotopaxi no son favorables, lo que origina una disminución de viabilidad y calidad de las semillas al estar expuestas a sus variaciones, siendo, además, susceptibles a amenazas como la contaminación ambiental. Asimismo, implica un tiempo de secado extenso (más de 15 días), se requiere de grandes espacios abiertos y se puede producir un secado no uniforme de las semillas. Por otra parte, dado el hecho de que la actividad agrícola y la conservación de la biodiversidad son prioridades para el estado ecuatoriano, las investigaciones sobre nuevas tecnologías para mejorar el proceso de secado son de gran interés. Por ello, el objetivo fundamental de este trabajo es evaluar el proceso de secado de semillas de amaranto utilizando la tecnología microondas, en este trabajo se estudió a 6 diferentes temperaturas (35, 40, 45, 50, 55 y 60°C). En dicho horno se colocó una masa de semillas de 100 g, hasta que se obtuvo una humedad final del 12%. Para cada temperatura objeto de estudio se realizaron 5 experimentos, midiendo el tiempo de secado, el consumo de energía y la germinación. Consecutivamente se evaluó el proceso de secado de semillas en un horno eléctrico el cual se utilizó para la comparación entre ambas tecnologías de secado a una temperatura de 40 °C, en iguales condiciones que en el horno microondas. Los resultados obtenidos en la entre ambas tecnologías de secado demuestran que la tecnología microondas, en comparación de la tecnología convencional, disminuye el tiempo de secado en un 22%, disminuye el consumo de energía en un 75%. Las pruebas de germinación se realizaron en una cámara germinadora automatizada a una temperatura de 25 °C y una humedad del 75%, demostrando que la temperatura de 40 °C es la más apropiada para el secado de estas semillas, ya que a dicha temperatura se obtuvo una mayor tasa de germinación del 86,8%. Los resultados obtenidos en este trabajo contribuirán al desarrollo de esta tecnología de secado, con el consiguiente beneficio para la mejora de la producción agrícola de la provincia de Cotopaxi y de Ecuador.

PALABRAS CLAVE: Amaranto, secado con microondas, consumo de energía, conservación de semillas, Ecuador.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

TOPIC: “EVALUATION OF THE DRYING PROCESS SEEDS AMARANTH BY MICROWAVE TECHNOLOGY”

Author: JIMÉNEZ JIMÉNEZ GERMAN GEOVANNY

ABSTRACT

Drying seeds in the province of Cotopaxi, in Ecuador, is carried out mainly to the air, taking advantage of solar energy. This drying method is widely used due to energy used for true process is free, and abundant in many parts of the world, especially in tropical countries. However, this procedure depend mainly on climatic conditions, which in Cotopaxi are not favourable, it causes a decrease in the viability and quality of the seeds, being exposed to their variations, being, also, susceptible to threat like environmental pollution. In addition, it involves a long drying time (more than 15 days), large spaces are required and non-uniform drying of the seeds. On the other hand, given fact agricultural activity and conservation of biodiversity a priority for Ecuadorian state, research into new technologies to improve drying process are a great interest. Therefore, the main objective of this research project is to evaluate amaranth drying process seed using microwave technology, this process was studied at 6 different temperatures (35, 40, 45, 50, 55, 60 °C). In the oven was placed a seed mass 100 g, until it is obtained final moisture of 12%. Per each temperature under study were conducted 5 experiments, measuring drying time, energy consumption and germination. Sequentially, drying process seed was evaluated in an electric oven, which was used to compare both drying technologies at the temperature 40 °C, in the same conditions as microwave technology, compared with the conventional technology, decreases drying time by 22%, decrease energy consumption by 75%. The germination tests were made automated germinating chamber at a temperature 25 °C and moisture 75%, showed that the temperature of 40 °C is the most suitable for the drying seed, since temperature which was obtained at a higher germination rate 86,8%. The result obtained in the job will contribute to the development of this drying technology, with consequent benefit for the improvement of the agricultural production of Cotopaxi province – Ecuador.

Key words: Amaranth, microwave drying, energy consumption, seed conservation, Ecuador.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado: **JIMÉNEZ JIMÉNEZ GERMAN GEOVANNY** de la Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la Unidad Académica de **CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**, cuyo título versa “**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE SEMILLAS DE AMARANTO MEDIANTE TECNOLOGÍA MICROONDAS**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2019

Atentamente,

Ana Jacqueline Guamani Aymacaña
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 180323918-3



**CENTRO
DE IDIOMAS**

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DE SEMILLAS DE AMARANTO MEDIANTE TECNOLOGÍA MICROONDAS”

Fecha de inicio: 3 de Abril del 2018.

Fecha de finalización: Febrero del 2019.

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi, Barrio San Felipe, Parroquia Juan Montalvo, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Zona 3.

Facultad que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Industrial.

Proyecto de investigación vinculado:

Evaluación del proceso de secado en horno microondas de semillas de interés agrícola para la provincia de Cotopaxi.

Equipo de Trabajo:**Director del Proyecto de Investigación:**

- **Nombre:** PhD. Ángel Salvador Hernández
- **Celular:** 0984160559
- **Correo electrónico:** angel.hernandez@utc.edu.ec

Tutor del Proyecto de Investigación:

- **Nombre:** Ing. MSc. Ángel Hidalgo Oñate
- **Celular:** 0998536700
- **Correo electrónico:** angel.hidalgo@utc.edu.ec

Estudiante investigador:

- **Nombre:** Jiménez Jiménez German Geovanny
- **Celular:** 0987845964
- **Correo electrónico:** german.jimenez6@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

En la Tabla 1 se muestran las áreas del conocimiento, de acuerdo con los campos de educación y capacitación CINE (Clasificación Internacional Normalizada de la Educación) de la UNESCO.

Tabla 1: Áreas del conocimiento del proyecto.

Campo	Disciplinas	Subdisciplinas
3300 Ciencias Tecnológicas	3307 Tecnología Electrónica	330708 Dispositivos Microondas
	3309 Tecnología de los alimentos	330907 Productos de cereales
	3310 Tecnología Industrial	331003 Procesos industriales
	3328 Procesos Tecnológicos	332808 Desección

Fuente: UNESCO (2014)

Línea de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi:

- Línea 5: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublínea de investigación de la carrera de Ingeniería Industrial:

- Procesos Industriales.

Objetivo Plan del Buen Vivir 2017 – 2021:

Objetivo 5 “Impulsar la Productividad y Competitividad para el Crecimiento Económico Sustentable de Manera Redistributiva y Solidaria”.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El secado de semillas en la provincia de Cotopaxi, en Ecuador, se realiza, fundamentalmente, al aire, aprovechando la energía solar. Este método de secado es ampliamente utilizado debido

a que la energía utilizada para el proceso es gratis, y abundante en muchas partes del mundo, especialmente en los países tropicales. Sin embargo, este método es extremadamente dependiente de las condiciones climáticas, y éstas, en Cotopaxi no son favorables, lo que origina una disminución de viabilidad y calidad de las semillas al estar expuestas a sus variaciones, siendo, además, susceptibles a amenazas como la contaminación ambiental, las plagas y enfermedades y a su contaminación con tierra y polvo. Asimismo, implica un tiempo de secado muy largo (más de 15 días), requiere de grandes espacios abiertos y se puede producir un secado no uniforme de las semillas. Por otra parte, dado el hecho de que la actividad agrícola y la conservación de la biodiversidad son prioridades para el estado ecuatoriano, las investigaciones sobre nuevas tecnologías para mejorar el proceso de secado son de gran interés.

Por ello, el objetivo fundamental de este trabajo es evaluar el proceso de secado de semillas de amaranto utilizando la tecnología microondas. Para darle cumplimiento al objetivo planteado, en este trabajo se estudió el proceso de secado de semillas de amaranto en un horno microondas a 6 diferentes temperaturas (35, 40, 45, 50, 55 y 60°C). En dicho horno se colocó una masa de semillas de 100 g, hasta que se obtuvo una humedad final del 12%. Para cada temperatura objeto de estudio se realizaron 5 experimentos, midiendo el tiempo de secado, el consumo de energía y la germinación. Consecutivamente se evaluó el proceso de secado de semillas en un horno eléctrico a una temperatura de 40 °C, en iguales condiciones que en el horno microondas.

Los resultados obtenidos en la entre ambas tecnologías de secado demuestran que la tecnología microondas, en comparación de la tecnología convencional, disminuye el tiempo de secado en un 22%, disminuye el consumo de energía en un 75%. Las pruebas de germinación se las realizo en una cámara germinadora automatizada a una temperatura de 25 °C y una humedad del 75%, demostrando que la temperatura de 40 °C es la más apropiada para el secado de estas semillas, ya que a dicha temperatura se obtuvo una mayor tasa de germinación del 91%. Los resultados obtenidos en este trabajo contribuirán al desarrollo de esta tecnología de secado, con el consiguiente beneficio para la mejora de la producción agrícola de la provincia de Cotopaxi y de Ecuador.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El amaranto es un pseudocereal, cual posee características similares a los cereales. Posee una elevada proporción de fibra y minerales entre los que se destaca el calcio, potasio, magnesio y fósforo. Las características morfológicas de las semillas de amaranto son muy susceptibles a

las variaciones climáticas. Por lo tanto, es necesario una mejora en el proceso de secado de este grano basada en la utilización de métodos que permitan una eficiencia del proceso.

La tecnología microondas ha despertado un gran interés para su uso en el secado de productos agrícolas en Ecuador, un aspecto que ha despertado este método es la reducción del tiempo de secado y del consumo de energía en el proceso. El ahorro de energía que se logra en estos sistemas se debe, fundamentalmente, a las velocidades de secado más altas, la interacción directa de la energía con el disolvente (agua), las temperaturas de secado más bajas y las menores pérdidas de calor que se producen en ellos. (Schiffmann, 2015)

No obstante, es necesario realizar una evaluación del proceso de secado de las semillas utilizando la tecnología microondas, que demuestre su viabilidad. La utilización de la tecnología microondas tiene un gran potencial al reducir el tiempo de secado y el consumo de energía sin afectar la calidad de las semillas. (Moreno, et al., 2016)

Los resultados del presente proyecto contribuirán al desarrollo de la producción agrícola en la provincia de Cotopaxi, además de nuevos conocimientos científico-técnico permitiendo el desarrollo de una nueva tecnología de secado.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Directos:

Los beneficiarios directos serían los 51978 agricultores de la provincia de Cotopaxi como se puede observar en la Tabla 2, si el método de secado es efectivo, se podría realizar en otros granos andinos y los productores se beneficiarían de los resultados del proyecto.

Tabla 2: Agricultores de la Provincia de Cotopaxi

Agricultores	
Hombres	26852
Mujeres	25126
TOTAL	51978

Fuente: (INEC, 2010)

Indirectos:

Otras instituciones del Ecuador interesadas en aplicar la tecnología microondas para procesos de secado. Distintos proyectos de investigación, que aprovechan el talento humano y los recursos materiales disponibles de la universidad para fortalecerlos al cooperar en conjunto con proyectos relacionados de la institución, tales como el proyecto de Granos Andinos y el INIAP (Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias).

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La inexistencia de un método de secado rápido y eficiente ocasiona un alto tiempo de secado y la disminución de la calidad de las semillas de amaranto.

5.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El secado de semillas en microondas ha atraído considerablemente la atención en la literatura en la última década, sin embargo, solo pocos trabajos han estado enfocados en el secado de las semillas con el propósito de la conservación, el objetivo de la mayoría de estos estudios ha sido evaluar la calidad de la semilla a través de diferentes parámetros como la densidad, la porosidad, el volumen, la forma y la superficie.

En trabajos similares se realizó una evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de *Amaranthus sp*, mediante la utilización de la intensidad de potencia, en microondas y en horno convencional. En microondas se realizaron 3 ensayos utilizando una densidad de potencia de 0,5 W/g, 0,25 W/g y 0,125 W/g hasta alcanzar un 6 y 8% de humedad. En horno convencional se realizaron 2 ensayos utilizando una densidad de potencia de 0,25 W/g. En conclusión, la tecnología microondas reduce en un 90% el tiempo de secado respecto a la tecnología de secado en horno convencional, obteniendo un menor consumo eléctrico, pero a la vez disminuyendo el promedio de la tasa de germinación del 75,53%. (Herrera B., 2017)

Gastón, A. (2004), en su trabajo evaluó las propiedades físicas de las semillas en función de la densidad, el volumen específico, la densidad aparente, la porosidad y el coeficiente de contracción del grano de amaranto (*Amaranthus cruentus*) se midieron experimentalmente y se correlacionaron con el contenido de humedad. La densidad real disminuyó de 1390 a 1320 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, el volumen específico aumento desde 0,78 a $1\times 10^{-3} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$, la densidad aparente

disminuyó de 840 a 720 kg*m⁻³, la porosidad varió de 0 a 40 a 0 a 45 y el coeficiente de contracción fue de 1 a 25.

6. OBJETIVOS:

6.1 General

- Evaluar el proceso de secado de semillas de amaranto empleando la tecnología microondas para disminuir el tiempo de secado, el consumo de energía sin afectar su calidad.

6.2 Específicos

- Estimar la influencia que ejerce la temperatura sobre el tiempo de secado de las semillas de amaranto y el consumo de energía empleando la tecnología microondas.
- Analizar la influencia que ejerce la temperatura de secado sobre la tasa de germinación de las semillas de amaranto en tecnología microondas.
- Estimar la influencia que ejerce la temperatura sobre el tiempo de secado de las semillas de amaranto y el consumo de energía empleando el horno eléctrico.
- Analizar la influencia que ejerce la temperatura de secado sobre la tasa de germinación de las semillas de amaranto en el horno eléctrico.
- Determinar la tecnología más adecuada para realizar el secado de las semillas de amaranto.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 3: Actividades en relación a los objetivos planteados

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
1. Estimar la influencia que ejerce la temperatura sobre el tiempo de secado de las semillas de amaranto y el consumo de energía empleando la tecnología microondas.	1.1 Determinación de la pérdida de masa en función del tiempo para las cinco temperaturas a estudiar.	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas a 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C y 60° C para el secado de semillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar cinco muestras de similares características y realizar el experimento hasta que la pérdida de masa sea constante.
	1.2 Obtención del consumo de energía que se necesita para secar una determinada cantidad de masa.	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energía durante los experimentos de secado de las semillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los registros obtenidos del analizador de energía.
	1.3 Obtención del tiempo que se demoran en secar los experimentos en las cinco temperaturas de estudio.	<ul style="list-style-type: none"> • Curvas de secado para 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C y 60° C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar la pérdida de masa respecto al tiempo.
	1.4 Determinación del tiempo requerido para el secado de las semillas a una humedad de 12 %.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo requerido para obtener una humedad del 12%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una interpolación en las curvas de secado de las temperaturas de estudio.

Tabla 3: Actividades en relación a los objetivos planteados (Continuación)

2. Analizar la influencia que ejerce la temperatura de secado sobre la tasa de germinación de las semillas de amaranto en tecnología microondas.	<p>2.1 Colocación de las semillas secadas en la cámara automatizada de germinación.</p> <p>2.2 Conteo del número de semillas germinadas, no germinadas y contaminadas.</p> <p>2.3 Determinación del porcentaje de semillas germinadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Germinación de las semillas. • Cantidad de semillas germinadas, no germinadas y contaminadas. • Porcentaje de semillas germinadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar las semillas en cajas Petri en la cámara automatizada de germinación. • Contar las semillas germinadas, no germinadas y contaminadas a diario. • Contar el total de semillas germinadas.
3. Estimar la influencia que ejerce la temperatura sobre el tiempo de secado de las semillas de amaranto y el consumo de energía empleando el horno eléctrico.	<p>3.1 Determinación de la pérdida de masa en función del tiempo para una temperatura de 40 °C.</p> <p>3.2 Obtención del consumo de energía que se necesita para secar una determinada cantidad de masa.</p> <p>3.3 Obtención del tiempo que se demoran en secar los experimentos a 40°C.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas a 40 °C, para el secado de las semillas. • Consumo de energía durante los experimentos de secado de las semillas. • Curvas de secado a 40 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar cinco muestras de similares características y realizar el experimento hasta que la pérdida de masa sea constante. • Utilizar los registros obtenidos del analizador de energía. • Analizar la pérdida de masa respecto al tiempo.

Tabla 3: Actividades en relación a los objetivos planteados (Continuación)

	3.4 Determinación del tiempo requerido para el secado de las semillas a una humedad de 12 %.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo requerido para obtener una humedad del 12%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una interpolación en las curvas de secado de las temperaturas de estudio.
4. Analizar la influencia que ejerce la temperatura de secado sobre la tasa de germinación de las semillas de amaranto en el horno eléctrico.	<p>4.1 Colocación de las semillas secadas en la cámara automatizada de germinación.</p> <p>4.2 Conteo del número de semillas germinadas, no germinadas y contaminadas.</p> <p>4.3 Determinación del porcentaje de semillas germinadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Germinación de las semillas. • Cantidad de semillas germinadas, no germinadas y contaminadas. • Porcentaje de semillas germinadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar las semillas en cajas Petri en la cámara automatizada de germinación. • Contar las semillas germinadas, no germinadas y contaminadas a diario. • Contar el total de semillas germinadas.
5. Determinar la tecnología más adecuada para realizar el secado de las semillas de amaranto.	5.1 Comparación de los tiempos de secado obtenidos empleando la tecnología microondas y el horno eléctrico a la temperatura de 40 °C.	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología microondas reduce el tiempo del proceso de secado y el consumo eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar datos estadísticos.

Tabla 3: Actividades en relación a los objetivos planteados (Continuación)

5.2 Comparar los consumos de energía empleando la tecnología microondas y el horno eléctrico a la temperatura de 40 °C.

- Demostración que la tecnología microondas reduce el consumo de energía del proceso de secado y aumenta la eficiencia de esta.
 - Utilizar datos estadísticos.
-

Realizado por: Jiménez G.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Amaranto (Zelenaya Sosulka)

Es un cereal de cultivo anual, el cual posee características agronómicas que le permiten adaptarse a condiciones ambientales adversas, donde otros cultivos no prosperan, es considerado como uno de los mejores alimentos para el consumo humano ya que sus semillas contienen proteínas con un alto valor nutritivo, tiene un mercado potencial importante en todo el mundo, es una planta C4, lo que representa una modalidad fotosintética de alta eficiencia en el aprovechamiento de la radiación solar, puede tolerar el ataque de insectos. (Hernández R., 1998)

Figura 1: Semillas de Amaranto



T
Fuente: (INIAP,2012)

Es importante saber que esta semilla es libre de gluten, su comparación nutricional con otros granos es que contiene mucho más hierro, calcio, proteínas, fósforo, carbohidratos, manganeso, fibra que el trigo o el arroz, es una verdadera fuente de poder, ayuda a prevenir un número de condiciones crónicas de la salud como la diabetes, enfermedades cardíacas, cáncer e infartos.

Las semillas de amaranto se las consumen como cereal en panaderías, galletas, dulces, panqueques, pasta y fideos, ya que poseen un tremendo potencial vitamínico, el uso en algunos países son diferentes por ejemplo en Perú se usan como harina, en Bolivia se usan como granos, en México se revientan las semillas para hacer caramelos.

En la Tabla 4 se muestra la composición nutricional de la semilla de amaranto (por 100 g de semillas y en base seca).

Tabla 4: Composición nutricional

Características	Contenido
Proteína (g)	12 -19
Carbohidratos (g)	71,8
Lípidos (g)	6,1 – 8,1
Fibra (g)	3,5 – 5,0
Cenizas (g)	3,0 – 3,3
Energía (kcal)	391
Calcio (mg)	130 – 164
Fosforo (mg)	530
Potasio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1,5

Fuente: (Peralta E., 2008)

8.2 Amaranto en el Ecuador

Figura 2: Planta de Sangorache



Fuente: (INIAP,2012)

También conocido como Sangorache, su nombre científico es *Amaranthus caudatus* L., la variedad que existe en Ecuador se denomina Alegría que se da en la Zona Andina específicamente en los valles donde están libres de heladas, a una altitud entre 2000 a 2800 msnm (metros sobre el nivel

del mar), su ciclo de cultivo es alrededor de 150 a 180 días. Para su almacenamiento la semilla debe poseer una humedad inferior al 13%, en cuartos secos y frescos. (Peralta E. et al., 2012)

8.3 Humedad de la semilla

La semilla está compuesta por sustancias como carbohidratos, proteínas y aceites con algo de agua, la cual puede ser extraída o aumentada.

Si una semilla se coloca en agua, la absorberá, incrementando así su contenido de humedad, si se extrae del agua la semilla se secará de este modo el agua se evaporará y el contenido de humedad disminuirá. (Stubsgaard, 2012)

En las reglas del ISTA (International Seed Testing Association), el contenido de humedad se expresa como el peso del agua contenida como un porcentaje del peso total de la semilla del secado (porcentaje del peso húmedo).

8.4 Concepto de secado

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

El secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impide el crecimiento de los hongos y evitar las reacciones de deterioración. (Arias, 1993)

El secado es un proceso de vaporización donde el aire que pasa a través de la masa de las semillas la cual es la fuente de calor para evaporar el agua del grano y sirve como transportador del agua evaporada fuera de la masa de las semillas.

El aire transfiere el calor al interior de la semilla donde se produce la evaporación a su vez la semilla transfiere el agua evaporada a la corriente de aire para depositarla fuera del ambiente de secado. (Dávila S., 1988)

El secado es una técnica para preservar las semillas dando como resultado cambios en las propiedades físico - químicas que pueden afectar la calidad del grano. Estos efectos se relacionan con la velocidad de secado y la temperatura del proceso. (Li et al., 2009)

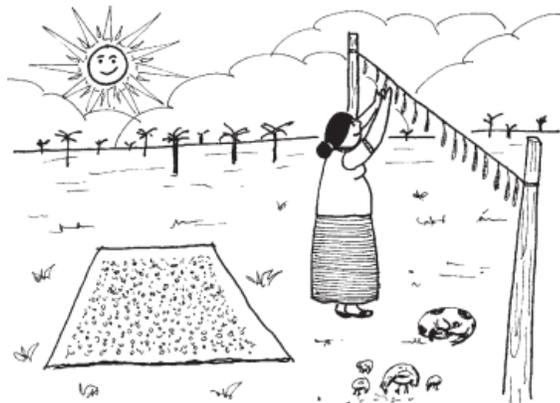
8.5 Métodos de secados

8.5.1 Secado natural

El material cosechado, trillado o sin trillar, se seca al sol y al viento, cuando la humedad relativa es baja. El desplazamiento y el acopio posterior de la cosecha requiere mucho tiempo y trabajo. Existe el riesgo de secarlo demasiado rápidamente, de contaminación de polvo y suciedad y de infestación por insectos. (FAO, 1985)

El proceso de secado natural es muy utilizado por los agricultores de bajos recursos, dicho proceso inicia cuando la semilla llega a su madurez fisiológica, el secado empieza desde cuando la semilla se encuentra en la misma planta hasta su cosecha, consecutivamente se lo coloca en campos abiertos para terminar el proceso.

Figura 3: Secado natural de semillas



Fuente: (FAO, 1985)

Este método es el más utilizado, algunos agricultores consideran que es más económico dejar secar las semillas bajo el sol, se debe tener en cuenta que se producen mayores pérdidas cuando se almacenan las semillas debido a la pérdida de semillas por lluvias, granizos y vientos fuertes, infestaciones de insectos, mayor susceptibilidad a enfermedades y pérdida de la calidad de la semilla.

8.5.2 Secado artificial

Se clasifican en:

- Secado por ventilación.
- Secado por aire caliente.

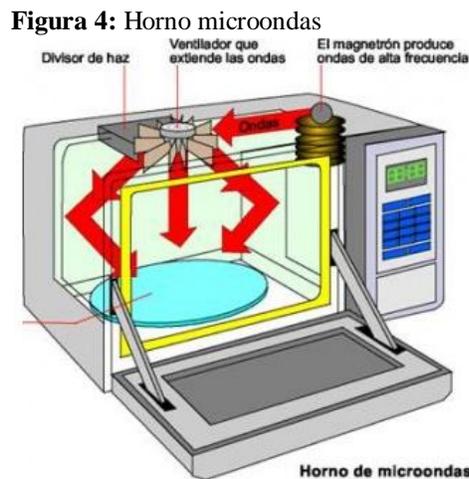
8.5.2.1 Secado por ventilación

Se impulsa aire en temperatura ambiente a través de la semilla, este método es efectivo cuando la humedad relativa del aire es baja.

8.5.2.2 Secado por aire caliente

El aire es calentado antes de impulsarlo a través de la semilla, este método reduce la humedad relativa de las semillas con la finalidad de eliminar más humedad, pero a la vez daña a las semillas y no mantiene la calidad de esta.

8.6 Horno microondas



Fuente: (Miranda et al., 2002)

Un horno microondas está formado por un generador de altas frecuencias y una cavidad de paredes metálicas. Los hornos de microondas tienen un rendimiento del orden de un 50%. A diferencia de un horno convencional, en un horno microondas el calentamiento actúa directamente sobre el interior de los alimentos. Este calentamiento se produce por las elevadas pérdidas dieléctricas que

presentan todos los tejidos orgánicos a frecuencias de microondas. Las pérdidas dieléctricas de estos tejidos disminuyen al aumentar la temperatura y por tanto el calentamiento por microondas actúa directamente sobre el interior de los alimentos, así también el calentamiento se produce esencialmente por las elevadas pérdidas dieléctricas que presentan particularmente todos los tejidos disminuyen al aumentar la temperatura y por tanto el calentamiento por microondas es auto regulable. (Miranda et al., 2002)

8.7 Calentamiento con microondas

La radiación microondas denominado comúnmente como radiaciones electromagnéticas no ionizantes que se originan en la porción del espectro electromagnético en la gama de frecuencia entre 300 MHz y 300 GHz, que corresponden a longitudes de onda entre 1 m y un 1 mm.

Cuando medimos la temperatura de la materia lo que en realidad estamos midiendo es la velocidad con la que oscilan, vibran, rotan o mueven sus partículas (moléculas, átomos, electrones libres, etc.); si un objeto está más caliente que otro es porque sus partículas se están agitando más rápidamente (Arun, 1995).

Puesto que las partículas con carga y las moléculas polares tienden a orientarse siguiendo la polarización de campo eléctrico; tenderán, en el caso de ser irradiadas por energía microondas, a acoplarse a las oscilaciones del campo eléctrico rotando o vibrando a razón de 2450 o 915 millones de veces por segundo; lo que se traduce en una generación de calor (la energía que transportan las microondas se transfiere a la sustancia en forma de calor) y un aumento de la temperatura. Este fenómeno se conoce como calentamiento por polarización dipolar en el caso de moléculas dipolares (como las del agua), o conducción iónica, caso de las sustancias iónicas. (Menéndez, J, et al., 2017b)

Por otra parte, es muy importante saber que la radiación microondas no es una forma de calor, sino que es una forma de energía que se manifiesta en forma de calor a través de su interacción con los materiales. Para la conversión de esta forma de energía existen varios mecanismos. (Schiffmann, 2015)

Se debe considerar que no todos los materiales se pueden calentar con brevedad (corta duración) mediante energía microondas, ya que depende de la forma en que interactúan con los campos electromagnéticos.

Las propiedades que determinan si un material se puede calentar con éxito mediante energía microondas son sus propiedades dieléctricas, tales como: la constante dieléctrica relativa (ϵ'), tangente de pérdida o factor de disipación ($\tan \delta$) y el factor de pérdida (ϵ''). (Schiffmann, 2015)

En la Tabla 5 se muestran la clasificación y características de los materiales de acuerdo con su interacción con las ondas electromagnéticas, los cuales son conductores, aislantes, absorbentes y compuestos magnéticos.

Tabla 5: Clasificación y características de los materiales de acuerdo con su interacción con las ondas electromagnéticas.

Tipo de material	Interacción con las ondas electromagnéticas
Conductores	Son materiales con electrones libres, como los metales, que reflejan las ondas electromagnéticas. Se utilizan para contener y dirigir las ondas electromagnéticas en los aplicadores y guías de onda.
Aislantes	Son materiales que no conducen la energía eléctrica, tales como el vidrio, la cerámica, y el aire. Actúan como aislantes, que reflejan y absorben las ondas electromagnéticas en una proporción muy poco significativa y principalmente las transmiten (son transparentes a las ondas electromagnéticas). Son útiles para soportar o contener los materiales que se van a calentar y pueden tomar la forma de cintas transportadoras, bandejas de soporte, platos.
Absorbentes	Son materiales que absorben la energía electromagnética y la convierten en calor. Por ejemplo, el agua, aceites, la madera y otros materiales que contienen humedad.
Compuestos magnéticos	Son materiales, tales como ferritas, que interactúan con el componente magnético de la onda electromagnética y debido a ello se calientan. Se utilizan como blindaje o dispositivos que impiden la fuga de energía electromagnética.

Fuente: (Hernández, Hernández & Ballesteros, 2017)

En el proceso de calentamiento por microondas, la radiación incurre directamente en el interior de las semillas produciendo un calentamiento interno que conduce a un aumento rápido de la temperatura que se propaga de adentro hacia afuera.

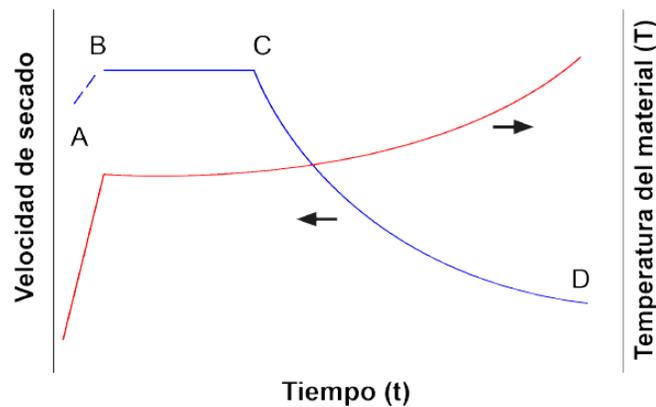
8.8 Curvas de secado

La conducta de los sólidos durante el proceso de secado se puede caracterizar, mediante la medición de la pérdida de humedad del sólido en función del tiempo. Para ello, los métodos que se utilizan son la diferencia de humedad, y el pesaje continuo o intermitente. (Mujumdar, 2015).

Cada material tiene una curva distinta que describe las características de secado de este, en condiciones específicas de temperatura, velocidad y presión como se puede ver en la Figura 3.

Dicha curva se denomina curva de secado y se obtiene al representar la velocidad de pérdida de masa (humedad) en función del tiempo, para una muestra del material expuesto al medio de secado en condiciones controladas y constantes (Mujumdar, 2015).

Figura 5: Curva de secado de un sólido húmedo



Fuente: (Hernández, Hernández & Ballesteros, 2017)

Como se puede observar en la Figura 5, en la curva de secado existe un período inicial (tramo A – B) en el que se produce un calentamiento del material a secar y un aumento de la velocidad de secado. A este período le sigue otro en el que la velocidad de secado se mantiene constante (tramo B – C), denominado como período de velocidad constante, durante el cual la difusión del agua a través del sólido es lo suficientemente rápida para mantener las condiciones saturadas en su superficie. Por último, durante su etapa final, la difusión interna de agua no puede mantener las condiciones de saturación en la superficie de la partícula y comienza un período que se caracteriza

por una disminución de la velocidad de secado (tramo C – D), conocido como período de velocidad decreciente. Este último período, a menudo, se divide en un período durante el cual la superficie del material está parcialmente húmeda y ningún mecanismo domina por completo; seguido por un período en el que la superficie del material está completamente seca y la difusión del agua a través del sólido es el mecanismo controlante de la velocidad de secado. (Brammer y Bridgwater, 1999)

Las velocidades de secado son muy difíciles de predecir para un determinado producto, sobre todo durante el periodo de velocidad decreciente (C – D); y para determinarlas se requieren, por lo general, de métodos experimentales en condiciones controladas (Brammer y Bridgwater, 1999).

8.9 Diferencia entre el calentamiento con microondas y otros tipos de calentamiento

Los diferentes calentamientos convencionales involucran una transmisión de calor desde un cuerpo de mayor temperatura (fuente de calor) a otro de temperatura menor. Esta transmisión de calor puede tener lugar mediante tres tipos de mecanismos diferentes: conducción, convección y radiación; pero en todos los casos implica la existencia de una fuente de calor externa al cuerpo que se calienta. De esta manera, existe siempre un gradiente de temperatura donde las partes más expuestas, del cuerpo que se calienta tienen una temperatura superior a las menos expuestas. La conducción dentro del propio cuerpo tiende, con el tiempo, a hacer desaparecer este gradiente e igualar la temperatura. En el caso del calentamiento mediante radiación microondas la situación es totalmente diferente. Como se ha visto anteriormente, las microondas transmiten energía directamente a las partículas (a aquellas que sean capaces de interactuar con las microondas) del propio cuerpo. Por tanto, el calentamiento se produce en el interior del cuerpo (lo que se conoce como calentamiento volumétrico) y, en principio, no existe este gradiente de temperaturas. De hecho, y dado que las pérdidas de calor son mayores en las superficies del cuerpo, podríamos considerar que el calentamiento se produce de dentro hacia fuera; al revés que en el calentamiento convencional. (Hernández, Hernández & Ballesteros, 2017)

Los métodos de calentamiento convencional dependen de la transferencia de calor desde la superficie del material a calentar a su interior, caso contrario a lo que pasa por calentamiento con microondas el cual es casi instantáneo desde su interior a su exterior.

Tabla 6: Ventajas del calentamiento con energía microondas

Ventajas	Debido a
Mayor velocidad de calentamiento y menores tiempo de procesamiento	Al calentamiento volumétrico y a la interacción directa del campo electromagnético interactúa con el material a calentar.
Calentamiento uniforme del material	Que, generalmente, el efecto del calentamiento volumétrico produce un calentamiento más uniforme, evitando los grandes gradientes de temperatura que se producen en sistemas de calentamiento convencionales.
Mayor eficiencia energética	Que la energía interactúa directamente sobre el material a calentar y que no hay que calentar el aire, el horno o ninguna otra parte. Además, no existe una fuente de energía a alta temperatura ni hay que enfriar una.
Mejor, más rápido, preciso y eficiente control del calentamiento	Al carácter instantáneo del encendido y apagado del calentamiento y la capacidad para cambiar el grado de calentamiento mediante el control de la potencia de salida del generador.
Menor requerimiento de espacio	Que las velocidades de calentamiento son más altas.
Calentamiento selectivo	Que el campo electromagnético generalmente interactúa con el disolvente y no con el sustrato. Por ello, el agua (humedad) contenida en el material es la que se calienta y se elimina, mientras que el sustrato se calienta principalmente por conducción.
Se puede mejorar la calidad de los productos	Que no se producen altas temperaturas en la superficie de los productos a calentar, evitándose el recalentamiento de la superficie y el de endurecimiento del producto, que son comunes con los métodos convencionales de calentamiento. Esto puede contribuir a un menor rechazo de los productos.
Se pueden obtener efectos químicos y físicos favorables	Que muchas reacciones químicas y físicas se favorecen por el calor generado por este método beneficiando los procesos de secado, fusión, desnaturalización de las proteínas, la gelatinización del almidón, etc.
Proceso de calentamiento limpio	Que no genera residuos secundarios.

Fuente: (Hernández, Hernández & Ballesteros, 2017)

En el Tabla 6 se presentan las ventajas que tiene el calentamiento mediante energía microondas respecto a los métodos convencionales de calentamiento.

Las ventajas del calentamiento con microondas es su alta velocidad de calentamiento y menor tiempo del proceso, calentamiento uniforme del material, menor consumo de energía, mejorar la calidad de los productos, obtención de efectos químicos y físicos favorables, y se puede lograr en minutos u horas lo que podría tardar días hasta meses, con los métodos de calentamiento convencional.

8.10 Secado de semillas con microondas

La provincia de Cotopaxi, en Ecuador, es una provincia eminentemente agrícola, por lo que la actividad en este sector constituye una de sus principales actividades económicas. Entre los principales cultivos de que se siembran en Cotopaxi se destacan los siguientes: maíz suave seco, cacao, maíz suave choclo, caña de azúcar, papa, cebada, banano, maíz duro seco, habas secas y plátano (GAD-Cotopaxi, 2015). La mayoría de ellos requieren de un proceso de secado para la conservación de semillas, el control de plagas y el aumento de la vida útil de los productos.

Dentro de los cultivos que existen en la provincia de Cotopaxi, también siembran Amaranto comúnmente llamado Sangorache, del cual no hay estudios realizados sobre dicha semilla en el proceso de secado mediante tecnología microondas con control de temperatura.

8.11 Conservación de semillas

En el Ecuador las semillas son parte fundamental del patrimonio cultural y está vinculado a los conocimientos y prácticas de pueblos y comunidades, que durante siglos han permitido el uso y preservación de diversas especies vegetales de interés agrícola.

Tradicionalmente para el secado de semillas se ha empleado el método de secado natural al sol que presentan limitaciones debidas al cambio climático, al ser infectadas por insectos y enfermedades agrícolas.

Para evitar estos inconvenientes, se han desarrollado distintos métodos artificiales de secado, como la convección por aire caliente (Barrozo, 2014), el método de secado por energía microondas

permite un mayor ahorro en tiempo y consumo de energía, además de poder controlar la temperatura para los respectivos estudios.

8.12 Efecto del secado de semillas con energía microondas

En los distintos estudios realizados se observa que el secado de semillas asistido por microondas reduce considerablemente el tiempo de secado con respecto a otras técnicas. (Choudhary, 2013)

En estudios previos realizados sobre secado de semillas no establecen criterios de calidad, para la conservación de la semilla.

Para establecer la viabilidad de una semilla se realizarán pruebas de germinación después del proceso de secado, se incuban a una temperatura y humedad controlada, la radícula es el criterio para determinar el éxito de la germinación.

8.13 Horno eléctrico

Un horno es un dispositivo que genera calor y que lo mantiene dentro de un compartimento cerrado, el cual se utiliza para cocinar, calentar o secar alimentos. La energía calorífica que se utiliza se puede obtener por combustión, radiación o por electricidad. (Posso, 2010)

Los hornos eléctricos convierten la energía en calor a través de resistencias que permiten que se lleve a cabo el llamado efecto Joule. La potencia de los hornos eléctricos se mide en función a la cantidad de kW, que absorban de la corriente eléctrica, dependiendo de esta potencia será la cantidad de calor que emitan. (Trinks et al., 2004)

Figura 6: Horno eléctrico



Fuente: El Autor

9. HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (H1)

La utilización de la tecnología microondas para el secado de semillas de amaranto disminuirá el tiempo de secado y disminuirá el consumo de energía sin afectar la calidad de las semillas.

Hipótesis nula (H0)

La utilización de la tecnología microondas para el secado de semillas de amaranto aumentará el tiempo de secado y aumentará el consumo de energía y afectará la calidad de las semillas.

Variable Independiente:

Tecnología para el secado de semillas de amaranto.

Variable Dependiente

El tiempo de secado, el consumo de energía del proceso y la germinación.

En la Tabla 7 se muestra el efecto esperado de la variable independiente sobre las variables dependientes.

Tabla 7: Conceptualización de variables

INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE		
	Tiempo de secado	Consumo de energía	Germinación
Horno Microondas	Disminuirá el tiempo	Disminuirá el consumo	Disminuirá la germinación
Horno Eléctrico	Aumentará el tiempo	Aumentará el consumo	Aumentará la germinación

Realizado por: Jiménez G.

10. METODOLOGÍA

10.1 Método Científico Experimental

El cual permitió controlar la variable temperatura para evaluar los métodos de secado en las dos tecnologías.

10.2 Investigación Bibliográfica-Documental

Para este estudio se tuvo relación con material bibliográfico-documental que sirvió de base para la realización del marco teórico y los resultados obtenidos.

10.3 Técnica

Se realizaron experimentos de secado, a 6 diferentes temperaturas (35 °C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C y 60°C) en un horno microondas con control de temperatura. Para cada temperatura objeto de estudio se realizó 5 pruebas, y en cada prueba se midió el consumo de energía. Las semillas se secaron desde una humedad del 20% hasta una humedad final del 12%.

10.4 Semillas de Amaranto

Las semillas de amaranto (Zelenaya Sosulka) utilizadas en este estudio fueron provistas por el Ing. Marco Rivera coordinador del proyecto "Granos Andinos", financiado por la Universidad de Cotopaxi, Ecuador.

10.4.1 Secado en horno microondas

Las semillas de amaranto se secaron utilizando un horno microondas marca LACOR Modelo 69330, de 30 litros de capacidad y 900 W de potencia, que tiene incorporado un controlador de temperatura PID Eurotherm 3216L., un contador de energía marca TYWATT 30 un termopar tipo K.

Se realizaron 5 experimentos en los cuales se midió la humedad inicial de las semillas de amaranto mediante un analizador de humedad marca BOECO BMA I50 se trató de que la humedad sea la misma, después se pesó una masa inicial (100g) de amaranto utilizando una balanza marca BOECO

MODELO BPS 51 PLUS, en el proceso se midió el tiempo de secado y el consumo de energía mediante un analizador de energía marca FLUKE 435 Serie II.

10.4.2 Secado en horno eléctrico convencional

Se utilizó un horno eléctrico construido por la Carrera de Ingeniería Electromecánica (Hinojosa & Tigasi, 2017). Con las siguientes características, de 30 litros de capacidad y 450 W de potencia, que tiene incorporado un sensor de temperatura LM355, además cuenta con una interfaz hombre (MHI) para el control de temperatura con un control automático o manual para el encendido del ventilador.

Se procedió de la misma manera que en el horno microondas, se midió la humedad inicial del amaranto, se pesó una masa inicial (100g) de semillas de amaranto y se midió el tiempo de secado y el consumo de energía.

10.4.3 Procedimiento para obtener la curva de secado

Durante las pruebas de secado a las diferentes temperaturas, se pesó la masa de las semillas de amaranto cada 15 minutos hasta poder llegar al 12 % de humedad.

El porcentaje de humedad de las semillas de amaranto se determinó a través de la ecuación 1 a partir del conocimiento de la masa inicial y la masa final de las semillas al terminar el proceso de secado.

A partir de la representación de los datos de la pérdida de masa (humedad) obtenidos en los experimentos de secado, en función del tiempo, se obtuvo las curvas de secado para cada una de las pruebas.

$$\%H = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} * 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

m_i = Masa inicial [g]

m_f = Masa final [g]

10.4.4 Consumo de energía eléctrica

Para medir el consumo de energía en el proceso de secado se utilizó un analizador de energía marca FLUKE 435 Serie II. El mismo provee de datos de corriente, voltaje, potencia (activa, reactiva, aparente), frecuencia, energía en intervalos de tiempo de 1 minuto.

Las curvas del consumo de energía se realizaron tomando en cuenta la energía activa versus el tiempo de secado de las semillas, las mediciones se realizaron a cada una de las temperaturas establecidas 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C y 60 °C, de la misma manera se tomaron datos de las cinco pruebas.

10.4.5 Pruebas de germinación de las semillas

Se realizaron pruebas de germinación con las semillas de amaranto secadas en el horno microondas a las cinco diferentes temperaturas. Las pruebas de germinación se las realizaron en cajas Petri, en las cuales se colocaron 50 semillas de las secadas hasta un 12% de humedad.

Las placas Petri se colocaron en una cámara automatizada de germinación que cuenta con 3 diferentes compartimientos, los cuales se configuraron a diferentes temperaturas y humedades. Los compartimientos se configuraron de la siguiente manera, así como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Configuración de la cámara automatizada de germinación

Compartimiento	Temperatura	Humedad
1	25 °C	75 °C
2	25 °C	75 °C
3	25 °C	75 °C

Realizado por: Jiménez G.

Se contaron a diario las semillas, y se las clasificó en germinadas, no germinadas y contaminadas, las cuales se llevó un registro de los avances de germinación de las semillas. Después de un determinado tiempo se determinó el porcentaje de semillas germinadas, para escoger la temperatura con mayor germinación, con la temperatura seleccionada (40°C) se realizó el proceso de secado en un horno eléctrico.

Se comparó el tiempo de secado, el consumo de energía promedio de las pruebas de las temperaturas objeto de estudio. Con los datos promedios de las pruebas, se calculó el porcentaje de reducción entre la tecnología microondas y horno eléctrico.

10.4.6 Análisis estadístico de los resultados y prueba de hipótesis

Para analizar los resultados ente el horno microondas y el horno eléctrico convencional se realizó una prueba paramétrica que se denomina prueba t, un software de análisis estadístico PAST (PAleontological STatistics).

10.4.6.1 Prueba t

Conocida como prueba t de Student, prueba t de estudiante o Test-t es una prueba estadística paramétrica, utilizada para determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de dos muestras dependientes o independientes. (Rubio M. & Berlanga V., 2012)

El nivel de probabilidad para que sea aceptable una hipótesis es de $p < 0,05$ es un valor común que se utiliza, cuanto mayor es la diferencia entre las dos muestras, mayor es la probabilidad que exista una diferencia significativa.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el proceso de secado de semillas de amaranto en horno microondas a seis temperaturas diferentes, así como su efecto sobre el tiempo de secado, consumo de energía se analizan a continuación.

11.1 Efecto de la temperatura sobre el tiempo de secado y el consumo de energía en el Horno Microondas.

En la Tabla 9, se muestra el tiempo necesario para secar las semillas de amaranto hasta una humedad del 12% y el consumo de energía requerido.

Tabla 9: Experimentos de secado en Horno Microondas

Temperatura (°C)	Experimentos	Tiempo de secado (min)	Consumo de energía (Wh)
35	1	360	852
	2	375	945
	3	420	969
	4	375	876
	5	360	891
Promedio		378	907
40	1	285	674
	2	285	662
	3	255	562
	4	255	572
	5	225	501
Promedio		261	594
45	1	225	477
	2	195	361
	3	180	266
	4	225	451
	5	240	481
Promedio		213	407
50	1	150	360
	2	165	349
	3	165	350
	4	165	368
	5	165	383
Promedio		162	362

Tabla 9: Experimentos de secado en Horno Microondas (Continuación)

Temperatura (°C)	Experimentos	Tiempo de secado (min)	Consumo de energía (Wh)
55	1	150	342
	2	150	295
	3	165	282
	4	150	289
	5	165	282
Promedio		156	298
60	1	120	265
	2	120	255
	3	120	205
	4	135	289
	5	135	293
Promedio		126	261

Realizado por: Jiménez G.

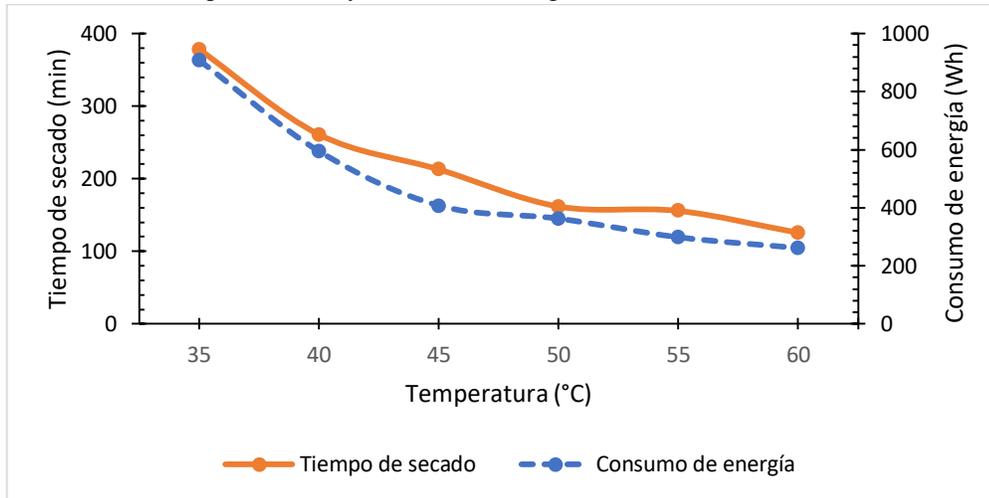
Como se observa en la Tabla 9, para alcanzar una humedad final de las semillas de amaranto del 12%, a una temperatura de 35 °C, se requiere un tiempo promedio de 378 minutos (~6.3 horas), mientras que, para una temperatura de 40 °C, se requiere un tiempo promedio de 261 minutos (~4.35 horas). De la misma manera, para una temperatura de 45 °C, se requiere un tiempo promedio de 213 minutos (~3.55 horas), mientras que, para una temperatura de 50 C, se requiere un tiempo promedio de 162 minutos (~2.7 horas). Así mismo, para una temperatura de 55 °C, se requiere un tiempo promedio de 156 minutos (~2.6 horas), mientras que, para una temperatura de 60 °C, se requiere un tiempo promedio de 126 minutos (~2.1 horas).

En la Tabla 9, se observa para una temperatura de 35 °C, se requiere un consumo de energía promedio de 907 Wh, mientras que, para una temperatura de 40 °C, se requiere un consumo de energía promedio de 594 Wh. De la misma manera para una temperatura de 45 °C, se requiere un consumo de energía promedio de 407 Wh, mientras que, para una temperatura de 50 C, se requiere un consumo de energía promedio de. 362 Wh. Así mismo, para una temperatura de 55 °C, se

requiere un consumo de energía promedio de 298 Wh, mientras que, para una temperatura de 60 °C, se requiere un consumo de energía promedio de 261 Wh.

En la Figura 7 se muestra la curva del tiempo de secado y del consumo de energía en horno microondas, para la figura se utilizó los valores promedios para cada caso.

Figura 7: Curva del tiempo se secado y consumo de energía



Realizado por: Jiménez G.

Como se puede ver en la Figura 7, a medida que se aumenta la temperatura de secado desde 35 °C hasta 60 °C, disminuye el tiempo en un 67% y el consumo de energía en un 71%. Los porcentajes se calcularon tomando en cuenta como el 100 % los valores promedios obtenidos a 35 °C, tanto como para tiempo de secado (378 minutos) y el consumo de energía (907 Wh), y como valores mínimos promedios logrados a 60 °C, para tiempo de secado (126 minutos) y consumo de energía (261 Wh).

11.2 Efecto de la temperatura de secado sobre la tasa de germinación de las semillas de amaranto secadas en Horno Microondas.

En la Tabla 10, se muestran los resultados obtenidos de la germinación de las semillas secadas en horno microondas. Como se puede observar en dicha tabla al aumentar la temperatura de secado, desde 35 °C hasta 60 °C, causó una disminución de la tasa de germinación de las semillas de amaranto de un 86,8% hasta un 23,2%. De las temperaturas estudiadas, la temperatura de 40 °C es

la más apropiada para el secado de semillas, ya que a esta temperatura se obtuvo una mayor tasa de germinación.

Tabla 10: Experimentos de germinación de las semillas de amaranto secadas en horno microondas.

Temperatura (°C)	Experimentos	Cantidad de semillas	Germinaron	No Germinaron	% Germinación
35	1	50	45	5	90
	2	50	46	4	92
	3	50	41	9	82
	4	50	35	15	70
	5	50	38	12	76
Promedio (%)					82
Análisis estadístico					
Desviación estándar (%)					9,27
Coefficiente de variación					11,31
40	1	50	44	6	88
	2	50	40	10	80
	3	50	41	9	82
	4	50	45	5	90
	5	50	47	3	94
Promedio (%)					86,8
Análisis estadístico					
Desviación estándar (%)					5,76
Coefficiente de variación					6,64
45	1	50	39	11	78
	2	50	30	20	60
	3	50	32	18	64
	4	50	35	15	70
	5	50	39	11	78
Promedio (%)					70
Análisis estadístico					
Desviación estándar (%)					8,12
Coefficiente de variación					11,61

Tabla 10: Experimentos de germinación de las semillas de amaranto secadas en horno microondas. (Continuación)

Temperatura (°C)	Experimentos	Cantidad de semillas	Germinaron	No Germinaron	% Germinación
50	1	50	36	14	72
	2	50	28	22	56
	3	50	24	26	48
	4	50	25	25	50
	5	50	22	28	43
Análisis estadístico	Promedio (%)				53,8
	Desviación estándar (%)				11,19
	Coefficiente de variación				20,8
55	1	50	34	16	68
	2	50	10	40	20
	3	50	9	41	18
	4	50	15	35	30
	5	50	26	24	52
Análisis estadístico	Promedio (%)				37,6
	Desviación estándar (%)				21,7
	Coefficiente de variación				57,71
60	1	50	8	42	16
	2	50	13	37	26
	3	50	9	41	18
	4	50	15	35	3
	5	50	13	37	26
Análisis estadístico	Promedio (%)				23,2
	Desviación estándar (%)				5,93
	Coefficiente de variación				25,57

Realizado por: Jiménez G.

Como se puede observar en la Tabla 11, se realizó la Prueba t para conocer si existen cifras significativas para escoger la temperatura ideal para el secado de semilla de amaranto, donde se obtuvo que entre las temperaturas 35 °C – 40 °C no existen cifras significativas, pero si existe significancia entre 40 °C – 45 °C, desde el punto de vista de germinación no hay diferencias significativas al trabajar con 35 °C o 40 °C , desde el punto de vista de consumo de energía al trabajar con 40 °C se requiere un menor consumo. Por lo tanto, la mejor opción tomando en cuenta la germinación y el consumo de energía es 40 °C.

Tabla 11: Comparación de germinación

	Germinación	
	35°C - 40 °C	40 °C – 45 °C
p	0,4023	0,0054

Realizado por: Jiménez G

11.3 Efecto de la temperatura sobre el tiempo de secado y el consumo de energía en el Horno Eléctrico.

En la Tabla 12, se muestra el tiempo de secado necesario para secar las semillas de amaranto hasta una humedad del 12% y el consumo de energía requerido.

Tabla 12: Experimentos de secado en Horno Eléctrico.

Temperatura (°C)	Experimentos	Tiempo de secado (min)	Consumo de energía (Wh)
40	1	330	2267
	2	360	2684
	3	330	2187
	4	330	2235
	5	330	2176
Promedio		336	2310

Realizado por: Jiménez G.

Como se observar en la Tabla 12, para alcanzar una humedad final de las semillas de amaranto del 12%, a una temperatura de 40 °C, se requiere un tiempo promedio de 336 minutos (~5.6 horas), además de un consumo de energía promedio de 2310 Wh.

11.4 Efecto de la temperatura de secado sobre la tasa de germinación de las semillas de amaranto secadas en Horno Eléctrico.

En la Tabla 13, se muestran los resultados obtenidos de la germinación de las semillas secadas en horno eléctrico. Como se puede observar en dicha tabla, a una temperatura de 40 °C, la tasa de germinación promedio es (91%).

Tabla 13: Experimentos de germinación de las semillas de amaranto secadas en horno eléctrico.

Temperatura (°C)	Experimentos	Cantidad de semillas	Germinaron	No Germinaron	% Germinación
40	1	50	44	6	88
	2	50	47	3	94
	3	50	45	5	90
	4	50	46	4	92
	5	50	45	5	90
Promedio (%)					91
Análisis estadístico		Desviación estándar (%)			2,28
		Coefficiente de variación			2,51

Realizado por: Jiménez G

Como se puede observar en la Tabla 10 y en la Tabla 11, la tasa de germinación en el horno microondas es de 86,6% y en el horno eléctrico es de 91%, esto se debe a que en el microondas su calentamiento va desde el centro hacia la corteza de la semilla donde existe una mayor disminución de humedad, en cambio en el horno microondas es al revés su calentamiento va desde la corteza hacia el centro de la semilla donde existe una menor disminución de humedad, ya que en la germinación depende del porcentaje de humedad que exista en las semillas para que el proceso sea lo más pronto posible, por lo cual la diferencia de porcentajes entre ambas tasas de germinación no es muy alejada se puede establecer que es aceptable para el proyecto.

11.5 Determinación de la tecnología más apropiada para secar las semillas de amaranto.

Para determinar la tecnología adecuada para el secado de semillas de amaranto, se tomó las siguientes variables, el tiempo de secado, el consumo de energía y la tasa de germinación.

Tabla 14: Comparación de tecnologías utilizadas.

Variab les	Horno eléctrico	Horno microondas	Reducción (%)
Tiempo de secado promedio (min)	336	261	22
Consumo de energía (Wh)	2310	594	74
Tasa de germinación (%)	91	86,8	5

Realizado por: Jiménez G.

Como se puede observar la Tabla 14, se obtuvo una reducción del tiempo del secado promedio del 22%, así mismo del consumo de energía una reducción de 74 % y de igual forma de la tasa de germinación una reducción de 5%.

11.6 Análisis Estadístico de los resultados

Para analizar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos (tiempo de secado y consumo de energía) en horno microondas con relación a los resultados alcanzados en el horno eléctrico se realizó una prueba paramétrica, ya que se cuenta con cinco experimentos. Para ello se utilizó la Prueba t (Rubio M. & Berlanga V., 2012). El análisis se ejecutó utilizando en el software de análisis estadístico PAST3 (PAleontological STatistics) V 3.16, desarrollado en la Universidad de Oslo (Hammer, 2017). En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos en dicho análisis.

Tabla 15: Comparación de tecnologías utilizadas.

	Tiempo de secado	Consumo de energía
	40 °C	40 °C
p	0,008	0,0099

Realizado por: Jiménez G

Como se puede observar en la Tabla 15, se obtuvo un valor de $p = 0,008$ para el tiempo de secado y un valor de $p = 0,0099$ para el consumo de energía. Dado que el valor de p es menor de 0,05 ($p < 0,05$), muestran que existen diferencias significativas entre las dos tecnologías empleadas. Debido a que las diferencias existentes en el tiempo de secado y consumo de energía son

significativas entre las dos tecnologías de secado se puede concluir que se acepta la Hipótesis Alternativa (H1) planteada en el trabajo y se rechaza la Hipótesis Nula (H0).

12. IMPACTOS

12.1 Técnico

El impacto técnico del proyecto consiste que al utilizar la tecnología microondas para el proceso de secado de las semillas de amaranto se obtuvo una reducción en el tiempo de secado del 22%, una disminución del consumo de energía del 74% y una disminución de la tasa de germinación del 5% en comparación con el secado en el horno eléctrico.

12.2 Económico

El beneficio económico que se obtuvo al utilizar la tecnología microondas para el secado de semillas de amaranto es de un ahorro del consumo de energía en un 74% con respecto al horno eléctrico, lo que origina una reducción del costo de la energía eléctrica en un 73%, así como se puede observar en la Tabla 16.

Tabla 16: Impacto económico del proyecto.

Temperatura de secado (°C)	Horno Eléctrico		Horno Microondas		Comparación		
	Consumo de energía (Wh)	Costo de energía (KWh)	Consumo de energía (Wh)	Costo de energía (KWh)	Ahorro en (USD)	Reducción del consumo de energía (%)	Reducción costo de energía (%)
40	2310	0,15	594	0,04	0,11	74	73

Realizado por: Jiménez G.

Se calculó a partir del costo unitario de la energía eléctrica obtenido de la Empresa Eléctrica de Cotopaxi que es (0,065 USD x kWh) para las entidades públicas en media y baja tensión (ELEPCO S.A, 2017).

12.3 Ambiental

El beneficio medio ambiental que se obtiene del proyecto radica en que, si se implementa la tecnología microondas para el secado de semillas de amaranto a una temperatura de 40 °C, se

dejaría de emitir a la atmosfera 0,57 Kg de CO₂ por cada 100 gramos de semillas secadas en cada prueba en comparación con el secado en horno eléctrico, así como se puede observar en la Tabla 17.

Tabla 17: Impacto ambiental del proyecto.

Temperatura de secado (°C)	Horno Eléctrico		Horno Microondas		Comparación
	Consumo de energía (Wh)	Emisión de CO ₂ por kWh (Kg)	Consumo de energía (Wh)	Emisión de CO ₂ por kWh (Kg)	Reducción de la emisión de CO ₂ (Kg)
40	2310	0,77	594	0,20	0,57

Realizado por: Jiménez G.

Se calculó a partir del factor de emisión de CO₂ obtenido del Informe Huella de Carbono 2017 que es (0,335 Kg CO₂ / kWh) para consumo de energía eléctrica en el Ecuador (ELEC NOR S.A., 2017).

12.4 Social

El impacto social del proyecto consiste que al implementar la tecnología microondas para el secado de semillas de amaranto, se optimizaría la calidad del secado de las semillas, su almacenamiento y conservación con el oportuno beneficio para los agricultores de la zona 3 del Ecuador.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El análisis de los costos tiene por objetivo determinar el monto de los recursos técnicos, humanos y económicos necesarios, para conocer el grado de inversión del proyecto.

Costo de los equipos utilizados

En la Tabla 18, se muestra el costo de los equipos utilizados para desarrollar el proyecto como es el horno microondas modificado, un horno eléctrico, un analizador de humedad, una balanza de precisión y un analizador de redes.

Tabla 18: Costo de los equipos utilizados

Cantidad	Equipos	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Horno microondas modificado	3100	3100
1	Horno eléctrico	686	686
1	Analizador de Humedad Boeco BMA I50	2957	2957
1	Balanza de precisión Boeco BPS 51 PLUS	1601	1601
1	Analizador de redes FLUKE 435 serie II	7160	7160
Subtotal (USD)			15504

Realizado por: Jiménez G.

Gastos de suministros de oficina

En la tabla 19, se muestra los gastos indirectos del proyecto.

Tabla 19: Gastos de suministros de oficina

Cantidad	Especificación	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
2	Resmas de hojas	4,00	8,00
3	Anillados	1,10	3,30
200	Impresiones	0,03	6,00
40	Copias	0,02	0,80
Subtotal (USD)			18,10

Realizado por: Jiménez G.

Los gastos de los materiales de oficina son aquellos suministros necesarios para la impresión y presentación del proyecto.

Gastos de recursos tecnológicos

En la Tabla 20, se muestra los gastos de recursos tecnológicos.

Tabla 20: Gastos de recursos tecnológicos

Cantidad	Especificación	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
60 (h)	Internet	0,60	36,00
100 (h)	Computadora	0,30	30,00
Subtotal (USD)			66,00

Realizado por: Jiménez G.

Imprevistos

En la tabla 21, se muestra los gastos imprevistos.

Tabla 21: Imprevistos

Especificación	Total (USD)
25% Imprevistos	16,50
Subtotal (USD)	16,50

Realizado por: Jiménez G.

En un presupuesto adicional para cualquier emergencia que ocurra en el proyecto, tomando un 25% de los gastos indirectos.

Costo total

En la Tabla 22, se muestra el costo total del proyecto.

Tabla 22: Costo total

Componentes del costo total	Valor Unitario (USD)	Porcentaje (%)
Costo de equipos utilizados	15504	99,36
Gastos de suministros de oficina	18,10	0,12
Gastos de recursos tecnológicos	66,00	0,42
Imprevistos	16,50	0,11
Subtotal (USD)	15604,6	100

Realizado por: Jiménez G

14. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el proceso de secado de las semillas de amaranto en el horno microondas, indican que a medida que se aumenta la temperatura de secado, desde 35 °C hasta 60 °C, se produce una disminución en el tiempo de secado de un 67 %, y una disminución en el consumo de energía del 71%. Sin embargo, con el aumento de la temperatura de secado se produce una disminución significativa de la tasa de germinación del 73%, lo cual no hace recomendable el secado de estas semillas a altas temperaturas.
- Los resultados de la comparación del proceso de secado de las semillas de amaranto en horno microondas con respecto al secado en horno eléctrico convencional, a una temperatura de 40°C, ponen de manifiesto que con la tecnología microondas se obtiene simultáneamente una reducción del tiempo de secado de un 22% y una disminución del consumo de energía eléctrica de un 74%.
- La temperatura más adecuada para secar las semillas de amaranto al utilizar la tecnología microondas es de 40 °C, debido a que esta temperatura se obtiene la mayor tasa de germinación de las mismas (~86,8 %).

RECOMENDACIONES

- Utilizar las semillas de amaranto con una humedad homogénea para todos los experimentos y obtener curvas de secado con un mínimo de error.
- Realizar las pruebas de germinación con materiales esterilizados y altos niveles de asepsia para evitar contaminación en las semillas de amaranto.
- Evitar el secado de semillas de amaranto mayor de 60 °C ya que disminuye la tasa de germinación de las semillas.
- Proponer la construcción de un microondas con dos o tres magnetrones, el mismo que permitirá secar grandes cantidades de semillas.

- Realizar estudios físico-químicos (proteínas, ácidos nucleicos, etc.) para comprobar si la irradiación microondas ha afectado la composición nutricional de las semillas de amaranto.

15. BIBLIOGRAFÍA

- ELEPCO S.A. (2017). *Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución. Servicio Público de Energía Eléctrica*. Resolución Nro. ARCONEL – 080/17 (26 de diciembre de 2017). Obtenido de <https://elepcosa.com.ec/servicios/pliego-tarifario/>
- Arun, S. M. (1995). *Handbook of Industrial Drying* (Vol. I). New York: Marcel Dekker.
- Barrozo, M. A. (2014). *Air-Drying of Seeds: A Review*. *Drying Technology* 32, 1127-1141.
- Brammer, J. G., & Bridgwater, A. V. (1999). *Drying technologies for an integrated gasification bio-energy plant*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 3(4), 243–289.
- Choudhary, R. a. (2013). *"Microwave drying kinetics and quality characteristics of corn."*. *International Journal of Agricultura and Biological Engineering*. 90-99.
- Dávila S., P. S. (1988). *Beneficio de las semillas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1-170.
- ELECNOR S.A. (2017). *Informe de Huella de Carbono 2017*. Obtenido de https://www.elecnor.com/resources/files/1/Responsabilidad_Corporativa/Elecnor%20-%202017%20Informe%20Huella%20de%20Carbono%20ancho%20-%20espa%C3%B1ol.pdf
- FAO. (1985). *Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano: directrices técnicas*. Roma: W.P Feistritzer.
- Gastón, A. L., Abalone, R. M., Giner, S. A., & Bruce, D. M. (2004). *Effect of Modelling Assumptions on the Effective Water Diffusivity in Wheat*. *Biosystems Engineering*, 88(2), 175-185.
- Hinojosa C., Tigasi J. (2017). *Evaluación del proceso de secado en semillas de interés agrícola en la provincia de Cotopaxi mediante tecnología microondas*. (U. T. Cotopaxi, Ed) Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Carrera de Ingeniería Electromecánica.
- Hernández R., H. G. (1998). *Potencial del Amaranto*. *Amaranto Historia y promesa*, 1, 1-529.
- Herrera B., (2017). *Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de Amaranthus sp, tras Diferentes Métodos de Secado*. (U. T. Cotopaxi, Ed) Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Carrera de Ingeniería Agronómica.

- INIAP. (2012). *Manual Agrícola de Granos Agrícolas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 19.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (2010). Ecuador en cifras. Fascículo Provincial Cotopaxi.
- Menéndez, J.A., Moreno, A.H. (Eds.). (2017). *Aplicaciones industriales del calentamiento con energía microondas*. Latacunga, Ecuador: Editorial Universidad Técnica de Cotopaxi, Primera Edición, pp 315. ISBN: 978-9978-395-34-9
- Hernández, A., Hernández, R. & Ballesteros, I. (2017). *Secado industrial con microondas*. In: Menéndez, J.A., Moreno, A.H. (Eds.). (2017). *Aplicaciones industriales del calentamiento con energía microondas*. Latacunga, Ecuador: Editorial Universidad Técnica de Cotopaxi, Primera Edición, pp 315. ISBN: 978-9978-395-34-9.
- Miranda Pantoja, J. M., Sebastian, J., & Sierra, M. y. (2002). *Ingeniería de microondas: técnicas experimentales*. Madrid: Pearson Educación.
- Mujumdar, A. S. (2015). *Principles, classification, and selection of dryers*. En: *Handbook of Industrial Drying, Fourth Edition*. A. S. Mujumdar. Boca Raton, FL, CRC Press, Chapter 1, 3-29.
- Nikolopoulos, N., Violidakis, I., Karampinis, E., Agraniotis, M., Bergins, C., Grammelis, P., Kakaras, E. (2015). *Report on comparison among current industrial scale lignite drying technologies (A critical review of current technologies)*. Fuel, 155, 86-114.
- Peralta E., V. E. (2008). *El ataco, sangorache o amaranto negro (Amaranthus hybridus L.) en Ecuador*. Quito- Ecuador: Publicación Miscelánea N° 143.
- Peralta E., Mazón N., Murillo A., Rivera M., Rodríguez D., Lomas L., Monar C. (2012). *Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco*. INIAP. Quito – Ecuador. Publicación Miscelánea N° al
- Posso, P. (2010). *Diseño e implementación del monitoreo de las variables de control de los hornos túnel 1,2 y 3 de cerámica en EDESA*. Obtenido de Repositorio Digital - EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2344>
- Rubio Hurtado, M. J., & Berlanga Silvente, V. (2012). *Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS*. REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 2012, vol. 5, num. 2, p. 83-100.

- Stubsgaard, F. P. (2012). *Humedad de las semillas y principios de secado*. 1-37.
- Schiffmann, R. F. (2015). Microondas y secado dieléctrico. *Manual de secado industrial*, 283-301.
- Trinks, W., Mawhinney, M. H., Shannon, R. A., Reed, R. J., & Garvey, J. R. (2004). *Electric furnaces for industrial process*. Canada: United States of America.
- UNESCO. (2014). *Campos de educación y capacitación CINE*. En Instituto de estadística de la UNESCO (pág. 20). Montreal: (ISCED-F2013).
- Z. Li, G.S.V. Raghavan, N. Wang and Y. Garipey, “Real-time, volatile-detection-assisted control for microwave drying”, *Computers and Electronics in Agriculture No.2, Vol.69*, pp. 177–184, 2009.

ANEXOS

Anexo 1	Hoja de vida del Director del Proyecto	1/1
INFORMACIÓN PERSONAL		
<p>Nombres y Apellidos: Ángel Salvador Hernández Moreno</p> <p>Fecha de Nacimiento: 1966</p> <p>Lugar de Nacimiento: Cienfuegos, Cuba</p> <p>Ciudad de Domicilio: Cotopaxi, Latacunga</p> <p>Número Celular: 0984160559</p> <p>Correo Electrónico: angel.hernandez@utc.edu.ec</p> <p>Tipo Sanguíneo: O+</p>		
<p>Se graduó de "Ingeniero Termoenergético" en 1989, por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cienfuegos (UCf), Cuba. Obtuvo el título de "Doctor Ingeniero Industrial" por la Universidad de Oviedo, España, en 1999, dentro del Programa de Doctorado de "Tecnología y Ahorro Energético", del Departamento de Energía. En 2001 recibió el "Premio Extraordinario de Doctorado", correspondiente al curso académico 1998 – 1999, concedido por la Comisión de Doctorado y la Junta de Gobierno de la Universidad de Oviedo. Durante su carrera profesional ha trabajado como profesor e investigador en diferentes centros de investigación científica e instituciones de educación superior, tales como el Instituto Nacional del Carbón (INCAR), perteneciente a la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), de España, la Universidad de Cienfuegos (UCf) y la Delegación de la Academia de Ciencias de Cuba (ACC), en Cienfuegos. Actualmente trabaja como docente e investigador en la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), en Ecuador, donde es miembro de su Comité Científico. Ha impartido las siguientes asignaturas: Máquinas Motrices y Térmicas, Termodinámica, Transmisión de Calor, Generadores de Vapor, Proyecto Integrador y Proyecto de Titulación. Ha participado en diversos proyectos de investigación en el campo de la reducción de las emisiones contaminantes procedentes de la combustión de combustibles fósiles y el incremento de la eficiencia energética de equipos y procesos industriales. Es autor y coautor de varios artículos científicos publicados en revistas de alto impacto y de otras publicaciones en libros y volúmenes colectivos; y de más de 20 comunicaciones presentadas a diferentes congresos internacionales y nacionales.</p>		

INFORMACIÓN PERSONAL**Nombres y Apellidos:** Ángel Guillermo Hidalgo Oñate**Fecha de Nacimiento:** 04-06-1988**Ciudad de Domicilio:** Quito - Ecuador**Número Celular:** 0998536700**Correo Electrónico:** angel.hidalgo@utc.edu.ec

Me considero un profesional proactivo, con capacidad de liderazgo, adaptación y trabajo bajo presión, buscando la mejora continua en todas mis actividades. Académicamente me he formado en instituciones de prestigio como el Instituto Ramón Barba Naranjo, la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad de Nottingham del Reino Unido. Laboralmente he estado vinculado a la educación superior de tercer nivel, como también al sector productivo privado. Mi objetivo es crecer profesionalmente, aportando con mi formación y experiencia a la planificación y ejecución de proyectos relacionados al uso eficiente de la energía y de esta manera, contribuir positivamente al cambio de la matriz energética del país.

INSTRUCCIÓN ACADÉMICA

Master of Science in Electrical and Electronic Engineering; University of Nottingham. 2017-02-01.

Ingeniería en Electrónica y Control; Escuela Politécnica Nacional; 2013-09-12.

Bachiller Técnico Industrial Especialización Electrónica; Instituto Tecnológico Industrial Ramón Barba Naranjo; 21/07/2006.

MÉRITOS Y RECONOCIMIENTOS

Master of Science with Distinction; Universidad de Nottingham; 13/12/2016.

Mejor Graduado; Escuela Politécnica Nacional; 30/08/2013.

Mejor Egresado; Instituto Tecnológico Industrial Ramón Barba Naranjo; 21/07/2006.

Abanderado del Pabellón Nacional; Instituto Tecnológico Industrial Ramón Barba Naranjo; 24/02/2006.

INFORMACIÓN PERSONAL

Nombres y Apellidos: German Geovanny Jiménez Jiménez

Documento de identidad: 050302337-6

Fecha de Nacimiento: 16 de Noviembre de 1990

Lugar de Nacimiento: Latacunga, Ecuador

Edad: 28 años

Estado Civil: Soltero

Ciudad de Domicilio: Cotopaxi, Latacunga

Número Celular: 0987845964

Correo Electrónico: german.jimenez@utc.edu.ec

**ESTUDIOS PRIMARIOS:**

Escuela "Isidro Ayora"

Latacunga – Ecuador

ESTUDIOS SECUNDARIOS:

Instituto Superior Tecnológico "Ramon Barba Naranjo"

Bachiller Técnico Industrial, Especialización: Instalaciones de Equipos y Maquinas Eléctricas

Latacunga – Ecuador

ESTUDIOS DE TECNOLOGÍA:

Instituto Tecnológico Superior "Vicente León"

Tecnólogo en Seguridad e Higiene del Trabajo, Número de registro de título: 2071-15-184097

Latacunga – Ecuador

ESTUDIOS SUPERIORES:

Universidad Técnica de Cotopaxi

Actualmente cursando Decimo Semestre de Ingeniería Industrial

Latacunga – Ecuador

FORMACIONES ADICIONALES E INTERÉS

- XXVI CLEIN 2017 (Congreso Latinoamericano de Estudiantes e Ingenieros Industriales y Afines), Guayaquil-Ecuador (40 horas).
- I Congreso Internacional de Ingenierías 2017 (40 horas).
- Seminario: Seguridad y Salud Ocupacional en el I.T.S." Vicente León" (8 horas)
- Curso de Ergonomía Aplicada en HES (Health Enviroment Safety) (24 horas)
- Perspectivas del cambio de la matriz productiva en CECATERE (Centro de Capacitación Técnica y Recreación Educativa) – UTC (40 horas)

PRINCIPALES ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MODELO:	69330
VOLTAJE:	220-240V~/50Hz
POTENCIA MICROONDAS:	900W
POTENCIA GRILL:	1000 W
CAPACIDAD HORNO:	30Lts.
DIAMETRO PLATO GIRATORIO:	31,5 Cm
MEDIDAS:	52x49,5x33,5 Cm
PESO:	15,6 Kg

INFORMACIÓN RELEVANTE**Información sobre la garantía**

Este manual aporta las instrucciones de instalación, funcionamiento y seguridad del microondas. Le recomendamos que lea todas las instrucciones de seguridad, funcionamiento e instalación antes de su instalación y puesta en marcha.

El microondas es un producto basado en una extensa investigación y testado de forma práctica. Los materiales utilizados han sido seleccionados para alcanzar la mayor duración, un aspecto atractivo y un óptimo rendimiento.

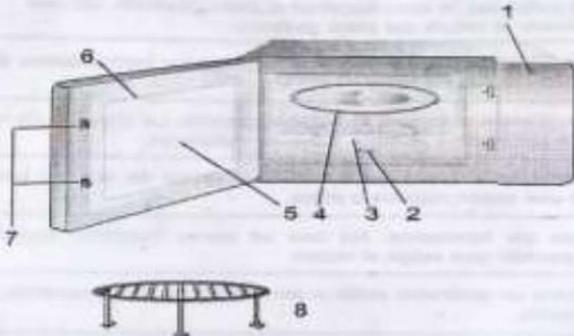
Cada unidad se inspecciona detalladamente antes de su envío.

¡IMPORTANTE! Conserve estas instrucciones para su futura referencia.
Si la unidad cambia de propietario, asegúrese de que este manual acompaña al equipo.

**ADVERTENCIA**

- 1- Conecte el microondas en una toma de corriente eléctrica con el voltaje, tamaño y configuración de conexión adecuados. Si no encajan el enchufe y el receptáculo, póngase en contacto con un electricista profesional para determinar el voltaje y tamaño adecuado para instalar la toma de corriente eléctrica adecuada.
- 2- Para evitar cualquier lesión, apague el interruptor eléctrico, desenchufe la unidad de la fuente de alimentación eléctrica y deje que se enfríe antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento.
- 3- Para un funcionamiento adecuado y seguro, la unidad debe estar colocada a una distancia razonable de las paredes y materiales inflamables.
- 4- Deje un espacio libre de al menos 30 cm por los laterales para propiciar un funcionamiento correcto y seguro.
- 5- Para evitar lesiones o daños no tire del cable eléctrico de la unidad.

DESCRIPCION DE LAS PARTES



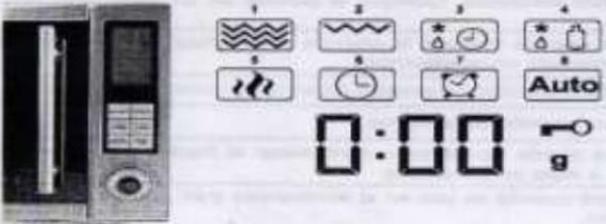
- 1- Panel de control
- 2- Eje del plato giratorio
- 3- Aro para el plato giratorio
- 4- Bandeja de cristal
- 5- Ventana de observación
- 6- Puerta
- 7- Sistema de bloqueo de seguridad
- 8- Rejilla para el grill

Instalación del plato giratorio



- a. Nunca coloque la bandeja de cristal al revés. La bandeja de cristal nunca deberá entrar en contacto con otros elementos.
- b. Se deben usar tanto la bandeja de cristal como el aro durante el cocinado.
- c. Todos los alimentos o recipientes de comida se deben colocar siempre sobre la bandeja de cristal para su cocinado.
- d. Si la bandeja de cristal o el aro se rajan o se rompen, póngase en contacto con su centro de servicio autorizado más cercano.

Luces Indicadoras



- 1- Cocinar Grill/Combi (más potente)
- 2- Cocinar Grill/Combi
- 3- Descongelar por tiempo
- 4- Descongelar por peso
- 5- Cocinar microondas
- 6- Configuración reloj
- 7- Temporizador
- 8- Automático
- 9- Bloqueo de seguridad
- 10- Peso



DATOS TÉCNICOS

Analizadores trifásicos de calidad eléctrica y energía 430 Serie II de Fluke

**MEDIDAS CLAVE**

Medidas de calidad eléctrica, detalles sobre formas de onda de potencia, captura y registro de eventos, cálculos de pérdida de energía y eficiencia

COMPATIBLE CON FLUKE CONNECT**

Vea los datos directamente en el dispositivo mediante la aplicación móvil Fluke Connect y el software para equipos de sobremesa PowerLog 430-II

CATEGORÍA DE SEGURIDAD PARA APLICACIONES INDUSTRIALES

CAT IV 600 V y CAT III 1000 V para su uso desde la acometida de servicio en adelante

*No todos los modelos están disponibles en todos los países. Póngase en contacto con Fluke.

Capacidad de análisis más detallada de la calidad eléctrica y nueva función patentada de Fluke para la cuantificación económica de la energía

Los nuevos analizadores de calidad eléctrica y energía 430 Serie II ofrecen lo mejor en análisis de calidad eléctrica y presentan por primera vez la capacidad de cuantificar económicamente las pérdidas de energía.

Los nuevos modelos 434, 435 y 437 Serie II de Fluke ayudan a localizar, predecir, evitar y solucionar problemas de calidad eléctrica en sistemas de distribución eléctrica trifásicos y monofásicos. Además, el algoritmo patentado de Fluke para la pérdida de energía, denominado UPM (Unified Power Measurement, Medida de Potencia Unificada) mide y cuantifica las pérdidas de energía debidas a problemas de armónicos y desequilibrios, lo que permite al usuario localizar el origen de las pérdidas de energía de un sistema.

- **Calculadora de pérdida de energía:** se cuantifican las medidas clásicas de la potencia activa y reactiva, así como las potencias asociadas a los desequilibrios y a los armónicos, con el fin de mostrar las pérdidas de energía reales desde un punto de vista económico.
- **Eficiencia de inversores:** mide simultáneamente la potencia de salida de CA y la entrada de CC en sistemas electrónicos de potencia con una sonda opcional de CC.
- **Captura de datos PowerWave:** los analizadores 435 y 437 Serie II capturan datos RMS rápidos, muestran medios ciclos y formas de onda para caracterizar la dinámica de los sistemas eléctricos (arranque de generadores, conmutaciones en SAI, etc.).
- **Captura de formas de onda:** los modelos 435 y 437 Serie II capturan 50/60 ciclos (50/60 Hz) de cada evento detectado en todos los modos, sin necesidad de configuración.
- **Modo de transitorio automático:** los analizadores 435 y 437 Serie II capturan datos de forma de onda de 200 kHz en todas sus fases simultáneamente hasta 6 kV.
- **Totalmente compatible con la clase A:** los analizadores 435 y 437 Serie II realizan comprobaciones de acuerdo con la exigente norma internacional IEC 61000-4-30 Clase A.
- **Señalización del cableado eléctrico:** los analizadores 435 y 437 Serie II miden interferencias provocadas por señales de control fluctuantes a determinadas frecuencias.
- **Medida a 400 Hz:** el analizador 437 Serie II captura medidas de calidad eléctrica en sistemas de alimentación en aviones y aplicaciones militares.
- **Solución de problemas:** analice las tendencias mediante las herramientas de cursor y zoom.



Especificaciones

Las especificaciones son válidas para los modelos Fluke 434-II, Fluke 435-II y Fluke 437-II a menos que se indique lo contrario.

Las especificaciones de amperios y vatios se basan en las sondas de prueba i430-Flexi-TF a menos que se indique lo contrario.

Entrada	
Entradas de tensión	
Número de entradas	4 (3 fases + neutro) acopladas en CC
Tensión máxima de entrada	1000 Vrms
Rango de la tensión nominal	Seleccionable de 1 V a 1000 V
Máxima tensión pico de medida	6 kV (solo modo de transitorios)
Impedancia de entrada	4 M Ω /5 pF
Ancho de banda	> 10 kHz, hasta 100 kHz para modo de transitorios
Escala	1:1, 10:1, 100:1, 1.000:1, 10.000:1 y variable
Entradas de corriente	
Número de entradas	4 (3 fases + neutro) acopladas en CC o CA
Tipo	Sonda o transformador de corriente con salida de mV o i430flex-TF
Rango	De 0,5 Arms a 600 Arms con la sonda i430flex-TF incluida (con sensibilidad de 10x). De 5 Arms a 6000 Arms con la sonda i430flex-TF incluida (con sensibilidad de 1x). De 0,1 mV/A a 1 V/A y personalizado para su uso con sondas opcionales de CA o CC.
Impedancia de entrada	1 M Ω
Ancho de banda	> 10 kHz
Escala	1:1, 10:1, 100:1, 1.000:1, 10.000:1 y variable
Sistema de muestreo	
Resolución	Convertidor A/D de 16 bits en 8 canales
Velocidad máxima de muestreo	200 kS/s en cada canal simultáneamente
Muestreo RMS	5000 muestras en 10/12 ciclos según IEC61000-4-30
Sincronización de PLL	4096 muestras en 10/12 ciclos según IEC61000-4-7
Frecuencia nominal	434-II y 435-II: 50 Hz y 60 Hz. 437-II: 50 Hz, 60 Hz y 400 Hz
Modos de visualización	
Visualización de formas de onda	Disponible en todos los modos con la tecla SCOPE 435-II y 437-II: Modo de visualización por defecto para función de transitorios Velocidad de actualización de 5x por segundo Visualiza 4 ciclos de datos de formas de onda en pantalla, hasta 4 formas de onda simultáneamente
Diagrama fasorial	Disponible en todos los modos mediante la función SCOPE Vista predeterminada para modo de desequilibrios
Lecturas de multímetro	Disponible en todos los modos excepto Monitor y Transitorios, proporciona una vista tabular de todas las lecturas disponibles Completamente personalizable hasta 150 lecturas para el modo de Registrador
Gráfico de tendencia	Disponible en todos los modos excepto Transitorios Cursor vertical simple con lectura mín, máx y media en la posición del cursor
Gráfico de barras	Disponible en los modos de Monitor y Armónicos
Lista de eventos	Disponible en todos los modos Proporciona formas de onda solo en los modelos 435II y 437II



Modos de medida	
Osciloscopio	4 formas de onda de tensión, 4 formas de onda de corriente, Vrms, Vfund, Arms, A fund, V @ cursor, A @ cursor, ángulos de fase
V/A/Hz	Vrms fase a fase, Vrms fase a neutro, pico de tensión, factor de cresta de tensión, pico de amperios de Arms, factor de cresta de amperios, hercios
Fluctuaciones	Vrms ^{1/2} , Arms ^{1/2} , umbrales programables para la detección de eventos
Armónicos de CC, 1 a 50, hasta 9º armónico para 400 Hz	Tensión de armónicos, THD, amperios de armónicos, K factor amperios, vatios de armónicos, vatios THD, K factor vatios, tensión interarmónica, amperios interarmónicos, Vrms, Arms (relativos fundamental o a rms total)
Potencia y energía	Vrms, Arms, Wfull, Wfund., VAffull, VAffund., VAarmónicos, VAdesequilibrio, VA, PF, DPF, CosQ, Factor de eficiencia, Wavance, Wretroceso
Calculadora de pérdida de energía	Wfund, VAarmónicos, VAdesequilibrio, VA, A, pérdidas en activa, pérdida en reactiva, pérdidas en armónicos, pérdidas en desequilibrios, pérdidas en el neutro, costo de las pérdidas (basado en costo definido por el usuario / kWh)
Eficiencia de inversores (se necesita sonda opcional de corriente CC)	Wfull, Wfund, Wdc, Eficiencia, Vdc, Adc, Vrms, Arms, Hz
Desequilibrio	Vneg%, Vcero%, Aneg%, Acero%, Vfund, Afund, ángulos de fase V, ángulos de fase A
Corrientes de arranque "inrush"	Corriente inrush, duración inrush, Arms ^{1/2} , Vrms ^{1/2}
Monitor	Vrms, Arms, tensión de armónicos, THD de tensión, PLT, Vrms ^{1/2} , Arms ^{1/2} , Hz, fluctuaciones, interrupciones, cambios rápidos de tensión, desequilibrio y señales de la red. Todos los parámetros se miden de forma simultánea de acuerdo con ENSO160. La opción "flagging" se aplica de acuerdo con la norma IEC61000-4-30 para evidenciar lecturas no fiables debidas a fluctuaciones.
Parpadeo de tensión (solo 435-II y 437-II)	Pst (1 min.), Pst, Plt, Pinst, Vrms ^{1/2} , Arms ^{1/2} , Hz
Transitorios (solo 435-II y 437-II)	Formas de onda de transitorios 4x tensión 4x amperios, disparos: Vrms ^{1/2} , Arms ^{1/2} , Pinst
Transmisión de señales (solo 435-II y 437-II)	Tensión de señal relativa y absoluta promediadas durante tres segundos hasta dos frecuencias de señal seleccionables
Onda de potencia (solo 435-II y 437-II)	Vrms ^{1/2} , Arms ^{1/2} W, Hz y formas de onda de osciloscopio para tensión, amperios y vatios
Registrador	Selección personalizada de hasta 150 parámetros de calidad eléctrica simultáneamente en las 4 fases

Especificaciones

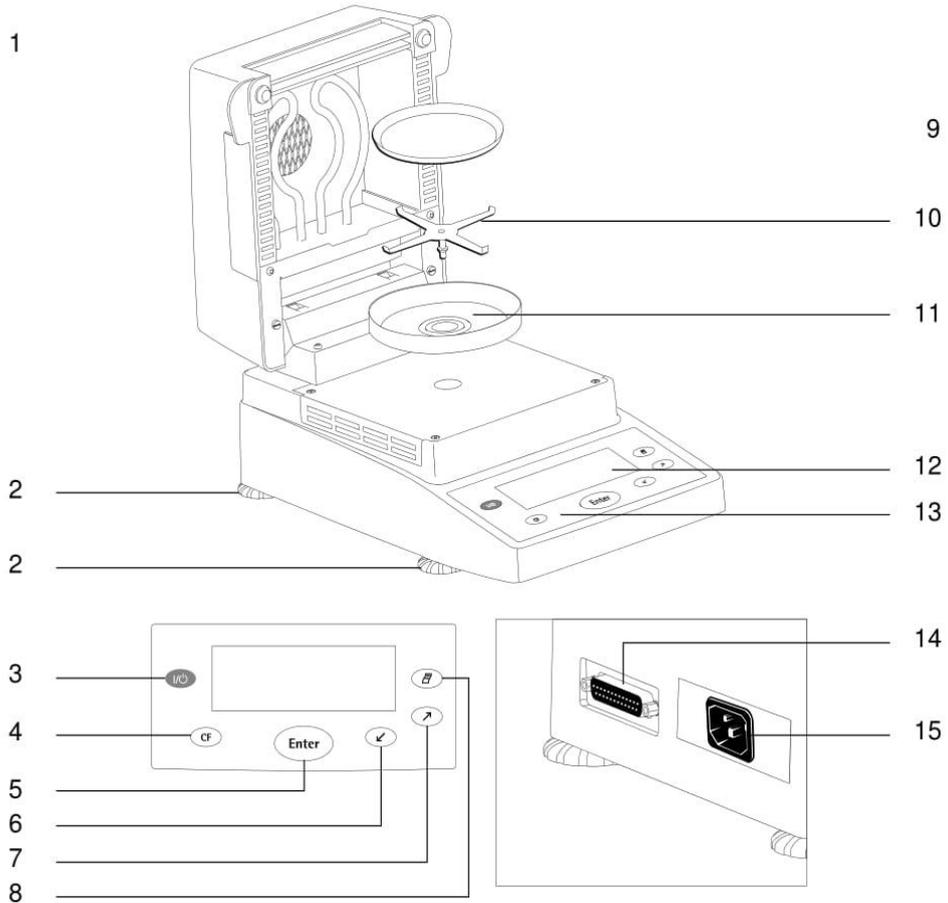
	Modelo	Rango de medida	Resolución	Precisión
Voltios				
Vrms (CA+CC)	434 II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,1 V	± 0,5 % de la tensión nominal****
	435-II y 437-II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,01 V	± 0,1 % de la tensión nominal****
Pico de tensión		1 V pico de tensión a 1400 V pico de tensión	1 V	5 % de la tensión nominal
Factor de cresta de tensión		1,0 > 2,8	0,01	± 5 %
Vrms ^{1/2}	434 II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,1 V	± 1 % de la tensión nominal
	434-II y 435-II		0,1 V	± 0,2 % de la tensión nominal
Vfund	434 II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,1 V	± 0,5 % de la tensión nominal
	435-II y 437-II		0,1 V	± 0,1 % de la tensión nominal



Amperios (precisión sin incluir precisión de sonda)				
Amperios (CA+CC)	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Pico de corriente	i430-Flex	8400 A pico de corriente	1 Arms	± 5%
	1mV/A	5500 A pico de corriente	1 Arms	± 5%
Factor de cresta de amperios		1 a 10	0,01	± 5%
Amps ^{1/2}	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 1% ± 10 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
Afund	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Hz				
Hz	Fluke 434 a 50 Hz nominal	42,50 Hz a 57,50 Hz	0,01 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 434 a 60 Hz nominal	51,00 Hz a 69,00 Hz	0,01 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435/7 a 50 Hz nominal	42,500 Hz a 57,500 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435/7 a 60 Hz nominal	51,000 Hz a 69,000 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 437 a 400 Hz nominal	340,0 Hz a 460,0 Hz	0,1 Hz	± 0,1 Hz
Alimentación				
Vatios (VA, var)	i430-Flex	máx. 6000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
	1 mV/A	máx. 2000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
Factor de potencia (Cos j/DPF)		0 a 1	0,001	± 0,1% con condiciones de carga nominal
Energía				
kWh (kVAh, kvarh)	i430-Flex 10x	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal		± 1% ± 10 cuentas
Pérdidas de energía	i430-Flex 10x	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal		± 1% ± 10 cuentas No incluye la precisión de la resistencia de línea

Getting Started

General View of the Equipment



Pos.	Designation
1	Hinged cover with heating element
2	Leveling feet
3	On/off key
4	CF key (clear function; delete)
5	Enter key (confirm)
6	"Down/Back" key
7	"Up/Forward" key
8	Print key

Pos.	Designation
9	Disposable sample pan
10	Pan support
11	Pan draft shield
12	Display
13	Keypad
14	Interface port
15	Power socket

Overview

Specifications

Weighing capacity (Max)	35 g
Accuracy of the weighing system	1 mg
Repeatability (average)	from about 1 g initial sample: $\pm 0.2\%$ from about 5 g initial sample: $\pm 0.05\%$
Readability	0.01 %
Display of results	% moisture % dry weight % ratio g residual weight
Shutoff criteria	Fully automatic Timer mode: 0.1 to 99 min
Sample heating	Infrared radiation from a tubular metal heating element
Access to sample chamber	Flip-open cover with wide-angle opening
For conformity with FDA/HACCP regulations	Aluminum panels (in place of glass panels)
Operating temperature range and setting	40°C to 160°C (104°F to 320°F), adjustable in 1°C increments
Operator guidance	Symbols
Program memory capacity	1 program
Measured value memory capacity	Final value stored until subsequent measurement begins
Printout of measured values	Short printout GLP-compliant record in German, English, French, Italian, Spanish or Russian
Interface port	RS-232C, for transfer of values to a printer or computer
Housing dimension in mm	Width 224, depth 366, height 191
Net weight, approx.	5.8 kg
Power requirements (supply voltage):	230 V or 100–120 V (depending on the model) (-15% ... +10%); 50 – 60 Hz
Frequency	48 – 60 Hz
Fuses	2 (zero conductor/phase), 6.3 A, time-lag (slow-blow), 5 + 20 mm (internal)
Power consumption	400 VA
Ambient conditions:	
Operating temperature range:	+10 ... +30°C (+50° ... +86°F)
Allowable ambient operating temperature:	+5°C +40°C (+41°F ... +104 °F)
Ambient storage temperature:	-20°C ... +70°C (-4°F ... +158°F)
Relative humidity:	Up to 80% at +31°C (+ 88°F) ambient temperature; linearly decreasing down to 50% at +40°C (+104°F), non-condensing
Operating altitude	For use above sea level up to 2,000 m (6,562 feet); indoor use only



Model	Readability	Capacity
BAS 31 plus	0,0001 g	220 g
BAS 32 plus	0,0001 g	110 g

BOECO BAS PLUS MODELS

Our Standard Analytical balances with automatic internal calibration

The Plus Version with: New display with enlarged characters, New keypad with quick access buttons, New communication interfaces 2 x USB (1 x to work with printers with PCL protocol) (and optional WIFI)

► Functions: autotest, dosing, percent weighing, totalizing, parts counting, peak hold, Newton unit measurement, statistics, checkweighing, under hook weighing, GLP procedures, animal weighing, pipettes calibration, density determination.

Menu navigation selectable in many languages

Specification	BAS 31 plus	BAS 32 plus
Max. capacity	220 g	110 g
Minimal load	0,01g	0,01g
Readability	0,0001 g	0,0001 g
Tare range	- 220 g	- 110 g
Repeatability	0,0001 g	0,0001 g
Linearity	± 0,0002 g	± 0,0002 g
Pan size	ø 100 mm	ø 100 mm
Stabilization time	3,5 sec.	3,5 sec.
Calibration	Internal (automatic)	
Interface	2xRS232, 2xUSB(A+B), WIFI (optional)	
Display	large LCD with backlight	
Working temperature	+10°C - +40°C	
Power Supply	110-230 V AC, 50/60 Hz	
Netweight / Grossweight	5,6 kgs / 7,7 kgs	
Size / Packing size	333x206x355 / 495x400x515 mm	

Both BASplus balances are available in an optional WIFI interface version



Model	Readability	Capacity
BPS 40 plus	0,001 g	750 g
BPS 41 plus	0,001 g	360 g



Model	Readability	Capacity
BPS 51 plus	0,01 g	4500 g
BPS 52 plus	0,01 g	2100 g

BOECO BPS PLUS MODELS

Our Standard Precision balances with automatic internal calibration

The new Plus Version with: New display with enlarged characters, New keypad with quick access buttons, New communication interfaces 2 x USB (1 x to work with printers with PCL protocol) and optional WIFI.

► Functions: autotest, dosing, percent weighing, totalizing, parts counting, peak hold, Newton unit measurement, statistics, checkweighing, under hook weighing, GLP procedures, animal weighing, density determination

Menu navigation selectable in many languages

Specification	BPS 40 plus	BPS 41 plus	BPS 51 plus	BPS 52 plus
Max. capacity	750 g	360 g	4500 g	2100 g
Minimal load	0,02 g	0,02 g	0,5 g	0,5 g
Readability	0,001 g	0,001 g	0,01 g	0,01 g
Tare range	- 750 g	- 360 g	- 4500 g	- 2100 g
Repeatability	0,015 g	0,001 g	0,01 g	0,01 g
Linearity	± 0,003 g	± 0,002 g	± 0,02 g	± 0,02 g
Pan size	128 x 128 mm		195 x 195 mm	
Stabilization time	2 sec.		1,5 sec.	
Calibration	Internal (automatic)			
Interface	2xRS232, 2xUSB (A+B), WIFI (optional)			
Display	large LCD with backlight			
Working temperature	+10°C - +40°C			
Power Supply	110-230 V AC, 50/60 Hz			
Netweight / Grossweight	4,3 / 6,3 kgs		4,8 / 6,3 kgs	
Size / Packing size	333x206x100/170 / 470x380x336 mm			

All 4 BPSplus balances are available in an optional WIFI interface version



