

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS:

**Parámetros óptimos para la deshidratación de manzanilla
(*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

Bach. Abner Joel VILLEGAS SANCHEZ

ASESOR:

Mg. Abdías ASCARZA MOISÉS

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mis padres: Julián y Gregoria, por haberme forjado con valores, gracias a ustedes soy la persona de hoy, este logro es gracias a ustedes porque me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Dios los cuide y bendiga.

AGRADECIMIENTO

A nuestro Padre Celestial por guiar mis pasos.

A mis padres por su paciencia puesta a prueba en incontables ocasiones y apoyo incondicional.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, forjadora de profesionales de calidad.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogerme en sus aulas y ser parte de esta gran Universidad. A mis queridos docentes, porque gracias a sus enseñanzas nos vienen formando profesionales de calidad.

Al M.Sc. Moisés Abdías Ascarza por su conducción de la presente tesis.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar los parámetros óptimos de la deshidratación de la manzanilla para conservar sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas, se tiene en la literatura que, en muchos lugares del Perú, la manzanilla (*Matricaria Chamomilla*) es sometida a la deshidratación artesanal que consiste en exponer la planta directamente a los rayos solares hasta la reducción de la humedad, en el cual la composición del producto se ve afectada.

El secado solar actualmente está siendo una de las aplicaciones más influyentes debido a que utiliza energía renovable y no produce emisiones contaminantes, siendo una alternativa ecológica existen empresas en el sector alimenticio que cuentan con tecnología en máquinas deshidratadoras, el cual genera costos altos en el consumo de energía, razón por la cual se propone el deshidratado de manzanilla (*Matricaria Chamomilla*) utilizando una alternativa ecológica, limpia y amigable con el medio ambiente, un secador solar mixto que aprovechará la incidencia en la radiación solar de la región de Ayacucho.

El diseño experimental empleado en la investigación es de factorial bajo diseño completo al azar para determinar los parámetros óptimos, teniendo en cuenta la variable independiente la planta de manzanilla (*Matricaria Chamomilla*), temperatura dentro de la cámara de secado, secador solar mixto, el mejor tiempo de secado fue de 25 horas, además durante el experimento se evaluó la variable dependiente que es la humedad de la manzanilla inicial H: 69,5 y final H: 8.80, con una velocidad de secado de 2,69 kg/m²x h, calidad de producto mediante la prueba hedónica.

En la evaluación del tiempo de secado se determinó el comportamiento de la radiación solar, velocidad de viento y las temperaturas alcanzadas, de las evaluaciones la temperatura óptima para el atributo color fue de 52,4° C y para los atributos olor, sabor, apariencia fue de 50,1 ° C, atributos que se evaluó mediante la prueba hedónica para determinar la aceptabilidad del producto deshidratado a las diferentes temperaturas con una velocidad de viento de 1,4 m/s y una radiación solar máxima de 820 W/m².

Además para determinar la aceptabilidad del producto en dicho proceso de deshidratación se realizó la evaluación de la prueba hedónica, donde 30 panelistas que tuvieron el rol de jueces no entrenados para evaluar mediante la degustación, a partir de esta información se procedió a evaluar estadísticamente mediante el promedio de 5 calificaciones (1 “me disgusta demasiado”, 2 “me disgusta moderadamente”, 3 “No me gusta ni me disgusta”, 4 “me gusta moderadamente” y 5 “me gusta mucho”) a 4 atributos (olor, color, sabor y apariencia), donde el resultado de la prueba sensorial para la manzanilla fresca dio como resultado promedio: 2.87, 2.90, 2.97 y 2.93 respectivamente, valores que se acerca a la calificación 3, donde el grado de satisfacción es “no me gusta ni me disgusta” y de la manzanilla deshidratada (obtenida con las condiciones óptimas de operación de humedad, temperatura, tiempo y velocidad de secado), el resultado de los 4 atributos dio como resultado promedio: 3.87, 3.83, 3.90 y 3.80 respectivamente, valores que se acercan a la calificación 4 donde el grado de satisfacción es “me gusta moderadamente”.

ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the optimal parameters for dehydrating chamomile to preserve its sensory and physicochemical properties. It is known in the literature that in many parts of Peru, chamomile (*Matricaria Chamomilla*) is subjected to artisanal dehydration, which consists of exposing the plant directly to sunlight until its humidity is reduced, which affects the product's composition.

Solar drying is currently one of the most influential applications because it uses renewable energy and produces no polluting emissions. It is an ecological alternative. Some companies in the food sector have dehydrating machine technology, which generates high energy consumption costs. Therefore, we propose dehydrating chamomile (*Matricaria Chamomilla*) using an ecological, clean, and environmentally friendly alternative: a mixed solar dryer that will take advantage of the solar radiation incidence in the Ayacucho region.

The experimental design used in the research is a factorial design under a completely randomized design to determine the optimal parameters, considering the independent variable: the chamomile plant (*Matricaria Chamomilla*), temperature within the drying chamber, and a mixed solar dryer. The optimal drying time was 25 hours. During the experiment, the dependent variable, the initial humidity (H: 69.5) and the final humidity (H: 8.80), were evaluated, with a drying rate of 2.69 kg/m² x h, and product quality was assessed using the hedonic test.

In the evaluation of the drying time, the behavior of solar radiation, wind speed and the temperatures reached are considered. From the evaluations, the optimal temperature for the color attribute was 52.4 ° C and for the attributes smell, flavor, appearance it was 50.1 ° C, attributes that were evaluated by means of the hedonic test to determine the acceptability of the dehydrated product at different temperatures with a wind speed of 1.4 m/s and a maximum solar radiation of 820W/m².

In addition, to determine the acceptability of the product in the dehydration process, a hedonic test evaluation was carried out, where 30 panelists who acted as untrained judges to evaluate by tasting, based on this information, a statistical evaluation was carried out by means of the

average of 5 ratings (1 "I dislike it too much", 2 "I dislike it moderately", 3 "I neither like it nor dislike it", 4 "I like it moderately" and 5 "I like it a lot") to 4 attributes (smell, color, taste and appearance), where the result of the sensory test for fresh chamomile gave an average result: 2.87, 2.90, 2.97 and 2.93 respectively, values that are close to the rating 3, where the degree of satisfaction is "I neither like it nor dislike it" and for dehydrated chamomile (obtained under optimal operating conditions of humidity, temperature, time and drying speed), the result of the 4 attributes gave an average result of: 3.87, 3.83, 3.90 and 3.80 respectively, values that are close to rating 4 where the degree of satisfaction is "I like it moderately".

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN	16
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
1.2. JUSTIFICACIÓN	17
1.3. PROBLEMA	18
1.3.1. <i>Problema general.</i>	18
1.3.2. <i>Problema específico</i>	18
1.4. OBJETIVOS	18
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	18
1.4.2. <i>Objetivos específicos.</i>	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES	20
2.1.1 <i>Internacionales</i>	20
2.1.2. <i>Nacionales</i>	20
2.2 . MANZANILLA	22
2.2.1.1. <i>Propiedades curativas de la planta de manzanilla.</i>	24
2.2.1.2. <i>La industria de infusiones filtrantes de manzanilla común en el Perú</i>	25
2.2. DESHIDRATACIÓN	26
2.3.2 . <i>Métodos generales de secado</i>	28
2.3.3. <i>Equipos para secado</i>	29
2.3.3.2. <i>Secadores continuos de túnel</i>	29

2.3.3.3. Secadores rotatorios	31
2.3.3.5. Secador solar	32
2.3.4 Parámetros de la deshidratación	35
2.3.4.1. Velocidad de secado	36
2.3.4.2. Tiempo de secado.....	37
2.3.4.3. Temperatura en el secado:.....	39
2.3.4.4. Temperatura del aire.	40
2.4. ANÁLISIS SENSORIAL.....	40
2.4.1. Prueba de consumidores.....	41
2.4.2 Prueba hedónica	41
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	42
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.4. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS.....	43
3.4.1. Materiales.....	43
3.4.2. Reactivos	43
3.4.3. Equipos	44
3.4.4. Materiales para evaluación sensoriales.	44
3.4.5. Materia prima	44
3.4.5.1. Población	45
3.4.5.2. Muestra.	45
3.4.6. Operacionalización de variables	45
3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	47
3.5.1. Procedimiento para el secado de la manzanilla (<i>Matricaria chamomilla</i>).....	47

3.5.1.1. <i>Recepción de la materia prima (manzanilla)</i>	49
3.5.1.2. <i>Selección</i>	49
3.5.1.3. <i>Pesado de la manzanilla fresca</i>	49
3.5.1.4. <i>Lavado</i>	49
3.5.1.5. <i>Desinfectado</i>	49
3.5.1.6. <i>Oreado</i>	49
3.5.1.7. <i>Deshidratado</i>	50
3.5.1.8. <i>Pesado</i>	50
3.5.1.8. <i>Análisis</i>	50
3.5. PARÁMETROS Y ANÁLISIS SENSORIAL MANZANILLA DESHIDRATADA.....	50
3.5.1. <i>Temperatura</i>	50
3.5.2. <i>Humedad</i>	51
3.5.3. <i>Velocidad de secado</i>	51
3.5.4. <i>Tiempo de secado</i>	51
3.5.5. <i>Acidez titulable</i>	52
3.5.6. <i>pH</i>	52
3.6. PRUEBA HEDONICA DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DE LA MANZANILLA DESHIDRATADA.....	52
3.7. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA DESHIDRATACION DEL SECADOR SOLAR TIPO MIXTO.....	53
3.8. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE OPERACIÓN EN EL SOFTWARE STATGRAPHICS	54
CAPÍTULO IV . RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1 TEMPERATURA.....	55
4.2 HUMEDAD	60
4.3 VELOCIDAD DE SECADO	63

4.4 TIEMPO DE SECADO	67
4.5 RADIACION SOLAR	68
4.6.VELOCIDAD DE VIENTO	69
4.7.CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LA MATERIA PRIMA.....	71
4.7.1.pH.....	71
4.7.2.Acidez titulable	71
4.7.3.Humedad de la manzanilla fresca	72
4.7.4.Características sensoriales de la manzanilla fresca.....	72
4.8. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LA MANZANILLA DESHIDRATADA .	74
4.8.1.Determinación de pH de la manzanilla deshidratada.....	74
4.8.2.Acidez titulable de la manzanilla deshidratada	75
4.8.3.Humedad de la manzanilla deshidratada.....	76
4.9. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO.....	76
4.10. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACION DEL SECADOR SOLAR MIXTO	86
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES.....	90
IBLIOGRAFÍA	91
LISTA DE ABREVIATURAS	95
GLOSARIO	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secador de bandejas o anaqueles.....	29
Figura 2. Secador continuo de carretillas con flujo de aire a contracorriente.....	30
Figura 3. Secador rotatorio cilindro con flujo de aire a contracorriente.....	31
Figura 4. Secador rotatorio.....	32
Figura 5. Esquema de un secador solar directo.....	33
Figura 6. Esquema de un secador solar indirecto.....	34
Figura 7. Esquema de un secador solar tipo mixto.....	35
Figura 8 Curvas de humedad en equilibrio de sólidos húmedos o isothermas de sólidos.....	36
Figura 9. Curva de velocidad de secado de materiales sólidos.....	37
Figura 10. Secado en el dominio de la zona antecrítica.....	38
Figura 11. Secado que abarca hasta la zona postcrítica.....	39
Figura 12. Modelos de temperatura en secadores.....	40
Figura 13. Diagrama de bloques en la obtención de manzanilla deshidratada.....	48
Figura 14. Curva de las temperaturas externas e internas en la cámara del secador solar.....	56
Figura 15. Curva de las temperaturas externas e internas.....	57
Figura 16. Curva de las temperaturas externas e internas.	58
Figura 17. Curva de las temperaturas externas e internas en el secador solar mixto.....	59
Figura 18. Curva de variación del peso de la manzanilla con respecto al tiempo. al tiempo.....	61
Figura 19. Curva de la variación de la humedad de la manzanilla con respecto al tiempo de secado.....	62
Figura 20. Curva de secado.....	65
Figura 21. Curva de velocidad de secado.....	66
Figura 22. Curva de perdida de humedad libre con respecto al tiempo.....	67
Figura 23. Curva de la radiación solar del día 26/08/2024 figura 24 Curva de la radiación	

solar del día 27/08/2024.....	68
Figura 25. Curva de la radiación solar del día 28/08/2024.....	69
Figura 26. Curva de la radiación solar del día 29/08/2024.....	69
Figura 27. Curva de velocidad de viento día 26/08/2024.....	70
Figura 28. Curva de velocidad de viento del día 27/08/2024.....	71
Figura 29. Curva de velocidad de viento del día 28/08/2024.....	72
Figura 30 .Curva de velocidad de viento del día 29/08/2024.....	80
Figura 31. Respuesta de superficie estimada para el atributo COLOR.....	99
Figura 32. Respuesta de superficie estimada para el atributo OLOR.....	101
Figura 33. Respuesta de superficie estimada para el atributo SABOR.....	104
Figura 34. Respuesta de superficie estimada para el atributo APARIENCIA.....	106
Figura 35. Dimensionamiento del deshidratador solar.....	107
Figura 36. Partes del secador solar mixto.....	108
Figura 37. Cámara de secado del deshidratador.....	109
Figura 38. Vista lateral del deshidratador solar.....	109
Figura 39. Selección de la materia prima.....	109
Figura 40. Cámara de secado.....	110
Figura 41. Cámara de secado.....	111
Figura 42. Bandejas de secado.....	111
Figura 43 manzanilla deshidrata.....	112
Figura 44. Preparación de la materia prima de la manzanilla fresca.....	112
Figura 45. Laboratorio de fisicoquímica de EFPIQ.....	113
Figura 46. Preparación muestra de manzanilla.....	113
Figura 47. Proceso de titulación.....	114
Figura 48. Medición de pH.	114
Figura 49. Proceso de titulación.....	115

Figura 50. Evaluación de las propiedades sensoriales de la manzanilla deshidratada....	115
Figura 51. Muestras de manzanilla en el proceso de deshidratación.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Taxonomía de la manzanilla (Matricaria chamomilla)</i>	19
Tabla 2 Composición química de la manzanilla (<i>Matricaria chamomilla</i>).	19
Tabla 3 Partes utilizadas de las hierbas aromáticas para su deshidratación.....	23
Tabla 4 Contenido máximo de agua para diferentes hierbas	24
Tabla 5 Operacionalización de variables	32
Tabla 6 <i>Escala hedónica para la evaluación del deshidratado de la planta de manzanilla.</i>	48
Tabla 7 Variación de temperatura (día 26/10/2024)	50
Tabla 8 Variación de temperatura (día 27/10/2024)	51
Tabla 9 Variación de temperatura (día 28/10/2024)	52
Tabla 10 Variación de temperatura (día 29/10/2024)	53
Tabla 11 Variación de humedad con respecto a la humedad	55
Tabla 12 <i>Datos experimentales para obtención de curva de secado y velocidad de seca</i>	59
Tabla 13 <i>Medición del pH de la manzanilla</i>	64
Tabla 14 Medición de la acidez de la manzanilla	65
Tabla 15 <i>Medición de la humedad de la manzanilla</i>	65
Tabla 16 <i>Resultado del grado de aceptabilidad de 30 panelistas</i>	65
Tabla 17 <i>Evaluación estadística de la prueba hedónica con 4 atributos</i>	67
Tabla 18 <i>Medición del pH de la manzanilla deshidratada</i>	67
Tabla 19 <i>Medición de la acidez de la manzanilla deshidratada</i>	68
Tabla 20 <i>Medición de la humedad de la manzanilla deshidratada</i>	68
Tabla 21 <i>Escala de la prueba hedónica realizado a 30 panelistas</i>	69
Tabla 22 <i>Resultado del grado de aceptabilidad de 30 panelistas en la prueba hedónica (COLOR)</i>	69
Tabla 23 <i>Evaluación del grado de aceptabilidad del color de la manzanilla deshidratada</i>	71
Tabla 24 <i>Resultado de la evaluación del grado de aceptabilidad de 30 panelistas en la prueba hedónica(OLOR)</i>	72

Tabla 25 Evaluación del grado de aceptabilidad del OLOR de la manzanilla deshidratada.....	73
Tabla 26 Resultado de la evaluación del grado de aceptabilidad de 30 panelistas en la prueba hedónica (SABOR).....	74
Tabla 27 Evaluación del grado de aceptabilidad del SABOR de la manzanilla.....	75
Tabla 28 Resultado de la evaluación del grado de aceptabilidad de 30 panelistas en la prueba hedónica (APARIENCIA).....	76
Tabla 29 Evaluación del grado de aceptabilidad de la APARIENCIA de la manzanilla deshidratada.....	78
Tabla 30 Datos generados por el método superficie de respuesta para el atributo COLOR.....	90
Tabla 31 Análisis de varianza respecto al atributo COLOR	90
Tabla 32 Resultado del método de superficie de respuesta para el atributo COLOR...	91
Tabla 33 Datos generados por el método superficie de respuesta para el atributo OLOR.....	92
Tabla 34 Análisis de varianza respecto al atributo OLOR	92
Tabla 35 Resultado del método de superficie de respuesta para el atributo OLOR	93
Tabla 36 Datos generados por el método superficie de respuesta para el atributo . SABOR	93
Tabla 37 Análisis de varianza respecto al atributo SABOR.....	94
Tabla 38 Resultado del método de superficie de respuesta para el atributo SABOR .	94
Tabla 39 Datos generados por el método superficie de respuesta para el atributo APARIENCIA...	95
Tabla 40 Análisis de varianza respecto al atributo APARIENCIA.....	95
Tabla 41 Resultado del método de superficie de respuesta para el atributo APARIENCIA.....	96

INTRODUCCIÓN

El secado es una de las operaciones claves de todo el proceso productivo, de esta operación depende en gran medida el éxito o fracaso económico del emprendimiento micro empresariales dedicado a la producción y comercialización de hierbas aromáticas, de la forma como se realice el secado depende la calidad del producto final, los cambios que se producen en el material vegetal durante la deshidratación son de carácter irreversible. Una mala práctica de secado puede originar la pérdida total o parcial de la cosecha con la consiguiente pérdida económica para el microempresario. (Velasquez, 2009)

Actualmente la industria de infusiones filtrantes en el Perú no está suficientemente desarrollada, debido a sus métodos de elaboración y al escaso uso de tecnología en sus procesos. La manzanilla común por lo general es secada al sol en el mismo lugar de la cosecha, este método limita el control de salubridad e higiene al exponer la cosecha a la intemperie por varios días y, además, afecta las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la planta, en la actualidad la energía solar se le está tomando importancia en la deshidratación, debido a que empresas utilizan deshidratadores o secadores industriales cuyo funcionamiento es a base de gas, recurso que causa impacto ambiental y no es sostenible al futuro. (Acevedo, 2018)

En la región de Ayacucho se cuenta con pocos estudios referentes a la deshidratación de la manzanilla utilizando una alternativa ecológica como un secador solar tipo mixto, para coadyuvar en mejor aprovechamiento del aroma de la manzanilla y aminorar la pérdida y transformación de este recurso en una fuente de ingreso de nuestro poblador rural, se propone optimizar el secado con un secador solar que conserve sus características sensoriales de la manzanilla y fijar sus características físicas de esta planta aromática que

crece en nuestra región, así evitar la proliferación de microorganismos. Para llevar a cabo el presente estudio, el trabajo se ha estructurado en IV capítulos. El capítulo I “Información general y descripción” se efectúa algunas precisiones para el entender el fin del presente estudio. En el capítulo II “Marco conceptual”, comprende conceptos que permiten comprender el fenómeno de la investigación”, el capítulo III “Materiales y métodos” se muestra los materiales que se necesitará para el desarrollo del estudio y los métodos que serán las herramientas que conduzcan con éxito dicho trabajo y el capítulo IV “Resultados y discusión” donde se muestra los valores obtenidos del estudio

CAPÍTULO I

INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Los cambios climáticos recientes, las pandemias y la globalización de los mercados alimentarios presentan nuevos desafíos para la sociedad humana, debido a las mayores demandas de conservación de alimentos, constantemente se desarrollan nuevas tecnologías de secado con un objetivo común: la eliminación de un disolvente (más comúnmente agua) de los materiales para obtener materia seca como producto final, dado que el secado es una de las operaciones que consumen más energía utilizadas en el secado pueden afectar negativamente al medio ambiente, además requieren mano de obra con un conjunto de habilidades muy específico, que a su vez está relacionado con cuestiones de capacitación, empleo. (Vieira, 2023)

En el Perú, la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) se siembra con fines de autoconsumo y de comercialización interna, la manzanilla es una de las plantas aromáticas que en su consumo ha crecido desde el año 2002 hasta la fecha debido a sus propiedades medicinales de ser un tranquilizante natural de buena aceptación (León & Prado, 2015).

En la región de Ayacucho, la planta de manzanilla es sometida a deshidratación al aire libre siendo una técnica artesanal, que genera mucha pérdida y conlleva a que pierda su aroma, sabor, color y apariencia, que es la esencia de la aceptación de esta planta.

El presente estudio de investigación tiene como propósito determinar los parámetros óptimos en la deshidratación de manzanilla utilizando una tecnología ecológica, amigable con el medio ambiente y sostenible, utilizando un secador solar mixto perteneciente al CER-

UNSCH (Centro de energía renovable de la UNSCH) con el fin de obtener un producto deshidratado que conserve sus características sensoriales (color, sabor, aroma y apariencia) y fisicoquímicas (acidez total, humedad y pH).

1.2. JUSTIFICACIÓN

En América Latina existe demanda en la exportación de plantas aromáticas y medicinales, pero presentan ciertas limitaciones debido a la poca producción y en caso de la manzanilla el mal manejo en el proceso de deshidratación de la manzanilla, pues esta situación concuerda entre países ya que los organismos gubernamentales no invierten en trabajos de investigación para el deshidratado de plantas aromáticas. Una técnica de deshidratación o secado es utilizando secadores solares, pues captan los rayos solares para ser convertidas en energía calorífica, siendo una alternativa ecológica de deshidratado lo cual facilita la conservación en sus componentes fisicoquímicas evitando la proliferación de microorganismos en la materia prima.

En la región de Ayacucho, el deshidratado o secado de la manzanilla, se realiza de manera artesanal, generalmente en la misma área donde se cosecha y son expuestas directamente al sol hasta que pierda la humedad, durante este proceso la manzanilla sufre cambios donde la componentes fisicoquímicos y sensoriales de la planta aromática se ve afectada generando la poca aceptabilidad frente a los consumidores.

El presente trabajo de investigación presenta una alternativa ecológica, amigable con el medio ambiente y económica en la deshidratación de la manzanilla, al utilizar un secador solar de tipo mixto, que cumple con estas características y fijar los parámetros óptimos para el deshidratado, quedando los resultados como base bibliográfica para futuros trabajos de investigación que involucren el proceso de deshidratado de otras hierbas aromáticas, con ello involucrar el proceso de industrialización de esta planta.

1.3. PROBLEMA

1.3.1. Problema general.

¿Será posible determinar los parámetros óptimos de deshidratación de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) en un secador solar mixto?

1.3.2. Problema específico

- a) ¿Se podrá caracterizar en la condición inicial las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*)?
- b) ¿Cuáles son las condiciones óptimas de la deshidratación de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto?
- c) ¿Se podrá determinar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) deshidratada?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar los parámetros óptimos de la deshidratación de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) en su condición inicial.
- b) Determinar las condiciones óptimas y eficiencia de deshidratación de la

manzanilla (*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto

- c) Determinar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) deshidratada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Existe trabajos de investigación en secado de plantas aromáticas con energía eléctrica y energía solar. En el presente trabajo de investigación se determinará los parámetros de secado en un secador solar del tipo mixto de la manzanilla producida en nuestra región de Ayacucho.

2.1.1 Internacionales

Cárdenas (2009), en su estudio: *“Optimización del proceso de secado de la manzanilla (matricaria chamomilla) y del toronjil (melissa officinalis) con la unión de comunidades indígenas y campesinas de Juan Montalvo (Ucicjum)”*, tuvo como principal objetivo optimizar el proceso de secado de manzanilla y toronjil con la finalidad de procesarlas, para ello determinaron las curvas de secado a escala laboratorio, escala piloto en un secador solar, con diferentes temperaturas y espesores de capas. Se concluyó que el proceso se optimiza si se trabaja a una temperatura de 45,0° C; en la cual se gasta menos energía en llegar al 10,0 % de humedad y conserva los aceites esenciales en un porcentaje de 0,45%.

2.1.2. Nacionales

Huamán (2021), en su trabajo de investigación: *“Influencia de la temperatura en el color y propiedades sensoriales en el secado de manzanilla (Matricaria chamomilla)”* tuvo como

objetivo determinar la influencia de la temperatura, color y propiedades sensoriales en el secado de las hojas de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) que fueron recolectadas de los campos de cultivo del Centro Poblado Champacocha, Andahuaylas, Apurímac; el secado de las hojas de manzanilla lo realizó en un secador convectivo a 40 , 50 y 60 °C, evaluó la variación del color en el espacio, asimismo evaluó las propiedades sensoriales como el color, olor, sabor y apariencia mediante las pruebas afectivas con panelistas no entrenados, concluyendo que la variación de color de las hojas deshidratadas en comparación con las hojas frescas presentó disminución de la luminosidad, las temperaturas se muestran diferencias significativas ($p\text{-value} < 0,05$). Finalmente encontró que las propiedades sensoriales como el color, olor, sabor y apariencia de las hojas de la manzanilla deshidratadas a las temperaturas de estudio, muestran diferencia significativa ($p\text{-value} < 0,05$).

Barreto & Cruz (2020) en su estudio “*Obtención de manzanilla (Matricaria chamomilla) deshidratada con un secador solar automatizado en la provincia de Tarma*”, implementaron un secador solar automatizado de acero inoxidable que les permitió monitorear y controlar el proceso de deshidratación de la manzanilla en un ambiente abierto. El diseño final del secado solar automatizado contó con 3 colectores y con espejos reflectores para asegurarse que la cámara de secado cuente con aire caliente siempre y al ser impulsado por los ventiladores, también instalaron una pantalla LCD 12x6 de visualización de temperatura que sirvió para la programación. En la evaluación del proceso de deshidratación de la manzanilla utilizaron 15 kg de manzanilla fresca, la temperatura en la cámara de desecado llegó hasta 60 °C sobre la temperatura ambiente. Los controles de temperatura fueron programadas a 40 °C; 50 °C y 60 °C en el secado de manzanilla llegando a secar en 4 días. Finalmente encontró que la humedad del producto final fue de: $11,09\pm 0.69\%$ a 40°C, $10,78\pm 0.95\%$ a 50° C y a $8,81\pm 0.06\%$ en 60° C de la manzanilla seca, valores que se encuentran en el rango de las normas técnicas nacionales de calidad de hierbas aromáticas secas al contar con un valor de humedad menor al 12 %.

Vasquez & Victoria (2022) desarrollaron el estudio “*Optimización de secador solar indirecto para el sector rural-Tarma*” determinaron el efecto de la temperatura en los parámetros físicos, fisicoquímicos y químico, además incluyo a la betarraga deshidratada en un secador solar indirecto optimizado en el sector rural de Tarma. Realizaron ensayos experimentales de secado con betarraga a temperaturas controladas de temperaturas de 35°C, 45°C y 55°C. Aplicaron el análisis de varianza (ANOVA) para identificar las diferencias en los análisis físico químicos, químico proximal y funcional, teniendo los siguientes resultados: al secar a temperatura 55°C contiene mayor valor con respecto al color y compuesto químico proximal; y a la temperatura 35°C se secado mantiene mayor contenido de betalainas.

Cerón et al. (2010), en su trabajo de investigación “*Optimización de un prototipo de secador Solar para Secado de Lúcumo en Ayacucho*”, presentó una eficiencia de 30 a 40% del colector plano con doble cubierta de vidrio y área efectiva de 0,57m² y 0,31m². El factor de remoción de aire (FR) es 0.4 y el coeficiente global de pérdidas del colector (Uc) es 40,53 W/m² °C, ha logrado secar una muestra de 0,216 kg de delgadas hojuelas de 2 mm de espesor; en un tiempo de 4 horas en la que el producto pierde un 66% de humedad mediante un flujo de aire de entrada a una temperatura promedio de 48 °C y temperatura de salida promedio de 43°C.

2.2 . MANZANILLA

La manzanilla es una planta ramificada y erecta que puede alcanzar los 60 cm de altura, presenta inflorescencias en las ramas, éstas son pequeñas con receptáculo cónico hueco rodeado de un involucro imbricado y aplastado con flores alrededor de color blanco. Las inflorescencias tienen un olor característico muy agradable (Cameroni, 2012).

En la tabla 1 se describe detalladamente la taxonomía de la manzanilla (*Matricia chamomilla*)

Tabla 1*Taxonomía de la Manzanilla (Matricaria Chamomilla)*

Nombre Científico	Matricia chamomilla
Otros nombres	Camomile (inglés), camomilla (italiano), camonille (francés), kamille-feldkamile (alemán)
Familia botánica	Asteraceae (compositae)
Centro de origen	Originaria de Europa, norte de África y Asia
División	Magnoliophyta
Orden	Asterales
Habitat	Prados y lugares herbosos, como también suelos arenosos y con sílice, generalmente en tierras de pastoreo. Necesita de climas templados.

Nota. Habita de manzanilla en toda la región de Ayacucho, Tomado de (Cameroni, 2012).

En la tabla 2 se describe detalladamente la composición química de la manzanilla (*Matricia chamomilla*)

Tabla 2*Composición química de la manzanilla (Matricaria Chamomilla)*

Componentes	%
Mirceno	0,26
1,8-Cineol	0,57
Linalol	0,08
-Terpineol	0,31
Borneol	0,20
Ch-Azuleno	1,05
Cariofileno	1,06
Farneseno	15,42

C ₁₀ H ₁₆	1,22
Nerolidol	1,93
C ₁₅ H ₂₆	3,32
Óxido de bisabolol	46,11

Nota. Se muestra 15,42 % de Farneseno que es un antimicrobiano, antiinflamatoria, calmante y sedante (Cameroni, 2012)

2.2.1.1. Propiedades curativas de la planta de manzanilla.

Gomez, Reyes, & Paredes (2010) señalan sobre las propiedades curativas de la manzanilla usando como infusión son los siguientes:

- Es protectora y reparadora de la membrana gástrica por lo que se recomienda consumirlo cuando está afectado algún órgano del aparato digestivo, favoreciendo a las digestiones difíciles.
- Se ha demostrado que la manzanilla ayuda a los espasmos intestinales por lo que es muy adecuada para el dolor de estómago.
- Reduce dolores causados por la artritis.
- Reduce inflamaciones cutáneas.
- Disminuye sintomatología en alergias.
- Útil para tratar problemas digestivos.
- Ayuda en las cicatrizaciones.
- Es antiespasmódico, previene o interrumpe las contracciones producidas por el musculo intestinal.
- Excelente relajante y ligeramente sedante.
- Facilita la menstruación y ayuda eliminar molestias.
- En la cosmetología es usado para aclarar el cabello y descongestionar la piel.
- Ayuda a las personas que tienen problemas de gripe, asma, sinusitis y gota.

2.2.1.2. La industria de infusiones filtrantes de manzanilla común en el Perú

a) *Industria*

Aliaga y Acevedo, (2017) señalan que; actualmente la industria de infusiones filtrantes en el Perú no está suficientemente desarrollada, debido a sus métodos de secado y al escaso uso de tecnología en el proceso. La manzanilla común por lo general es secada al sol en el mismo lugar de la cosecha. Este método limita el control de salubridad e higiene al exponer la cosecha a la intemperie por varios días y, además, afecta las propiedades de la planta.

Según Franke y Schilcher (2005), las flores de manzanilla común tienen mayor cantidad de aceite esencial y, por ende, mejores principios activos. La Norma Técnica Peruana (NTP) 209.228:1984 “Manzanilla en bolsas filtrantes, requisitos” señala que se deben usar solo flores en su envasado, pero al no ser una norma obligatoria y por rentabilidad, se usa la planta entera.

b) *Proceso de producción*

Se inicia con la recepción y el pesado de la manzanilla común entera fresca, luego se separan las flores de las partes verdes y también se retiran las partes dañadas u otros elementos extraños. A continuación, las flores son lavadas por inmersión en pozas con agua potable y un desinfectante de uso alimentario que no afecte su composición; después son centrifugadas y colocadas en un deshidratador que controle parámetros como velocidad de aire, tiempo y temperatura de secado. Luego del deshidratado, se procede a la molienda y el tamizado hasta una granulometría determinada. Después, el producto molido se carga en la tolva de la envasadora automática de bolsas filtrantes. Por último, se colocan manualmente los sobres armados dentro de cajas que luego son agrupadas y embolsadas, listas para ser comercializadas.

Se debe precisar que las partes verdes (tallos y hojas) representan un porcentaje importante de la manzanilla común, por lo que procesarlo es viable desde el punto de vista económico.

2.2. DESHIDRATACIÓN

En general, el secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de cierto material, en el secado el agua casi siempre se elimina en forma de vapor con aire, en algunos casos, el agua se puede eliminar de los materiales sólidos por medios mecánicos, utilizando prensas, centrífugas y otros métodos, esto resulta más económico que el secado por medios térmicos para la eliminación de agua. El contenido de humedad del producto seco final varia, ya que depende del tipo del producto. La sal seca contiene 0,5% de agua, el carbón un 4% y muchos productos alimenticios, aproximadamente 5%. El secado suele ser la etapa final de los procesos antes del empaque y permite que muchos materiales, como los jabones en polvo y los colorantes, sean más adecuados para su manejo.

El secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial los alimentos), se usa también como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. Sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 5% en peso en los alimentos, para preservar su sabor y su valor nutritivo. Los alimentos secos pueden almacenarse durante periodos bastante largos, Geankoplis (1998).

Arias, A (2021) en su libro Fundamentos y aplicaciones de transferencia de masa, define el secado de solidos una operación simultanea de transferencia de masa y calor , a través de la cual se reduce o elimina el líquido contenido en la matriz de un sólido en forma de vapor hacia una corriente gaseosa de barrido que circula alrededor de dicha matriz, el secado del solido provoca necesariamente la humidificación de la corriente gaseosa de barrido utilizado en dicho proceso, también determina en la operación del secado, lo importante es el tiempo que se requiere para alcanzar una determinada humedad final, la cual depende fundamentalmente de:

- Temperatura de secado
- Presión del sistema de secado
- Condiciones hidrodinámicas de la corriente de secado.
- Saturación del gas de barrido o secado

- Humedad de equilibrio
- Humedad inicial del sólido
- Área de contacto o superficie disponible para el secado
- Velocidad de secado

2.3.1 Deshidratación de hierbas aromáticas

La conservación de las hierbas aromáticas es una de las razones fundamentales por la que se realiza el proceso de deshidratación, con el objetivo de evitar la proliferación de microorganismos, conservar la composición química y sean atractivos con sus características organolépticas de la materia prima (Cerón et al. 2019).

En el comercio existen valores establecidos de contenido de humedad para cada hierba aromática y las características organolépticas que cada una de ellas debe poseer, a continuación, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3

Partes utilizadas de las hierbas aromáticas para su deshidratación.

Nombre Común	Nombre Científico	Partes utilizadas
Anís estrella	<i>Illicium anisatum</i>	Fruto
Canela	<i>Aloysia triphyli</i>	Hojas
Cedrón	<i>Eugenia Caryophyllus</i>	Flores
Clavo de olor	<i>Anethum graveolens</i>	Fruto, corteza, hojas y flores
Eneldo	<i>Eucaliptus globulus</i>	Talla, hojas y flores
Manzanilla	<i>Matricaria camomila</i>	Flores y planta
Toronjil	<i>Melissa Officinales</i>	Flores y plantas
Orégano	<i>Origanun vulgare</i>	Hojas

Nota. La manzanilla es aromática sus flores, ramas y los tallos, citada por (Barreto & Cruz, 2020)

Para cada hierba existen valores preestablecidos de contenido de agua exigidos para su comercialización en seco en a continuación se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Contenido máximo de humedad para diferentes hierbas

Hierba	Humedad máxima
Albahaca	10%
Laurel hojas	9%
Eneldo	10%
Orégano	11%
Romero	9%
Salvia	10%
Estragon	10%
Tomillo	9%

Nota: tomada de (Revista Fundación Chile, Proyecto FDI).

2.3.2 . Métodos generales de secado

Geankoplis (1998), los métodos y procesos de secado se clasifican de diferentes maneras; se dividen en procesos de lotes, cuando el material se introduce en el equipo de secado y el proceso se verifica por un periodo; o continuos, si el material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene material seco con régimen continuo.

Los procesos de secado se clasifican también de acuerdo con las condiciones físicas usadas para adicionar calor y extraer vapor de agua de la siguiente manera:

- a).** En la primera categoría, el calor se añade por contacto directo con aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire.
- b).** En el secado al vacío, la evaporación del agua se verifica con más rapidez a presiones bajas, y el calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación (también pueden usarse bajas temperaturas con vacío para ciertos materiales que se decoloran o se descomponen a temperaturas altas).
- c).** En la liofilización, el agua se sublima directamente del material congelado.

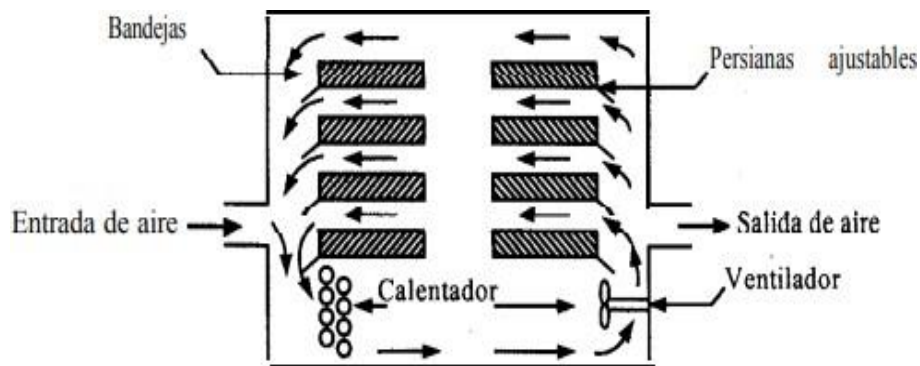
2.3.3. Equipos para secado

2.3.3.1. Secado en bandejas

En el secador de bandejas, que también se llama secador de anaqueles, de gabinete, o de compartimientos, el material, que puede ser un sólido en forma de terrones o una pasta, se esparce uniformemente sobre una bandeja de metal de 10 a 100 mm de profundidad. Un secador de bandejas típico, tal como el que se muestra en la figura 1, tiene bandejas que se cargan y se descargan de un gabinete. Un ventilador recircula aire calentado con vapor paralelamente sobre la superficie de las bandejas. También se usa calor eléctrico, en especial cuando el calentamiento es bajo. Más o menos del 10 al 20% del aire que pasa sobre las bandejas es nuevo, y el resto es aire recirculado, el cual se observa en la siguiente figura.

Figura 1

Secador de bandejas o anaqueles



Nota: Diagrama del funcionamiento del secador de bandejas.

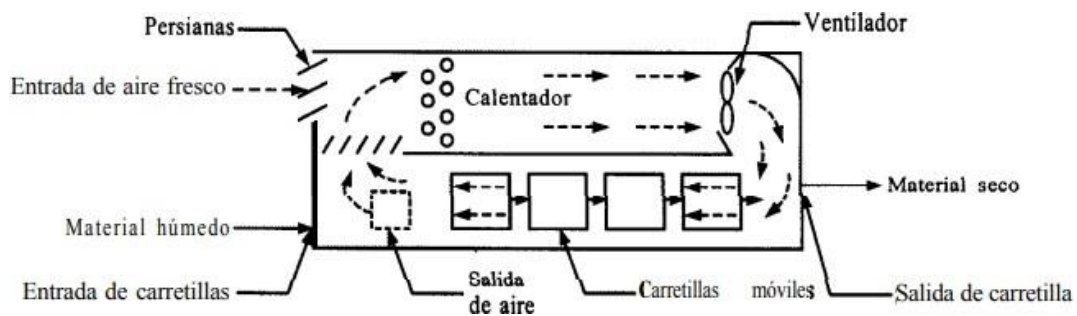
2.3.3.2. Secadores continuos de túnel

Los secadores continuos de túnel suelen ser compartimentos de bandejas o de carretillas que operan en serie, tal como se muestra en la figura 2. Los sólidos se colocan sobre bandejas o en carretillas que se desplazan continuamente por un túnel con gases calientes que pasan sobre la superficie de cada bandeja. El flujo de aire caliente puede ser

a contracorriente, en paralelo, o una combinación de ambos. Muchos alimentos se secan por este procedimiento. Cuando se desea secar partículas sólidas granulares, pueden utilizarse transportadores perforados o de fondo de tamiz, como el de la figura 3. Los sólidos granulares húmedos se transportan en forma de una capa que tiene entre 25 y 150 mm de profundidad, sobre una superficie de tamiz o perforada a través de la cual se fuerza el paso de aire caliente, ya sea hacia arriba o hacia abajo. El secador consta de diversas secciones en serie, cada una con un ventilador y serpentines de calentamiento. Un ventilador adicional extrae cierta cantidad de aire hacia la atmósfera. En algunos casos, los materiales en forma de pasta pueden preformarse en cilindros y colocarse sobre el transportador para secarse.

Figura 2

Secador continuo de carretillas con flujo de aire a contracorriente



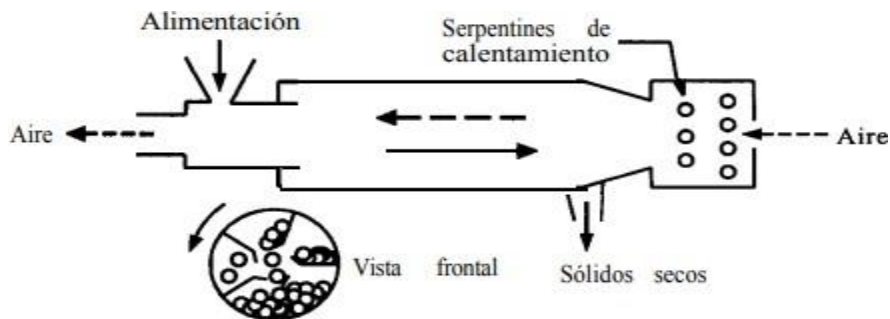
Nota: diagrama de operación del secador indirecto al vacío.

2.3.3.3. Secadores rotatorios

Un secador rotatorio consta de un cilindro hueco que gira por lo general, sobre su eje, con una ligera inclinación hacia la salida. Los sólidos granulares húmedos se alimentan por la parte superior, tal como se muestra en la figura 3 y se desplazan por el cilindro a medida que éste gira. El calentamiento se lleva a cabo por contacto directo con gases calientes mediante un flujo a contracorriente. En algunos casos, el calentamiento es por contacto indirecto a través de la pared calentada del cilindro. Las partículas granulares se desplazan hacia adelante con lentitud y una distancia corta antes de caer a través de los gases calientes, como se muestra. Existen muchas otras variaciones del secador rotatorio, que se describen con detalle en la siguiente figura.

Figura 3

Secador rotatorio cilindro con flujo de aire a contracorriente



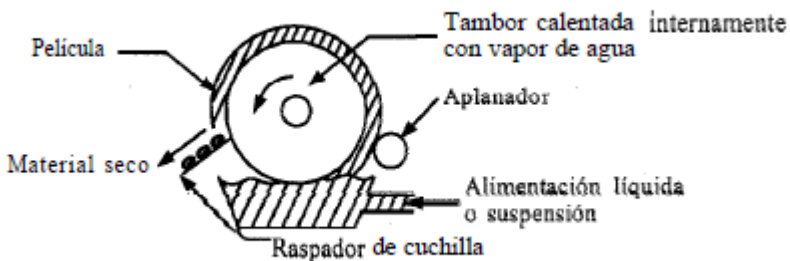
Nota: Diagrama esquemático de un secador rotatorio con calentamiento directo.

2.3.3.4 Secador de tambor

Un secador de tambor consta de un tambor de metal calentado, como se indica en la figura 4, en cuyo exterior se evapora una capa delgada de un líquido o una suspensión hasta que se seca. El sólido seco final se le raspa al tambor, que gira lentamente, los secadores de tambor son adecuados para procesar suspensiones o pastas de sólidos finos, así como soluciones verdaderas. El tambor funciona en parte como evaporador y en parte como secador.

Figura 4

Secador rotatorio



Nota: Diagrama esquemático de un secador rotatorio con alimentación líquida o suspensión.

2.3.3.5. Secador solar

Es una cámara especial donde el material a deshidratar es colocado al contacto del aire atmosférico integrada a un sistema generador de aire caliente y una serie de conductos que permiten la circulación del aire caliente alrededor y a través del alimento, pues el agua es removida de la superficie del producto y llevada hacia afuera del deshidratador solar (Cerón et al. 2010).

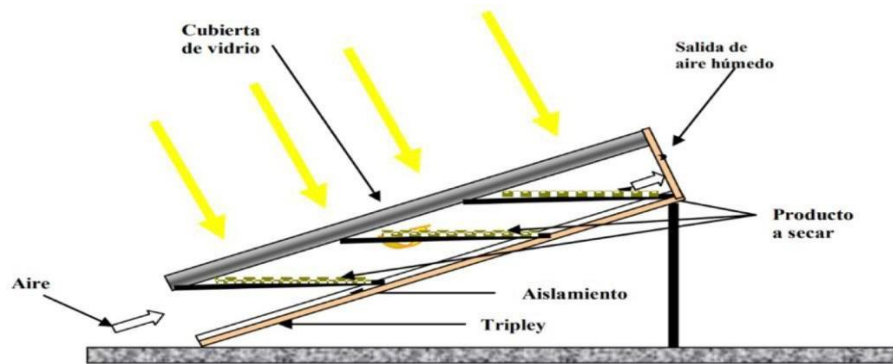
2.3.3.5.1. Tipos de secadores solares:

a) **Secador solar directo:** Este método de secado consiste en que la radiación solar incide directamente sobre la materia prima donde se evapora. La cámara contiene colectores

captando la radiación solar, este tipo de deshidratador se asemeja al de tipo invernadero o túneles, se refleja en la figura 5.

Figura 5

Esquema de un secador solar directo.

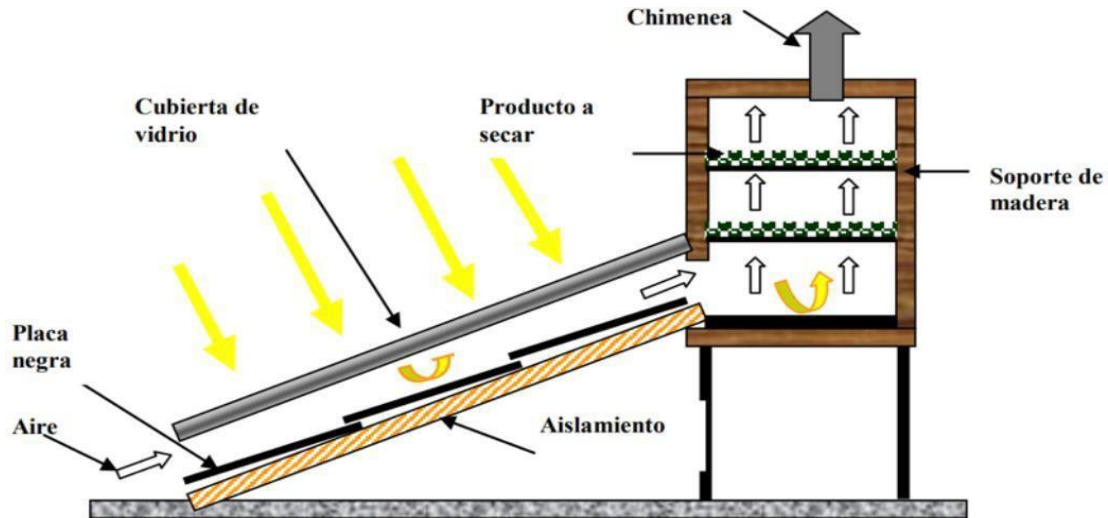


Nota. Tomada de Cerón et al. (2019)

- b) Secador solar indirecto:** Cuentan con un colector donde el aire en cierta proporción se calienta por radiación solar, el cual ingresa a la cámara de deshidratado donde se encuentra la materia prima. El aire caliente es transferido al producto y se elimina el contenido de agua, la cámara tiene por objetivo a que los rayos del solar no impacten directamente a la materia prima, se visualiza en la figura 6.

Figura 6

Esquema de un secador solar indirecto.

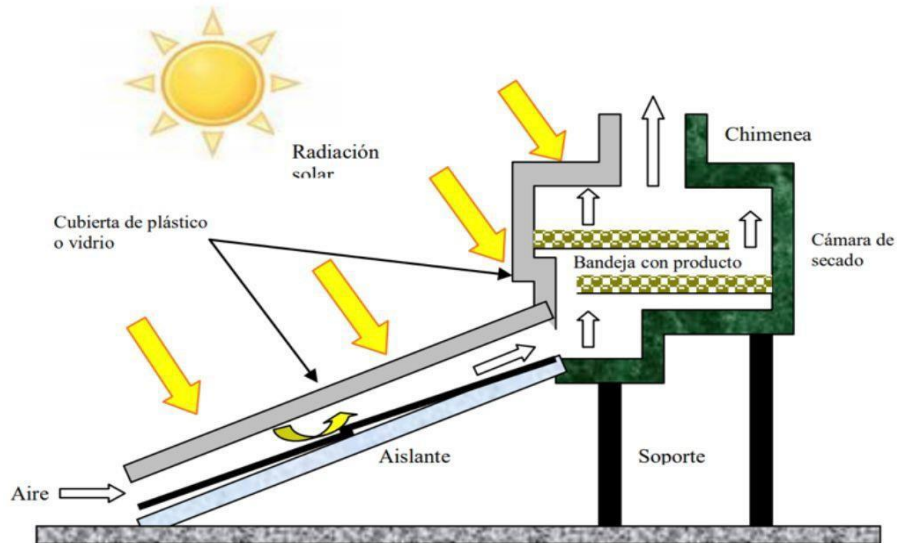


Nota. Secador solar con estructura de madera y vidrio, tomada de Cerón et al. (2019).

c) Secador solar de tipo mixto: Es aquella donde la colección de la radiación se realiza en el colector solar previo a la cámara de secado como en la misma cámara. Este tipo de secador presenta múltiples ventajas entre ellas permite el control del proceso, facilita la manipulación del producto y las labores de carga y descarga debido a que presentan una cámara de secado separada de los colectores. La cámara evita el impacto de la radiación solar evitando el daño y desnaturalización de la materia prima, se plasma en la figura 7.

Figura 7

Esquema de un secador solar tipo mixto.



Nota. Tomada de Cerón et al. (2019)

2.3.4 Parámetros de la deshidratación

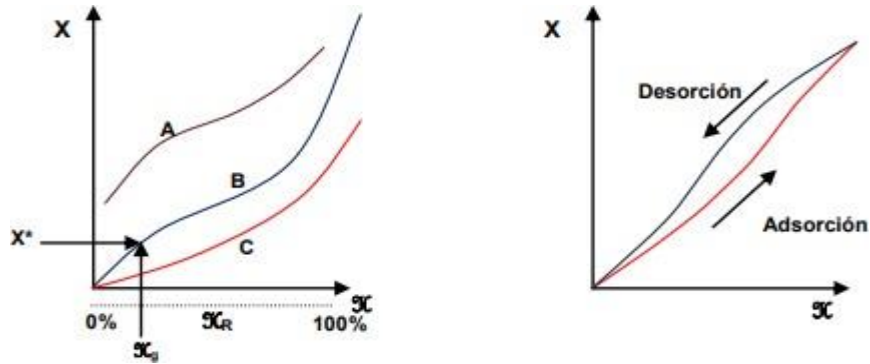
2.3.4.1 Humedad

Arias, A (2021), un sólido en contacto prolongado con una corriente gaseosa alcanza una condición de equilibrio, por lo tanto, la humedad del sólido y la humedad del gas alcanzan una relación de equilibrio, denominado humedad de equilibrio o isoterma de equilibrio, porque dependen de la temperatura. Por esta razón un terrón de azúcar al ser expuesto a un ambiente de aire húmedo, se irá soltando debido a la humedad que gana del aire hasta alcanzar el equilibrio correspondiente a la temperatura del sistema. La humedad de equilibrio se puede representar en un diagrama a temperatura constante; es una característica típica de cada tipo de material sólido, que se obtiene experimentalmente.

Generalmente está expresado con respecto a la humedad absoluta o humedad relativa del aire, se plasma en la siguiente figura.

Figura 8

Curvas de humedad en equilibrio de sólidos húmedos o isotermas de sólidos.



Nota : Las curvas de humedad de equilibrio son importantes porque permiten determinar la humedad de equilibrio: X^* , que como máximo se alcanzará durante el secado del material en un ambiente gaseoso cuya humedad es X_g , Arias, A (2021).

2.3.4.1. velocidad de secado

La velocidad de secado es una expresión de la tasa de líquido eliminado desde el sólido por evaporación en un intervalo de tiempo y por cada unidad de área o superficie de secado disponible, que podría entenderse como el flujo másico de líquido eliminado por cada superficie unitaria de secado. Su expresión es:

$$R = -\frac{S_p}{A} \frac{dX}{dt}$$

Donde:

S_p : Matriz sólida o sólido seco portante [kgS]

A : Área o superficie de exposición al secado [m²]

X : Humedad absoluta del sólido [kgA/kgS] T :

Tiempo [s]

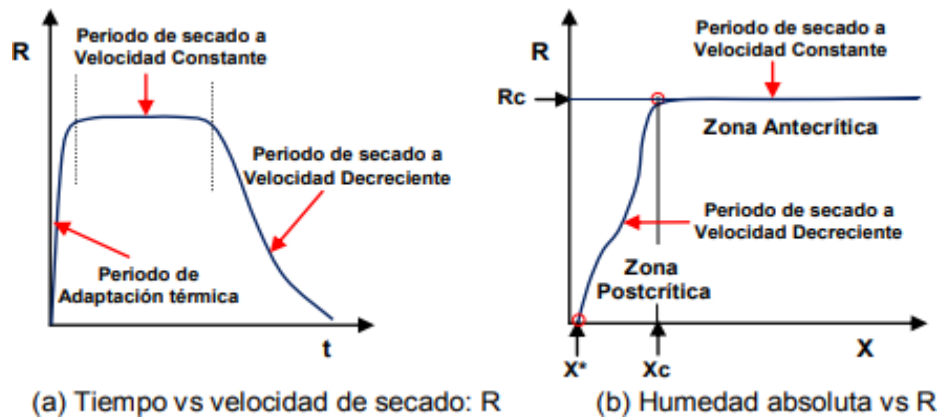
dX/dt : Gradiente de humedad absoluta

Como el sólido seco y el área de secado se mantienen constantes durante la operación de secado, el cálculo de la velocidad de secado: R , variará de acuerdo al gradiente de humedad absoluta, que se determina como pendiente en la curva de secado: X vs t ,

representado en la figura 9, por lo tanto, son mucho más prácticas las curvas de secado de la velocidad de secado, las cuales pueden ser de tiempo vs velocidad de secado: t vs R , o el de humedad absoluta vs velocidad de secado: X vs R .

Figura 9

Curva de velocidad de secado de materiales sólidos



Nota: en el diagrama de velocidad de secado se observa la tendencia invariable (horizontalidad) del periodo de secado a velocidad constante, así como el decaimiento del periodo de secado a velocidad decreciente, Arias, (2021).

2.3.4.2. Tiempo de secado

Teniendo la información de la velocidad de secado, específicamente las funciones que representa la curva X vs R , se pueden estimar el tiempo de secado de materiales sometidos a secado bajo las mismas condiciones con las que se obtuvieron dichas curvas, a partir de la definición de la velocidad de secado. Dependiendo de donde se encuentra la humedad final del material secado, en el periodo o zona antecrítica o postcrítica, se puede estimar el tiempo de secado del material, se refleja en la figura 10.

Considerando para el material sólido húmedo las siguientes condiciones:

Al inicio

F : Material húmedo total

X_F : Humedad absoluta inicia

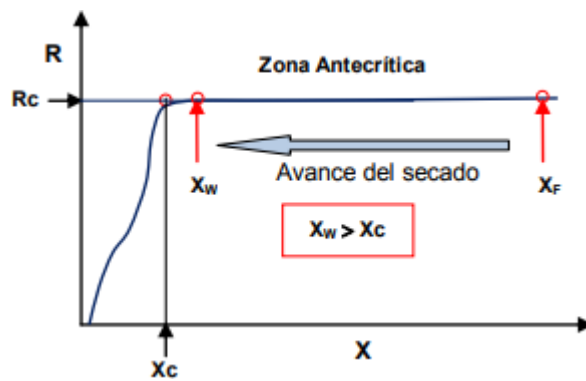
Al final

W: Material final luego del secado

XW: Humedad absoluta al final del secado

Figura 10

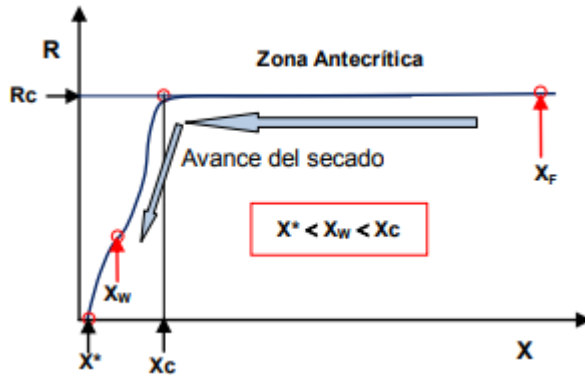
Secado en el dominio de la zona antecrítica



Nota : se evidencia la humedad final es aún mayor o podría ser igual que la humedad crítica, entonces el dominio del secado está dado por la velocidad de secado constante, Arias, (2021).

Figura 11

Secado que abarca hasta la zona postcrítica.



Nota: se evidencia que si la humedad final del material sobrepasa el punto crítico ingresando en la zona postcrítica, entonces el tiempo de secado será la suma del tiempo necesario para cubrir toda la zona postcrítica (AC) más el tiempo de secado para desarrollarse en la zona postcrítica (PC), Arias, (2021).

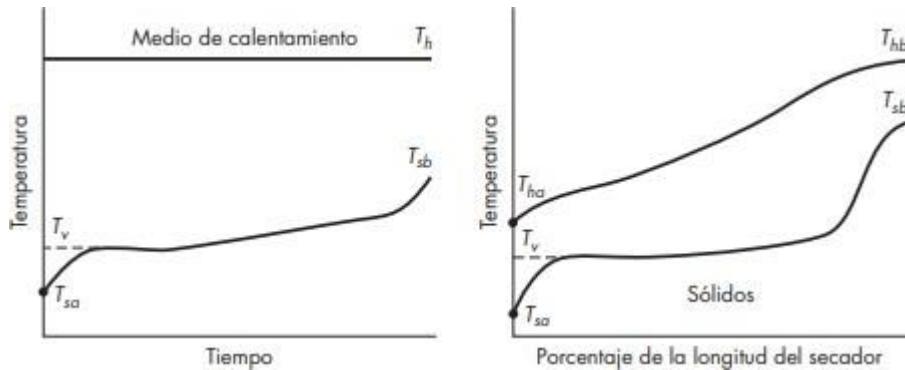
2.3.4.3. Temperatura en el secado:

La temperatura, es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general, medida por un termómetro. Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y la muestra, mayor será la velocidad de transferencia de calor (Ibarz et al, 2005).

Es una propiedad que se percibe como nuestra respuesta fisiológica a lo que es caliente o frío (Singh y Heldman, 2001), se muestra en la siguiente figura.

Figura 12

Modelos de temperatura en secadores



Nota: secadores de tipo discontinuo y continuo, Arias, A (2021).

2.3.4.4. Temperatura del aire.

La temperatura del aire desempeña un papel importante en los procesos de secado. En forma general, conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica de secado, la elección de la temperatura se llevó a cabo tomando en consideración el producto que se vaya a someter al proceso. Existen diversos niveles de temperaturas que se mantienen durante el proceso de secado:

a) Temperatura de bulbo seco: es aquella del ambiente, se mide con instrumentación ordinaria como por ejemplo un termómetro de mercurio (Ibarz et al, 2005).

b) Temperatura de bulbo húmedo: es la temperatura de equilibrio que se alcanza cuando la mezcla de aire seco y vapor de agua pasa por un proceso de enfriamiento adiabático hasta llegar a la saturación (Ibarz et al, 2005, p.104).

2.4. ANÁLISIS SENSORIAL

Se define como la identificación, análisis e interpretación de respuestas a los productos percibidos a través de los 5 sentidos: gusto, vista, tacto, oído y olfato, este tipo de análisis se realiza en la industria alimentaria para el desarrollo de nuevos productos, control de calidad entre otros. (Covadonga, 2014).

2.4.1. Prueba de consumidores

Miden la preferencia de un producto buscando la aceptación dentro de un mercado, estas pruebas son realizadas por personas que formen un grupo representativo de población de consumidores, la evaluación debe responder a preguntas del tipo:

- ¿Cuánto le gusta el producto?
- ¿Qué prefiere?

Dentro de las pruebas de consumidores existen dos grandes familias:

- Prueba de preferencia.
- Pruebas hedónicas

2.4.2 Prueba hedónica

Es un análisis sensorial que mide la respuesta de una persona hacia productos alimenticios, pues la industria de alimentos tiene que cumplir requerimientos que serán evaluados por un grupo de consumidores teniendo en cuenta los cinco sentidos, con la intención de cuantificar o medir sus respuestas. Castañeda (2013), define el término “hedónico” como “haciéndolo con placer”, es un test donde los panelistas expresa el grado de disgusto o gusto por medio de escalas.

En este análisis sensorial se agrupan en 3 tipos:

- Paneles de consumidores, donde la cantidad de jueces serán no entrenados y como mínimo son 30 personas.
- Paneles de laboratorio, los jueces son entrenados y como mínimo está compuesto por 20 personas.
- Paneles de expertos, altamente adiestrados y como mínimo está compuesto por 10 personas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.

El enfoque de la investigación es el cuantitativo. Hernández et al. (2014), señalan que la recolección de datos es recopilados y analizados para comprobar la hipótesis y para ello se emplean experimentos y el análisis causa-efecto, describen como un conjunto sistemático de la investigación donde implica un proceso de recolección, análisis e interpretación de datos cualitativos con el fin de recabar mayor información y lograr un mejor entendimiento al fenómeno planteado.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al objetivo:

- **Aplicada:** porque que se busca mejorar la técnica para determinar parámetros óptimos de deshidratación con evaluación de la variación de color de las hojas de la manzanilla y propiedades sensoriales. En la presente investigación se aplicó conceptos teóricos y científicos referentes a la Ingeniería Química

De acuerdo a la técnica de contrastación:

- **Experimental:** durante la experimentación se evaluó mediante la prueba hedónica la calidad del producto deshidratado a las diferentes temperaturas de secado como: 49.5°C, 50.1°C, 50.5°C y 52.4°C de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*).

3.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo tiene un nivel experimental ya que se busca determinar los parámetros óptimos por lo cual solucionar el problema de sus propiedades sensoriales a causa deshidratación artesanal de la manzanilla, se evaluó las temperaturas de secado a 49.5°C, 50.1°C, 50.5°C y 52.4°C, produciendo cambio positivo en las propiedades sensoriales de la manzanilla (Y); a causa por la pérdida de la humedad.

3.4. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

3.4.1. Materiales

- Termómetro de 0-100 °C
- Termocupla
- Vaso de precipitado de 500 mL
- Embudo de vidrio
- Matraz aforado de 500 mL
- Vasos de loza
- Cuchara de acero inoxidable.

3.4.2. Reactivos

- Hipoclorito de sodio (NaClO) al 4%
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 0,01N

- Indicador fenolftaleína
- Soluciones buffer de pH : 4, 7 y 10
- Agua destilada

3.4.3. Equipos

- Deshidratador solar tipo mixto
- Balanza digital- de rango de medición 0-200g; precisión $\pm 0,5$ mg
- pHmetro digital-EDGE, intervalo : 2,00 a 16,00; precisión ± 0.2 mV
- Estufa eléctrica-USAMED; rango:10°a 300°C, temperatura de fluctuación $\pm 1^\circ\text{C}$, capacidad 24 kg.
- Burteta graduada de 100 mL
- Fiola de 500 mL
- Anemómetro de copas
- Multivoltímetro digital Prasek Premium(PR-301C)
- Piranómetro

3.4.4. Materiales para evaluación sensoriales.

- Jarra
- Cucharón
- Lapiceros
- Vasos descartables
- Azúcar blanca
- Mesa de trabajo
- Sillas
- Fichas de evaluación

3.4.5. Materia prima

- Se recaudó 2 kg de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) de los campos de cultivo del centro poblado Tranca pampa distrito Vinchos, provincia Huamanga, región

Ayacucho.

3.4.5.1. Población

Para el presente estudio de investigación se tomó 2,0 kg de manzanilla (*Matricaria chamomilla*), recaudadas del centro poblado Tranca pampa, perteneciente del distrito Vinchos, provincia Huamanga, región Ayacucho, donde se cultiva regularmente esta planta aromática.

3.4.5.2. Muestra.

Para la toma de muestra se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia; ya que la muestra fue seleccionada en función al criterio, accesibilidad e intencionalidad del investigador. La muestra fue de 2,0 kg de hojas de manzanilla, sin materiales extraños.

3.4.6. Operacionalización de variables

Parámetros óptimos en secado de la manzanilla:

- ***Variable independiente***
- Temperatura
- Tiempo de secado

- ***Variable dependiente***
- Humedad
- Velocidad de secado
- Aceptabilidad

Avalos (2014), explica que, la operacionalización de variables comprende la desintegración de los elementos que conforman la estructura de la hipótesis y de manera especial a las

variables y precisa que la operacionalización se logra cuando se descomponen las variables en dimensiones y estas a su vez son traducidas en indicadores que permiten la observación directa y la medición. Además, afirma que es fundamental porque a través de ellas se precisan los aspectos y elementos que se quieren cuantificar conocer y registrar con el fin de llegar a conclusiones.

En la siguiente tabla 5, se establecen las variables independientes y dependientes en las que se basa la investigación.

Tabla 5

Operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
VI Parámetros óptimos de secado de la manzanilla	Geankopolis (1998) considera que los parámetros que influyen en el secado son:	D-1 Temperatura de deshidratación óptima de la manzanilla	- Curva de deshidratado optimo - Características físico químicas de la manzanilla	- Excel - Ficha de observación
	- Temperatura - Tiempo de secado			
	El secado es una operación que se basa en minimizar el contenido de humedad de cualquier producto. Esta	D-2 Porcentaje de humedad óptima de la manzanilla deshidratada	- Curva de deshidratado óptimo - Eficiencia de secado	- Estufa de secado - Ficha de observación

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
	operación conlleva a que el producto tenga una diferente humedad inicial y final. (Rojas M. 2014).	D-3 Acidez de la manzanilla, fresca y deshidratada	- Acidez titulable pH de la manzanilla fresca y seca	- pHmeter 3510 - Ficha de observación
VD Deshidratación de la manzanilla con un secador solar mixto	Deshidratación aumenta la estabilidad del producto como resultado de la disminución de la actividad de agua (aw), reduce el peso y volumen para obtener una disminución de costes de transporte y almacenamiento, transforma el alimento fresco en materias primas adecuadas para la creación de nuevos productos (Berk, 2013a; Fito et al., 2020)	D-1 Análisis sensorial de la manzanilla D-2 Condiciones óptimas, sensoriales	- Prueba hedónica Color, olor, sabor y apariencia - Color, olor, sabor Apariencia	- Software Statgraphics - Ficha de observación - Software Statgraphics - Ficha de observación

Nota: Identificación de variables en el proceso de deshidratación de la manzanilla, ya que todo ello nos permitirá traducir la variable teórica en propiedades observables y medibles.

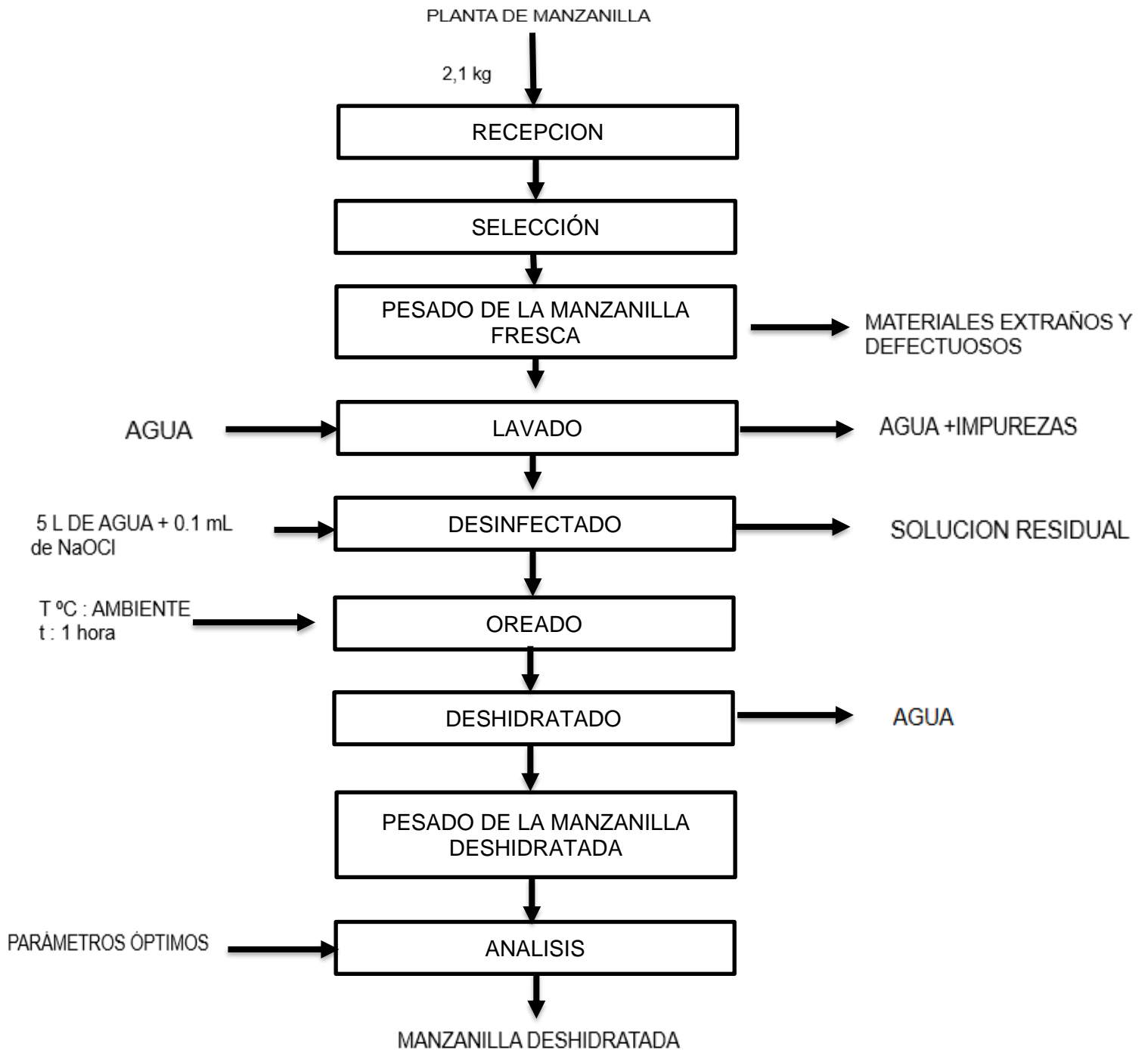
3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.5.1. Procedimiento para el secado de la manzanilla (*Matricaria chamomilla*).

A continuación, en la figura 13, se describe el procedimiento para el secado de la manzanilla en el secador solar mixto.

Figura 13

Diagrama de bloques en la obtención de manzanilla deshidratada



Nota: Procedimiento para la obtención de la manzanilla deshidratada

3.5.1.1. Recepción de la materia prima (manzanilla)

Se recepciona la manzanilla entera fresca en mantas atadas debido a que favorecen a la ventilación. Dicha materia prima fue un total de 3,0 kilogramos.

3.5.1.2. Selección

Se separó los materiales extraños y defectuosos como tallos gruesos y hojas caedizas presentes en la materia prima, que representa aproximadamente el 15 % , porque al quedar los tallos gruesos sobre la superficie, pueden restringir el paso de aire seco o caliente, retardando el proceso de secado.

3.5.1.3. Pesado de la manzanilla fresca

Se pesa 2,0 kg de manzanilla con una balanza electrónica, luego es almacenado en cestos.

3.5.1.4. Lavado

La manzanilla fresca pesada anteriormente dentro de los cestos se sumerge en 20 L agua potable para quitar las impurezas.

3.5.1.5. Desinfectado

En este proceso la manzanilla fresca se sumerge durante 4 minutos en 5 litros de solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 0,5 %.

3.5.1.6. Oreado

Las plantas de manzanilla lavadas ganaron un promedio de 39% de peso ,razón por el cual se realiza este proceso, que consiste en dejar las plantas de manzanilla a una temperatura ambiente por 1 hora.

3.5.1.7. Deshidratado

Se pesa 0,5 kg de manzanilla fresca y se coloca en tres bandejas de 0.74 m x 0.40 m, con espesor de 0.030 cm cada una, distribuidas homogéneamente, que serán secadas por el aire caliente que atraviesa por el colector del secador solar mixto, calor necesario para la evaporación que se transfiere de forma convectiva desde el aire caliente hacia la materia prima (manzanilla), la evaluación se realizó por día (secado batch) durante 4 días.

3.5.1.8. Pesado

Para alcanzar el peso constante de la manzanilla en el proceso de la pérdida de humedad, se procede a evaluar la variación de peso durante el sacado desde las 8:00 am a 4:00 pm, periodo de disponibilidad de radiación solar.

3.5.1.8. Análisis

Para el análisis se toma 2,0 gramos de muestra (manzanilla deshidratada) la misma que fue realizada por triplicado, para dicha evaluación se cuenta con 30 panelistas no entrenados 30 panelistas que tuvieron el rol de jueces no entrenados para evaluar mediante la degustación, a partir de esta información se procederá a evaluar estadísticamente mediante el promedio de 5 calificaciones (1 “me disgusta demasiado”, 2 “me disgusta moderadamente”, 3 “No me gusta ni me disgusta”, 4 “me gusta moderadamente” y 5 “me gusta mucho”) a 4 atributos (olor, color, sabor y apariencia).

3.5. PARÁMETROS Y ANÁLISIS SENSORIAL MANZANILLA DESHIDRATADA

3.5.1. Temperatura

En esta investigación las temperaturas para el proceso de deshidratación de la manzanilla se han registrado en intervalo de 60 min durante 8 horas por 4 días, las temperaturas mas altas promedios registradas al interior de la cámara de secado fueron : 49.5°C, 50.1°C, 50.5°C y 52.4°C; por lo cual se mantuvo la calidad y estabilidad del producto, dichos valores serán sometidas al análisis sensorial mediante la prueba hedónica para determinar la temperatura optima del secado de la manzanilla , ya que en otras investigaciones se ha determinado como temperaturas óptimas cercanas a las temperaturas obtenidas en el secado de plantas aromáticas , al exceder estos rangos de temperatura de secado las plantas pueden perder sus componentes volátiles. Para el control de la temperatura se

empleó un termómetro de rango 0-100 °C.

3.5.2. Humedad

En el presente proyecto de investigación, se determina la humedad de equilibrio de la manzanilla deshidratada, donde esta planta fue sometida en bandejas dentro del secador solar mixto a diferentes temperaturas a condiciones normales de la ciudad de Ayacucho con intervalo de tiempo cada 60 min y se registra el peso de la muestra deshidratada, hasta obtener un peso constante.

3.5.3. Velocidad de secado

El flujo másico o caudal del aire desecante está en función a la velocidad de evaporación del agua que contiene el material a las condiciones de secado, es necesario mantener en todo momento la humedad relativa en el interior del secador por debajo de 60%, humedades superiores pueden activar y acelerar la acción enzimática, propiciando el pardeamiento o amarronamiento del material generando un grave daño a la calidad de la manzanilla deshidratada.

3.5.4. Tiempo de secado

Se somete a deshidratar 2,0 kilogramos de manzanilla fresca, cada muestra será retiradas cada 1 hora y se procede a pesar.

Se tiene la información para el secado de plantas aromáticas, un valor promedio es de 3 a 12 horas con aire forzado. en el presente proyecto de investigación se ha determinado el tiempo de secado a temperaturas ambientes de 18 a 31 °C, y con una humedad relativa promedio predominante por debajo del 40%, fue de 3 días; ya que el secador solar mixto opera por desorción natural a condiciones ambientales de la región de Ayacucho.

3.5.5. Acidez titulable

Según el método AOAC 942.15 (2005), se coloca 5,0 g de manzanilla deshidratada en un matraz se agregan 100 mL de agua destilada, se deja hervir por una hora, reponiendo el agua perdida por evaporación, se enfría y filtra, se tomó una alícuota de 20 mL de la filtración y se valora con solución de hidróxido de sodio 0,01 N, usando 2 gotas de indicador fenolftaleína, observando el cambio de viraje incoloro a rosa.

3.5.6. pH

Para determinar el pH se utiliza la Referencia Técnica: NTP 201.040.

En un vaso precipitado de 100 mL se coloca 1,0 g de muestra deshidratada añadiéndola 50 mL de agua destilada, se dejó en reposo por una hora con agitaciones suaves, finalmente se mide el pH con un potenciómetro previamente calibrado con tres tipos de buffers 4, 7 y 10 para tener mayor precisión.

3.6. PRUEBA HEDONICA DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DE LA MANZANILLA DESHIDRATADA.

Se utilizó la prueba hedónica para determinar las propiedades sensoriales de la manzanilla deshidratada, las pruebas que se evaluaron fueron en 30 panelistas no entrenados, efectuando una prueba afectiva de aceptabilidad o preferencia, se evaluó la reacción, aceptación o preferencia de los panelistas con un puntaje de 1 al 5, cada uno de ellos marcó una categoría de acuerdo a su gusto. Para la preparación de las muestras se tomaron 2,0 gramos de manzanilla deshidratada secadas a diferentes temperaturas de deshidratación: 49,5°C, 50,1°C, 50,5°C y 52,4°C, en 300 mL de agua caliente a 90°C por 5 minutos agregando 9 gramos de azúcar blanca. Para la obtención de la dicha información se llevó lo reposado en vasos de 10 mL a cada panelista. Las propiedades que se evaluaron fueron: color, olor, sabor y apariencia, tal como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6

Escala hedónica para la evaluación del deshidratado de la planta de manzanilla.

<i>Puntuación</i>	<i>Alternativas</i>	ATRIBUTOS			
		<i>Color</i>	<i>Olor</i>	<i>Sabor</i>	<i>Apariencia</i>
5	Me gusta mucho				
4	Me gusta moderadamente				
3	No me gusta ni me disgusta				
2	Me disgusta moderadamente				
1	Me disgusta mucho				

Nota. Fuente: D.S, Robinson (1991).

3.7. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA DESHIDRATACION DEL SECADOR SOLAR TIPO MIXTO

Se coloca 2000 g de manzanilla fresca al secador solar, empezando a las 8:00 am hasta las 16:00 horas, registrando la masa inicial y la final.

Para la determinación de la eficiencia del secador solar se tiene la siguiente expresión:

$$(\%)Eficiencia = \left(\frac{masa\ inicial - masa\ final}{masa\ final} \right) * 100$$

Donde:

- *masa inicial*: masa de fresca de la manzanilla
- *masa final*: masa de la manzanilla deshidratada

3.8. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE OPERACIÓN EN EL SOFTWARE STATGRAPHICS

Para la obtención del parámetro óptimo de temperatura se utilizará el software Statgraphics a partir de la evaluación sensorial, inicialmente la evaluación sensorial (olor, sabor, aroma y apariencia) se realizó con 15 muestras de manzanilla deshidratada, la deshidratación se realizó por día durante 4 días por 30 panelistas donde realizaron la degustación, la puntuación fue del 1 a 5, donde 1 es “me disgusta mucho”; 2 “me gusta moderadamente”, 3 “no me gusta ni me desagrada”: 4 “me gusta moderadamente”; 5 “me gusta mucho”. Teniendo las puntuaciones altas en el promedio de cada atributo (olor, sabor, aroma y apariencia) se procederá a seleccionar las temperaturas internas para ingresarla al software 01 variable de respuesta (prueba hedónica).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 TEMPERATURA

Son temperaturas en la cámara de secado registradas a diferentes periodos de tiempo estos datos fueron registrados los días el 23, 24, 25 y 26 de setiembre

- Dia 26/08/2024

Se registra la temperatura externa (ambiente) e interna (cámara de secado), en intervalo de 60 min tal como se muestra en la tabla 7 y figura 14.

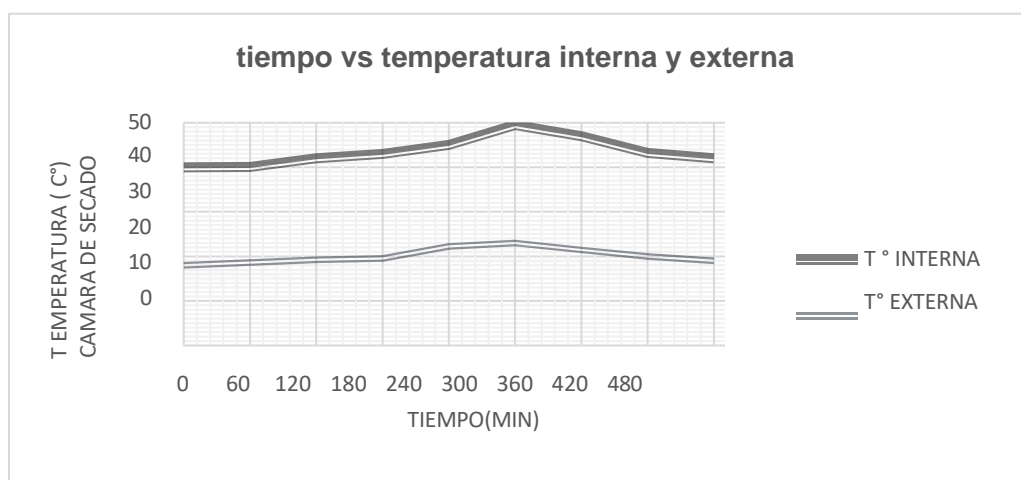
Tabla 7

Variación de temperatura

HORARIO	t (min)	T _e (°C)	T _i (°C)
8 :00 am	0	18,0	40,0
9 :00 am	60	18,6	40,1
10 :00 am	120	19,2	42,0
11 :00 am	180	19,5	43,0
12:00 pm	240	22,2	45,0
13:00 pm	300	23,0	49,5
14:00 pm	360	21,4	47,0
15:00 pm	420	20,0	43,2
16 :00 pm	480	19,0	42,0

Figura 14

Curva de las temperaturas externas e internas en la cámara del secador solar.



- **Dia 27/08/2024**

Se registra la temperatura externa (ambiente) e interna (cámara de secado), en intervalo de 60 min tal como se muestra en la tabla 8 y figura 15.

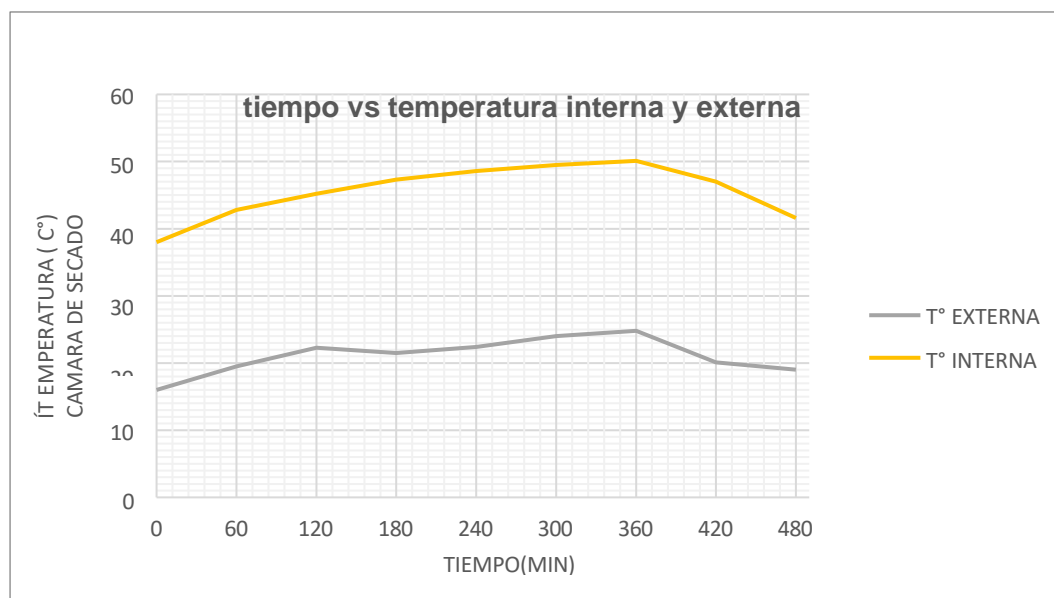
Tabla 8

Variación de temperatura

HORARIO	t (min)	T _e (°C)	T _i (°C)
8 :00 am	0	16,0	38,0
9 :00 am	60	19,5	42,8
10 :00 am	120	22,3	45,2
11 :00 am	180	21,5	47,3
12:00 pm	240	22,4	48,6
13:00 pm	300	24,0	49,5
14:00 pm	360	24,8	50,1
15:00 pm	420	20,1	47,0
16 :00 pm	480	19,0	41,6

Figura 15

Curva de las temperaturas externas e internas.



- **Dia 28/08/2024**

Se registra la temperatura externa (ambiente) e interna (cámara de secado), en intervalo de 60 min tal como se muestra en la tabla 9 y figura 16.

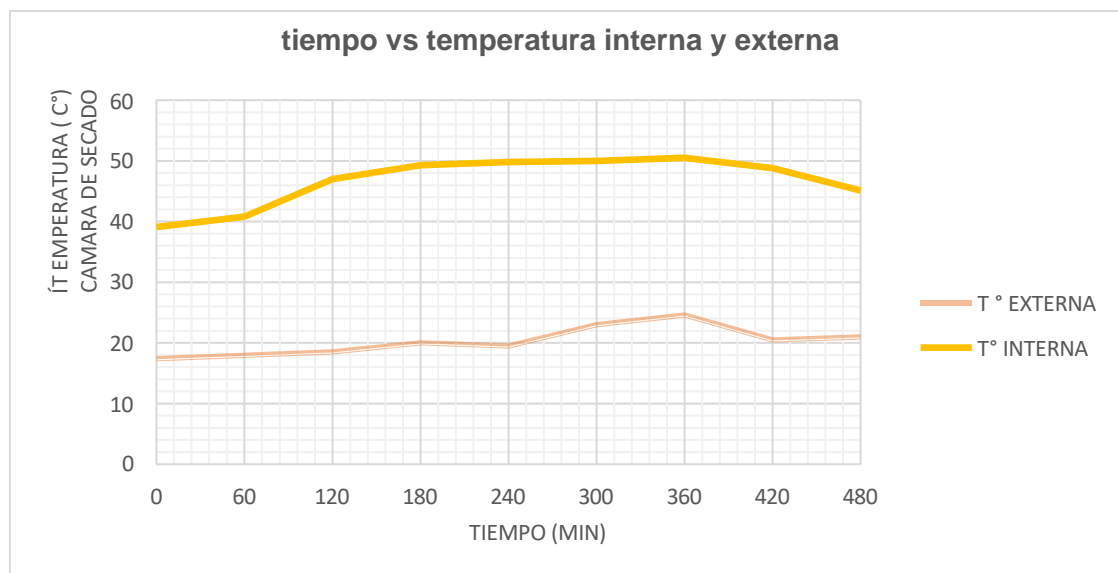
Tabla 9

Variación de temperatura

HORARIO	t (min)	T _e (°C)	T _i (°C)
8 :00 am	0	17,4	39,1
9 :00 am	60	18,0	40,8
10 :00 am	120	18,5	47,0
11 :00 am	180	20,0	49,3
12:00 pm	240	19,5	49,8
13:00 pm	300	23,0	50,0
14:00 pm	360	24,6	50,5
15:00 pm	420	20,5	48,8
16 :00 pm	480	21,0	45,1

Figura 16

Curva de las temperaturas externas e internas. e internas



Día 2908/2024

Se registra la temperatura externa (ambiente) e interna (cámara de secado), en intervalo de 60 min tal como se muestra en la tabla 10 y figura 17.

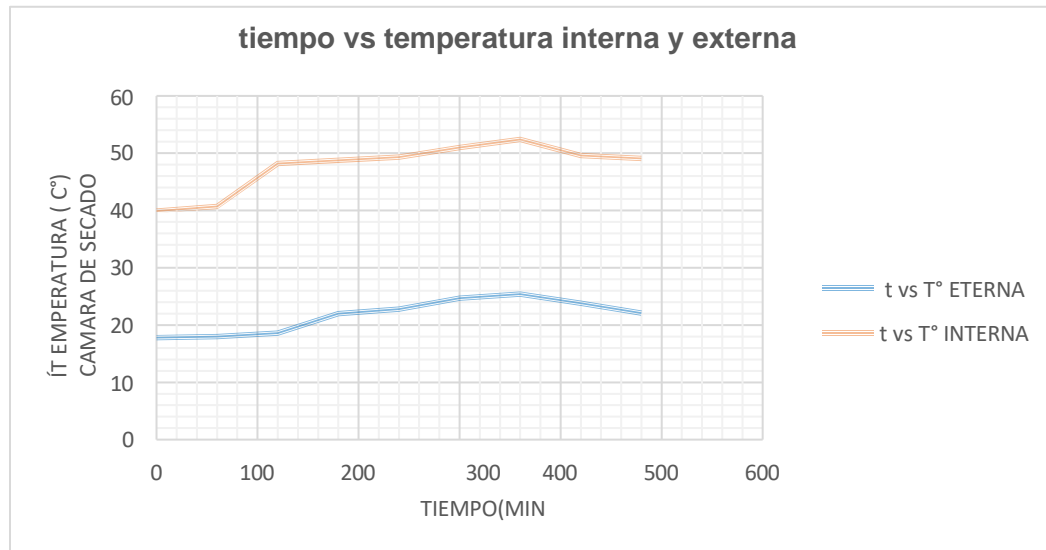
Tabla 10

Variación de temperatura

HORARIO	t (min)	T _e (°C)	T _i (°C)
8 :00 am	0	17,8	39,9
9 :00 am	60	18,0	40,7
10 :00 am	120	18,6	48,2
11 :00 am	180	22,0	48,8
12:00 pm	240	22,8	49,3
13:00 pm	300	24,7	51,0
14:00 pm	360	25,4	52,4
15:00 pm	420	23,8	49,6
16 :00 pm	480	22,1	49,1

Figura 17

Curva de las temperaturas externas e internas en el secador solar mixto.



De acuerdo a los resultados a condiciones normales de la ciudad de Ayacucho, se observa que el horario de mayor incidencia solar esta entre las 12:00 pm a 2:00 pm , donde se registró la mayores temperaturas durante el estudio realizado día 26/08/2024 T_e : 23,0 y T_i :49,5 día 27/08/2024 T_e : 24,8 y T_i :50,1 día 28/08/2024 T_e : 24,6 y T_i :50,0 día 29/08/2024 T_e : 25,4 y T_i :55,2 aumentando la temperatura del aire y reduciendo considerablemente el tiempo de secado por lo que de acuerdo con las curvas de temperaturas, se incrementan en el tiempo, cabe mencionar que el secador solar mixto recibe energía - calor de dos fuentes (el colector y la cámara de secado), esto hace que este tipo de secador solar sea más eficiente.

4.2 HUMEDAD

Tabla 11

Variación de humedad con respecto a la temperatura interna en la cámara de secado.

t (hora)	T _e ° C	T _i ° C	Peso muestra (kg)	WW (kg)	Mwb (Kg. agua / Kg. prod. húmedo)	Mdb (Kg. agua / Kg. prod. seco)	% Humedad
0	18,0	40,0	2,000	1,390	0,695	2,279	69,5
1	18,6	40,1	1,988	1,378	0,693	2,259	69,3
2	19,2	42,0	1,910	1,300	0,681	2,131	68,1
3	19,5	43,0	1,894	1,284	0,678	2,105	67,8
4	22,2	45,0	1,877	1,267	0,675	2,077	67,5
5	23,0	49,5	1,797	1,187	0,661	1,946	66,1
6	21,4	47,0	1,792	1,182	0,660	1,938	66,0
7	20,0	43,2	1,788	1,178	0,659	1,931	65,9
8	19,0	42,0	1,780	1,170	0,657	1,918	65,7
9	16,0	38,0	1,780	1,170	0,657	1,918	65,7
10	19,5	42,8	1,710	1,100	0,643	1,803	64,3
11	22,3	45,2	1,680	1,070	0,637	1,754	63,7
12	21,5	47,3	1,601	0,991	0,619	1,625	61,9
13	22,4	48,6	1,523	0,913	0,599	1,497	59,9
14	24,0	49,5	1,502	0,892	0,594	1,462	59,4
15	24,8	50,1	1,460	0,850	0,582	1,393	58,2
16	20,1	47,0	1,420	0,810	0,570	1,328	57,0
17	19,0	41,6	1,310	0,700	0,534	1,148	53,4
18	17,4	39,1	1,310	0,700	0,534	1,148	53,4
19	18,0	40,8	1,201	0,591	0,492	0,969	49,2
20	18,5	47,0	1,190	0,580	0,487	0,951	48,7
21	20,0	49,3	1,142	0,532	0,466	0,872	46,6
22	19,5	49,8	1,001	0,391	0,391	0,641	39,1
23	23,0	50,0	0,998	0,388	0,389	0,636	38,9
24	24,6	50,5	0,991	0,381	0,385	0,625	38,5
25	20,5	48,8	0,988	0,378	0,383	0,620	38,3
26	21,0	45,1	0,984	0,374	0,380	0,613	38,0
27	17,8	39,9	0,984	0,374	0,380	0,613	38,0
29	18,6	48,2	0,960	0,350	0,365	0,574	36,5
30	22,0	48,8	0,930	0,320	0,344	0,525	34,4

t (hora)	T _e ° C	T _i ° C	Peso muestra (kg)	WW (kg)	Mwb (Kg. agua / Kg. prod. húmedo)	Mdb (Kg. agua / Kg. prod. seco)	% Humedad
31	22,8	49,3	0,897	0,287	0,320	0,470	32,0
32	24,7	51,0	0,852	0,242	0,284	0,397	28,4
33	25,4	52,4	0,710	0,100	0,141	0,164	14,1
34	23,8	49,6	0,669	0,059	0,088	0,097	8,80
35	22,1	49,1	0,610	0,000	0,000	0,000	0,00

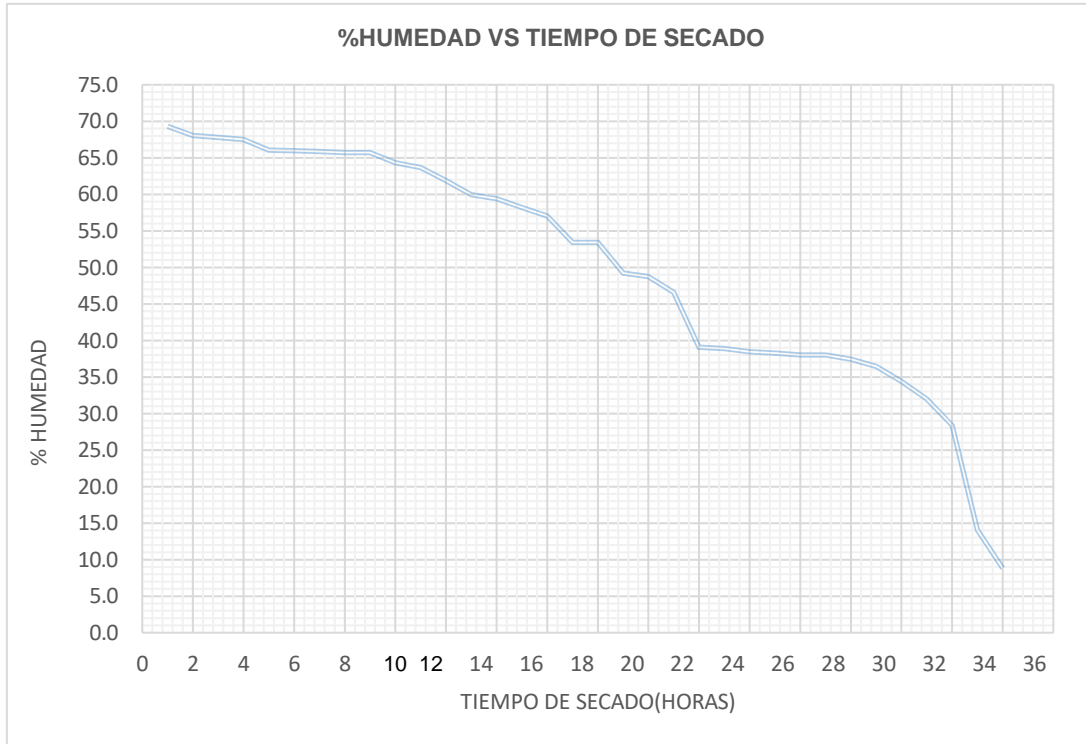
figura 18

Curva de variación del peso de la manzanilla con respecto al tiempo al tiempo



Figura 19

Curva de la variación de la humedad de la manzanilla con respecto al tiempo de secado



De acuerdo a la figura 19, las condiciones físicas de la manzanilla se modifican en el transcurso de la extracción de humedad ya que la manzanilla está dentro de la cámara de secado, el secado está influido por el descenso de la humedad de la manzanilla. La determinación directa del contenido de humedad implica medir la masa del producto y la masa seca correspondiente al eliminar el agua evaporable contenida en él, aplicando calor a una temperatura ambiente hasta llegar a un peso constante de la muestra de 610 gramos de manzanilla deshidratada en tiempo de 35 horas. Además de acuerdo al cálculo en la tabla 11, se determinó el contenido de la manzanilla deshidratada siendo esta H: 8.80 %

4.3 VELOCIDAD DE SECADO

Para determinar la velocidad de deshidratado primero determino los sólidos secos por la siguiente relación:

$$W_s = m * (\%S.S)$$

Donde:

W_s = Peso de sólidos secos

m = Masa inicial de la muestra

$\%S.S$ = Porcentaje de sólidos secos en la muestra

Luego se realiza el cálculo para la humedad base seca a partir de esta fórmula:

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s}$$

Se tiene humedad relativa del aire a 25°C es de 60% de acuerdo a la gráfica psicométrico.

Datos:

Peso de la muestra seca W_s :0.160 Kg $X_{\text{equilibrio}}$:0.212, obtenido de la gráfica psicométrica

Área de la cámara de secado: $(0.70*0.4)*4 = 1.184 \text{ m}^2$.

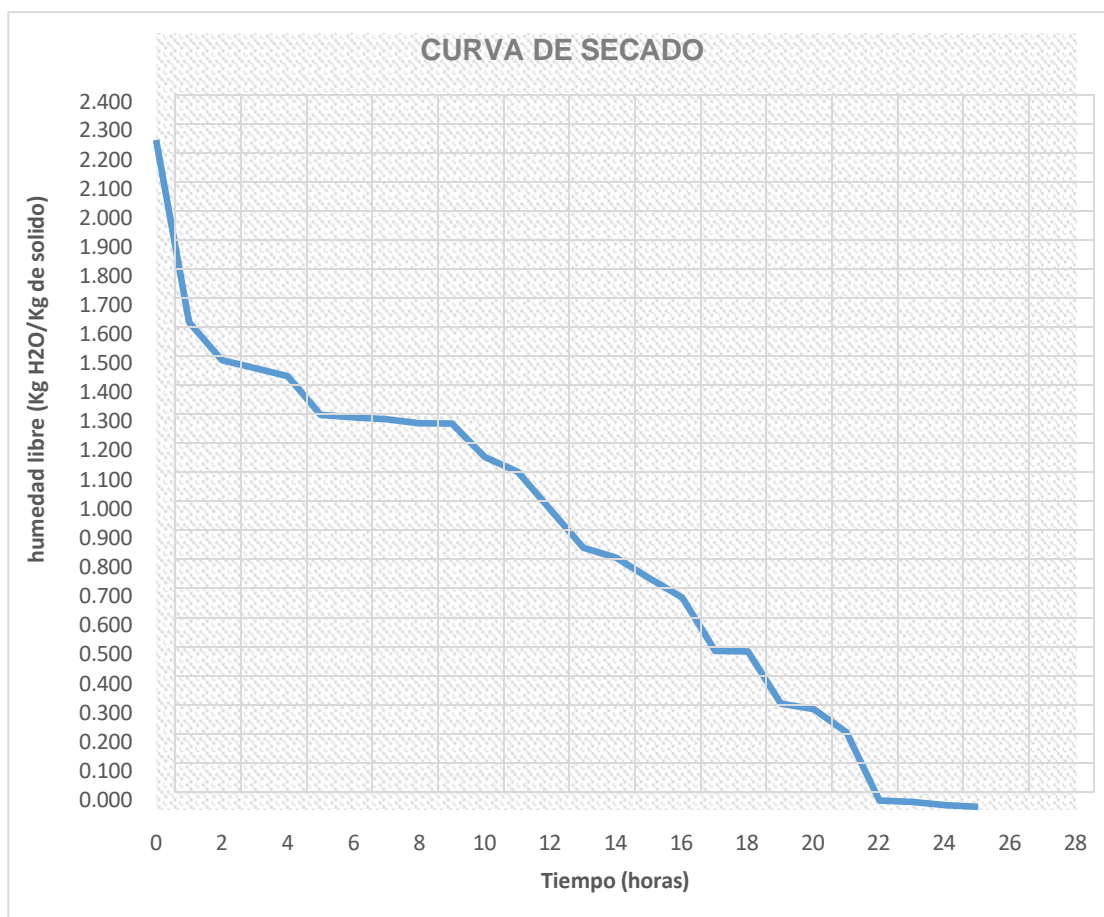
Tabla 12*Datos experimentales para obtención de curva de secado y velocidad de seca.*

t (hora)	T _e °C	T _r °C	Peso muestra	WW (kg)	Mwb (Kg. agua / Kg. prod. húmedo)	Mdb (Kg. agua / Kg. prod. seco)	% Humedad	Humedad libre xt
0	18,0	40,0	2,000	1,90	0,695	2,279	69,5	1,669
1	18,6	40,1	1,988	1,378	0,693	2,259	69,3	1,649
2	19,2	42,0	1,910	1,300	0,681	2,131	68,1	1,521
3	19,5	43,0	1,894	1,284	0,678	2,105	67,8	1,495
4	22,2	45,0	1,877	1,267	0,675	2,077	67,5	1,467
5	23,0	49,5	1,797	1,187	0,661	1,946	66,1	1,336
6	21,4	47,0	1,792	1,182	0,660	1,938	66,0	1,328
7	20,0	43,2	1,788	1,178	0,659	1,931	65,9	1,321
8	19,0	42,0	1,780	1,170	0,657	1,918	65,7	1,308
9	16,0	38,0	1,779	1,169	0,657	1,916	65,7	1,306
10	19,5	42,8	1,710	1,100	0,643	1,803	64,3	1,193
11	22,3	45,2	1,680	1,070	0,637	1,754	63,7	1,144
12	21,5	47,3	1,601	0,991	0,619	1,625	61,9	1,015
13	22,4	48,6	1,523	0,913	0,599	1,497	59,9	0,887
14	24,0	49,5	1,502	0,892	0,594	1,462	59,4	0,852
15	24,8	50,1	1,460	0,850	0,582	1,393	58,2	0,783
16	20,1	47,0	1,420	0,810	0,570	1,328	57,0	0,718
17	19,0	41,6	1,310	0,700	0,534	1,148	53,4	0,538
18	17,4	39,1	1,309	0,699	0,534	1,146	53,4	0,536
19	18,0	40,8	1,201	0,591	0,492	0,969	49,2	0,359
20	18,5	47,0	1,190	0,580	0,487	0,951	48,7	0,341
21	20,0	49,3	1.142	0,532	0,466	0,872	46,6	0,262
22	19,5	49,8	1.001	0,391	0,391	0,641	39,1	0,031
23	23,0	50,0	0,998	0,388	0,389	0,636	38,9	0,026
24	24,6	50,5	0,991	0,381	0,385	0,625	38,5	0,015
25	20,5	48,8	0,988	0,378	0,383	0,620	38,3	0,010
26	21,0	45,1	0,984	0,374	0,380	0,613	38,0	0,003
27	17,8	39,9	0,984	0,374	0,380	0,613	38,0	0,003
28	18,0	40,7	0,975	0,365	0,374	0,598	37,4	-0,012
29	18,6	48,2	0,960	0,350	0,365	0,574	36,5	-0,036
30	22,0	48,8	0,930	0,320	0,344	0,525	34,4	-0,085

t (hora)	T _e °C	T _r °C	Peso muestra	WW (kg)	Mwb (Kg. agua / Kg. prod. húmedo)	Mdb (Kg. agua / Kg. prod. seco)	% Humedad	Humedad libre xt
32	24,7	51,0	0,852	0,242	0,284	0,397	28,4	-0,213
33	25,4	52,4	0,710	0,100	0,141	0,164	14,1	-0,446
34	23,8	49,6	0,669	0,059	0,088	0,097	8,80	-0,513
35	22,1	49,1	0,610	0,000	0,000	0,000	0.00	-0,610

Figura 20

Curva de secado



La velocidad de secado se obtiene relacionando la cantidad de agua que se elimina durante un tiempo determinado en el área de secado definida. Es decir, se calcula un diferencial de X y del tiempo (t) para calcular la velocidad de secado mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Ws}{A} \times \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)$$

Donde: W_s = Peso de sólidos secos

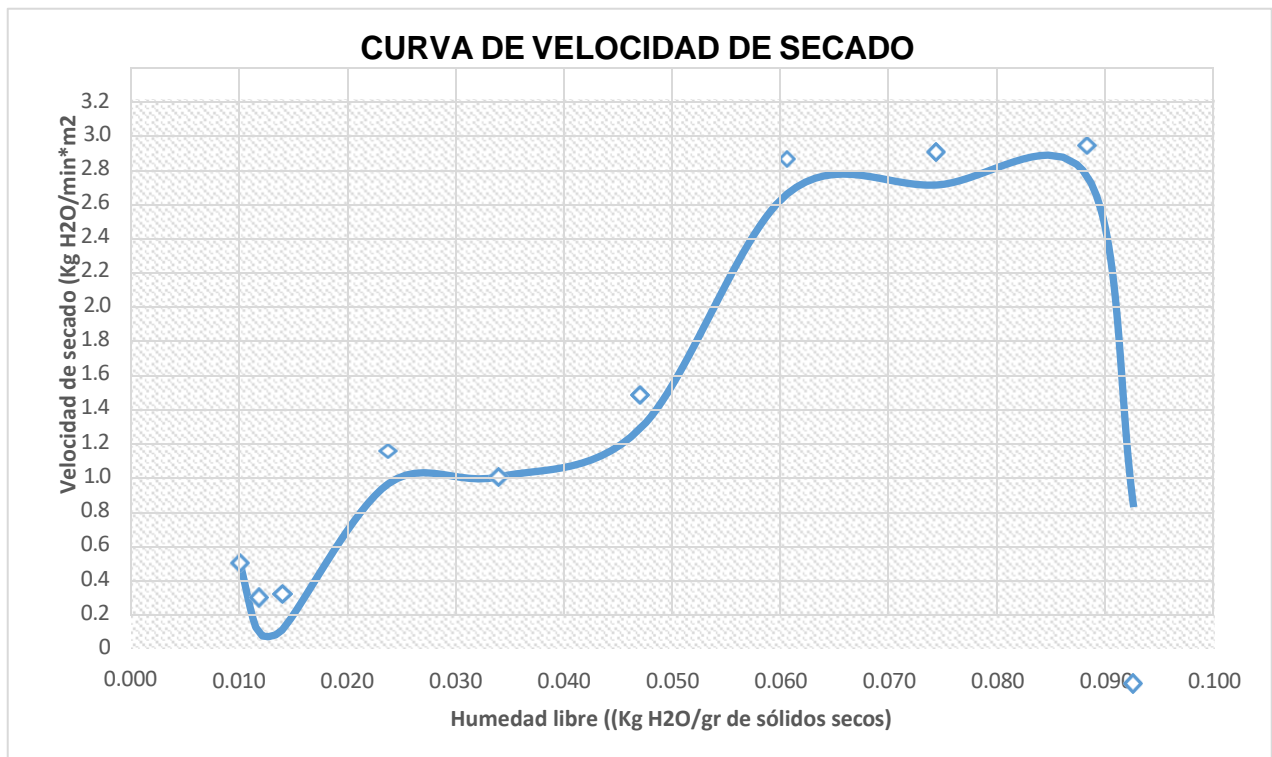
A = Área superficial de la muestra

Δx = Diferencial de humedad libre media

Δt = Diferencial de intervalos de tiempo

Figura 21

Curva de velocidad de secado



En la gráfica X vs R, muestra la curva de velocidad de secado, donde se observa que la tendencia de la curva no tiene un patrón definido, existen puntos donde la velocidad aumenta y en otros disminuye, no se encuentra un tramo de velocidad constante en el proceso de deshidratación de la manzanilla, el conjunto de puntos del gráfico se divide en dos grupos, los que definen la zona antecrítica o de velocidad constante, ajustados a una

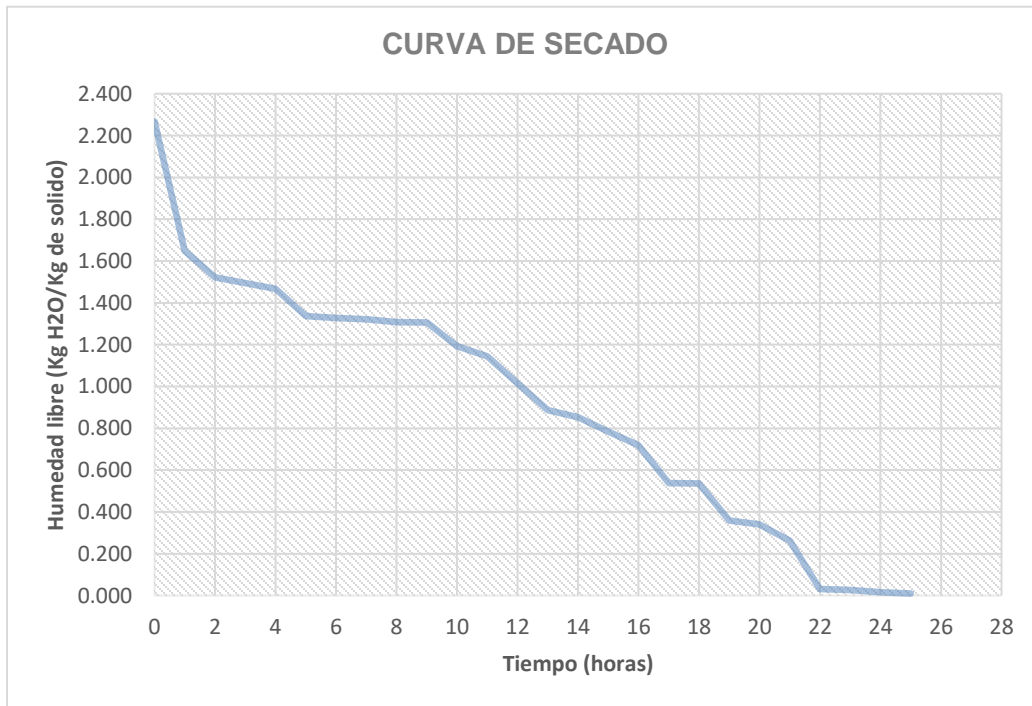
línea horizontal; y el resto de los puntos definen la zona postcrítica o de velocidad decreciente, que se ajustan apropiadamente a una línea recta.

Del punto de intersección de las dos líneas se tiene el punto crítico por lo tanto la velocidad de secado constante es $2.69 \text{ Kg/m}^2 \times \text{hora}$.

4.4 TIEMPO DE SECADO

Figura 22

Curva de perdida de humedad libre con respecto al tiempo



En la figura 22, Se observa claramente las curvas de disminución progresiva del peso y de la humedad absoluta del sólido durante el transcurso del tiempo de secado; en el diagrama t vs X se puede distinguir los dos periodos de secado. Se muestra el contenido de humedad libre en función al tiempo de secado de la manzanilla, donde se observa que el comportamiento de la curva va a descenso de la humedad mientras la manzanilla está más tiempo en el secador. Así mismo se observa que en las 22 horas la tendencia de la gráfica es constante y perdura de la misma manera en las 25 horas, por tanto, es decir el tiempo de deshidratación es de 25 horas.

4.5 RADIACION SOLAR

OMS (1993). La intensidad de la radiación depende de los siguientes factores:

- Altura del sol: cuanto más alto este el sol en el cielo más intensa es la radiación UV, así la intensidad de la radiación UV varía según la hora del día y la época del año, fuera de las zonas tropicales, las mayores intensidades de la radiación se producen cuando el sol alcanza su máxima altura, alrededor de medio día solar.
- Latitud: cuanto más cerca de la línea ecuatorial, más intenso es la radiación solar.
- Nubosidad: la intensidad de la radiación es máxima cuándo no hay presencia de nubes.
- Altitud: a mayor altitud la atmosfera es más delgada y absorbe una menor una menor proporción de la radiación, es decir a cada 1000 metros de altitud la intensidad de la radiación aumenta en un 10 a 12%.

figura 23

Figura 24

Curva de la radiación solar del día 26/08/2024 *Curva de la radiación solar del día 27/08/2024*

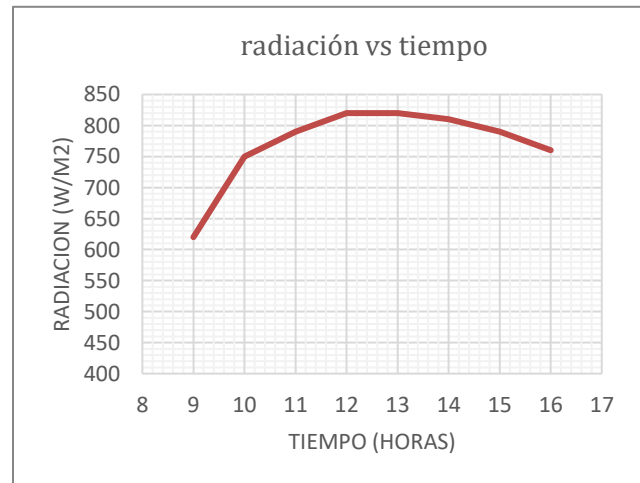
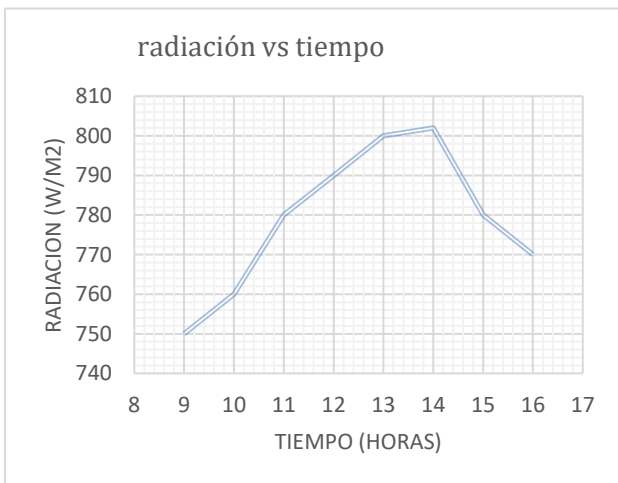


Figura 25

Curva de la radiación solar del día 28/08/2024

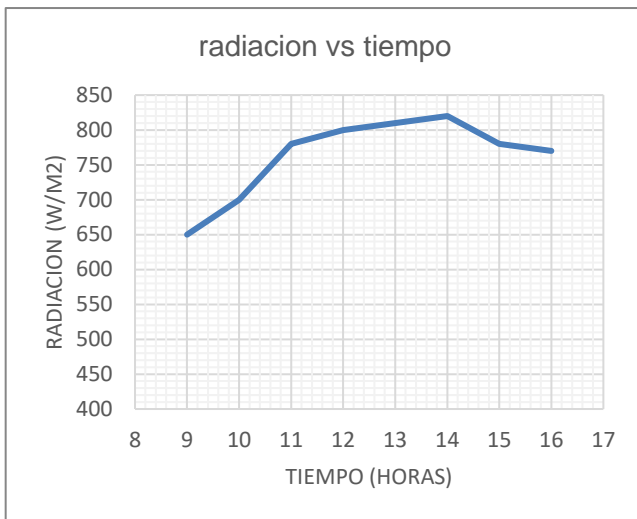
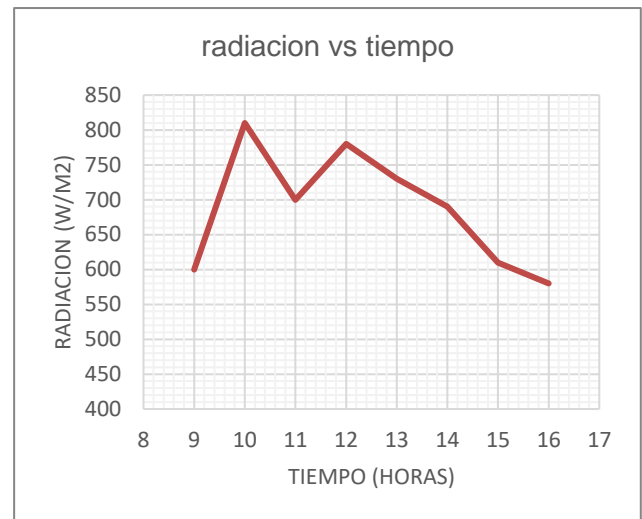


Figura 26

Curva de la radiación solar del día 29/08/2024



En la figura 23 , se visualiza la curva de crecimiento de la radiación desde tempranas horas de la mañana la incidencia la radiación incrementa de manera acelerada (9:00 am-10:00 am), pasando de nivel extremo a partir de las 10:00 am hasta las 2:00 pm disminuyendo rápidamente a partir de 2:30 aproximadamente, en la figura 24 se visualiza 620 W/m² y 760 W/m²; alcanzado mayor incidencia de radiación solar de 12:00 pm hasta 2:00 pm, en la figura 25 se observa que la radiación solar crece de manera lenta donde el máximo resultado es de 820 W/m² a la 2:00 pm en la figura 26, se evidencia el comportamiento de la curva de la radiación presenta decadencia debido a la presencia de nubosidad.

4.6. VELOCIDAD DE VIENTO

La velocidad del aire dentro en el proceso de secado, cumple una función importante de transmitir energía requerida para calentar el agua contenida en el material húmedo como también transportar la humedad saliente del material, por lo que, a mayor velocidad de viento, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado y viceversa, si la velocidad del aire disminuye la tasa de evaporación disminuye y el tiempo de secado aumenta.

Figura 27

Curva de velocidad de viento día 26/08/2024

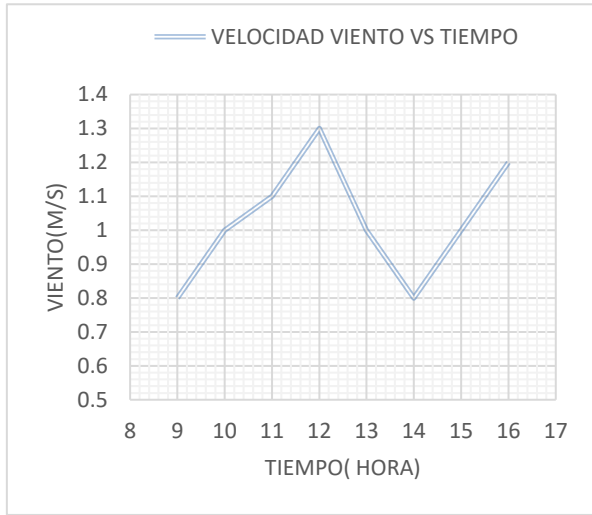


Figura 28

Curva de velocidad de viento del día 27/08/2024

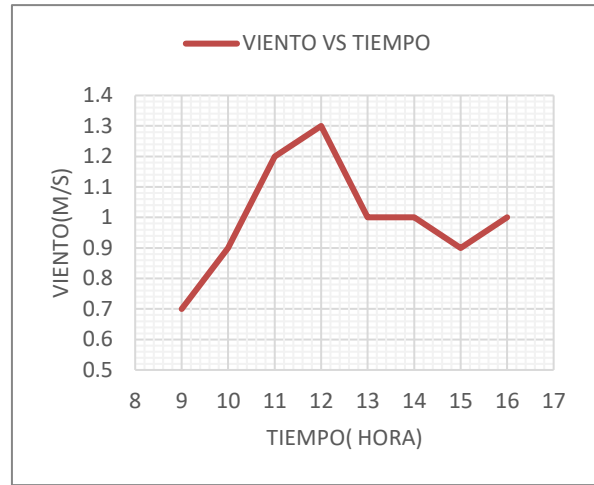


Figura 29

Curva de velocidad de viento del día 28/08/2024

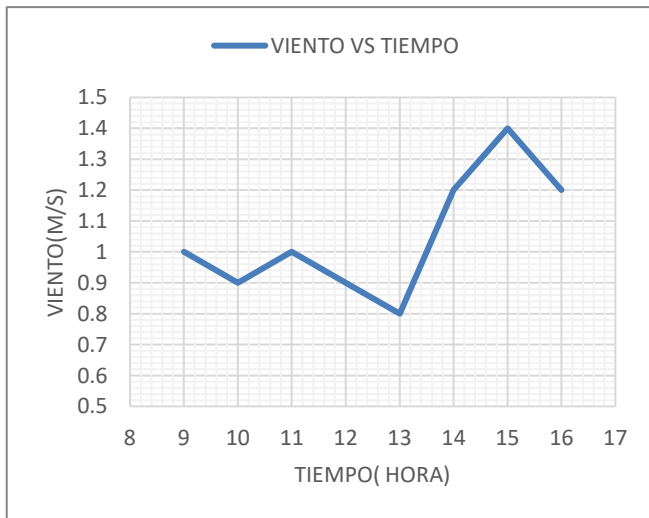
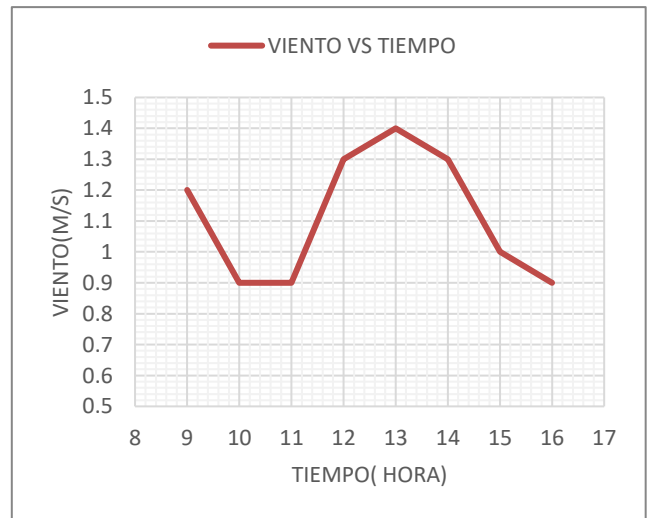


Figura 30

Curva de velocidad de viento del día 29/08/2024



En las figuras 29 y 30 se visualiza que la velocidad de viento fue mayor alcanzado 1.4 m/s, valor promedio de velocidad viento en la ciudad de Ayacucho, significa la reducción del tiempo de secado, a mayor velocidad de viento se extrae mayor cantidad de humedad de la manzanilla.

4.7. CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LA MATERIA PRIMA

4.7.1. pH

Utilizando la metodología referenciada por la NTP 201.040 en la tabla 13 se detallan los resultados de la medición del pH de la manzanilla fresca.

Tabla 13

pH de la manzanilla fresca

<i>Muestra</i>	<i>pH</i>
M1	4,90
M2	4,69
M3	4,76
Promedio	4,78

4.7.2. Acidez titulable

De acuerdo a la metodología dada por AOAC 942.15 (2005) en la tabla 14 se detallan los resultados de la medición de la acidez titulable de la manzanilla fresca.

Tabla 14

Medición de la acidez de la manzanilla fresca

<i>Muestra</i>	<i>Acidez titulable</i>
M1	0,54
M2	0,63
M3	0,79
Promedio	0,65

4.7.3. Humedad de la manzanilla fresca

Utilizando la metodología dada por A.O.A.C 950.46 (2005), que consiste en evaporar, mediante secado, el agua contenida en la muestra, bajo condiciones normales, con el objetivo de determinar el contenido de agua disponible presente en la materia prima por el método de secado del secado en estufa.

El contenido de agua (% H₂O) y el contenido de sustancia de seca (%SS) se calculan con la siguiente ecuación:

$$\% H = \frac{(P1 - P2)}{m} * 100$$

P1 : peso de la placa mas la muestra húmeda (g).

P2 : peso de la placa mas la muestra seca (g).

P1 : peso de la muestra humedad (g).

$$\% H = \frac{(2000 \text{ g} - 610 \text{ g})}{2000\text{g}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad de la manzanilla fresca} = 69,5$$

4.7.4. Características sensoriales de la manzanilla fresca

Tabla 15

Resultado del grado de aceptabilidad de 30 panelistas

ATRIBUTOS (grado de satisfacción)				
Panelistas	Color	Olor	Sabor	Apariencia
1	2	2	2	2
2	3	3	2	2
3	4	3	2	2
4	2	2	4	3

ATRIBUTOS (grado de satisfacción)				
Panelistas	Color	Olor	Sabor	Apariencia
5	4	5	4	3
6	3	3	3	3
7	3	5	4	3
8	3	4	3	4
9	3	2	2	3
10	2	3	3	2
11	4	4	4	4
12	3	4	4	3
13	2	2	2	2
14	4	3	3	4
15	3	4	4	5
16	2	2	2	2
17	3	2	2	3
18	4	3	3	4
19	2	3	3	2
20	3	2	2	3
21	4	4	3	3
22	4	2	2	3
23	3	3	3	3
24	2	2	3	4
25	2	3	3	3
26	2	2	3	2
27	2	2	4	3
28	3	3	3	3
29	3	2	4	3
30	2	3	3	2

Tabla 16

Evaluación estadística de la prueba hedónica con 4 atributos

ATRIBUTOS	Color	Olor	Sabor	Apariencia
PROMEDIO	2,8667	2,9000	2,9667	2,9333
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,7761	0,9229	0,7649	0,7849
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	27,0725	31,8238	25,7828	26,7585

En la tabla 16 podemos observar que los valores del promedio de los 4 atributos se encuentran por debajo de la puntuación 3, donde el grado de satisfacción es no me gusta ni me disgusta, la muestra utilizada para esta prueba es la manzanilla fresca, sin someterla a ningún tipo de proceso

4.8. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA MANZANILLA DESHIDRATADA

4.8.1. Determinación de pH de la manzanilla deshidratada.

Para medir el pH se utilizó la referencia técnica: NTP201.040

Procedimiento experimental

- Se pesó 1,0 gramo de manzanilla deshidratada en una balanza analítica.
- Se colocó la muestra en un vaso precipitado de 500 mL, añadiéndola 300 mL de agua destilada.
- Luego de una suave agitación la solución se dejó en reposo por aproximadamente una hora.
- La solución se filtró con un papel filtro a un vaso precipitado 500 mL
- Finalmente se midió el pH con un potenciómetro previamente calibrado, con soluciones buffers de 4,7 y 10 para mayor precisión, lo resultado se muestra en la siguiente tabla

Tabla 17

Medición del pH de la manzanilla deshidratada

Muestra	pH
M1	4,10
M2	4,09
M3	4,07
Promedio	4,09

De acuerdo al trabajo de investigación de Cerón, et al. (2019), mencionan que el valor de pH debe ser máximo 6,87 en el presente trabajo se obtuvo un pH debajo de este valor.

4.8.2. Acidez titulable de la manzanilla deshidratada

El método de (AOAC 942.15,2000), la acidez de una sustancia se determina por métodos volumétricos, esta esta medición se realiza mediante una titulación, la cual implica siempre tres agentes: el titulante, el titulado y el indicador. cuando un ácido y una base reacciona, se puede visualizar con indicador la reacción que se produce, para la presente investigación se utilizó como indicador la fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄), que vira (cambia) de color a rosa, en la reacción acido- base.

procedimiento experimental

- Se tomó muestras de 400 mL de solución de manzanilla previamente filtradas.
- Se pipeteó 100 mL de la solución en un matraz Erlenmeyer de 500 mL.
- Se agregó 3 gotas de solución de indicador fenolftaleína.
- Se llenó una bureta graduada de 25 mL de solución estandarizada de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N.
- Manteniendo en agitación suave, se tituló con la solución estandarizada hasta que aparezca una tonalidad rosa pálido, se anotó el gasto de titulación para realizar los cálculos que en siguiente tabla se muestra.

Tabla 18

Medición de la acidez de la manzanilla deshidratada

Muestra	Acidez titulable
M1	0,121
M2	0,112
M3	0,123
Promedio	0,118

La acidez en un producto alimenticio según el estudio de (Robalino, 2023) debe oscilar entre 0,193-0,325 %, en este caso se encuentra por debajo, esto puede deberse a las condiciones edafoclimáticas y madurez de la materia prima, debido a que estas fueron recolectadas del mercado Nery García, en dicho local se reúne las hierbas de diferentes lugares.

4.8.3. Humedad de la manzanilla deshidratada

De acuerdo al cálculo realizado en la tabla 11, se reporta la humedad de 8.80 %, resultado que se encuentra dentro los parámetros con contenido de humedad que debe cumplir según NTP 209.288:1984 “MANZANILLA EN BOLSAS FILTRANTES” como requisito que debe de cumplir el producto deshidratado, dicho valor será sometido a la prueba hedónica para terminar la aceptabilidad del producto (manzanilla deshidratada).

4.9. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO.

Prueba hedónica de la manzanilla deshidratada.

Tabla 19

Escala de la prueba hedónica realizado a 30 panelistas.

PUNTUACIÓN	GRADO DE SATISFACCIÓN
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Tabla 20

Resultado del grado de aceptabilidad de 30 panelistas en la prueba hedónica (COLOR)

PANELISTA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
T(° C)	49,5	50,1	50,5	52,4
1	3	1	3	2
2	4	3	4	3
3	4	3	4	3
4	2	3	3	2
5	4	3	5	3
6	3	3	2	4
8	3	3	5	5
9	3	2	3	3
10	2	1	4	4
11	4	3	3	4
12	3	3	5	3
13	2	1	3	2
14	4	3	3	3
15	5	2	2	4
16	2	2	4	3
17	3	2	3	4
18	4	3	3	4
19	2	2	4	3

PANELISTA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
20	3	1	4	4
21	5	5	3	3
22	4	3	3	4
23	3	1	4	4
24	4	3	3	4
25	2	2	3	3
26	2	1	3	4
27	4	2	3	4
28	3	2	4	3
29	4	3	3	4
30	4	2	4	5

En la tabla 20, se detalla el resultado de la prueba hedónica realizado a 30 personas (panelistas no entrenados), la prueba específica es el grado de aceptabilidad del **color** de manzanilla en infusión, en el proceso de deshidratación se obtuvo 4 muestras de manzanillas, los cuales fueron deshidratadas a temperaturas diferentes durante 4 días.

Tabla 21

Evaluación del grado de aceptabilidad del color de la manzanilla deshidratada

DIA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
TEMPERATURA EXTERNA(°C)	23,0	24,8	24,6	25,4
TEMPERATURA INTERNA (°C)	49,5	50,1	50,5	52,4
PROMEDIO	3,333	2,300	3,433	3,500
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,959	0,952	0,777	0,774
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	28,768	41,405	22,539	22,195

El análisis e interpretación de resultados para el atributo **color** se da de acuerdo a la tabla

21, el valor promedio del día 4 (Temperatura externa 25,4°C y temperatura interna 52,4°C) es el más alto a diferencia del resto de los atributos, dando el valor promedio **3,50**, valor que se encuentra entre el grado de satisfacción de 3 (No me gusta ni me desagrada) y 4 (Me gusta moderadamente).

Respecto a la desviación estándar, para cada día se tiene una variación de valores entre juez a juez, es decir identificamos que tanta variación respecto a la calificación entre juez a juez existe, en la tabla 23 teniendo en cuenta el promedio 3,50 se tiene que la desviación estándar es **0,774**, variación de calificación del panelista 1 hasta el panelista 30.

Respecto al coeficiente de variación, es el % de variación que existe de la calificación de juez a juez, el valor que debe considerarse para muestras debe ser menor a 30%, razón por la cual se elige el valor **22,19**, valor que se ve reflejado en el promedio.

Tabla 22

Resultado de la evaluación del grado de aceptabilidad de 30 panelistas en la prueba hedónica (OLOR)

PANELISTA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
T (°C)	49,5	50,1	50,5	52,4
1	2	3	3	3
2	3	4	2	2
3	3	5	4	4
4	2	5	3	3
5	5	4	4	4
6	3	3	2	2
7	5	4	4	4
8	4	5	2	2
9	2	4	3	3
10	3	5	3	3
11	4	4	3	3
12	4	4	5	5
13	2	4	3	3
14	3	3	3	3
15	4	4	4	4
16	2	3	4	4
17	2	5	4	4
18	3	4	3	3
19	3	3	3	3
20	2	4	3	3
21	4	3	2	2
22	2	4	3	3
23	3	4	4	4
25	3	3	2	2
26	2	4	3	3
27	2	5	3	3
28	3	4	2	2

29	2	3	2	2
30	3	4	2	2

La tabla 22 detalla el resultado de la prueba hedónica realizado a 30 personas (panelistas no entrenados), la prueba específica es el grado de aceptabilidad del **olor** de manzanilla en infusión, en el proceso de deshidratación se obtuvo 4 muestras de manzanillas, los cuales fueron deshidratadas a temperaturas diferentes durante 4 días.

Tabla 23

Evaluación del grado de aceptabilidad del OLOR de la manzanilla deshidratada

DIA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA4
TEMPERATURA EXTERNA(°C)	23,0	24,8	24,6	25,4
TEMPERATURA INTERNA (°C)	49,5	50,1	50,5	52,4
PROMEDIO	2,900	3,933	3,033	3,033
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,923	0,691	0,809	0,809
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	31,824	17,580	26,661	26,661

El análisis e interpretación de resultados para el atributo **olor** se da de acuerdo a la tabla 23, el valor promedio del día 2 (Temperatura externa 24,8 °C y temperatura interna 50,1°C) es el más alto a diferencia del resto de los atributos, dando el valor promedio **3,93** valor que se acerca al grado de satisfacción 4 (Me gusta moderadamente).

Respecto a la desviación estándar, para cada día se tiene una variación de valores entre juez a juez, es decir identificamos que tanta variación respecto a la calificación entre juez a juez existe, en la tabla 24 teniendo en cuenta el promedio 3,93 se tiene que la desviación estándar es **0,691**, variación de calificación del panelista 1 hasta el número 30.

Respecto al coeficiente de variación, es el % de variación que existe de la calificación de juez a juez, el valor que debe considerarse para muestras debe ser menor a 30%, razón por la cual se elige el valor **17,58** valor que se ve reflejado en el promedio.

Tabla 24

Resultado de la evaluación del grado de aceptabilidad de 30 panelistas en la prueba hedónica (SABOR).

PANELISTA	DIA 1	DIA2	DIA3	DIA 4
T (°C)	49,5	50,1	50,5	52,4
1	2	4	3	3
2	2	4	2	3
3	2	5	4	4
4	4	5	3	4
5	4	4	4	3
6	3	3	2	4
7	4	4	3	4
8	3	5	3	5
9	2	4	3	3
10	3	4	2	4
11	4	4	4	4
12	4	5	5	3
13	2	5	3	3
14	3	3	4	3
15	4	4	3	4
16	2	3	4	3
17	2	5	5	3

PANELISTA	DIA 1	DIA2	DIA3	DIA 4
18	3	4	3	4
19	3	3	3	3
20	2	4	3	3
21	3	3	2	3
22	2	4	2	4
23	3	4	4	4
24	3	4	3	2
25	3	5	2	3
26	3	3	3	4
27	4	5	3	3
28	3	4	2	4
29	4	3	2	5
30	3	4	3	5

La tabla 24 detalla el resultado de la prueba hedónica realizado a 30 personas (panelistas no entrenados), la prueba específica es el grado de aceptabilidad del **sabor** de la manzanilla en infusión, en el proceso de deshidratación se obtuvo 4 muestras de manzanillas los cuales fueron deshidratadas a temperaturas diferentes durante 4 días.

Tabla 25

Evaluación del grado de aceptabilidad del SABOR de la manzanilla

DIA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA4
TEMPERATURA EXTERNA(°C)	23,0	24,8	24,6	25,4
TEMPERATURA INTERNA (°C)	49,5	50,1	50,5	52,4
PROMEDIO	2,967	4,033	3,067	3,567
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.765	0.718	0.868	0.728
COEFICIENTE	25.783	17.811	28.316	20.409

El análisis e interpretación de resultados para el atributo **sabor** se da de acuerdo a la tabla

25, el valor promedio del día 2 (Temperatura externa 24,8 °C y temperatura interna 50,1°C) es el más alto a diferencia del resto de los atributos, dando el valor promedio **4,03**, valor que se acerca al grado de satisfacción 4 (Me gusta moderadamente).

Respecto a la desviación estándar, para cada día se tiene una variación de valores entre juez a juez, es decir identificamos que tanta variación respecto a la calificación entre juez a juez existe, en la tabla 26 teniendo en cuenta el promedio 4,03 se tiene que la desviación estándar es **0,718**, variación de calificación del panelista 1 hasta el panelista 30.

Respecto al coeficiente de variación, es el % de variación que existe de la calificación de juez a juez, el valor que debe considerarse para muestras debe ser menor a 30%, razón por la cual se elige el valor **17,81** valor que se ve reflejado en el promedio.

Tabla 26

Resultado de la evaluación del grado de aceptabilidad de 30 panelistas en la prueba hedónica (APARIENCIA)

PANELISTA	DIA 1	DIA2	DIA3	DIA 4
T (°C)	49,5	50,1	50,5	52,4
1	2	3	2	2
2	2	2	3	2
3	2	3	4	2
4	3	3	2	2
5	3	4	3	3
6	3	3	2	3
7	3	4	2	3
9	3	3	3	2
10	2	2	4	3
11	4	4	3	4
12	3	4	1	3
13	2	2	2	3
14	4	4	2	3
15	5	2	2	2
16	2	2	4	3

PANELISTA	DIA 1	DIA2	DIA3	DIA 4
T (°C)	49,5	50,1	50,5	52,4
17	3	5	2	2
18	4	3	3	4
19	2	3	2	3
20	3	2	3	3
21	3	3	3	2
22	3	3	3	3
23	3	2	4	3
24	4	2	3	1
25	4	3	1	2
26	2	4	3	4
27	4	3	3	1
28	3	4	3	2
29	3	2	3	3
30	2	4	4	5

La tabla 26 detalla el resultado de la prueba hedónica realizado a 30 personas (panelistas no entrenados), la prueba específica es el grado de aceptabilidad de la apariencia de la manzanilla en infusión, en el proceso de deshidratación se obtuvo 4 muestras de manzanillas, los cuales fueron deshidratadas a temperaturas diferentes durante 4 días

Tabla 27

Evaluación del grado de aceptabilidad de la APARIENCIA de la manzanilla deshidratada.

DIA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA4
TEMPERATURA EXTERNA(°C)	23,0	24,8	24,6	25,4
TEMPERATURA INTERNA (°C)	49,5	50,1	50,5	52,4
PROMEDIO	3,000	3,067	2,700	2,767

DESVIACIÓN ESTANDAR	0,830	0,868	0,837	0,971
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	27,682	28,316	30,987	35,112

El análisis e interpretación de resultados para el atributo **apariencia** se da de acuerdo a la tabla 27, el valor promedio del día 2 (Temperatura externa 24,8C y temperatura interna de 50.1°C) es el más alto a diferencia del resto de los atributos, dando el valor promedio **3,067** valor que se acerca al grado de satisfacción 3 (no me gusta ni me disgusta).

Respecto a la desviación estándar, para cada día se tiene una variación de valores entre juez a juez, es decir identificamos que tanta variación respecto a la calificación entre juez a juez existe, en la tabla 28 teniendo en cuenta el promedio 3,067 se tiene que la desviación estándar es **0,868**, variación de calificación del panelista 1 hasta el panelista 30.

Respecto al coeficiente de variación, es el % de variación que existe de la calificación de juez a juez, el valor que debe considerarse para muestras debe ser menor a 30%, razón por la cual se elige el valor **28,316** valor que se ve reflejado en el promedio.

4.10. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DESHIDRATACION DEL SECADOR SOLAR MIXTO

- Dia 1

$$(\%) \text{Eficiencia} = \frac{\text{masa inicial} - \text{masa final}}{\text{masa final}} \times 100$$

DATOS	
Masa inicial	2000 g
Masa final	1780 g

$$(\%)Eficiencia = \frac{2000g - 0,65g}{0,65g} \times 100$$

$$Eficiencia = 0,012 \%$$

- Dia 2

DATOS	
Masa inicial	1870 g
Masa final	1310 g

$$(\%)Eficiencia = \frac{1870g - 1310g}{1310g} \times 100$$

$$Eficiencia = 42,0 \%$$

- Dia 3

DATOS	
Masa inicial	1310 g
Masa final	984 g

$$(\%)Eficiencia = \frac{1310g - 984g}{984g} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 33,0 \%$$

- **Día 4**

DATOS	
Masa inicial	984 g
Masa final	610 g

$$(\%) \text{Eficiencia} = \frac{984\text{g} - 610\text{g}}{610\text{g}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 61,0 \%$$

El mayor rendimiento del proceso de deshidratación de la manzanilla (*Matricaria Chamomilla*) utilizando un secador solar mixto” fue en el día 4, con una eficiencia de 61,0 %, lo cual supera al trabajo realizado por (Huamán, 2021), en su trabajo de investigación la eficiencia fue del 16,21 % para una temperatura de deshidratado a 40°C y fue de 17,75 % para una temperatura de 50°C.

V. CONCLUSIONES

- Según la evaluación de las propiedades sensoriales de la manzanilla con la prueba hedónica , para determinar la aceptabilidad de la manzanilla deshidratada para el atributo color fue a la temperatura de 52,4°C, para los atributos como : olor, sabor, apariencia fue de 50,1°C, la humedad inicial de la manzanilla fresca fue de 69,5 % del producto deshidrato : 8,88 %, a la velocidad de secado de :2.69 Kg/ m² x hora y tiempo de secado de :25 horas, condiciones que permite conservar sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas de la manzanilla.
- La caracterización de la manzanilla fresca se realizó a partir de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. De lo mencionado se realizó la prueba fisicoquímica dando como resultado: pH 4.78; acidez titulable: 0.65; % humedad: 69,5%. El resultado de la prueba sensorial utilizando la prueba hedónica de 4 atributos (color, olor, sabor y apariencia) a 30 panelistas dio como resultado promedio:2.87, 2.90, 2.97 y 2.93 respectivamente, valores que se acerca a la calificación 3 donde el grado de satisfacción es “no me gusta ni me disgusta”
- La eficiencia de la deshidratación de la manzanilla se determinó para 4 días de proceso de deshidratación, donde se obtuvo una mayor eficiencia en el cuarto día :61 % siendo el primer día de menor eficiencia apenas con un 0.012%, valor que demuestra el porcentaje de humedad alto en la materia prima.
- Se evaluó las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la manzanilla deshidratada, esto para hacer la comparación con la manzanilla fresca. Los resultados de la prueba fisicoquímica fueron: pH 4.09; acidez titulable: 0.118; % humedad: 8.8%. Respecto a la prueba hedónica, a partir de los 30 panelistas no especializados se concluye que para el atributo color seleccionaron la manzanilla deshidratada a 25.4°C temperatura externa y 52.4°C de temperatura interna la calificación fue 3.50, para el atributo olor, sabor y apariencia seleccionaron la manzanilla deshidratada a temperatura externa 23°C y 49.5°C de temperatura interna la calificación fue 3.93; 4.03; 3.06 respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar otros parámetros de operación correspondiente al secado como: Termo sensibilidad o susceptibilidad a degradación térmica de componentes contenidos en el material sólido, condiciones hidrodinámicas de la corriente de secado, flujo de aire seco que ingresa al secador, a fin de emplear en el estudio de deshidratación de plantas aromáticas y medicinales en la región de Ayacucho.
- Para la caracterización de la manzanilla fresca, tener el manejo adecuado en la manipulación, y en la caracterización de la muestra, además un adecuado cosecha y tiempo de maduración.
- La demanda en consumo de hierbas aromáticas está en continuo aumento y la exigencia cada vez en la calidad del producto, sobrepasan la posibilidad del secado natural, por lo cual ha crecido notablemente el secado artificial que demanda alto consumo de energía eléctrica, para ello a fin de evaluar la eficiencia del secador solar debe generar y conducir estudios en otra época del año, debido a que la radiación solar varía de acuerdo a las estaciones
- Para la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales se debe manejar equipos calibrados e evitar alguna contaminación cruzada en el ambiente de investigación, además de ello elaborar productos derivados de la manzanilla deshidratada con los resultados proporcionados en la investigación.

VII. IBLIOGRAFÍA

- Abril, N., Barcena, R., Fernandez, E., & Galván, A. (2016). *Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. Práctica de laboratorio, Universidad de Rabanales, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular.
- AGQ Labs. Chile S.A. (2017). *Análisis químico, medir es comparar*. Lab. Organico-SSE, Área Salud y seguridad, Chile.
- Aliaga Paredes, E. L., & Acevedo Jara, J. A. (2017). *Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de producción de bolsas filtrantes de manzanilla común (Chamomilla recutita (L) Rauschert)*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Alvarado, J., & Aguilera, J. M. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industria de alimentos*. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
- Alvarado, L., & Valenzuela, S. (2020). *La solubilidad en disoluciones*. Guía de laboratorio, Colegio Santa María, Departamento de Ciencias.
- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos y práctica*. Editorial acribia SA.
- Arias, A. (2011). *Fundamentos y aplicaciones de transferencia de masa* (Primera ed.). Ayacucho, Perú: Mafer.
- Atarés, L. (2015). *Determinación de la porosidad*. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de tecnología de alimentos, Valencia.
- Barreto, M. K., & Cruz, M. Y. (2020). *Obtención de manzanilla (Matricaria chamomilla) deshidratada con un secador solar automatizado en la provincia de Tarma*. Tesis pre-grado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Tarma.
- Cámara, M., De Zan, M., Vera, L., & Goicoechea, H. (2016). *Diseño Experimental y optimización de sistemas con múltiples respuestas*. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral.
- Cameroni, G. (2012). *Ficha técnica: Manzanilla (matricaria recutita)-cadena hierbas aromáticas y especias*. Dirección Nacional de Transformación y Comercialización de Productos Agrícolas y Forestales.
- Castañeda, C. D. (2013). *Comparación de escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (gLMS) utilizada por personas de dos regiones de*

- América Latina*. Requisito para optar el título profesional de Ingeniería Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana , Honduras.
- Cerón, A., Aguilar, C., Garcia, O., & Gomez, S. (2019). *Atributos de calidad en diferentes bebidas a base de té: caracterización fisicoquímica y colorimétrica*. Universidad de Guanajuato, Departamento de alimentos.
- Covadonga, M. (2014). *Introducción al análisis sensorial*. Mugaridos.
- Czeslaw, S., & Tadeusz, K. (1986). *Drying: principles, applications and design*. Poland: Gordon and Breach Science Publishers.
- D.S, Robinson. (1991). *Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- De la Cruz, P. (2004). Aprovechamiento integral y racional de la tara (Caesalpinia Spinosa-Caesalpinia Tinctoria). *Met. Cienc. Geogr.*
- El Peruano. (11 de Setiembre de 2010). NORMAS LEGALES.
- Flores, A. M., & Vela, E. P. (2007). *Estudio farmacognóstico y fitoquímico del rizoma "Jengibre" de la ciudad de Chanchamayo-Junín*. Tesis para obtener el título de Químico Farmacéutico, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- García, C. (2005). Polietileno pulverizado, cómo controlarlos? *Tecnología del plástico*.
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias* (Tercera Edición ed.). México: Continental S.A.
- Gómez, J. (2016). *Caracterización granulométrica de un producto comercial en polvo (suplemento dietario) y evaluación de la capacidad de dispersión del agua*. Universidad de ICESI, Facultad de Ciencias Naturales.
- Gomez, M., Reyes, S., & Paredes, L. (s.f.). Revista de investigación e información en salud . *La manzanilla y sus propiedades medicinales*.
- Harris, C. D. (2003). *Análisis químico cuantitativo* (Vol. 3era. edición). Editorial Reverté.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. d. (2004). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico D.F: McGRAW-Hill.
- Huamán, J. A. (2021). *Influencia de la temperatura en el color y propiedades sensoriales en el secado de manzanilla (Matricaria chamomilla)*. Tesis pre-grado, Universidad

- Nacional José María Arguedas, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Andahuaylas.
- Ingaramo, O., Ferreiro, P., Avalos, M., & Vásquez, V. (2007). *Caracterización de propiedades generales del sueño en una parcela experimentan con distintos sistemas de laboreo*. Coruña.
- J.M.Coulson, & Richardson, J. (2009). *Ingeniería Química-Operaciones básicas* (Vol. II). Editorial Reverté S.A.
- Jimenez, A. (2003). *Diseño de procesos en Ingeniería Química*. Barcelona, España: Reberté Ediciones S.A. de C.V.
- Jiménez, G. (2009). *Optimización*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.
- León, C. G., & Prado, V. M. (2015). *Implementación de un programa de capacitación sobre el mercado de manzanilla y su impacto en la producción y bienestar de los agricultores del distrito de Otuzco*. Tesis Pre-Grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Económicas, Trujillo.
- Marcello, B. (2006). *Estudio del efecto aditivo en la fluidez de los polvos cerámicos*. Universidad de Módena y Reggio Emilia, Departamento de Ingeniería de los Materiales y del Medio Ambiente, Italia.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (Vol. Segunda edición). Mexico D.F: Limusa Wiley.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Mexico: Lumusa S.A. de Biológico Genetista Biotecnólogo, Universidad Mayor de San Marcos, Lima.
- Ortega, E. (2012). *Food Engineering Operations*. Chihuahua, México: Springer.
- Pacheco, J. (Octubre de 2007). *Optimización de procesos industriales*. HEFLO.
- Rico Ramirez, V. (2015). *Optimización de procesos*. Instituto Tecnológico de Celaya, Departamento de Ingeniería Química.
- Robalino, E. (2023). *Desarrollo de una tisana a partir de hierba luisa (Cymbopogon citratus), maracuyá (Passiflora edulis) y piña (pulpa - cáscara) (Ananas comosus)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Rodriguez, S. (23 de Mayo de 2022). *Propiedades cualitativas y cuantitativas de la materia*. Obtenido de <http://mtraciencias09.blogspot.com/2013/04/propiedades-cualitativas-y.html>

- Rojas, E. L. (2013). *Determinación de parámetros de operación del equipo modular de extracción sólido-líquido de la FIQM en la extracción del Cafe (Coffea)*. Tesis para optar el Título de Ingeniera Química, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Ayacucho.
- Sarcco, S., & Taype, L. (2020). *Caracterización físico-química y fotónica de la molienda de eucalipto (Eucalyptus globulus) y camu camu (Myrciaria Dubia) en situaciones zoonóticas*. Tesis pre-grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos, Arequipa.
- Stat Point-STATGRAPHICS. (2016). *Diseño de Superficie de Respuesta*.
- Vera, C., Hinojosa, A., Gonzales, D., Bustamante, A., Luchsinger, L., & Escalona, V. (2014). Efecto de radiación UV-B sobre los pigmentos y compuestos funcionales en dos cultivares de acelga "tipo baby". *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 15.
- Vila, J. L. (2001). *Aspectos fundamentales de los sistemas farmacéuticos y operaciones básicas*. Madrid: Síntesis.
- Velasquez, A. S. (2009). *Manual técnico de diseño y evaluación económica de secadores*. Arequipa, : ediciones el taller.

VIII. LISTA DE ABREVIATURAS

m	: metro
t	: tiempo
cm	: centímetros
Kg	: kilogramos
$^{\circ}C$: grados Celsius
m^2	: metros cuadrados
Q	: calor
WS	: Peso de sólidos secos
m	: Masa inicial de la muestra
$\%S.S$: Porcentaje de sólidos secos en la muestra
X_t	: Humedad en base seca de la muestra
W	: Peso de la muestra
W_s	: Peso de sólidos secos
X	: Humedad libre
X_t	: Humedad en base seca de la muestra
X^*	: Humedad de equilibrio de la muestra
A	: Área de la bandeja
ΔX	: Diferencial de la humedad libre
Δt	: Diferencial de la temperatura

IX. GLOSARIO

- **Deshidratación**, significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de ciertos materiales. El término secado se usa también con referencia a la eliminación de otros líquidos orgánicos, como benceno o disolventes orgánicos, de los materiales sólidos (Geankoplis, 1998).
- **Optimización**, la optimización clásica o programación matemática está constituida por un conjunto de resultados, métodos analíticos y numéricos enfocados a encontrar e identificar al mejor candidato de entre una colección de alternativas, sin tener que enumerar y evaluar explícitamente todas esas alternativas. Un problema de optimización es, en general, un problema de decisión (Cámara et al. 2016).
- **Secador solar**, este equipo permite aprovechar la energía del sol para deshidratar alimentos, pero en menor tiempo y en óptimas condiciones de higiene. La energía del sol se transforma en calor útil mediante efecto invernadero, éste eleva la temperatura del aire contenido en el deshidratador. El proceso de secado se realiza por la acción del aire caliente que circula y pasa entre los alimentos, lo cual causa la evaporación del agua del producto y lleva esa humedad hacia el exterior del deshidratador (Rico Ramirez, 2015).
- **Características sensoriales**, análisis sensorial, es una ciencia relativamente nueva, la cual permite obtener datos objetivos y cuantificables de las características de un producto evaluadas a través de los sentidos (Picallpo, 2009)

X. ANEXO

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL ATRIBUTO COLOR

Tabla 28

Datos generados por el método superficie de respuesta para el atributo COLOR.

DÍA	TEMPERATURA EXTERNA °C	TEMPERATURA INTERNA °C	PRUEBA HEDÓNICA
1	28.0	51.5	3.333
2	22.0	31.0	2.3
3	25.0	47.0	3.433
4	27.9	50.3	3.5

Tabla 29

Análisis de varianza respecto al atributo COLOR

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: TEMPERATURA INTERNA	0.111728	1	0.111728	0.11	0.7382
B: TEMPERATURA EXTERNA	0.0800363	1	0.0800363	0.08	0.7772
AA	0.124647	1	0.124647	0.12	0.7240
AB	0.094611	1	0.094611	0.09	0.7584
BB	0.0610732	1	0.0610732	0.06	0.8048
bloques	1.4054	9	0.156156	0.16	0.9978
Error total	0.0	0			
Sigma externa			1.0		
Total (corr.)	3.15371	14			

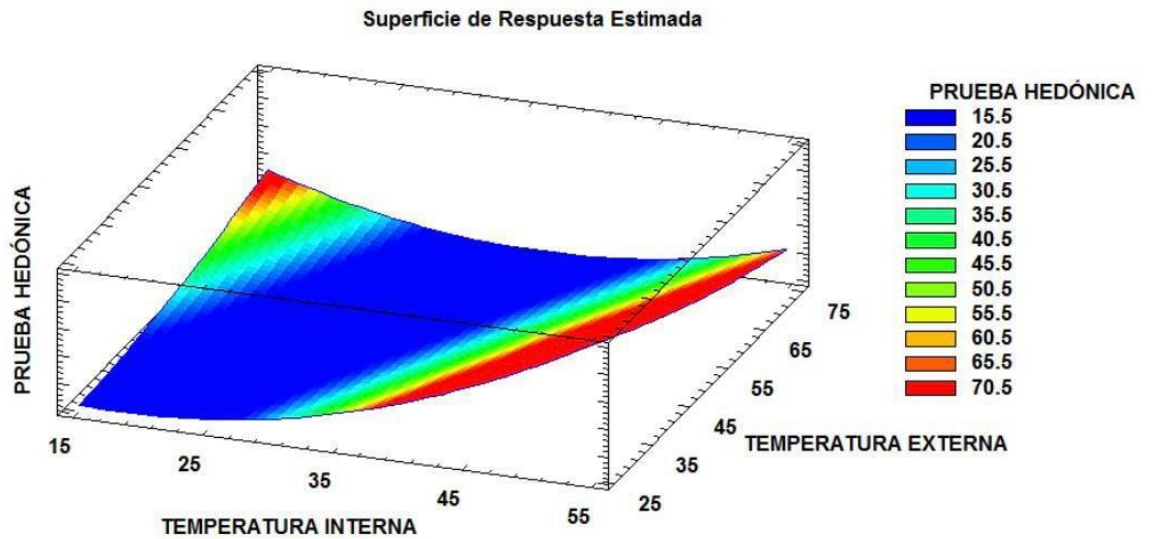
Tabla 30

Resultado del método de superficie de respuesta para el atributo COLOR.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
TEMPERATURA INTERNA °C	26.9	66.2	46.503
TEMPERATURA EXTERNA	15.5	33.0	25.501

Figura 31

Respuesta de superficie estimada para el atributo COLOR



EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL ATRIBUTO OLOR

Tabla 31

Datos generados por el método superficie de respuesta para el atributo OLOR.

DÍA	TEMPERATURA INTERNA °C	TEMPERATURA EXTERNA °C	PRUEBA HEDÓNICA
1	51.5	28.0	2.9
2	31.0	22.0	3.933
3	47.0	25.0	3.033
4	50.3	27.9	3.033

Tabla 32

Análisis de varianza respecto al atributo OLOR

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
A: TEMPERATURA INTERNA	0.280797	1	0.280797	1.38	0.2701
B: TEMPERATURA EXTERNA	0.288683	1	0.288683	1.42	0.2640
AA	0.233852	1	0.233852	1.15	0.3115
AB	0.329548	1	0.329548	1.62	0.2349
BB	0.466683	1	0.466683	2.29	0.1641
Error total	1.83035	9	0.203372		
Total (corr.)	3.44424	14			

R-cuadrada = 46.8578 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 17.3343 %

Error estándar del est. = 0.450968

Error absoluto medio = 0.29476

Estadístico Durbin-Watson = 2.06043

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.16105

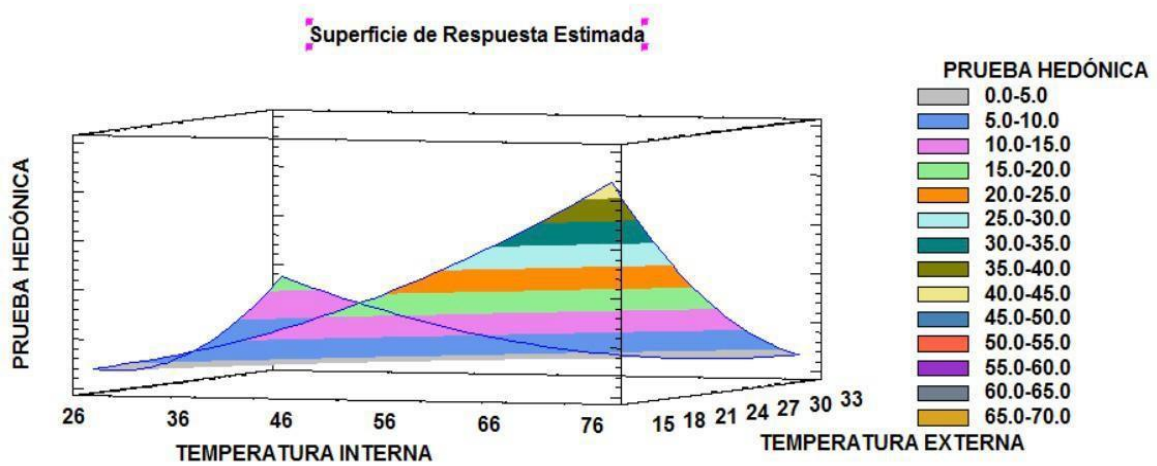
Tabla 33

Resultado del método de superficie de respuesta para el atributo OLOR

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
TEMPERATURA INTERNA	26.9	66.2	49.9
TEMPERATURA EXTERNA	15.5	33.0	28.973

Figura 32

Respuesta de superficie estimada para el atributo OLOR



EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL ATRIBUTO SABOR

Tabla 34

Datos generados por el método superficie de respuesta para el atributo SABOR.

DÍA	TEMPERATURA INTERNA °C	TEMPERATURA EXTERNA °C	PRUEBA HEDÓNICA
2	31.0	22.0	4.033
3	47.0	25.0	3.067
4	50.3	27.9	3.567

Tabla 35

Análisis de varianza respecto al atributo SABOR.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
A: TEMPERATURA INTERNA	0.274454	1	0.274454	0.60	0.4598
B: TEMPERATURA EXTERNA	0.334247	1	0.334247	0.73	0.4163
AA	0.63039	1	0.63039	1.37	0.2720
AB	0.730249	1	0.730249	1.59	0.2396
BB	0.785599	1	0.785599	1.71	0.2238
Error total	4.14337	9	0.460375		
Total (corr.)	6.92465	14			

R-cuadrada = 40.1649 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 6.92317 %

Error estándar del est. = 0.678509

Error absoluto medio = 0.364248

Estadístico Durbin-Watson = 1.14859

Autocorrelación residual de Log 1 = 0.246797

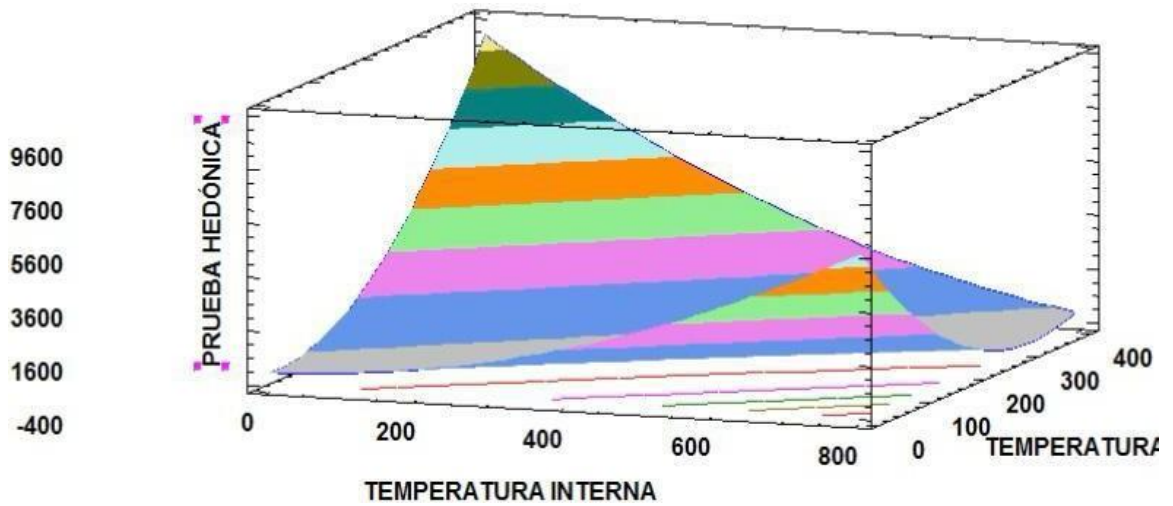
Tabla 36

Resultado del método de superficie de respuesta para el atributo SABOR

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
TEMPERATURA INTERNA	26.9	659.0	47.012
TEMPERATURA EXTERNA	15.5	325.0	25.532

Figura 33

Respuesta de superficie estimada para el atributo SABOR



EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL ATRIBUTO APARIENCIA

Tabla 37

Datos generados por el método superficie de respuesta para el atributo APARIENCIA.

DÍA	TEMPERATURA INTERNA °C	TEMPERATURA EXTERNA °C	PRUEBA HEDÓNICA
1	51.5	28.0	3.000
2	31.0	22.0	3.067
3	47.0	25.0	2.700
4	50.3	27.9	2.767

Tabla 38

Análisis de varianza respecto al atributo APARIENCIA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor -P</i>
A: TEMPERATURA INTERNA	0.0859417	1	0.0859417	0.82	0.3891
B: TEMPERATURA EXTERNA	0.0734367	1	0.0734367	0.70	0.4245
AB	0.000362561	1	0.000362561	0.00	0.9544
BB	0.000121812	1	0.000121812	0.00	0.9736
Error total	0.944571	9	0.104952		
Total (corr.)	2.2206	14			

R-cuadrada = 57.4633 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 33.8318 %

Error estándar del est. = 0.323964

Error absoluto medio = 0.223262

Estadístico Durbin-Watson = 2.30988

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.243836

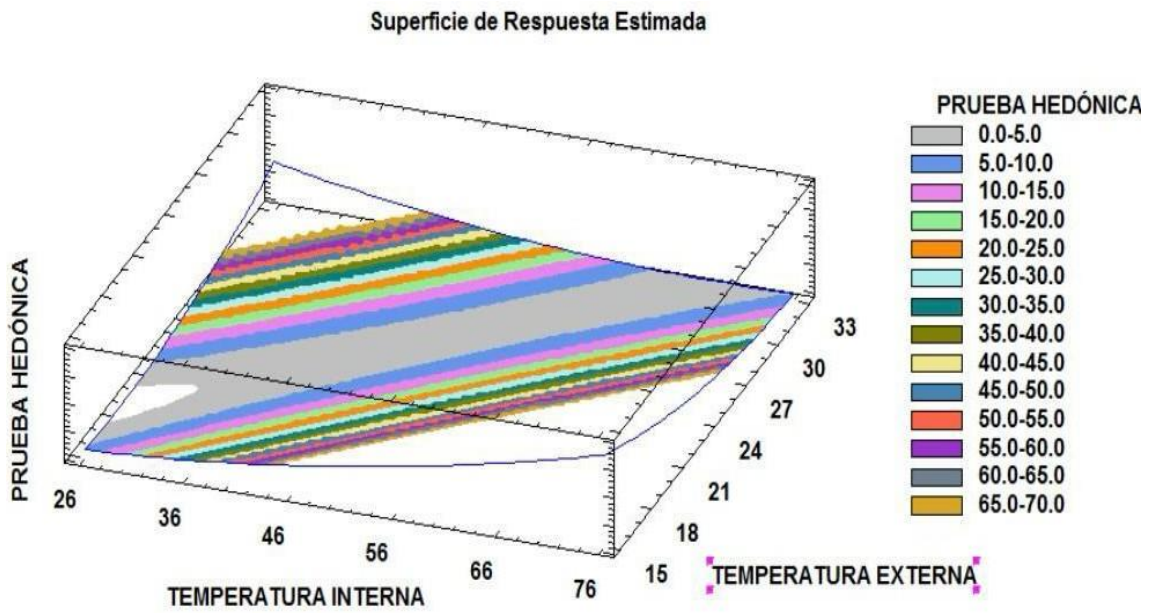
Tabla 39

Resultado del método de superficie de respuesta para el atributo APARIENCIA.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
TEMPERATURA INTERNA	26.9	659.0	47.6237
TEMPERATURA EXTERNA	15.5	325.0	25.021

figura 2

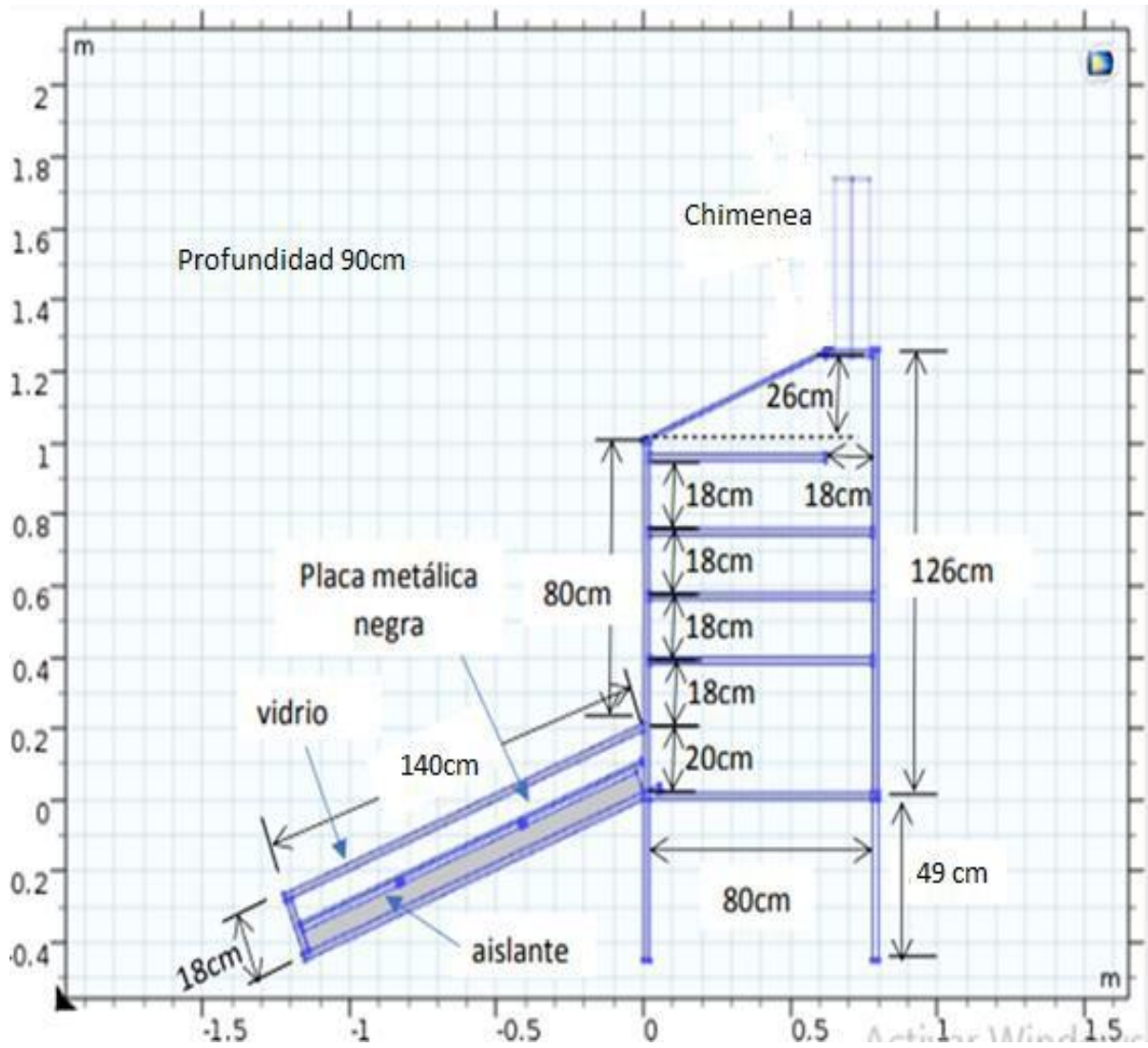
Respuesta de superficie estimada para el atributo APARIENCIA.



DIMENSIONAMIENTO DEL DESHIDRATADOR SOLAR TIPO MIXTO.

figura 34

Dimensionamiento del deshidratador solar.



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE LA MANZANILLA UTILIZANDO UN SECADOR SOLAR TIPO MIXTO Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO.

Figura 35

Partes del secador solar mixto



Nota: 1: colector, 2: cámara de secado, 3: chimenea

Figura 36

Cámara de secado del deshidratador



Nota : Capacidad de 04 bandejas, el área de cada una de ellas 0.74x0.4m.

Figura 37

Vista lateral del deshidratador solar



Nota :1.- Ingreso de aire y 2.- Salida del aire

Figura 38

Selección de la materia prima



Nota: selección de la materia prima de materiales defectuosos y extraños.

Figura 39

Cámara de secado



Nota: Colocación de la materia prima (manzanilla) a la cámara de secado.

Figura 40

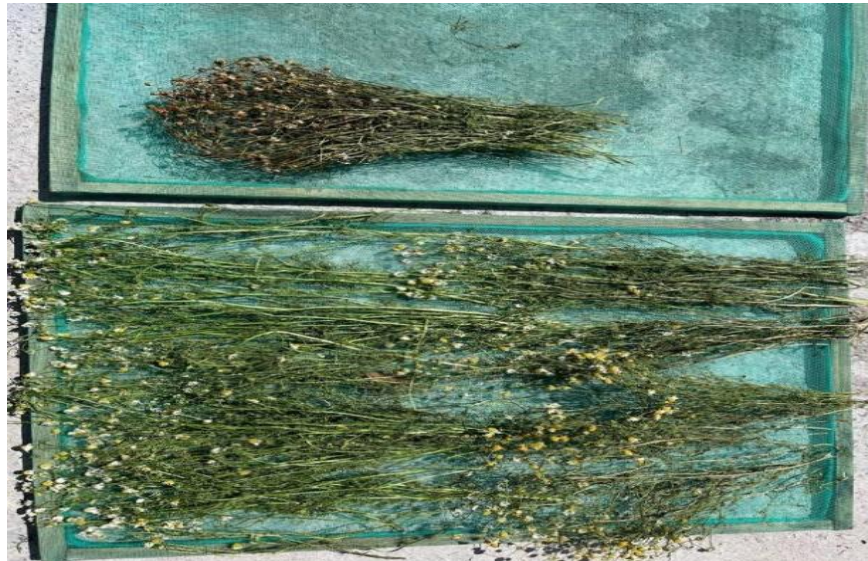
Cámara de secado



Nota: cámara de secado con muestras de manzanilla para el proceso de deshidratación.

Figura 41

Bandejas de secado



Nota : bandejas contenidas de materia prima, se procede a cerrar para que inicie el proceso de deshidratación, figura superior (manzanilla deshidratada al aire libre), figura inferior (manzanilla deshidratada utilizando un secador solar tipo mixto).

Figura 42

Manzanilla deshidrata



Nota : Muestra del producto final (manzanilla deshidratada utilizando un secador solar tipo mixto).

Figura 43

Preparación de la materia prima de la manzanilla fresca



Nota : preparación y pesado de la materia prima de la manzanilla fresca y se visualiza en lado (izquierda-manzanilla deshidratada; derecha-manzanilla fresca) , para los respectivos análisis en el laboratorio.

Figura 44

Laboratorio de fisicoquímica de EFPIQ



Nota : Evidencia fotográfica de la manzanilla fresca en la estufa, proceso de secado a 105°C para determinar la humedad.

Figura 45

Preparación muestra de manzanilla



Nota : Manzanilla deshidratada sometida a hervor para obtener una solución y a partir de ella realizar las pruebas fisicoquímicas.

Figura 46

Proceso de titulación



Nota: Titulación de la infusión de manzanilla fresca con NaOH al 0.01N, hasta llegar al punto de equilibrio (color rojo grosella).

Figura 47

Medición de pH



Nota: Medición del pH de la infusión de la manzanilla fresca, valor que marca 4.76

Figura 48

Proceso de titulación de muestra de manzanilla



Nota: titulación de la infusión de la manzanilla deshidratada con NaOH al 0.01N, hasta llegar al punto de equilibrio (color rojo grosella).

Figura 49

Evaluación de las propiedades sensoriales de la manzanilla deshidratada



Nota: Comparación del secado de la manzanilla, utilizando un secador solar y al aire libre. Lado izquierdo: deshidratado en un secador solar tipo mixto, lado derecho: deshidratado al aire libre.

Figura 50

Muestras de manzanilla en el proceso de deshidratación



Nota : Manzanilla deshidratada por día, en total 4 muestras

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERIA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Parámetros óptimos para la deshidratación de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto**Expositor: Abner Joel Villegas Sanchez**
Bachiller en Ingeniería Química

Expediente N° 2473722

Resolución Decanal N° 257-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 06-12-2024

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las ocho de la mañana con cinco minutos del día martes diez de diciembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Química **Abner Joel Villegas Sanchez**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alfredo ARIAS JARA y Dr. León Fernando PEREZ CHAUCA, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Mg. Abdías ASCARZA MOISES (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Parámetros óptimos para la deshidratación de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto**, presentado por el Bachiller **Abner Joel Villegas Sanchez**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 257-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Abner Joel Villegas Sanchez**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. León Fernando PEREZ CHAUCA, Dr. Alfredo ARIAS JARA. Luego el Presidente invitó al Mg. Abdías ASCARZA MOISES para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERIA
QUIMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Parámetros óptimos para la deshidratación de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto**Expositor: Abner Joel Villegas Sanchez**
Bachiller en Ingeniería Química

Expediente N° 2473722



Resolución Decanal N° 257-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 06-12-2024

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Abner Joel Villegas Sanchez**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO QUIMICO** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las nueve de la mañana con cincuenta y cinco minutos se dió por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente
.....
Dr. Alfredo ARIAS JARA
Miembro
.....
Dr. León Fernando PEREZ CHAUCA
Miembro
.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA QUÍMICA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 009-2025-UNSCH-FIQM/EPIQ

El que suscribe, Director de la **Escuela Profesional de Ingeniería Química** de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, habiendo recibido el requerimiento de Constancia de Originalidad por parte del Bachiller **Abner Joel VILLEGAS SANCHEZ**, se procedió a la evaluación y regularización de originalidad del archivo adjunto con el **TURNITIN - UNSCH**, de acuerdo a los criterios establecidos en el **Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH**, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU; cuyos resultados son:

Parámetros óptimos para la deshidratación de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto.

Autor Bach. : Abner Joel VILLEGAS SANCHEZ
Identificado : 2729382905
Fecha : 13 de agosto de 2025
Archivo : Tesis

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del **20 (veinte) % de ÍNDICE DE SIMILITUD** realizado con **Depósito de trabajos estándar**, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que, los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 01 de setiembre de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Escuela de Formación Profesional
de Ingeniería Química

Dr. Guido Palomino Hernández
DIRECTOR

Adjunto **Reporte de Índice de Similitud**
cc. archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA QUÍMICA
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-312510 Anexo. 152
Correo:
ep.quimica@unsch.edu.pe

Parámetros óptimos para la deshidratación de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) utilizando un secador solar mixto

por Abner Joel VILLEGAS SANCHEZ

Fecha de entrega: 13-ago-2025 10:45p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2729382905

Nombre del archivo: n_de_manzanilla_Matricaria_chamomilla_utilizando_un_secador.pdf (23.28M)

Total de palabras: 18523

Total de caracteres: 93965

Parámetros óptimos para la deshidratación de manzanilla (Matricaria chamomilla) utilizando un secador solar mixto

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.scribd.com Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	revistas.ulima.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	epdf.pub Fuente de Internet	1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	1%
7	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	idoc.pub Fuente de Internet	1%
9	www.buenastareas.com Fuente de Internet	1%
10	vsip.info Fuente de Internet	1%
11	1library.co Fuente de Internet	1%
12	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%

13	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	lascebrassalen.com Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Nacional Pedro Henríguez Ureña Trabajo del estudiante	<1 %
17	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
23	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.upec.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
25	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

27

www.dspace.uce.edu.ec
Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga
Trabajo del estudiante

<1 %

29

www.slideshare.net
Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo