

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ACUICULTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL



**Diseño de un deshidratador solar para secado de cabeza de
Langostino al 10% de humedad**

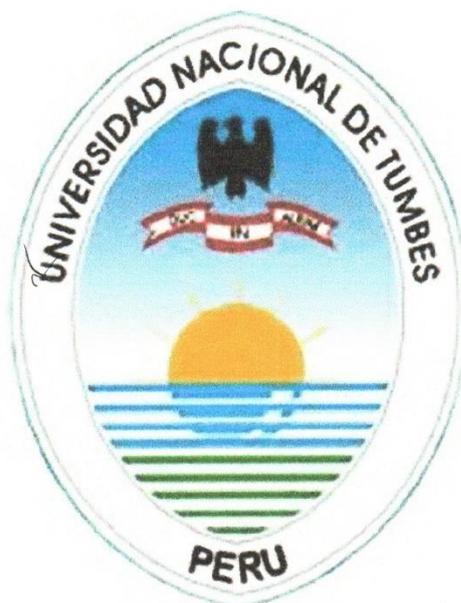
Tesis

**Para optar el grado académico de maestro en Acuicultura y
Gestión Ambiental**

Autor, Br. José Napoleón Marín Maceda

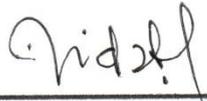
Tumbes, 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ACUICULTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL



**Diseño de un deshidratador solar para secado de cabeza de
Langostino al 10% de humedad**

Tesis Aprobada en forma y estilo por:

Dr. Auberto Hidalgo Mogollón (Presidente) 

Mg. Marco Antonio Zapata Cruz (Secretario) 

Dr. Leocadio Malca Acuña (Miembro) 

Tumbes, 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ACUICULTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL



**Diseño de un deshidratador solar para secado de cabeza de
Langostino al 10% de humedad**

**Los suscritos declaramos que la Tesis es original en su
contenido y forma**

Ing. José Napoleón Marín Maceda

(Ejecutor)

Dra. Eneida Graciela Vieyra Peña

(Asesora)

Tumbes 2020

ACTA DE REVISIÓN Y DEFENSA DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
Licenciada
Resolución del Consejo Directivo N° 155-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
Tumbes – Perú

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En Tumbes, a los diecinueve días del mes de agosto del año dos mil veinte, a las 15 horas con veinte minutos, en la modalidad virtual por la plataforma Goog Meet, se reunieron los miembros del jurado designados con Resolución Directoral N° 0123-2015/UNTUMBES-EPG-D; Dr. Auberto Hidalgo Mogollón (Presidente); Mg. Marco Antonio Zapata Cruz (Secretario); y Dr. Leocadio Malca Acuña (Vocal); y con Resolución Directoral N° 088-2020/UNTUMBES-EPG-D, se declaró expedito el informe final, para la sustentación y defensa de la tesis: **Diseño de un deshidratador solar para secado de cabeza de langostino al 10% de humedad**, presentado por el maestrante del Programa de la Maestría en Acuicultura y Gestión Ambiental, Br. José Napoleón Marín Maceda, asesorado por la Dra. Eneida Graciela Vieyra Peña.

Concluida la exposición y sustentación, absueltas las preguntas y efectuadas las observaciones, lo declaran: APROBADO POR UNANIMIDAD, dando cumplimiento al Art. 29° del Reglamento de Investigación con fines de Graduación en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las 16 horas y veinte minutos del mismo día, se dio por concluido el acto académico, y dando conformidad se procedió a firmar la presente acta en presencia del público.

Dr. Auberto Hidalgo Mogollón
Presidenta de Jurado

Mg. Marco Antonio Zapata Cruz
Secretario de Jurado

Dr. Leocadio Malca Acuña
Vocal de Jurado

C.c. Jurado de Proyecto de Tesis (3), Asesor (1), sustentante (1), UI (2)

DEDICATORIA

Su afecto y su cariño son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de enseñarles lo mejor para ustedes. Desde pequeños me han enseñado y me siguen enseñando muchas cosas de la vida.

Les agradezco por ayudarme a encontrar el lado dulce de la vida. Fueron mi motivación más grande para concluir esta investigación

Gracias Hikari, gracias Linckia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estar en este mundo, en especial a mis padres quienes siempre me dieron su apoyo y cariño incondicional cuando lo necesite. A mis hermanas Mercy y Elvira, a todos los amigos que confiaron en mí y me apoyaron de una u otra manera, a mis profesores de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes que fueron un apoyo fundamental en la elaboración de la presente tesis.

Les agradezco mucho,

José Napoleón Marín Maceda.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO II.....	17
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA (Estado del Arte)	17
2.1. Antecedentes.....	17
2.2. Bases teóricas- científicas.....	21
2.3. Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO III.....	40
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	40
3.1. Lugar y periodo de ejecución de la investigación.....	40
3.2. Tipo y diseño de investigación.....	40
3.3. Población y muestra de estudio.....	41
3.4. Métodos.....	41
3.5. Recolección de datos.....	47
3.6. Procesamiento y análisis de datos.....	47
CAPÍTULO IV	48
4. RESULTADOS Y RESULTADO	48
4.1. Resultados.....	48
4.2. DISCUSIÓN.....	63
CAPÍTULO V	66
5. CONCLUSIONES.....	66
CAPÍTULO VI	68
6. RECOMENDACIONES.....	68
CAPÍTULO VII	69
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
8. ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Página.
Cuadro 1. Clima del lugar donde se desarrolló el estudio.....	61
Cuadro 2. Escala de la velocidad del viento del lugar de la investigación.....	61
Cuadro 3. Determinación de la humedad en los diferentes niveles del deshidratador solar mixto de cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i> en la primera etapa año 2017.....	79
Cuadro 4. Determinación de la humedad en los diferentes niveles del deshidratador solar mixto de cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i> en la segunda etapa año 2018.....	70
Cuadro 5. Registro de la temperatura del medio ambiente al momento del deshidratado de la cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i>	79
Cuadro 6. Registro de la humedad relativa del medio ambiente al momento del deshidratado de la cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i>	79
Cuadro 7. Registro de la temperatura de la parte baja de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i>	80
Cuadro 8. Registro de la humedad de la parte baja de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i>	80
Cuadro 9. Registro de la temperatura de la parte media de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i>	80
Cuadro 10. Registro de la humedad de la parte media de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i>	80
Cuadro 11. Registro de la temperatura de la parte superior de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i>	80
Cuadro 12. Registro de la humedad de la parte superior de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de <i>Litopenaeus vannamei</i>	81
Cuadro 13. Registro de la humedad en la cabeza de langostino <i>Litopenaeus vannamei</i> en la primera etapa año 2017.....	81
Cuadro 14. Registro de la humedad en la cabeza de langostino <i>Litopenaeus vannamei</i> en la segunda etapa año 2018.....	82
Cuadro 15. Escala internacional del viento Beaufort aplicada en la determinación del deshidratado de la cabeza de <i>L.vannamei</i>	82
Cuadro 16. Cálculo de la eficiencia del deshidratador solar mixto.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Energía solar recibida por el planeta.....	22
Figura 2. Niveles de radiación solar en el Perú.....	23
Figura 3. Energía solar incidente estacional en el departamento de Tumbes.....	24
Figura 4. Sistemas de secado solar.	26
Figura 5. Modelo de un secador solar directo.....	29
Figura 6. Modelo de un secador solar indirecto.....	30
Figura 7. Modelo de un secador solar mixto	31
Figura 8. Transferencia del calor en el producto en un secador solar mixto.....	34
Figura 9. Lugar del desarrollo de la investigación	40
Figura 10. Diseño del deshidratador solar mixto construido.....	44
Figura 11. Vista de planta del diseño del deshidratador solar mixto construido...	49
Figura 12. Vista frontal del diseño del deshidratador solar mixto construido.....	49
Figura 13. Vista lateral del diseño del deshidratador solar mixto construido.....	49
Figura 14. Valores promedios de la humedad en la prueba 1.....	51
Figura 15. Valores promedios de la humedad en la prueba 2.....	51
Figura 16. Valores promedios de la humedad en la prueba 3.....	51
Figura 17. Valores promedios de la humedad en la prueba 4.....	52
Figura 18. Valores promedios de la humedad en la prueba 5.....	52
Figura 19. Valores promedios de la humedad en la prueba 1.....	53
Figura 20. Valores promedios de la humedad en la prueba 2.....	54
Figura 21. Valores promedios de la humedad en la prueba 3.....	54
Figura 22. Valores promedios de la humedad en la prueba 4.....	54
Figura 23. Valores promedios de la humedad en la prueba 5.....	55
Figura 24. Valores promedio de la temperatura ambiente.....	55

Figura 25. Valores promedio de la humedad relativa del medio ambiente.....	56
Figura 26. Valores promedio de la temperatura de la parte baja de la cámara del deshidratador.....	57
Figura 27. Valores promedio de la humedad de la parte baja de la cámara del deshidratador.....	57
Figura 28. Valores promedio de la temperatura de la parte media de la cámara del deshidratador.....	58
Figura 29. Valores promedio de la humedad de la parte media de la cámara del deshidratador.....	59
Figura 30. Valores promedio de la temperatura de la parte superior de la cámara del deshidratador.....	59
Figura 31. Valores promedio de la humedad de la parte superior de la cámara del deshidratador.....	60
Figura 32. Vista frontal del deshidratador solar mixto cerrado.....	75
Figura 33. Vista frontal del diseño del deshidratador solar mixto expuesto al sol....	75
Figura 34. Vista lateral del deshidratador solar mixto expuesto al sol.....	75
Figura 35. Vista del panel solar utilizado en el secador solar mixto.....	76
Figura 36. Vista del sistema de recirculación para sobrecalentado de aire.....	76
Figura 37. Vista de la parte baja de la cámara de deshidratado.....	76
Figura 38. Vista de interior de cámara de deshidratado.....	77
Figura 39. Compensador de calor de la parte superior de la cámara de deshidratado.....	77
Figura 40. Extractores de aire y humedad en la chimenea.....	77
Figura 41. Termómetro de varilla.....	78
Figura 42. Monitor de lectura de humedad.....	78
Figura 43. Termoanemómetro	78
Figura 44. Balanza gramera.....	78
Figura 45. Ventilador/extractor de aire.....	78
Figura 46. Higrómetro ambiental.....	78
Figura 47. Formato de registro de datos.....	84

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el diseño, construcción y utilización de un deshidratador solar mixto para el secado de cabeza de langostino que permita conseguir un 10% de humedad. El deshidratador solar se compone de un colector, una cámara de deshidratado y una chimenea. Se aplicaron varios dispositivos, para incrementar y mantener la temperatura como: compensador de calor auxiliar, reflectores, recirculación de aire, recubrimiento interior con aluminio y fuente de calor a gas. Para una capacidad de secado de 20 kg de cabeza de langostino (*Litopenaeus vannamei*). Se realizó las pruebas en dos etapas, cada prueba en tres niveles de la cámara, para secar 6 kg de las cabezas durante 8 horas; llegándose a aumentar la temperatura en la parte superior interna de la cámara desde 58,84 °C hasta 75,25 °C, parte media de 46,63 °C hasta 65,80 °C y en la parte baja de 42,25 °C hasta 61,37 °C. Comparándose con la temperatura fuera de la misma la que alcanzo valores de 30,21 °C hasta 35,20 °C y humedad ambiental de 37,54% a 59,17%. Como resultado de las pruebas, en la segunda etapa de investigación la cabeza de langostino logró ser deshidratada en el secador, desde una humedad de 68% hasta el adecuado del 10% y además se pudo llegar a niveles inferiores en algunos niveles. La eficiencia del deshidratador estuvo al 50% según las características del diseño.

Palabras clave: Temperatura, humedad, deshidratación, *Litopenaeus vannamei*

ABSTRACT

This research work aimed at the design, construction and use of a mixed solar dehydrator for shrimp head drying that allows to achieve 10% humidity. The solar dehydrator consists of a collector, a dehydration chamber and a chimney. Several devices were applied to increase and maintain the temperature such as: auxiliary heat compensator, reflectors, air recirculation, interior coating with aluminum and gas heat source. For a drying capacity of 20 kg of shrimp head (*Litopenaeus vannamei*). The tests were carried out in two stages, each test in three levels of the chamber, to dry 6 kg of the heads for 8 hours; getting to increase the temperature in the inner upper part of the chamber from 58.84 °C to 75.25 °C, middle part of 46.63 °C to 65.80 °C and in the lower part of 42.25 °C to 61.37 °C. Comparing with the temperature outside it, it reached values of 30,21 °C to 35.20 °C and ambient humidity of 37.54% to 59,17%. As a result of the tests, in the second stage of the investigation the shrimp head was able to be dehydrated in the dryer, from a humidity of 68% to an adequate level of 10% and it was also possible to reach lower levels in some levels. The efficiency of the dehydrator was 50% according to the design characteristics.

Keywords: Temperature, humidity, dehydration, *Litopenaeus vannamei*

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

La producción mundial de langostino, actualmente se encuentra entre 7 y 8 millones de toneladas, según algunos autores seguirán subiendo en los próximos años y en el horizonte del 2030 podría situarse entre los 11 y los 18 millones de toneladas (Lem, 2014). Esta gran industria genera desechos de crustáceos como la cabeza de langostino, la cual representa el volumen de desperdicios más grande dentro de los sistemas generadores de alimentos a nivel mundial, provocando una enorme producción de desperdicios (Corona, 2002), representa del 35 al 45% del peso del animal (Fox, Blaw, Brown & Watson, 1994; Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000), pudiendo llegar a exceder el 60% en algunas especies (Wickins & Lee, 2002).

La actividad comercial del langostino en el Perú se desarrolla mayormente en el departamento de Tumbes generando empleo directa e indirectamente a un porcentaje importante de la población; sin embargo, su desarrollo viene acompañado de la preocupación sobre su sustentabilidad ambiental buscándose desarrollarla con un mínimo de impacto ambiental. Como es una actividad económica que usa recursos naturales deben ser observados criterios que eviten la contaminación y garanticen un control en la explotación del recurso. Algunas de las empresas encargadas del proceso de empacado del langostino no han resuelto de manera efectiva como utilizar los productos de desecho generados en la etapa de descabezado del langostino. Estos desechos son recogidos por algunas personas que han encontrado en esta actividad una fuente de trabajo y lucro vendiendo estos residuos a diferentes empresas las que finalmente elaboraran con ellos harina para piensos o abono. Para lograr el secado someten a estos desechos exponiéndolos directamente al sol sobre mantas, sin considerar buenas condiciones de higiene (presencia de moscas, heces de aves,

etc.) y por tanto obtienen un producto de baja calidad, esta técnica no es la más adecuada para obtener un producto secado de buena calidad (Hidalgo, 2007). La tecnología térmica solar, es una tecnología que es rápidamente aceptada como beneficiosa medida de ahorro, en aplicaciones agrícolas. Esta es preferible a otras fuentes de energía alternativa tales como el viento y carbón, porque es abundante, inagotable y no poluciona.

Akinola & Fapetu (2006), han encontrado que reduciendo el contenido de humedad de los alimentos al 10 ó 20%, bacterias, levaduras, moho y enzimas están impedidos de estropearlo. Los microorganismos son matados eficazmente cuando la temperatura interna del alimento alcanza 145 ° F (62,7 °C). Al secar los alimentos, la clave es eliminar la humedad lo antes posible a una temperatura que no afecte seriamente las características físicas, químicas y organolépticas deseables como producto final, el valor nutricional, el sabor, la textura y el color de los alimentos (Herringshaw, 1997).

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi, 2003), manifiesta que los lugares de mayor potencial solar del país están en la costa sur, en Arequipa, Moquegua y Tacna (en los 16° y 18° de latitud sur), con una incidencia solar anual diaria entre en un rango de 6,0 a 6,5 kW h/m². Otros lugares con alta disponibilidad diaria, entre 5,5 a 6,0 kW h/m², se encontrarían en la costa norte, entre Piura y Tumbes (a los 3° y 8° de latitud sur), y en su mayoría en la sierra, sobre los 2 500 msnm.

Esta investigación está referida a un método alternativo de deshidratación de los desechos de langostinos (cabeza), haciendo uso de un deshidratador solar mixto con sistema de calefacción indirecto, fuente de calor a gas y circulación de aire forzado que además cuenta con características originales de diseño y que augura mejorar la calidad del producto final.

De lo antes indicado se concluye que ésta investigación es importante, debido a que, al diseñar un deshidratador, permitirá aprovechar las fuentes naturales de energía no contaminante como es la radiación solar y darles uso a los desperdicios de la industria langostinera que en su mayoría se deterioran y son

contaminantes, con ello se logrará obtener insumos derivados de la cabeza de langostino de buena calidad e higiene.

Asimismo, éste estudio se justifica, debido a la importancia económica que tiene el uso de los residuos de la industria langostinera, así como el impacto ambiental y social que tendrá en la población al mejorar su calidad de vida.

Respecto a los factores clave del presente estudio, son la ubicación geográfica del lugar de investigación que es la estrecha planicie costera ubicada al oeste de Tumbes cercana a la línea ecuatorial, con ambientes cálidos y semi secos tropicales con temperatura promedio anual de 27 °C, máxima de 40 °C en verano, humedad relativa promedio anual de 77,5%, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2015), nos permite una aplicación de un modelo de deshidratación térmica sustentable, ecológica y limpia.

En la actualidad en lo que respecta al deshidratado de desechos de la industria langostinera en la región de Tumbes aún persiste el método artesanal de exposición a cielo abierto, deshidratación en hornos a combustión de petróleo, como también el traslado en cámaras a centros de procesamiento de harinas en Piura. No habiéndose realizado ningún estudio sobre el aprovechamiento de la energía solar a excepción de Ubillus (2013), dado el potencial del recurso cabeza de langostino y la fuente térmica natural de la zona amerita una preocupación por realizar estudios relacionados al tema que no perjudiquen el medio ambiente y sean rentables.

Considerando lo antes planteado se llegó a formular el siguiente problema de investigación: ¿Será posible diseñar un deshidratador solar mixto para secar de cabeza del langostino y alcanzar un porcentaje de humedad al 10%?, Ante la interrogante anterior, se planteó la siguiente hipótesis: Si es posible diseñar un deshidratador solar para secado de cabeza de langostino que permita conseguir un 10% de humedad y como objetivo general: Diseñar la construcción y utilización de un deshidratador solar para el secado de cabeza de langostino que permita conseguir un 10% de humedad.

Objetivos específicos: Diseñar un modelo de deshidratador solar para secado de cabeza de langostino que logre una humedad menor al 10%. construir un deshidratador solar para secado de cabeza de langostino que se pueda obtener una humedad menor o igual al 10%, evaluar la eficiencia del deshidratador solar diseñado para el proceso de secado de cabeza de langostino.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA (Estado del Arte)

2.1. Antecedentes.

Ekechukwu & Norton (1997), en el trabajo de investigación desarrollan:

Dos tipos de secadores haciendo uso de la energía solar, los que siguen manteniendo muchas de las ventajas de las técnicas tradicionales de secado al aire. En los secadores de distribución, conocidos como secadores pasivos indirectos, la materia prima es colocada en bandejas dentro de una cámara de secado y se calientan con el aire circulante, calentando durante su flujo a través de un colector solar termosifónico de goteo de baja presión. Debido a que la radiación solar no incide directamente sobre el producto, evitándose la cristalización del azúcar y el daño por exposición al calor. Estos secadores son recomendables para algunas frutas y alimentos perecibles cuyo contenido vitamínico se reduce sustancialmente al exponerse de manera directa al sol. De la misma manera, son modificados para mantener el color de algunos productos con alto grado de pigmentación, que también se ven severamente afectados en la exposición directa al sol.

Brenndorfer, B., Kennedy, L., Bateman, C., G. Mrema, G., & Wereko-Brobby. (1995), afirman que:

En el secador integral, llamado secador solar pasivo directo, los productos son colocados en una cámara de secado con una cubierta superior transparente que permite la exposición al sol en el proceso de secado. De esta manera, la radiación solar interviene directamente sobre el producto. El calor extrae la humedad de los productos,

disminuyendo el tiempo de proceso la humedad relativa del aire interior, lo que aumenta su capacidad de evacuación de vapor.

Andrade, Chávez & Naar (2007), refieren que:

Evaluaron las diferentes etapas de cocción y secado en el proceso de elaboración de harina de cabezas de langostino cultivado (*Penaeus* Sp); para la elaboración de la harina se utilizaron cabezas de camarón congeladas, realizándoles análisis microbiológicos y bromatológicos. Las cabezas fueron descongeladas y lavadas por 20 minutos, luego se procedió a cocinarlas, evaluando las temperaturas de 85 °C y 95 °C y un tiempo de 10 y 20 minutos; se secaron en un horno a temperaturas de 65 °C y 75 °C y por 5 y 7 horas, según el protocolo aplicado; después fueron molidas y empacadas al vacío. El tratamiento más favorable para mantener el mayor contenido de grasa y de proteína y además alcanzar un nivel bajo de humedad fue de una cocción a 95 °C, por 10 minutos y un secado a 75 °C por 5 horas.

Montero (2005), realizó una investigación con un secador solar, donde los productos con los que trabajó contenían 55%,70% y 90% de humedad inicialmente y al utilizar el secador solar estos valores bajaron al 20%, obteniendo datos positivos de secado.

Hay diferentes diseños de secadores que han demostrado su eficiencia en el secado, así lo reportan Biplab & Singh (2013) y Fhudoli, Sopian, Ruslan, Othman, & Yahya (2011), quienes investigaron "el desempeño de secadores del tipo gabinete de convección natural tipo indirecto de convección forzada, tipo invernadero e híbrido (solar y energía eólica). Otros modelos de secadores de baja escala son los que fueron reportados por Costa y Ferreira (2007) y Moreno (2008), quienes "trabajaron con secadores de gabinetes de madera y cristal con alimentación por tandas, para baja carga de productos.

Alkilani, Sopian, Alghoul, Sohif, & Ruslan (2010), detallaron los resultados obtenidos "trabajando con secadores con colectores solares, usando aire como fluido portador de calor."

Madhlopa & Ngwalo (2007), obtuvieron "resultados experimentales del secador con sistema de almacenamiento de energía térmica, llegando a secar el producto desde su contenido inicial de 72% de humedad hasta un 9,2 y 9,7% de contenido de humedad (en base húmeda) en las bandejas inferiores y superior".

Méndez (2009), reporta que "las muestras de cabezas de langostino acondicionadas en bandejas y sometidas al deshidratado se han secado en estufa con circulación de aire forzado a 70 °C por 11 horas. Llegando a obtener harina de buena calidad con una humedad de 5,7%. La que se podía mantener durante un período de tres meses de almacenaje."

Honorato, Oliveira, Alsina & Magalhaes (2005), manifiestan que "en un secador de techo fijo, durante 8 horas, con velocidad superficial media de aire variando entre 0,2 y 0,4 m/s y temperatura de 50 °C a 70 °C obtuvo harina de cabeza de langostino con humedad de 0,1 kg de agua/kg de sólido seco."

Roa & Ortega (2011) mencionan:

Que el secado al aire libre es una práctica en el Ecuador, que se realiza exponiendo los productos al sol colocándolos sobre el piso. Este proceso produce la pérdida de la calidad del producto seco. El Secador Solar por convección de aire caliente, es una buena solución a este problema que posibilita la conservación de las propiedades de los productos agrícolas. Este proceso está basado en la utilización de un colector de placa plana, al cual se le incrementa la temperatura del aire, para que se produzca la deshidratación del producto en la cámara del secador, el secado del producto, fue realizado en 3 días, registrándose los valores del peso del producto, desde las 9:00 h, hasta las 15:00 h, logrado deshidratar el producto al 12% de humedad

en un promedio de 16 horas sol. La temperatura del colector logro un incremento de temperatura de 12 °C, en comparación con los secadores solares por convección forzada, en los que se logran incrementos de temperatura de 4°C.

La capa que existe entre el producto a secar y el aire juega un papel importante en el secado. Cuando menor sea el espesor de esta capa limite, más rápida será la remoción de humedad. “La forma de la corriente del aire es importante para la velocidad, una corriente turbulenta es mucho más eficaz que una laminar, pues la primera afecta en mayor forma la capa límite y el aire.” (Callanta, 2014).

Ubillus (2013), menciona:

Que en la investigación que realizó tuvo como objetivo diseñar y utilizar un secado solar de túnel que funcione con bioenergía complementaria. Este equipo contaba con dos partes, una del colector solar que fue pintada de color negro en la superficie con un área de 6 m² (2 m de ancho y 7 m de largo) para procesar 400 kg de banano. Este secador solar de túnel construido con materiales de bajo costo fue eficiente para ser utilizado en el secado de productos agroforestales como banano y algarroba, se pudo aumentar la temperatura interna en el secador hasta +26 °C comparado con la temperatura fuera del equipo y a la captación directa de energía solar que llego a un máximo de 12,6 Kw. Sin embargo, la eficiencia disminuye en horas de menor radiación solar. No se llegó a demostrar el uso de la bioenergía como elemento complementario durante el secado solar de banano y algarroba. Al banano se logró deshidratar en el secador, alcanzando valores de humedad de 68,8 % (bh) o 0,2 kg de agua/kg (bh) de materia seca hasta 17,87 % o 0,1 kg de agua/kg de materia seca en un tiempo de 10 horas; mientras que para el caso de la algarroba se logró reducir la humedad de 18,94 % (bh) o 0,2 kg de agua/kg de materia seca hasta 4,5 % (bh) o 0,05 kg de agua/kg de materia seca en un periodo de tiempo de 5 horas.

Cortez (2015), reporta que:

La investigación consistió en construir un secador solar directo y probarlo en el secado de yacón, estas pruebas se ejecutaron durante 7 días en el mes de mayo del 2015. Como resultado se obtuvo 20 g para la muestra M₁ y 22 g para la muestra M₂. Posteriormente fueron preparadas dos muestras más (M₃ y M₄) de yacón de 100 g y 150 g. Esto se realizó de esa manera porque de la prueba realizada con ventilador ya se tenía los valores de las masas secas de M₃ y M₄. Finalmente, se evaluó al secador solar indirecto colocando las muestras M₃ y M₄. Lográndose extraer más del 70% de contenido de humedad de ambas muestras a pesar de las pésimas condiciones climáticas durante el tiempo que duró la investigación. Obteniéndose además un producto de mejor calidad.

2.2. Bases teóricas- científicas.

2.2.1. La energía solar de la tierra.

El sol es la estrella más cercana a la tierra y su distancia promedio es de 150 millones de km, distancia llamada como unidad astronómica (UA). El sol es la principal fuente primaria de luz y calor para la tierra, proporciona el 99,7% de la energía usada para todos los procesos naturales. Un exámen de su estructura en funcionalidad de su masa establece que tiene dentro un 71% de Hidrógeno, un 27% Helio, y un 2% de otros elementos más pesados. La energía del sol que recibe el planeta Tierra (fuera de la atmósfera) es precisamente de 173×10^{12} kW o una energía de 15×10^{17} kWh por año. Al atravesar la atmósfera, cerca de 53% de esta radiación es reflejada y absorbida por el nitrógeno, oxígeno, ozono, dióxido de carbono, vapor de agua, polvo y las nubes. Entonces, al pasar esta radiación por una distancia de 150 millones de km, se disminuye esta cantidad y finalmente el planeta recibe una energía promedio de 3×10^{17} kWh al año, semejante a 4000 veces el consumo de todo el mundo en un año

(7×10^{13} kWh/año), lo cual nos revela el inmenso poder del Sol. (Craig, Vaugh, & Skinner, 2007), como se puede observar en la figura 1.

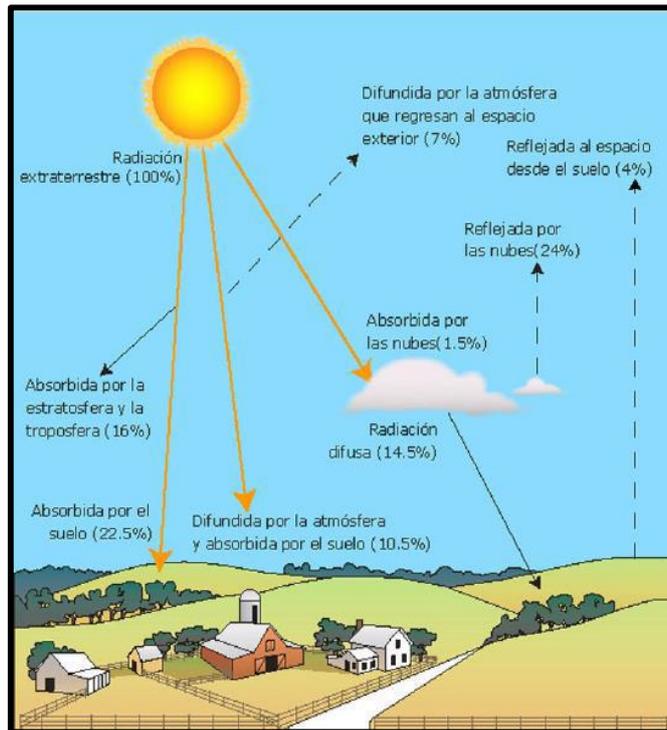


Figura 1: Energía solar recibida por el planeta tierra.

2.2.2. Incidencia de la energía solar en el Perú.

El Perú está considerado entre los 6 países con más grande incidencia de energía del sol en el planeta. Al hallarse entre el paralelo $0^{\circ} 08'$ Latitud Norte y $18^{\circ} 13'$ Latitud Sur, dentro de los trópicos, tiene energía del sol con poca alteración anual, frente a latitudes medias y altas. Los valores extremos de radiación del sol, son en promedio de 340 y 150 W/m^2 a lo largo de los meses de verano e invierno, respectivamente; esto es ignorando la existencia de la cubierta atmosférica. Esta poca alteración se asigna al hecho que en estas latitudes los rayos solares son casi perpendiculares a la extensión de la tierra a lo largo de todo el año, dando lugar a una máxima incidencia de la radiación del sol por unidad de área y tiempo. La existencia de la atmósfera disminuye considerablemente la radiación del sol incidente sobre la tierra, ya que la atmósfera, en funcionalidad a sus constituyentes gaseosos y aerosoles presentes en ella, tiene la aptitud

de absorber, dispersar y reflejar la radiación del sol reduciéndose precisamente a 240 y 100 W/m^2 , si se cree que la atmósfera transmite solo un 70% de la radiación del sol. La proporción de radiación transmitida por la atmósfera es menor si más grande es la concentración de Ozono, vapor de agua, dióxido de carbono y aerosoles en la atmósfera. La concentración y proporción de los 3 últimos decrece con la altitud; por este motivo en el Perú, gracias a su orografía la radiación del sol incidente incrementa considerablemente en la Sierra peruana. Esta zona está entre los 2000 y 3000 metros de altitud y llenan un 30% del territorio nacional. En las regiones de más grande altitud; como la Meseta Titicaca y las Pampas de Junín, la radiación incidente es bastante más grande (Loayza, 2012).



Figura 2: Niveles de radiación solar en el Perú.

2.2.3. Incidencia estacional de la energía solar en Tumbes.

Respecto a los factores clave de la incidencia de la energía solar en el departamento de Tumbes es su ubicación geográfica de la zona su estrecha planicie costera al oeste de Tumbes muy cercana a la línea del ecuador, con un clima cálido semi seco y tropical, con

temperaturas promedio anuales de 27 °C, Máxima de 40 °C en verano
 humedad relativa promedio anual de 77,5 °C (Senami, 2015).

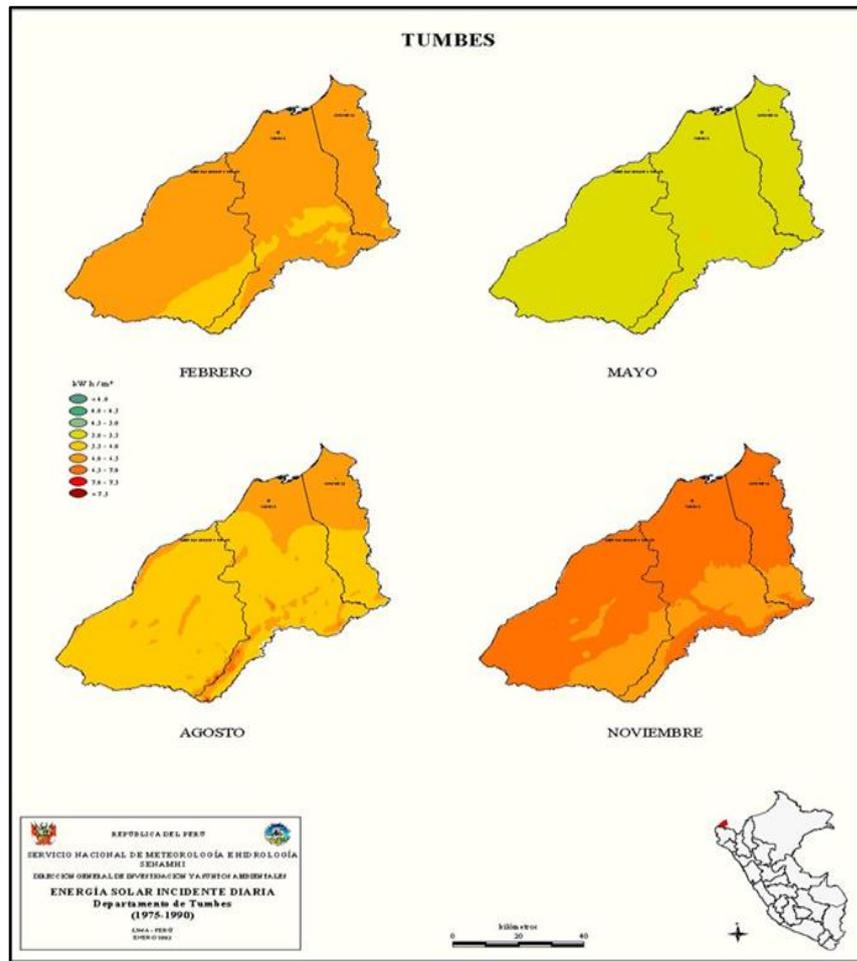


Figura 3: Energía solar incidente estacional en el departamento de Tumbes.

2.2.4. La tecnología y usos de la energía solar.

Se clasifican por tecnologías y su uso más general (Grassick, 2006).

Energía solar térmica: Usada para producir agua caliente de baja temperatura usada para los sanitarios y calefacción.

Energía solar fotovoltaica: Usada para producir electricidad a través de placas de semiconductores que se excitan con la radiación solar.

Energía solar termoeléctrica: Se usa para producir electricidad por ciclos termodinámicos convencionales a partir de un fluido calentado a alta temperatura (aceite térmico).

Energía solar híbrida: Se genera al combinarse la energía solar con la combustión de biomasa, combustibles fósiles, energía eólica u otra energía alternativa.

Energía eólico solar: Producida por el aire calentado con el sol, que sube por una chimenea.

2.2.5. Sistemas de aprovechamiento térmico.

Estos sistemas de secado se clasifican principalmente por sus rangos de temperatura de funcionamiento en dos grupos principales, secador de alta temperatura y secador de baja temperatura. Sin embargo, los secadores son más comúnmente clasificados ampliamente de acuerdo a sus fuentes de calor en las secadoras de combustibles fósiles (más comúnmente conocidos como los secadores convencionales) y secador de energía solar. Estrictamente, todos los diseños realizados prácticamente-secadoras de alta temperatura son alimentadas por los combustibles fósiles, en cambio los secadores de baja temperatura son alimentados por combustibles fósiles o de energía solar (Ekechukwu & Norton, 1997).

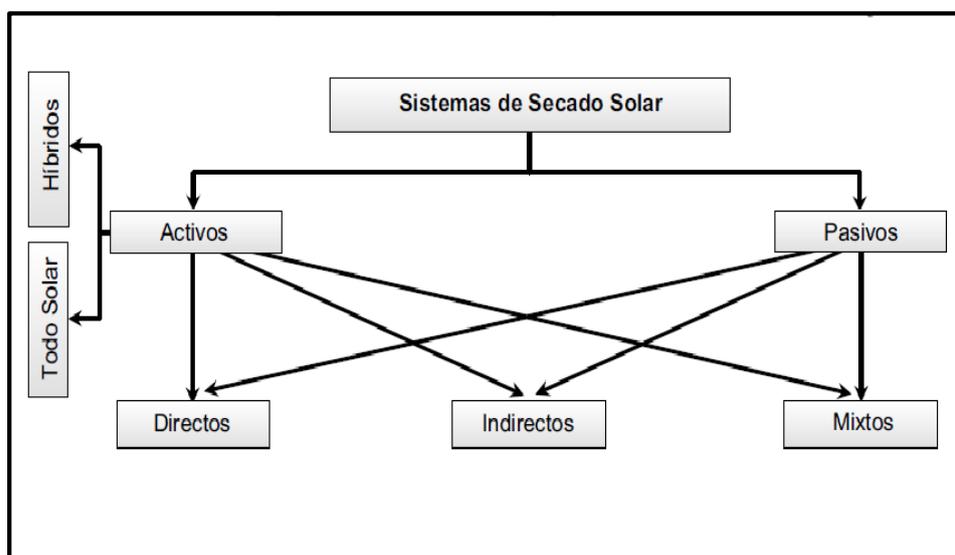


Figura 4: Sistemas del secado solar.

Clasificación por aprovechamiento térmico (Grassick, 2006).

Sistemas activos.

Los sistemas solares activos se usan para ventilar o refrigerar así mismo también para almacenar el calor y ser utilizado a futuro, por medio de equipos mecánicos o eléctricos como bombas y ventiladores. Los sistemas de calentamiento de agua, y los basados en termosifón, son utilizados como bombas o ventiladores para hacer circular el agua, con una mezcla anticongelante o aire a través de los colectores solares, clasificándose dentro de la tecnología solar activa. Los colectores solares pueden ser planos o con algún sistema de concentración.

Sistemas pasivos.

Para el aprovechamiento pasivo de la energía solar no requiere ningún dispositivo para captarla, por ende, los costes de mantenimiento son muy bajos. Un ejemplo de un sistema solar pasivo es una chimenea solar para mejorar la ventilación de una vivienda. Se incluyen también los **sistemas** de calentamiento de agua mediante circulación natural o termosifón.

2.2.6. Secadores solares.

Los secadores solares son mecanismos diseñados y construidos para captar la energía solar que permiten reducir la humedad de los alimentos, los elementos básicos de un secador solar son: el colector, donde la radiación calienta el aire y la cámara de secado donde la materia prima es deshidratada por el aire caliente que la atraviesa. Dichos componentes pueden diseñarse de diferentes maneras para integrarse a los distintos equipos de secadores solares, estos se pueden dividir en secadores solares directos, indirectos y mixtos (Grassick, 2006).

2.2.7. Tipos de circulación.

El aire circula dentro del secador para eliminar la humedad del producto. Esta circulación se logra por los siguientes métodos (Grassick, 2006).

Circulación forzada:

Esta circulación es impulsada por un ventilador que es alimentado por energía mecánica o eléctrica. Esta clase de circulación es posible en el diseño de equipos más grandes, además posibilita el control del proceso de secado. Al aplicar esta clase de circulación se tienen la posibilidad de conseguir velocidades de circulación de aire que van de 0,5 y 1 m/s. La primordial desventaja de la circulación forzada es que hay que tener una fuente de energía eléctrica.

Circulación por convección natural:

En este tipo de circulación el aire es motivado por las diferentes temperaturas existentes entre las distintas partes del equipo, que promueven la convección térmica del aire. En este tipo de circulación se hace más difícil de incorporar con componentes grandes. En equipos pequeños o medianos se puede lograr velocidades de aire de 0,4 a 1 m/s al interior de la cámara, pero en equipos grandes esta velocidad no sobrepasa los 0,1 a 0,3 m/s.

2.2.8. Tipos de secadores solares:

Clasificados por el principio de su calefacción (Grassick, 2006).

Secador solar directo.

En esta clase de secador, el colector y la cámara de secado, tienen la posibilidad de sumarse, tal es así que la cámara que tiene dentro el producto además tiene la función de colector recibiendo la radiación del sol. En los secadores solares directos la radiación del sol es

absorbida por nuestro producto, resultando más efectivo el provecho de la energía para producir la evaporación del agua. Esto se origina por que la presión de vapor en la superficie del producto se incrementa por la absorción de radiación del sol. Entonces, el gradiente de presiones de vapor entre producto y aire se hace más grande y se acelera el secado.

La unión de colector y cámara en una sola unidad puede ser más económica en múltiples casos, fundamentalmente en los secadores de menor tamaño. Esta clase de secadores es la mayoría de las veces son con circulación de aire por convección natural. Esto provoca que en ocasiones el control del proceso sea poco recomendable. Para muchos productos la acción de la radiación del sol puede alterar algún compuesto orgánico que lo compone y que pueda tener interés comercial. Las características generales de operación de los secadores directos son:

El vehículo de secado puede ser aire calentado por vapor, gases de combustión, gas inerte calentado (nitrógeno, por ejemplo), o vapor de agua sobrecalentado.

El secado se realiza por transferencia de calor por convección entre gases calientes y el sólido mojado, en donde el flujo de gases extrae el líquido vaporizado y separa el vapor.

Un secador directo agota más combustible por kilogramo de agua evaporada, mientras más bajo sea el contenido de humedad.

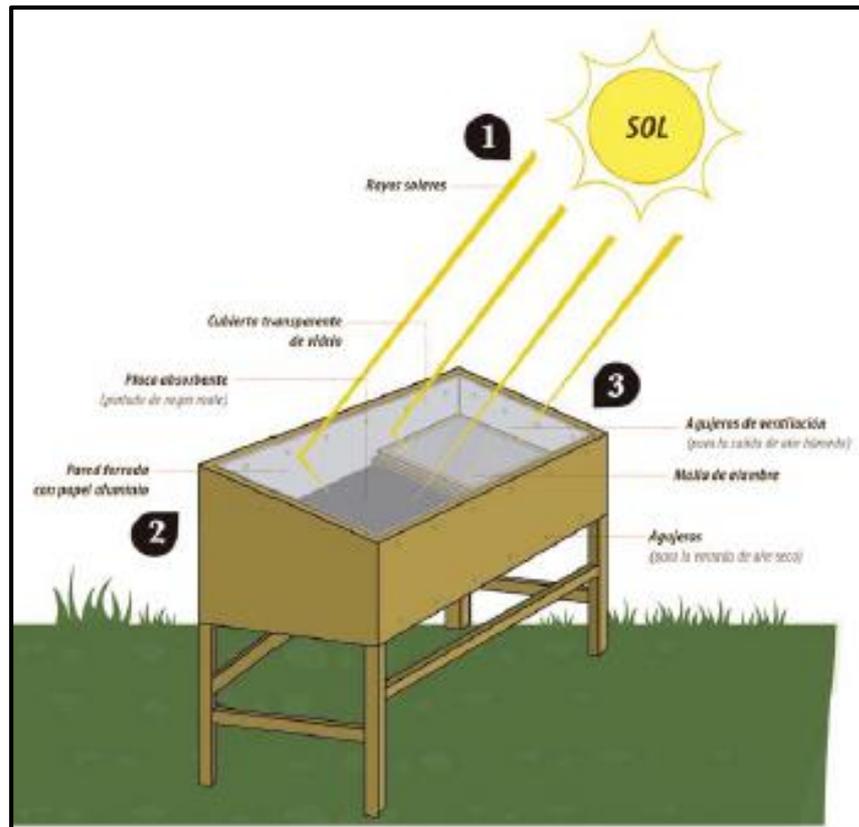


Figura 5: Modelo de un secador solar directo.

La eficacia mejora al aumentarse la temperatura del gas de entrada a una temperatura de salida constante.

El secador solar indirecto.

En esta clase de secador, el colector y la cámara de secado están apartados. El aire es calentado en el colector y la radiación no influye sobre el producto colocado en la cámara de secado. La cámara de secado no facilita el ingreso de la radiación del sol. Este secador es fundamentalmente un secador conectivo común sobre el cual el sol trabaja como fuente energética. Los secadores directos son distintos a los indirectos en la transmisión de calor y la extracción de vapor. Las características de operación que definen a este tipo de secadores son:

Los secadores indirectos que utilizan fluidos de condensación como medio de calentamiento son, en general, económicos desde el punto

de vista del consumo de calor, ya que suministran calor sólo de acuerdo con la demanda hecha por el material que se está secando.

El calor se transfiere al material húmedo por conducción a través de una pared de retención de sólidos, casi siempre de naturaleza metálica. Las temperaturas de la superficie pueden variar desde niveles bajos al de congelación, hasta superiores de 550 °C, en el caso de secadores indirectos calentados por medio de productos de combustión.

Se caracterizan por el procedimiento de agitación para incrementar el contacto entre el material húmedo y la superficie de metal caliente, de esta forma como para llevar a cabo un cambio continuo de material húmedo en la superficie caliente. La naturaleza de dicho contacto establece la rapidez de secado total de los secadores indirectos.

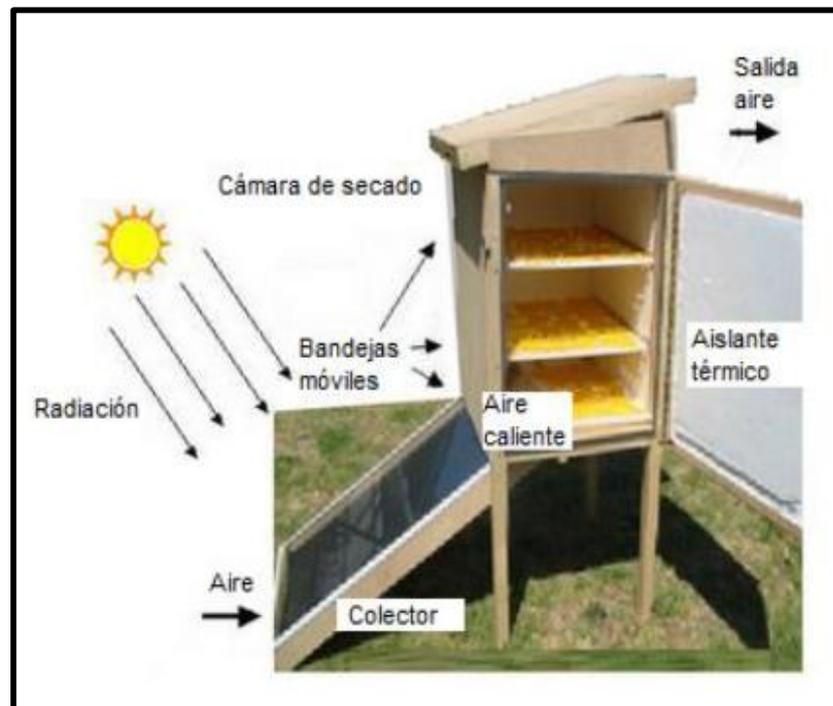


Figura 6: Modelo de un secador solar indirecto.

El secador solar mixto.

Esta clase de secadores solares tienen algunas restricciones. No puede utilizarse a lo largo de la noche y su nivel de eficacia es menor en épocas lluviosas y alta nubosidad. Por lo general el producto no se seca completamente solamente en un día, trayendo como resultado un deterioro del producto a lo largo de la noche, dando lugar a la aparición de hongos. Además, esta clase de secadores no fueron creados con el fin de incrementar en proporción hasta transformarse en equipos más grandes, sin que esto represente inconvenientes asociados con la creación y la fragilidad de su sistema estructural. Para superar estos inconvenientes, se han diseñado numerosos tipos de secadores mixtos que utilizan combustible para tener una fuente de calor auxiliar cuando esta se requiera.

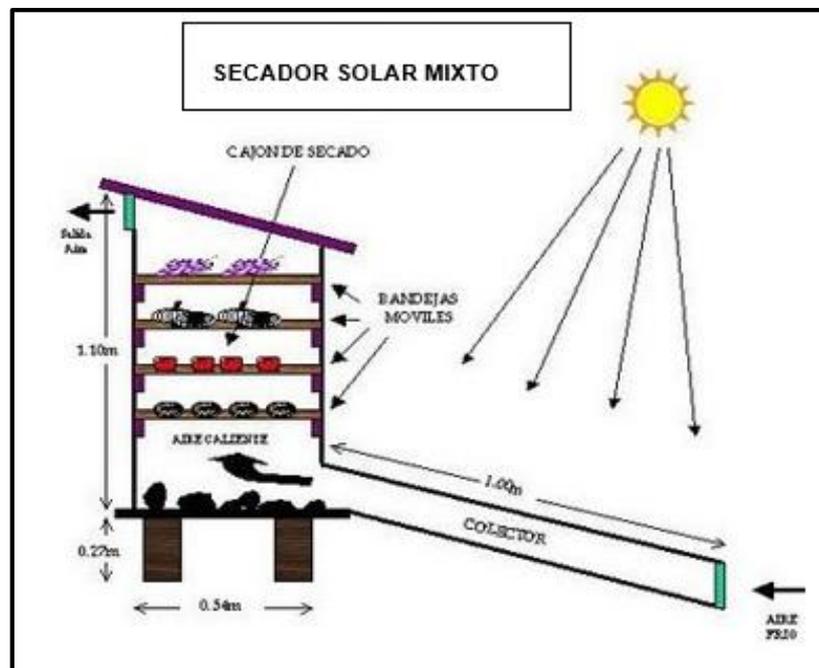


Figura 7: Modelo de un secador solar mixto.

Los recursos de energía renovable globales ofrecen oportunidades abundantes para proporcionar la energía limpia y sostenible para cada uno. El potencial técnico para la utilización de energía renovable es casi 20 veces mayor que la demanda de energía corriente global. Aún, hoy la energía renovable sólo proporciona el 17% de las necesidades de energía líderes mundiales primarias y el empleo de energía

renovable tradicional constituye la parte mayor (el 9% y el 5,7% respectivamente). Nuevas energías renovables como el viento y solar proporcionan sólo el 2% de consumo de energía total global primario (Romero, Romero, & Wood, 2010).

2.2.9. Velocidad del secado.

La forma de lograr que los materiales tengan un mayor grado de sequedad es calentarlos al aire libre y ponerlo en contacto con el material; la cantidad de agua que el aire puede absorber depende de su temperatura. Entre más seco y caliente esté el aire, mayor será la velocidad de secado eliminándose por medio del mismo aire el vapor de agua formado (Intermediant Technology Development Group, 1998).

El exceso de humedad retenida por los materiales puede eliminarse por procedimientos mecánicos (sedimentación, filtración, centrifugación). No obstante, la exclusión más completa de la humedad se obtiene por evaporación y expulsión de los vapores formados, por medio de el secado térmico, así sea empleando una corriente gaseosa o con la asistencia del gas para obtener el vapor. La celeridad con que se seca un producto es dependiente de numerosos componentes, de manera directa relacionados con el aire de secado, entre los que destacan:

La actividad de agua (a_w): Es el agua que se encuentra libre en el alimento, es decir, el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo las diferentes reacciones químicas.

Isoterma de sorsión del producto: Una isoterma es una curva que describe, una temperatura dada, la relación de equilibrio entre la cantidad de agua del alimento y la presión de vapor o humedad relativa.

El término de torsión: se utiliza para referir el accionar de un producto, en relación de su contenido inicial de humedad, el cual perderá o va a ganar (adsorber) agua a lo largo del proceso de equilibrio con la atmosfera que envuelve al producto.

Velocidad superficial relativa del aire respecto al sólido: La naturaleza del material (composición, estructura, etc.) influye en el valor de la actividad del agua (humedad relativa) que está muy relacionada con la “ligazón del agua”. Cuando se incrementa la velocidad relativa lo hace también la velocidad de secado, pero, a partir de cierto valor la velocidad de secado no depende de dicha variable.

La temperatura del aire de secado: se basa en la necesidad de alargar el proceso para que tenga lugar otros fenómenos (bioquímicos, enzimáticos, etc.) que junto con el secado son necesarios para obtener un producto de calidad. Así ismo la humedad relativa del aire de secado influye en la velocidad de secado, el secado puede ser mayor cuanto menor sea la humedad relativa del aire caliente, puesto que esta variable representa el porcentaje de saturación de este producto.

Dimensiones del producto, densidad de carga, porcentaje de llenado, etc.: Cuando las partículas sólidas sean suficientemente uniformes y permitan la determinación de su superficie, se determinará la variación de la velocidad de secado con el tamaño de las mismas si el aire circula a través del lecho del material (Oti-Boateng & Axtel, 1998).



Figura 8: Transferencia del calor en el producto en un secador solar mixto.

2.2.10. Deshidratado.

El agua retirada a lo largo del secado, deshidratación o concentración, puede ser eliminada de los comestibles por las sencillas propiedades del ambiente o por una diversidad de procesos controlados de deshidratación en los que se someten a técnicas que emplean diferentes medios como calor, aire, frío, y ósmosis. En la actualidad el vocablo deshidratación de comestibles hace referencia al secado artificial bajo control (Camacho, 2002).

Zavala (2013), sugiere que el deshidratado de un producto, es en esencia un fenómeno de migración de agua desde el interior de su masa de contacto gas-sólido, donde la humedad contenida en el sólido es llevada hasta su superficie y transferida consecuente a la corriente de aire que lo circunda, impulsado al principio por una diferencia de temperatura entre la superficie del producto y la de la corriente de aire, y en gran parte del tiempo que dura el proceso, impulsado también por la diferencia de las presiones parciales del vapor de agua en la superficie del producto y en la corriente de aire

de secado. Cuando estas dos presiones se igualan, se dice que el sólido y el gas están en equilibrio y el proceso de secado cesa.

Los estudiosos de la buena calidad de los alimentos han encontrado buenos resultados reduciendo el contenido de la humedad de los alimentos de 20% a 10%, indicando que las bacterias, levaduras, moho y enzimas están impedidos de reproducirse y malograr los alimentos. Los microorganismos son eliminados eficazmente cuando la temperatura interna del alimento alcanza 145 °F (62,7 °C) (Herringshaw, 1997).

2.2.11. Funcionamiento o partes del deshidratador.

El sistema del funcionamiento del deshidratador diseñado está constituido por un colector solar, cámara de secado y chimenea.

Colector solar: es uno de los componentes más importantes, que se puede utilizar para muchas aplicaciones en el secado de productos, la calefacción, calentamiento de agua, la desalinización solar. La mejora de su rendimiento es esencial para la aceptación comercial de su uso en tales aplicaciones. Es importante señalar que el parámetro más importante del diseño de colectores solares de aire es el coeficiente de transferencia de calor por convección forzada entre la placa de absorción y aire (Fudholi *et al.*, 2011).

Cámara de deshidratado: está unido a la sección de salida del colector solar recibe el aire calentado del colector solar creando una cámara adiabática con humedad baja y alta temperatura la que inducirá al desprendimiento continuo de humedad del producto que reposa en las bandejas y arrastrará la humedad absorbida hasta su expulsión por la chimenea. Está demostrado que el proceso de secado conlleva a una estratificación en los resultados de secado, es decir en las primeras bandejas de secado es donde el deshidratante se produce más rápido, por esta razón en la parte superior, posterior a la

chimenea existe una placa plana de aluminio con el fin de compensar el calor perdido durante el recorrido del aire caliente en la cámara de deshidratado (Fudholi *et al.*, 2011).

Chimenea: Cumple las funciones de salida del aire húmedo producto del arrastre de la humedad desde el producto con el fin de lograr el deshidratado deseado. Los sensores de humedad y temperatura permiten registrar los valores durante el proceso de secado para su control desde la abertura de la chimenea. La abertura trata de que el flujo de salida sea uniforme y abarque todo lo ancho a fin de lograr un flujo permanente que pueda controlar y regular la temperatura y la humedad interna de la cámara de deshidratado. Esta abertura deberá estar en concordancia con la velocidad de los extractores de aire y lograr el desequilibrio de la temperatura y la humedad (Fudholi *et al.*, 2011).

2.3. Definición de términos básicos.

La energía solar: Es el recurso de energía más abundante y está disponible para usarse en dos formas: directa (la radiación solar) e indirecta (eólica, biomasa, hidráulica, océano etc.). Incluso si sólo el 0,1% de esta energía llega a la tierra podría ser convertida con una eficacia del 10%, esto equivale cuatro veces más grande que la capacidad generadora de electricidad total mundial de aproximadamente son 5 000GW (World Energy Council, 2013).

Energía solar térmica: Está basada en el aprovechamiento del calor por unos captadores solares (Tobajas, 2012, 21). La aplicación se puede clasificar dependiendo de su temperatura en: Baja-por debajo de 100 °C; Media-encima de 100 °C y Alta- encima de 300 °C.

Un cuerpo negro: Es aquel que absorbe la energía radiante que incide sobre él (Tobajas 2012, 21). Cuando hay un equilibrio térmico un cuerpo emite una cantidad de energía igual a la que absorbe, por tanto, un buen captador solar de radiación es también un buen emisor de radiación (Tobajas, 2012, 23).

Convección: La convección es el mecanismo mediante el cual se transfiere calor, entre una superficie sólida y un fluido en movimiento adyacente a ella (Panana, 2007).

La conducción: Es el exclusivo mecanismo de transmisión de calor viable en los medios sólidos opacos, cuando en estos cuerpos hay un gradiente de temperatura. El calor se trasmite de la zona de más grande temperatura a la de menor temperatura, debido al movimiento cinético o el choque directo de las moléculas como es el caso de los fluidos en reposo o por el arrastre de los electrones como pasa en los metales (Panana, 2007).

Balance de energía: Ecuación que expresa la relación conservadora entre las distintas formas de energía en un determinado emplazamiento o en un sistema atmosférico en estado estacionario (Organización Meteorológica Mundial, 2012).

Balance de radiación: Distribución de los diferentes componentes de la radiación atmosférica que son absorbidos, reflejados, transmitidos o emitidos por la atmósfera (OMM, 2012).

Coefficiente de extinción: Medición de la cantidad de energía radiante incidente absorbida por unidad de longitud o por unidad de masa de un medio absorbente (OMM, 2012).

Fotoperiodo: Es la duración del período luminoso que se extiende entre el comienzo del crepúsculo matutino hasta la finalización del crepúsculo vespertino (García, 1994).

Humedad atmosférica; humedad del aire: Contenido de vapor de agua en el aire o de diferentes formas (OMM, 2012).

Radiación: Es la energía electromagnética emitida, transferida o recibida (Estrada, 1999).

Radiación solar: Término genérico para la energía radiante que emite el sol (Estrada, 1999).

Irradiación: Potencia solar que influye en una superficie por unidad de área. Es el resultado de integrar la irradiación en un lapso de tiempo, H (J/m^2). Sus unidades son W/m^2 (Estrada, 1999).

La radiación solar directa: Radiación solar que se recibe del ángulo sólido del disco solar (Estrada, 1999).

La radiación Solar Difusa: Radiación solar procedente de toda la bóveda celeste. Está originada por la dispersión de la radiación en la atmósfera (Estrada, 1999).

La radiación solar reflejada: Fracción de la radiación solar (directa y difusa) que es reflejada por la superficie terrestre (Estrada, 1999).

La radiación Solar Global: Suma de la radiación solar directa, difusa y reflejada (Estrada, 1999).

El secado de un producto: es un proceso de transferencia de calor y masa complejo que depende de las variables externas tales como temperatura, humedad y velocidad de la corriente de aire y variables internas que dependen de parámetros como características de la superficie (superficie rugosa o lisa), composición química (azúcares, almidones, etc.), la estructura física (porosidad, densidad, etc.), y el tamaño y forma de los productos. (Mumba, 1995).

La deshidratación de alimentos: Este proceso implica la transferencia de masa y energía. El entendimiento de estos dos términos en la materia a secar y el aire o gas de secado, de esta forma como las particularidades termo-físicas, de equilibrio y transporte de los dos sistemas, son de esencial consideración para modelar el proceso y diseñar el secador (Crapiste, 2000).

La sensibilidad térmica: Es la temperatura máxima que la sustancia puede ser expuesta en el tiempo de secado, esto se debe a que muchos materiales higroscópicos se pudren durante el secado (De la Cruz, 2017).

La velocidad y uniformidad del secado: Dos son los factores importantes que afectan la calidad del proceso y evitan las pérdidas físicas, estructurales, químicas y nutricionales del alimento. Los elementos que intervienen en el proceso de secado son: Temperatura del aire, Humedad relativa del aire, velocidad del aire (De la Cruz, 2017).

CAPÍTULO III

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. Lugar y periodo de ejecución de la investigación.

La investigación se realizó durante los meses de noviembre del 2017 a enero del 2018, en la Instalación ubicada en la Urbanización Sta. Rosa Mz. A, Lt.4 en el distrito, provincia departamento de Tumbes. Geográficamente se localiza en las siguientes coordenadas geográficas: 03° 55' 60" LS y -80° 44' 50" LO.



Figura 9: Lugar del desarrollo de la investigación.

3.2. Tipo y diseño de investigación.

La investigación de acuerdo al fin que persigue fue de tipo aplicada, y de acuerdo a los tipos de datos analizados fue cuantitativa, por cuanto se buscó determinar el valor de las variables independientes de interés: medioambientales (Temperatura ambiental, humedad relativa ambiental,

radiación solar, velocidad y dirección del viento) y propias de deshidratador temperatura y humedad de entrada y de salida del colector solar, temperatura y humedad de entrada y de salida de la cámara de deshidratado, número y velocidad de flujo de aire de los ventiladores y extractores), la humedad del producto a deshidratar como variable dependiente. El diseño de investigación fue de serie temporal.

3.3. Población y muestra de estudio.

3.3.1. Población.

La población estuvo constituida por las cabezas de langostino obtenidas de las plantas de procesamiento de langostino del departamento de Tumbes, las cuales representan el 35% al 40% de la producción total.

3.3.1. . Muestra.

Se tomó una cantidad aproximada de 60 kg de cabezas de langostinos. La selección de la muestra fue aleatoria y dependió de la existencia de la cabeza de langostino en las plantas de procesamiento de langostino del departamento de Tumbes.

3.3.1. Muestreo.

El muestreo se realizó dos veces por semana recolectando las muestras dos veces por semana de las plantas de procesamiento de langostino del departamento de Tumbes.

3.4. Métodos.

3.4.1. Parámetros considerados para el diseño del deshidratador.

El ambiente donde se aplicó la evaluación técnica del deshidratado es único. Los siguientes puntos fueron considerados en el sistema del deshidratador solar:

1. La cantidad de humedad a ser removido desde las cabezas de langostinos hasta obtener una humedad del 10%.
2. Tiempo del proceso de secado.
3. Las horas de luz solar para determinar el periodo total de secado.
4. Velocidad del flujo de aire para el cálculo del número de ventiladores.
5. Las variables que participan en la transferencia de masa y energía.

3.4.2. La construcción del deshidratador solar.

Los materiales usados para la construcción del deshidratador son relativamente baratos y fáciles de obtener en la región. La figura 10 muestra las características esenciales del deshidratador solar consistentes en tres partes: Colector solar, cámara de deshidratado y chimenea.

El colector solar; consistió en un canal cerrado rectangular de 2,4 m x 1,2 m x 0,15 m, el fondo es de triplay de 2,4 m x 1,2 m x 0,015 m de espesor, cubierto por el exterior con tecnopor de 0,025 m y plancha de triplay de 0,004 m como aislante térmico y los lados de madera de pino de 2,4 m x 0,14 m x 0,35 m, con una cobertura de vidrio transparente de 0,008 m dentro de un marco de madera y aluminio. El absorbedor de calor, fue una superficie plana de 2,35 m x 1,15 m de ángulos, platinas y tubos de aluminio de 0,025 m montada en el interior del colector a media altura pintado de negro.

La cámara de deshidratado; fue una cabina de 1,22 m x 0,58 m x 1,6 m (1,13 m³), las paredes fueron construidas con paneles de triplay de 0,015 m, aislante de tecnopor de 0,025 m y triplay de 0,005 m, y recubiertas con enchape de aluminio: con estructura de soporte de madera pino, con dos puertas de acceso de carga a las 10 bandejas y descubierto en la parte superior que comunica con la chimenea.

Las bandejas de secado; estuvieron ubicadas dentro de la cámara de deshidratado en número de 10 unidades; fueron marcos de madera

rectangulares de 1,2 m x 0,57 m x 0,025 m, con fondo de malla plástica.

La chimenea; estuvo ubicada sobre la cámara del deshidratador y es una caja construida de triplay de 1,3 m x 0,23 m x 0,17 m. La parte superior hace de tapa, la cual actúa como puerta regulable y tiene instalado tres extractores de aire a fin de controlar el flujo de salida del aire.

3.4.3. Componentes del diseño del secador solar mixto.

Colector solar. El colector solar, consistió en un canal cerrado rectangular de 2,4 m x 1,2 m x 0,15 m, el fondo es de triplay de 2,4 x 1,2 x 0,015 m de espesor, cubierto por el exterior con tecnopor de 0,025 m y plancha de triplay de 0,004 m como aislante térmico y los lados de madera de pino de 2,4 m x 0,15 m x 0,035 m, con una cobertura de vidrio transparente de 0,008 m dentro de un marco de madera y aluminio.

Paneles reflectores. Estos son ubicados a los costados del secador fueron instalados dos paneles reflectores, los cuales se regulan manualmente direccionando la energía solar hacia el absorbedor de calor del colector solar.

Ventiladores y extractores. Instalados en la parte frontal en un número de 7 y 3 extractores permitiendo el movimiento del aire frío trabaja con presión o depresión. Los primeros impulsan el aire por presión para atravesar la masa del producto, y se ubican antes del colector, los segundos aspiran el aire y están casi siempre situados después de la cámara. Los extractores que trabajan en aspiración son de menor potencia, pueden estar colocados en toda la chimenea, permitiendo mantener una mejor distribución de las temperaturas del aire, lo cual es fundamental en un deshidratador.

Recirculación de aire. Funciona como un sistema de recirculación de aire para sobrecalentarlo y reducir su humedad, desde dos entradas de aire por los costados de la parte baja de la cámara de deshidratado para ser direccionados por tuberías de PVC de 0,10 m de diámetro por dos extractores al inicio interior de la entrada del colector.

Compensador de calor solar o colector auxiliar. Plataforma de aluminio, ubicado en la parte alta de la cámara, tiene el mismo ángulo de inclinación del colector y compensa la pérdida de calor al flujo de aire en la salida de la cámara.

Fuente de calor de gas. Estas fuentes fueron auxiliares para compensar la falta de calor en los días de alta nubosidad cuando la intensidad solar era muy baja y se tenía que mantener una temperatura constante haciendo uso de las fuentes auxiliares de calor con hornillas a gas.

Abertura de chimenea. La chimenea estuvo ubicada sobre la cámara de deshidratado y fue una caja construida de triplay de 1,33 m x 0,23 m x 0,17 m. La parte superior hace de tapa, la cual actúa como puerta regulable a fin de controlar el flujo de salida del aire.

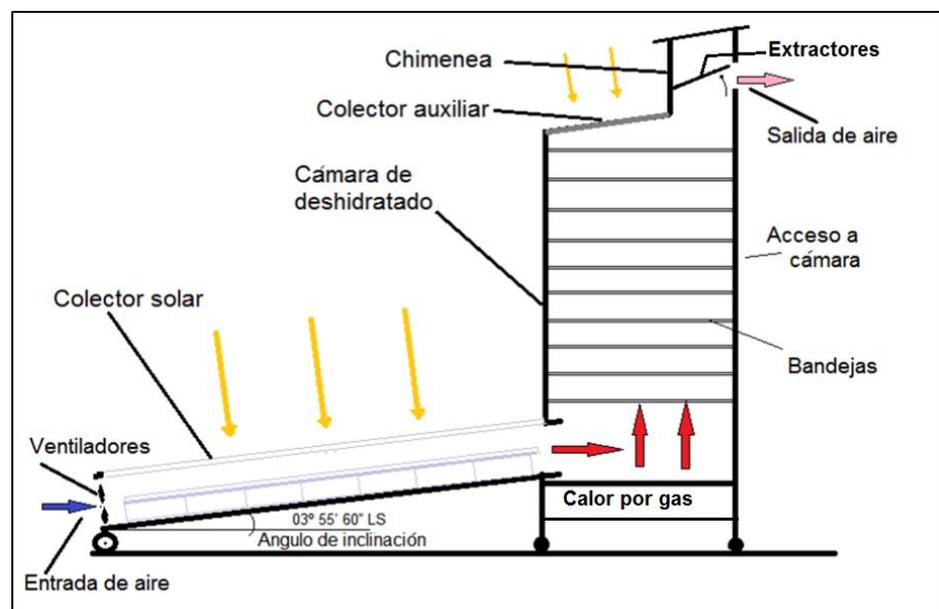


Figura 10: Diseño del deshidratador solar mixto construido.

3.4.4. Funcionamiento del sistema del deshidratador solar.

El deshidratador solar fue un sistema pasivo en el sentido que no tiene partes móviles a excepción de las puertas de alimentación del producto de la cámara y de la chimenea. El sistema de funcionamiento depende en gran medida de la radiación solar, la temperatura y humedad ambiental y de las características del diseño. Los siguientes parámetros medioambientales fueron observados y medidos: temperatura y humedad relativa del medio ambiente, velocidad y dirección del aire del medio ambiente.

En el sistema del deshidratador fueron medidas la temperatura, humedad, velocidad de flujo del aire en todo su recorrido por el colector, la cámara y chimenea. El calor de los rayos del sol ingreso a través del vidrio para ser absorbidos e intensificados en el interior por la superficie de aluminio pintada de negro. La energía calorífica fue absorbida por el aire que circuló como flujo turbulento por las platinas de desviación a lo largo del colector además de absorberse parcialmente por extractores para ser recalentado y reingresado. El efecto invernadero alcanzado en el colector fue conducido como corriente de aire caliente con baja humedad hacia la cámara de deshidratado. Por una corriente de aire frío a una temperatura T_1 y una humedad relativa H_1 ingreso por la parte baja o entrada del colector solar fue calentado al contacto con la superficie plana y curva de aluminio que actuó como un absorbente de energía calorífica y la transmitió por convección al flujo de aire el cual salió caliente a una temperatura T_2 y una humedad relativa H_2 , donde $T_1 < T_2$ y $H_1 > H_2$. Así de esta manera el aire caliente con humedad relativa baja e ingresa a la cámara de deshidratado para recoger más humedad dentro de la cámara de deshidratado como resultado de la diferencia de humedad. Los datos de los parámetros fueron registrados en intervalos de 60 min.

3.4.5. Procedimiento experimental.

La materia prima (cabezas de langostino) a la que se le aplicó el deshidratado se recogió en estado fresco en cajas térmicas de tecnopor con hielo cada mañana a las 6:00 am, siendo transportadas vía terrestre desde las plantas de procesamiento las que están ubicadas a 20 km aproximadamente del lugar donde se desarrolló la investigación (ciudad de Tumbes), previa verificación de las condiciones de cada prueba, se procedió a separar las impurezas (peces pequeños, plástico, etc.), exceso de agua y se realizó el pesado usando una balanza marca ACS-A con capacidad de 40 kg los que fueron depositados en una bandeja de 20 kg de capacidad para realizar cada prueba. Asimismo, se tomaron las variables de las condiciones ambientales, del deshidratador como son la entrada y salida de aire del colector, la entrada y salida de aire de la cámara del deshidratado y de la chimenea, para lo cual se usó un Termoanemómetro, marca: SATO, Japan Modelo: SK27V; Termómetro de mercurio y un Higrómetro Ambiental, Marca: Oregon Scientific USA Modelo: ETHG-912.

3.4.6. Análisis de humedad de las muestras.

El análisis de la humedad se realizó al final de cada prueba; se procedió a tomar parte de la muestra para molerla. Se tomó de la parte inferior, media y superior de la cámara realizándose la molienda con un molino manual marca Corona; luego fue llenada en bolsas con cierre hermético transparentes con un peso de 200 g, siendo transportadas por vía terrestre desde el lugar de la investigación hasta el laboratorio de análisis de la Facultad de Ingeniería Pesquería y Ciencias del Mar de la Universidad Nacional de Tumbes para realizar su análisis de humedad respectivo, según el método: ISO 6496 1999 / NPT- ISO 6496.

3.5. Recolección de datos.

La información sobre la problemática y estudios previos al proyecto se realizó tipo encuesta con visitas a los lugares donde se procesa el secado de cabeza de langostino y las plantas de empacado de la Región Tumbes.

El método de recolección de datos consistió en la lectura de los valores que indicaron los instrumentos con los que se midieron las variables: temperatura, velocidad y dirección del viento y humedad relativa ambiental; así mismo se midieron los valores de la temperatura, humedad y flujo de aire en el deshidratador, para luego ser insertados en formatos de registro diario durante el tiempo que duró la investigación.

3.6. Procesamiento y análisis de datos.

En la investigación fue evaluado la eficiencia del diseño de deshidratador solar en dos etapas; la primera etapa considera las condiciones de convección forzada con carga muestral, con 5 pruebas con operaciones combinadas de 0 a 3 extractores y de 0 a 7 ventiladores.

La segunda etapa fue de convección forzada con carga muestral, con operaciones combinadas de 0 a 3 extractores y 0 a 7 ventiladores para cada una de ellas. Fue con un diseño completamente al azar. Se tomó en cuenta la eficiencia de proceso de secado considerando el número de ventiladores, extractores y carga muestral.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y RESULTADO

4.1. Resultados.

4.1.1. Diseño y construcción del deshidratador solar para secado de cabeza de langostino.

Se diseñó y construyó un deshidratador solar mixto, de baja temperatura, pasivo, de circulación forzada, calefacción indirecta y fuente de calor a gas, con un sistema de funcionamiento constituido por un colector solar, cámara de secado y chimenea con ventiladores y extractores de aire por convección de aire caliente, paneles reflectores, recirculación para sobrecalentamiento de aire, compensador de calor auxiliar, considerando una demanda de deshidratado de 20 kg de cabeza de langostino húmedo. Necesitándose para este efecto un colector de 2,9 m² debidamente aislado para evitar pérdidas de calor. La cámara del secado en la cual se deshidrató el producto fue de 1,5 m³. Con 10 bandejas ordenadas por niveles del 1 al 10 nivel de capacidad para el deshidratado de la cabeza de langostino, el calor generado en cada nivel de la bandeja estaba en el orden del 1 al 10, en el último nivel era donde se generaba la mayor cantidad de calor. Según figuras 11,12 y 13.

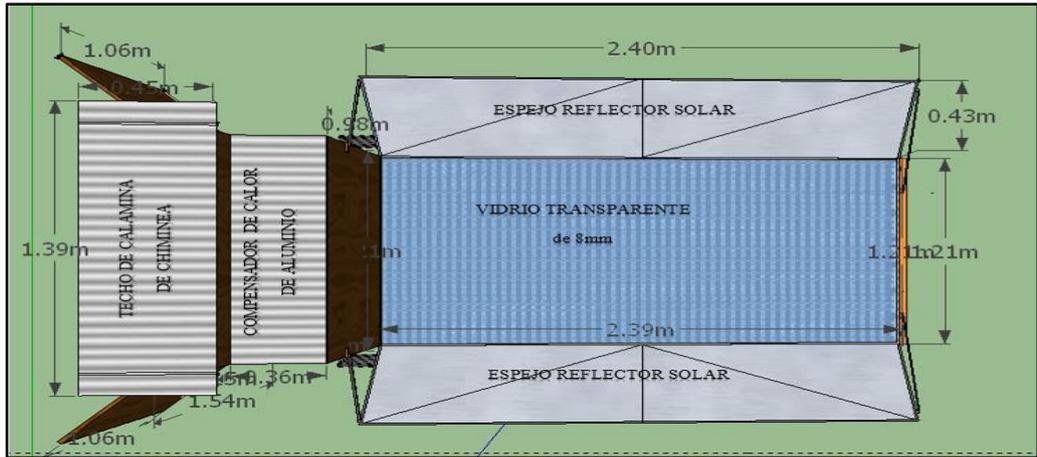


Figura 11: Vista de planta del diseño del deshidratador solar mixto construido.

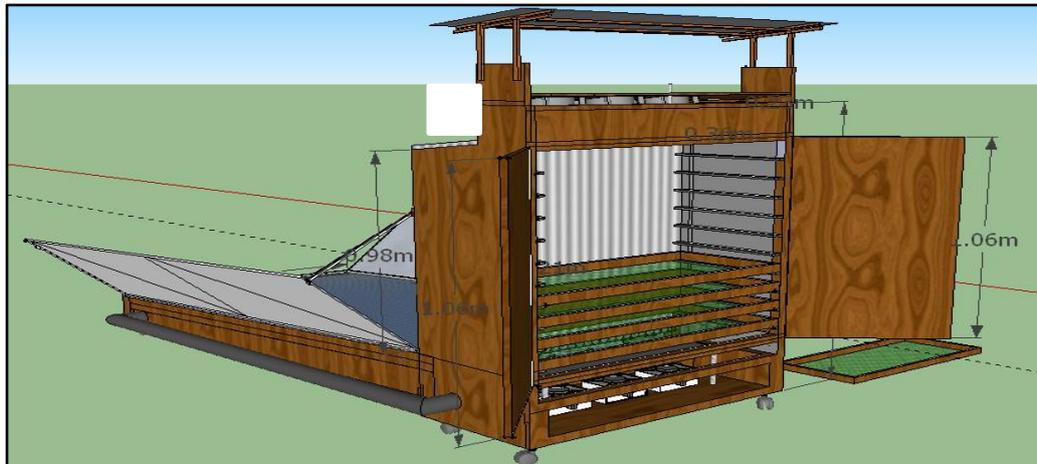


Figura 12: Vista frontal del diseño del deshidratador solar mixto construido.

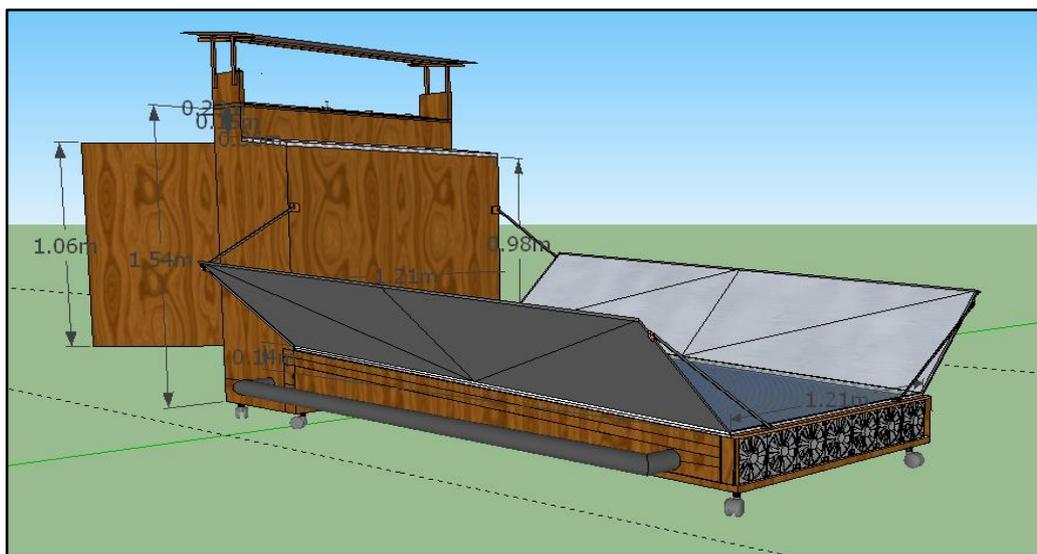


Figura 13: Vista lateral del diseño del deshidratador solar mixto construido.

4.1.2. Eficiencia del deshidratador solar mixto.

El deshidratado de la cabeza de langostino se realizó en dos etapas la primera fue en el mes de noviembre del año 2017, y la segunda etapa fue en el mes de enero del año 2018. Cada etapa tuvo cinco pruebas las que tuvieron una duración de 8 horas al día, con la finalidad de aprovechar la máxima intensidad de los rayos solares, el proceso de deshidratado se inició a las 9 am hasta 5 pm.

Primera etapa año 2017.

La primera etapa se inició en el mes de noviembre con el desarrollo de las 3 primeras pruebas las que se realizaron en los niveles 1, 5 y 10, observándose en las curvas del secado que la humedad promedio más baja alcanzada fue en las bandejas de los niveles 10 para los tres niveles. En la primera prueba se observó una humedad de 62,19%, 52,94% y 20,23%, en la segunda prueba fue de 55,62%, 51,81% y 13,13% y para tercera prueba fue de 50,32%, 28,66% y 3,28%, resultando que en las tres pruebas los porcentajes de humedad más bajos fueron en el nivel 10 siendo este el que se encuentra en contacto directo con la fuente de calor. La cuarta prueba se desarrolló en las bandejas 2, 6 y 10, llegándose a observar que la humedad promedio alcanzada en las bandejas fue de 48,20%, 40,65% 17,74%, igualmente el valor más bajo se registró en el décimo nivel, y finalmente en la prueba cinco se realizó en las bandejas 3,5 y 7, observándose que la humedad promedio fue de 49,52%, 13,67% y 41,34% donde el valor más bajo de humedad registrada fue de 13,67% en la bandeja 5 encontrándose esta en el centro de la cámara de secado según figuras 14, 15, 16, 17 y 18.

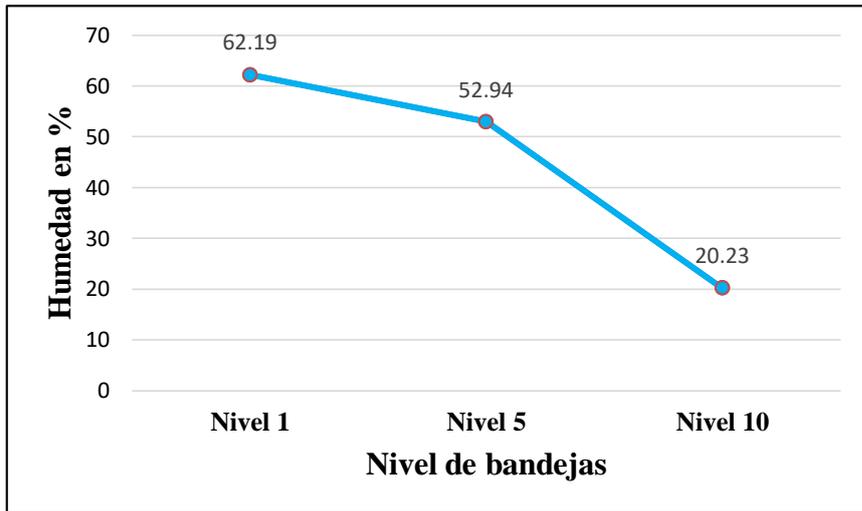


Figura 14: Valores promedio de la humedad en la prueba 1.

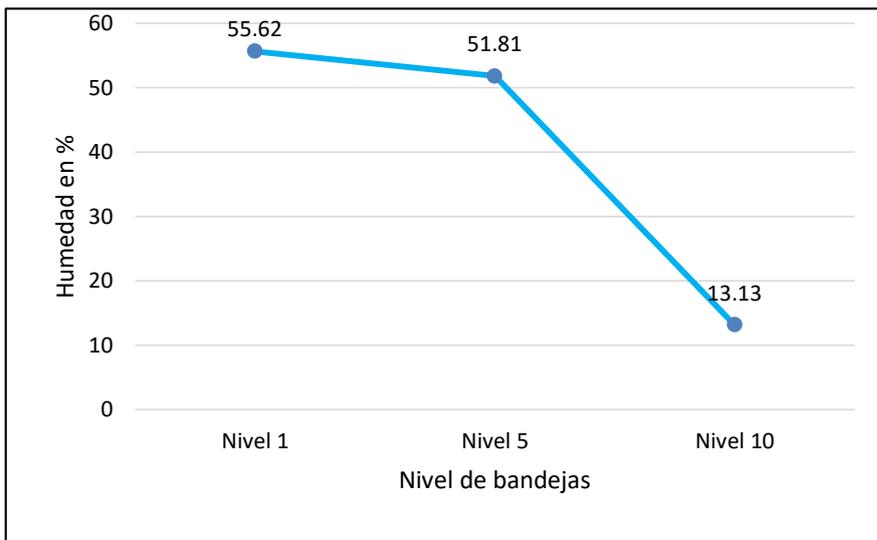


Figura 15: Valores promedio de la humedad en la prueba 2.

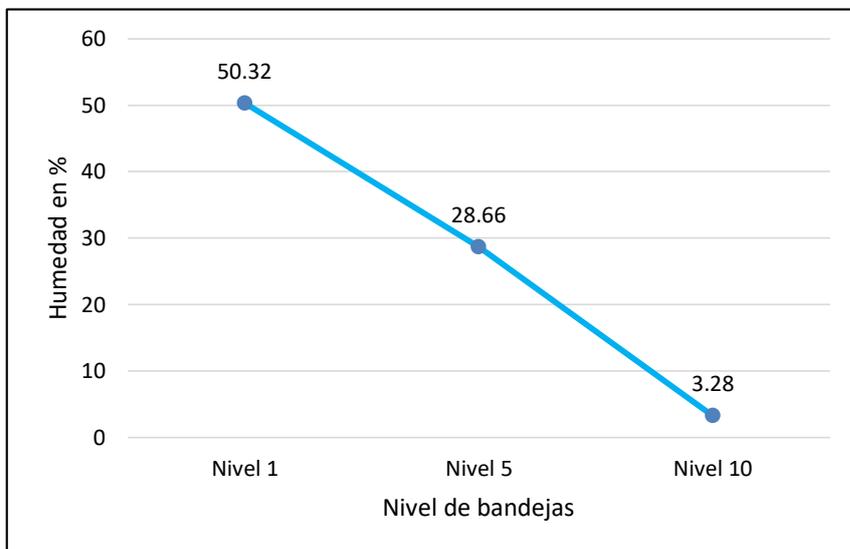


Figura 16: Valores promedio de la humedad en la prueba 3.

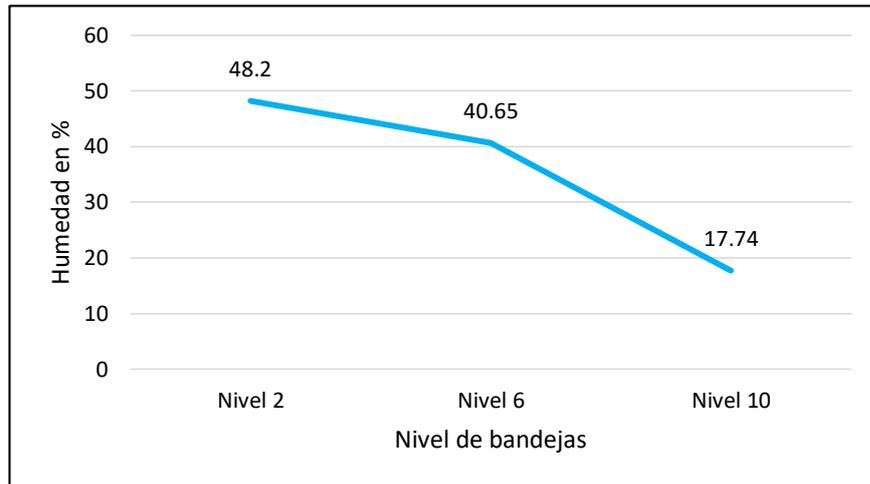


Figura 17: Valores promedio de la humedad en la prueba 4.

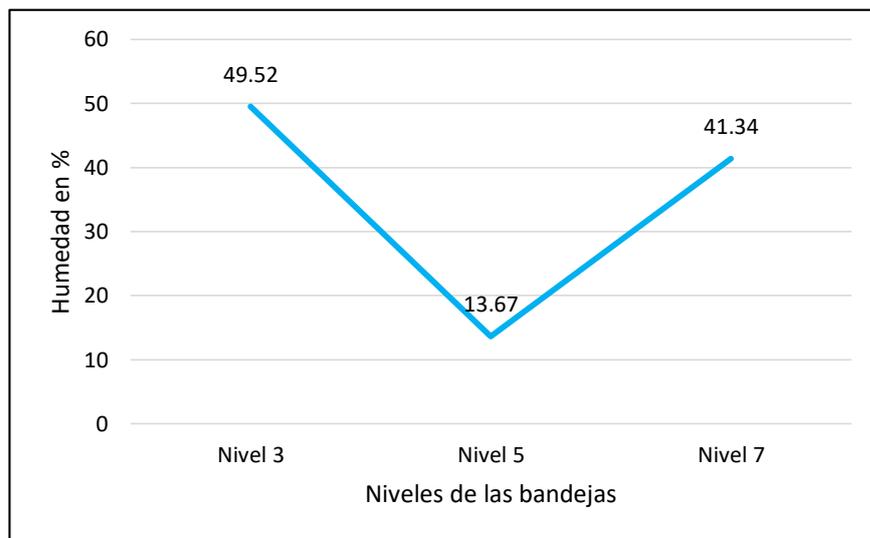


Figura 18: Valores promedio de la humedad en la prueba 5.

4.1.3. Segunda etapa año 2018.

La segunda etapa se inició en el mes de enero con el desarrollo de las primeras pruebas en las que se observan las diferentes curvas del secado de las bandejas 3,5 y 7, los niveles de humedad promedio alcanzada en los tres niveles fue 24,63%, 15,56% y 7,65%, observándose que el valor más bajo se registró en el nivel 7 el cual se encuentra más próximo a la fuente de calor. En la prueba 2 las bandejas utilizadas fueron 4,5 y 6 registrando valores de humedad de 13,19%, 7,20% y 5,10%, estos valores difieren de las demás pruebas porque fue ajustada la fuente de calor por ser días sombríos y el principio de secado

es de un secador mixto. En la prueba 3 se utilizaron las bandejas 5,6 y 7 donde se registraron valores de humedad de 10,49%, 6,89% y 3,61%, igualmente los valores registrados fueron más bajos por se mantuvo accionado la fuente secundaria de calor el cual fue con hornillas a gas. La prueba 4 fue similar a la prueba 2 donde fueron utilizadas las bandejas 4,5 y 6 observándose valores promedios de humedad de 8,81%, 7,07% y 4,90%, los que fueron menores a los de la prueba dos por el ajuste realizado a la fuente de calor y finalmente la prueba 5 fue desarrollada en las bandejas 3,4 y 5 donde se registraron valores de humedad promedio de 10,16%, 7,70% y 5,56%, siendo estos últimos valores más altos a los anteriores porque los días fueron de poca intensidad solar y se tuvo que accionar y ajustar las intensidad de calor del calentador a gas con que cuenta este secador solar mixto, además los demás parámetros fueron calibrados con mayor precisión según figura 19, 20, 21, 22 y 23.

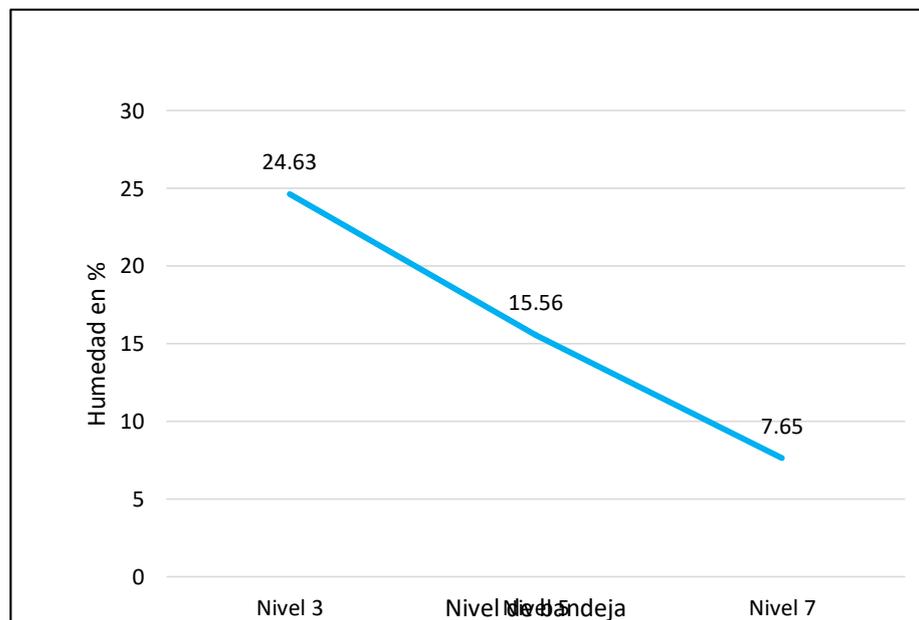


Figura 19: Valores promedio de la humedad en la prueba 1.

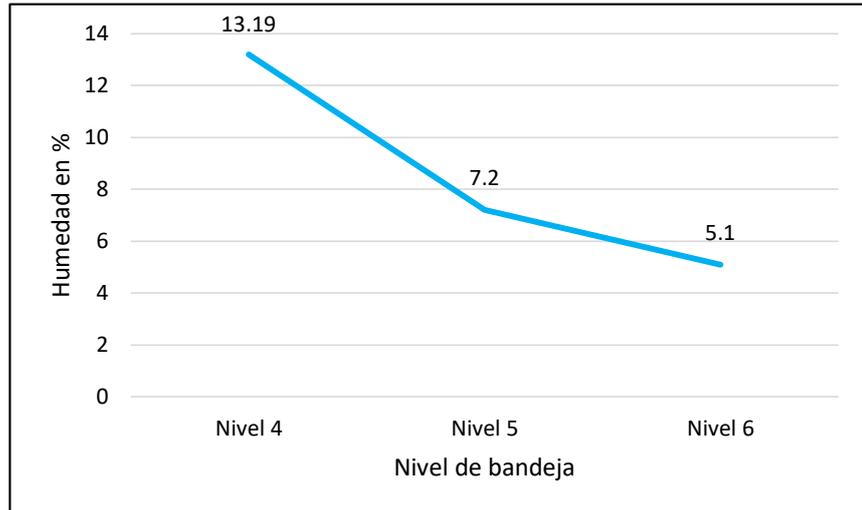


Figura 20: Valores promedio de la humedad en la prueba 2.

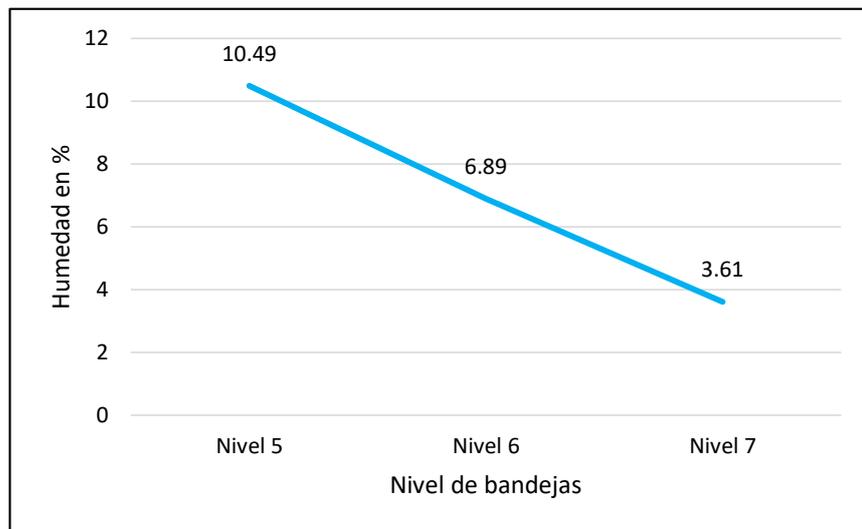


Figura 21: Valores promedio de la humedad en la prueba 3.

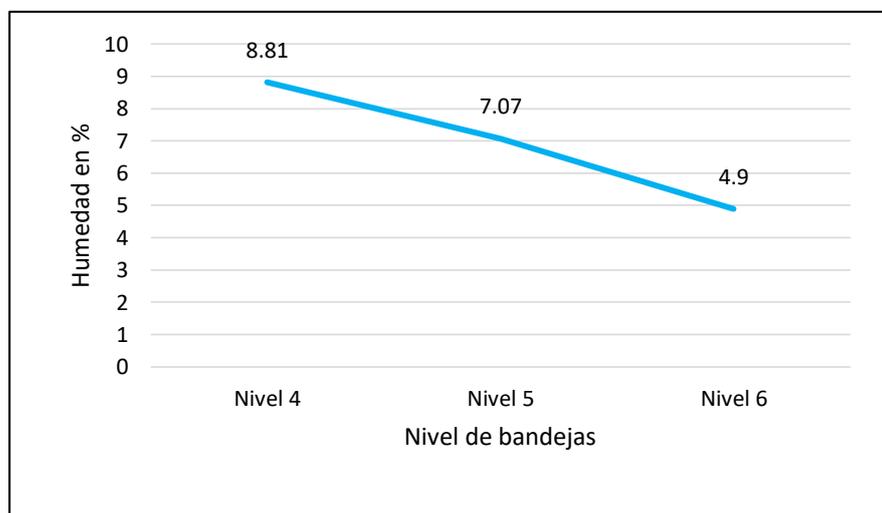


Figura 22: Valores promedio de la humedad en la prueba 4.

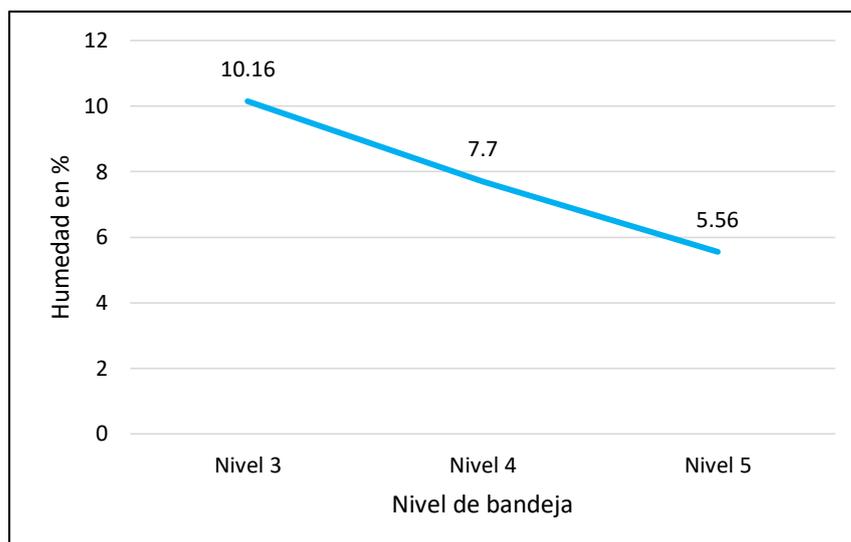


Figura 23: Valores promedio de la humedad en la prueba 5.

4.1.4. Temperatura ambiental.

En la figura 24 podemos observar las diferentes curvas de temperatura ambiente del lugar de ejecución del deshidratado de la cabeza de langostino. En la primera etapa, donde se desarrollaron 5 pruebas presento valores promedio mínimos de 31,50 °C en la primera semana del mes de noviembre y máximos de 34,96 °C en la última semana del mes de diciembre del mismo año debido al cambio de estación y la presencia de altas temperaturas registradas. En la segunda etapa igualmente se realizaron 5 pruebas presentando valores promedio mínimos de 30,21 °C y máximos de 35,20 °C durante la primera y última semana del mes de enero.

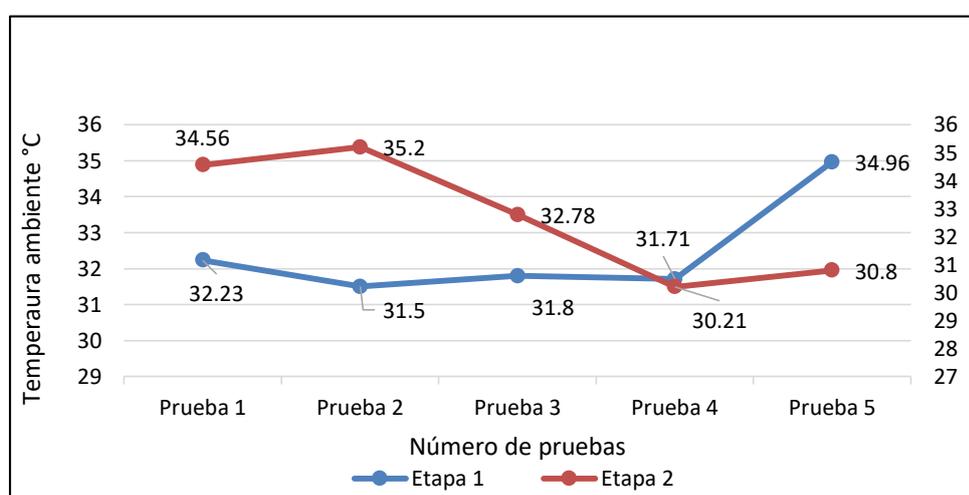


Figura 24: Valores promedio de la temperatura ambiente.

4.1.5. Humedad relativa del medio ambiente.

En la figura 25 se observa las curvas de la humedad relativa del medio ambiente. En la primera etapa los valores promedios mínimos alcanzados fueron de 40,20% en la última semana del mes de diciembre y los máximos alcanzados fueron de 54,82% en la segunda semana del mes de diciembre del mismo año. En la segunda etapa se observaron valores promedios mínimos de 37,54% en la segunda semana del mes de enero y los valores promedios máximos alcanzados fueron de 59,17% en la última semana del mes de enero.

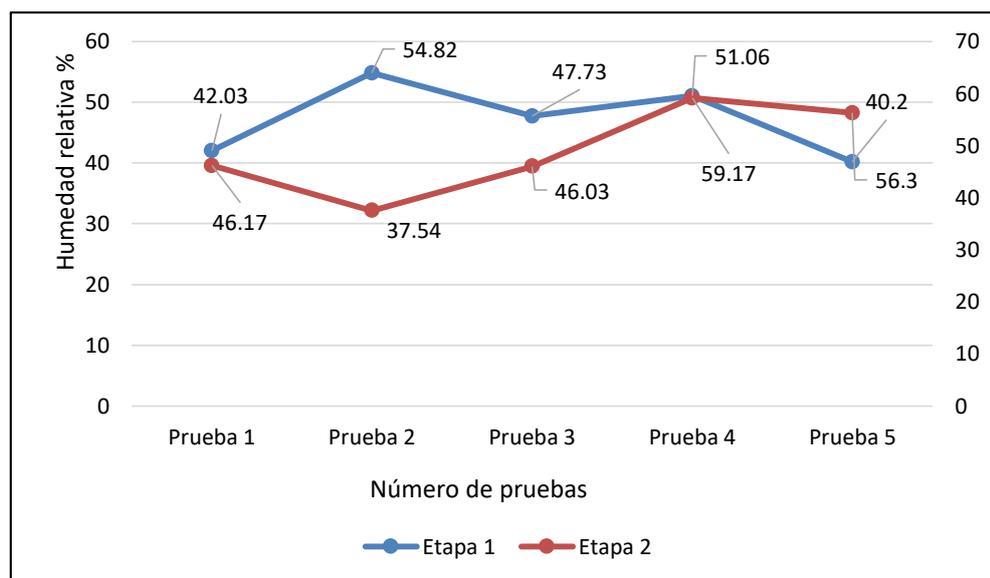


Figura 25: Valores promedio de la humedad relativa del medio ambiente.

4.1.6. Temperatura de la parte baja de la cámara del deshidratador.

En la figura 26 se observan las curvas de la temperatura promedio de la parte baja de la cámara del deshidratador. En la primera etapa los valores mínimos fueron de 42,25 °C en la primera semana del mes de noviembre y los máximos alcanzados fueron de 51,22 °C en la tercera semana del mes de diciembre del mismo año. En la segunda etapa se observaron valores promedios mínimos de 51,88 °C en la primera semana del mes de enero y los valores promedios máximos alcanzados fueron de 61,37 °C en la tercera semana del mes de enero.

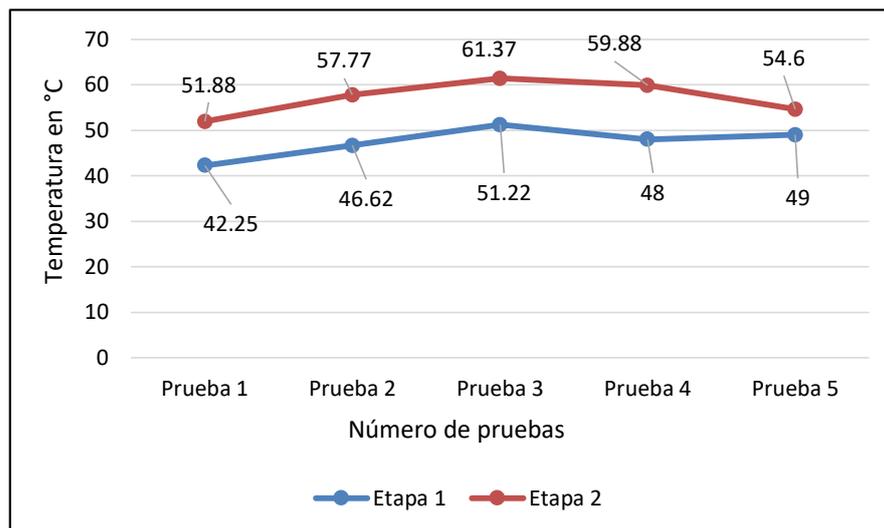


Figura 26: Valores promedio de la temperatura de la parte baja de la cámara del deshidratador.

4.1.7. Humedad de la parte baja de la cámara del deshidratador.

En la figura 27 se observan las curvas de la humedad promedio de la cámara del deshidratador. En la primera etapa presento valores mínimos de 40,26% a última semana del mes de diciembre y valores máximos de 55,04% en la segunda semana del mismo mes. En la segunda etapa los valores mínimos de la humedad fueron de 38,83% en la segunda semana del mes de enero y los valores máximos fueron de 58,80% en la última semana del mismo mes esto debido a la presencia de lluvias en la región Tumbes.

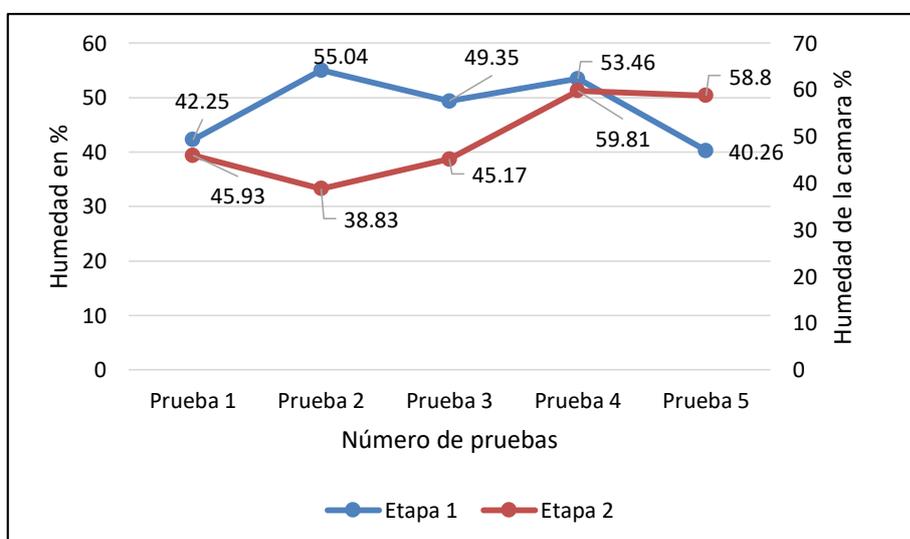


Figura 27. Valores promedio de la humedad de la cámara del deshidratador.

4.1.8. Temperatura de la parte media de la cámara del deshidratador.

En la figura 28 se observan las curvas de la temperatura promedio de la parte media de la cámara del deshidratador. En la primera etapa presento valores mínimos de 46,63 °C en la última semana del mes de noviembre y valores máximos de fueron de 58,77 °C en la tercera semana del mes de diciembre. En la segunda etapa los valores mínimos de la temperatura en parte media de la cámara fueron de 58,88 °C en la primera semana del mes de enero y los valores máximos alcanzados fueron de 65,80 °C en la última semana del mismo mes esto debido al aumento de la intensidad de los rayos solares en la región Tumbes.

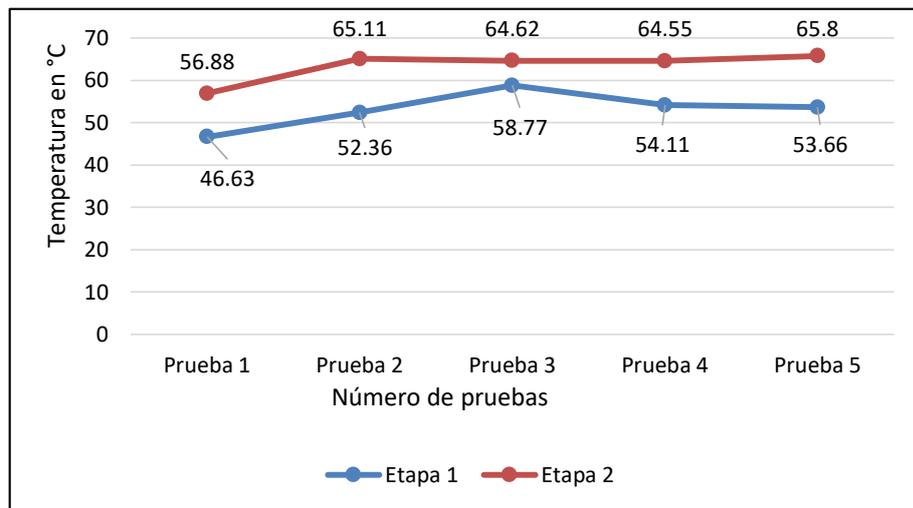


Figura 28: Valores promedio de la temperatura de la parte media del deshidratador.

4.1.9. Humedad de la parte media de la cámara del deshidratador.

En la figura 29 se observan las curvas de la humedad promedio de la parte media de la cámara del deshidratador. En la primera etapa presento valores mínimos de 39,16% en la última semana del mes de diciembre y valores máximos de fueron de 55,04% en la segunda semana del mes de diciembre. En la segunda etapa los valores mínimos de la humedad en parte media de la cámara fueron de 38,58% en la segunda semana del mes de enero y los valores máximos alcanzados fueron de 59,26% en la cuarta semana del mismo mes esto debido al aumento de las lluvias en la región Tumbes.

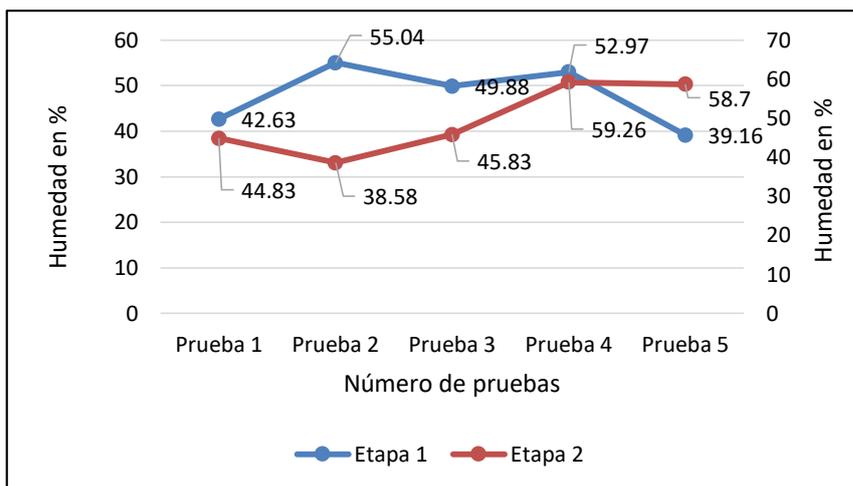


Figura 29: Valores promedio de la humedad de la parte media de la cámara del deshidratador.

4.1.10. Temperatura de la parte superior de la cámara del deshidratador.

En la figura 30 se observan las curvas de la temperatura promedio de la parte superior de la cámara del deshidratador. En la primera etapa se registraron valores mínimos de 58,84 °C, en la última semana del mes de noviembre y valores máximos de 68,00 °C, en la segunda semana del mes de diciembre. En la segunda etapa los valores mínimos de la temperatura en la parte superior de la cámara fueron de 62,66 °C y en la primera semana del mes de enero y los valores máximos alcanzados fueron de 75,25 °C en la tercera semana del mismo mes esto debido al aumento de la incidencia de los rayos solares en la región Tumbes.

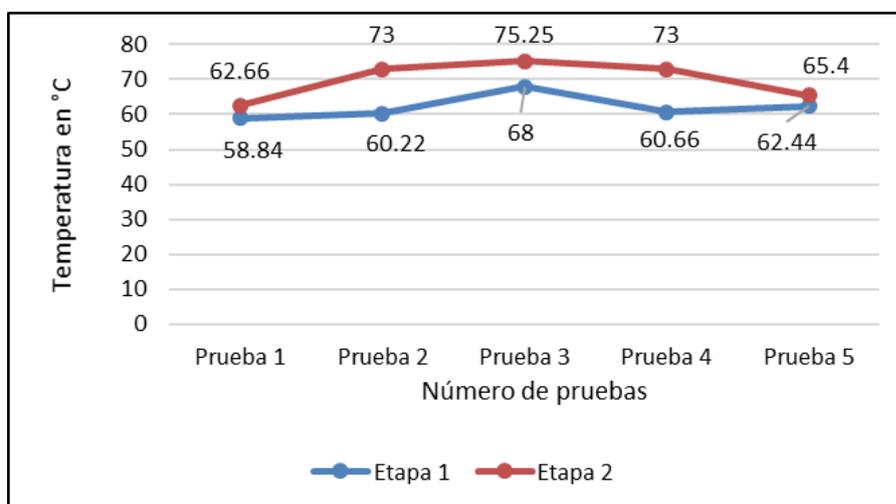


Figura 30: Valores promedio de la temperatura de la parte superior de la cámara del deshidratador.

4.1.11. Humedad de la parte superior de la cámara del deshidratador.

En la figura 31 se observan las curvas de la humedad promedio de la parte superior de la cámara del deshidratador. En la primera etapa se registraron valores mínimos de 39,83%, en la última semana del mes de diciembre y valores máximos de 56,65%, en la segunda semana del mes de diciembre. En la segunda etapa los valores mínimos de la humedad en la parte superior de la cámara fueron de 37,77% y en la segunda semana del mes de enero y los valores máximos alcanzados fueron de 59,11% en la cuarta semana del mismo mes esto debido al aumento de las lluvias en la región Tumbes.

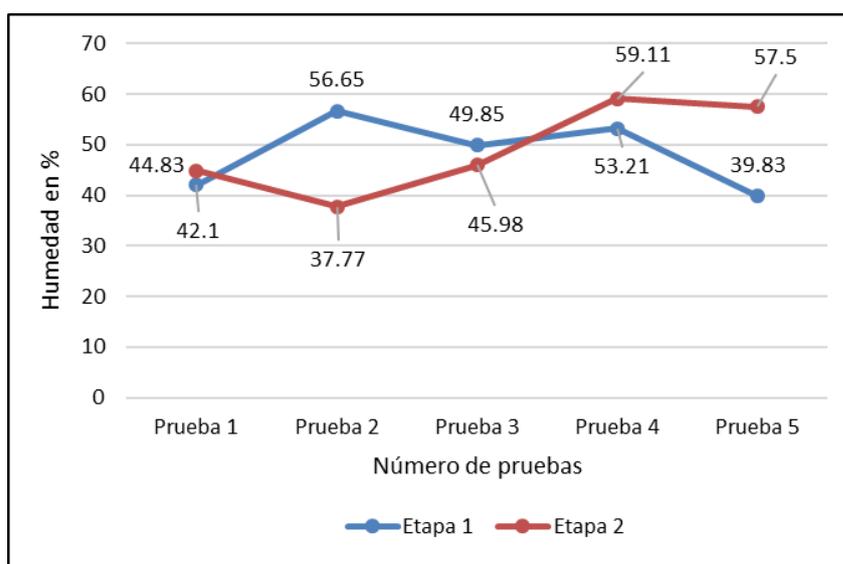


Figura 31. Valores promedio de la humedad de la parte superior de la cámara del deshidratador.

4.1.12. Clima del lugar de la investigación.

Durante el desarrollo de la investigación el clima se mantuvo estable. En la primera etapa la que se desarrolló desde el 19 del mes de noviembre hasta el 27 de diciembre del 2017. Donde se realizaron cinco pruebas, los días se mantuvieron nublados debido a que terminaba la estación de primavera. En la segunda etapa la que se desarrolló desde del 4 al 31 de enero del 2018 los días se mantuvieron soleados debido a que se dio inicio a la estación de verano como se observa en la Cuadro 1.

Cuadro 1: Clima del lugar donde se desarrolló el estudio.

Etapas	Condición climática				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado
2-Etapa	Soleado	Soleado	Soleado	Soleado	Soleado

4.1.13. Escala de la velocidad del viento del lugar de la investigación.

La velocidad del viento alcanzada durante los meses que duró la investigación, en la primera etapa alcanzo 7 a 12 km/hora. Para la segunda etapa tubo una velocidad de 12 a 19 km/hora, predominando una sensación de brisas suaves para la primera etapa y en la segunda etapa predominaron los vientos débiles como se observa en la Cuadro 2.

Cuadro 2: Escala de la velocidad del viento del lugar de la investigación.

ETAPAS	GRADO	TÉRMINO DESCRIPTIVO	VELOCIDAD		
			Nudos	m/s	Km/h
1-Etapa	2	Flojito o Brisa Suave	4 - 6	2,1 - 3,1	7 - 11
2-Etapa	3	Flojo o Viento Débil	7 -10	3,6 - 5,1	12 - 19

(Según; Marina de guerra del Perú. 2013. Normas técnicas hidrográficas N° 42. Anexo 3. Cuadro 15).

4.1.14. Velocidad de la corriente de aire de deshidratado.

A lo largo de todas las pruebas y como consecuencia de la manipulación de los ventiladores y extractores para lograr rangos que permitan obtener los valores deseados de deshidratado, la velocidad de flujo de aire caliente estuvo dentro de 0,5 y 1,5 m/s.

4.1.15. Cálculo de la eficiencia del deshidratador solar mixto.

La eficiencia del deshidratador solar estuvo al 50% calculada según el método de Aguilar y Boyce. Confirmándose una mejor eficiencia al optimizar las características del diseño tal como se puede observar en el anexo 3 Cuadro 16.

Aplicando la fórmula:

$$\frac{T_{as} - T_{\tau}}{T_{as} - T_{aa}} \times 100 = \text{Eficiencia (\%)}$$

Donde:

T_{as}: Temperatura del aire de secado = Temperatura al final del colector o ingreso a la cámara.

T_τ: Temperatura del aire usado = Temperatura de la chimenea.

T_{aa}: Temperatura del aire ambiente.

4.1.16. Determinación de la humedad de la muestra.

La humedad fue determinada todos los días de la experimentación en cada nivel o bandeja se realizaron tres repeticiones tomando 2 g de la muestra. En la primera etapa de la experimentación se logró alcanzar en los diferentes niveles valores mínimos de humedad promedio de 20,23%, 17,74%, 13,65%, 13,13% y 3,28%, y valores máximos de 62,19%, 55,62%, 50,32%, 48,20% y 49,52%. En la segunda etapa de la experimentación igualmente se logró alcanzar en los diferentes niveles valores mínimos de humedad promedio de 7,65%, 5,10%, 3,61%, 4,90% y 5,56%, y valores máximos de 24,63%, 13,19%, 10,49%, 8,81%, y 10,16%. Evidenciándose que el valor promedio más bajo de humedad alcanzado fue en la primera etapa de 3,28% y en la segunda etapa fue 3,61% como se puede observar en el anexo 3 Cuadros 13 y 14.

4.2. DISCUSIÓN.

A partir de los resultados de la presente investigación fue posible diseñar, construir y utilizar un deshidratador solar mixto y sus componentes para el deshidratado de cabeza de langostino con un sistema de funcionamiento conformado por un colector solar, cámara de secado y chimenea, coincidente con Ekechukwu (1997) en su secador solar pasivo indirecto, materia prima colocadas en bandejas dentro de cámara secadas con aire caliente circulante a través de un colector solar debido a que la radiación solar no incide directamente, se evita el daño al producto; contrario al diseño solar pasivo directo de Brenndorfer (1995). Considerando una circulación de aire caliente forzado para una demanda de deshidratado de 6 kg de cabeza de langostino húmedo en 8 horas para alcanzar una humedad alrededor del 10%. Necesitándose para este efecto un colector de 2,9 m² debidamente aislado para evitar pérdidas de calor. La cámara en la cual se deshidrató el producto fue de 1,13 m³, lo cual es superado con lo realizado en el diseño y construcción de un secador solar por convección de aire caliente automatizado por Roa (2011), quien diseñó un secador solar por convección de aire caliente para el secado de café en tres días para alcanzar una humedad del 12%, considerando una demanda de secado de 12 kg de café húmedo. Necesitándose para este trabajo un colector de 1.5 m² debidamente aislado para evitar pérdidas de calor; cámara de 1 m³. El monitoreo fue realizado automáticamente con sensores para medir las temperaturas y humedad en la cámara de secado. En nuestro caso se utilizó instrumentos de medición de temperatura, humedad y velocidad de las variables independientes cada hora durante cada prueba. De la misma manera Ubillus (2013), diseñó y utilizó un secador solar de túnel para el secado de productos agroforestales como banano y algarroba, el que tenía dos partes, una corresponde al colector solar que estaba pintada de color negro en su superficie y poseía un área de 6 m² para una capacidad de 400 kg de banano, llegándose a incrementar la temperatura interna en el secador en un valor de hasta +26 °C relacionado con la temperatura

exterior del mismo y a la captación directa de energía solar con un valor máximo de 12.6 Kw de manera puntual.

La naturaleza de la cabeza de langostino (composición, estructura, porosidad, etc.) influye en la velocidad de secado superficial relativa del aire respecto al sólido. Cuando menor sea el espesor de esta capa límite más rápida será la remoción de humedad siendo una corriente turbulenta mucho más eficaz que una laminar (Callanta, 2014). Se puede comprobar en nuestra experiencia por las características del colector solar, velocidad de flujo de aire caliente, recirculación de aire para aumentar su temperatura y disminuir su humedad, haciendo que de esta manera se reduzca el tiempo de secado del producto.

Las pruebas del deshidratado de la cabeza de langostino tuvieron un tiempo de duración de ocho horas cada una, las que se realizaron en dos etapas. En la primera etapa se observa que las humedades promedio más bajas alrededor de 10% es alcanzada en las pruebas 2 y 3 en las bandejas del nivel 10 con valores de 13,13% y 3,28%, siendo estos los que están en contacto directo con la fuente de calor; también la prueba cinco en la bandeja del nivel 5 observándose que la humedad promedio fue de 13,67%. En la segunda etapa se realizó la primera prueba del secado observándose que el valor más bajo se registró fue en el nivel 7, con el 7,65% de humedad, la segunda prueba los valores más bajos se registraron en los niveles 5 y 6 con el 7,20% y 5,10% de humedad. En la tercera, cuarta y quinta prueba todos los valores encontrados estuvieron alrededor del 10%. Coincidiendo con lo que manifestaron Andrade, Chávez & Naar (2007), quienes evaluaron las distintas etapas de cocción y secado en el proceso de obtención de harina de cabezas de langostino (*Penaeus sp*). Convinieron a cocinarlas, evaluando las temperaturas de 85 °C y 95 °C en un tiempo de 10 y 20 minutos; se secaron en un horno a las temperaturas de 65 °C y 75 °C y por un tiempo de 5 y 7 horas, según el procedimiento aplicado; luego fueron molidas y empacadas al vacío. El procedimiento más conveniente para sostener un nivel bajo de humedad fue el de una cocción a 95 °C, por 10 minutos y un secado

a 75 °C por 5 horas y humedad que no sobrepasa el 10%. De la misma manera se sustentan estos resultados con lo que menciona Madhlopa (2007), obtuvo resultados experimentales del secador con sistema de almacenamiento de energía térmica, llegando a secar el producto desde su contenido inicial de 72% de humedad hasta un 9,2% y 9,7% de contenido de humedad (en base húmeda) en las bandejas inferiores y superior. Lo mismo Méndez (2009), quien reporta que las muestras de cabezas de langostino acondicionadas en bandejas se han secado en estufa con circulación de aire forzado a 70 °C por un periodo de 11 horas. Se obtuvo harina de buena calidad con una humedad de 5,7%. Que podía mantener durante un período de tres meses de almacenaje. Similar resultado obtuvo Cortez (2015), al construir un secador solar directo para el secado de yacón realizando pruebas durante 12 días. Luego preparo dos muestras de yacón de 100 g y 150 g. Evaluando el secador solar indirecto al colocar las muestras a la exposición solar, lográndose extraer más del 70% de contenido de humedad de ambas muestras pese a las malas condiciones climáticas presentes durante el tiempo que duró la investigación. Obteniéndose un producto de buena calidad. El mismo resultado obtuvo Montero (2005), quien realizó un experimento con un secador solar, donde los productos con los que trabajó contenían 55%, 70% y 90% de humedad inicialmente, y mediante el uso del secador solar estos valores se redujeron al 20%, encontrando datos positivos de secado.

Honorato (2005), menciona una velocidad superficial media de aire variando entre 0,2 y 0,4 m/s y temperatura de 50 °C a 70 °C en un secador de techo fijo, discordante nuestro caso con la velocidad de flujo entre 0,5 y 1,5 m/s registrada según nuestra capacidad de carga experimental.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES.

1. Fue posible el diseño, construcción y utilización de un deshidratador solar mixto para el deshidratado de cabeza de langostino y obtener un producto con niveles de humedad menores al 10%.
2. En la primera etapa de la investigación la humedad promedio más baja del secado se registró en el nivel 10 llegando al 3,28% siendo éste el que se encuentra más cerca a la fuente de calor. La segunda etapa mostró las humedades promedio bajas deseables cercanos a 10% en casi todas las pruebas tenemos: 3,61% y 7,65% en el nivel 7; 5,10%, 6,89% y 4,90% en el nivel 6; 7,20%, 10,49%, 7,07% y 5,56% en el nivel 5; 8,81% y 7,70% en el nivel 4; 10,16% en el nivel 3. Las más bajas siempre encontrándose más cercanas a la fuente de calor.
3. La temperatura máxima alcanzada en el interior de la cámara de secado fue registrada en la parte superior de la cámara donde se obtuvieron valores de 68 °C en la primera etapa y 75,25 °C en la segunda etapa.
4. El deshidratador de cabeza de langostino diseñado para alcanzar una humedad del 10% funcionó dentro de los valores aceptables de acuerdo al clima y las características propias del diseño, predominando tanto las variables de temperatura ambiental como la temperatura de salida del colector al combinar ventiladores y extractores con un rango de velocidad de flujo de aire caliente entre 0,5 y 1,5 m/s con temperaturas en el interior de la cámara del deshidratador de 42 °C a 75,25 °C.
5. El clima se mantuvo casi estable. En la primera etapa los días se mantuvieron nublados debido ya que terminaba la estación de primavera y en la segunda

etapa los días se mantuvieron soleados debido a que se dio inicio a la estación de verano.

6. La eficiencia del deshidratador solar mixto de cabeza de langostino *Litopenaeus vannamei* estuvo al 50% confirmándose una mejor eficiencia al optimizar las características aplicadas.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES.

1. Recomendar a las empresas de la industria langostinera y centros de investigación una mayor atención al rendimiento y aprovechamiento de los desechos de cabeza de langostino por representar estos entre el 35 y 40% de la producción.
2. Para evitar las variaciones de temperaturas dentro del colector (por presencia de días nublados) se recomienda poner una cama de tubos de aluminios en la base del colector rellenos de parafina y silicagel antes de la entrada de la cámara de deshidratado.
3. Continuar con las observaciones de las variables estudiadas (temperatura, humedad, etc.) a través de todo el año, para determinar el comportamiento del deshidratador y así optimizar los resultados de una temperatura que no afecte seriamente las características físicas, químicas y organolépticas deseables como producto final, (por ende), el valor nutricional, el sabor, la textura y el color.
4. Experimentar con otros productos o subproductos de desecho de la pesquería para buscar ampliar la producción a mayor escala.

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Akinola, A., & Fapetu, O. (2006). Exergetic analysis of a mixed-mode solar dryer. *Journal of engineering and applied sciences*. Department of mechanical engineering, Federal University of technology. 1 (3), 205-210. <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2006/205-210.pdf>
- Alkilani, M., Sopian, M., Alghoul, M., Sohif, M., & Ruslan, M. (2010). Review of solar air collectors with thermal storage units. Ruslan Solar Energy Research Institute, University Kebangsaan Malaysia. <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/Review%20of%20solar%20air%20collectors%20with%20thermal%20storage%20units.pdf>.
- Andrade, R., Chávez, M., & Naar, V. (2007). Evaluación de las etapas de cocción y secado en la obtención de harina de cabezas de camarón de cultivo (*Penaeus* sp) Universidad de Córdoba, 74(153), 181-186.
- Biplab, P., & Singh, S. (2013). A review of solar dryer designed & developed for chilli. *International Journal of Research in Advent Technology*. Shri Ram Institutes of Sciences and Technology, Jabalpur, MP, 1(4) <http://citeseerx.ist.Psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.403.8906&rep=rep1&type=pdf>
- Brenndorfer, B., Kennedy, L., Bateman, C., G. Mrema, G., & Wereko-Brobby, C. (1995). Solar Dryers. Their Role in post-Harvest Processing. *Commonwealth Secretariat Publications*. Londres, Reino Unido. http://www.researchgate.net/puBlication/38990128_Solar_Dryerstheir_Role_in_Post-Harvest_Processing.

- Callanta, C. (2014). *Diseño y construcción de horno solar prototipo para 'secado de madera*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Perú.
- Camacho, G. (2002). *Procesamiento y conservación de frutas*. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomía/2006228/html/descripcion.html>.
- Cortez, G. (2015). *Construcción y evaluación de un secador solar indirecto por convección natural, aplicado al secado de yacón*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.
- Corona, D. (2002). *Obtención y caracterización químico microbiológico de ensilados de desechos de camarón*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de México. México.
- Costa, A., & Ferreira, S. (2007). Sistema de secado solar para frutos tropicales. *Universidad Federal de Río Grande del Norte*, 18(5), 49-58. http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071807642007000500007&script=sci_arttext
- Craig, J., Vaughan, D., & Skinner, J. (2007). *Recursos de la Tierra: Origen, Uso e Impacto Ambiental*. Madrid, España. Pearson- Prentice Hall.
- Crapiste, G. (2000). Simulation drying rates and quality changes during the dehydration of foodstuffs. *Journal: Trend in Food Engineering*. 135-148. https://www.researchgate.net/publication/312977253_Simulation_of_drying_rates_and_quality_changes_during_the_dehydration_of_foodstuffs
- De la Cruz, P. (2017). *Diseño de una cámara de recirculación para deshidratar 5 toneladas de manzanas utilizando un sistema de refrigeración*. (Tesis de postgrado) Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ekechukwu, O., & Norton, B. (1997). Review of solar-energy drying systems II: An overview of solar drying technology, *Energy Conversion and Management*, 40 (6), 615-655. https://www.researchgate.net/publication/223712416_Review_of_solar_energy_drying_systems_II_An_overview_of_solar_drying_technolog.

- Estrada, V. (1999). Terminología, definiciones y simbología. <http://www.geocities.ws/ser1072002/terminologiaRISOL.pdf>.
- Fhudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M., Othman, M., & Yahya, M. (2011). Analytical and Experimental Studies on the Thermal Efficiency of the Double-Pass Solar Air Collector with Finned Absorber. University Kebangsaan, Malaysia. Solar Energy Research Institute, *American Journal of Applied Sciences*, 8 (7): 716-723. <http://thescipub.com/PDF/ajassp.2011.716.723.pdf>.
- Fox, C., Blaw, P., Brown, J., & Watson, J. (1994). "The effect of various processing methods on the physical and biochemical properties of meal prepared for shrimp head meals waste and the effect of incorporating shrimp head meal based diet on the growth, survival and carcass composition of juvenile". *Aquaculture*, 122(2), 209-226. https://www.researchgate.net/publication/222162124_The_effect_of_various_processing_methods_on_the_physical_and_biochemical_properties_of_shrimp_head_meals_and_their_utilization_by_juvenile_Penaeus_monodon_Fab.
- García, J. (1994). Principios físicos de la climatología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Ediciones UNALM. Perú.
- Grassick, B. (2006). *Design and construction of a solar collector for teaching purpose*. (Thesis de postgrad) University of Southern Queensland <https://eprints.usq.edu.au/2309/s>.
- Hertrampf, J., & Piedad-Pascual, F. (2000). *Handbook on ingredients for aquaculture feeds*. Canberra, Australia: Editorial. Kluwer Academia Publishers. Netherlands.
- Herringshaw, D. (1997). *All About Food Drying*, University State Ohio. 347-97, www.ag.ohio-state.edu/.
- Hidalgo, A. (2007). *Impacto ambiental de la actividad langostinera, extractiva y agrícola sobre el ecosistema de manglar en el litoral de la Región Tumbes*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo.
- Honorato, G., Oliveira, E., Alsina, O., & Magalhaes, M. (2005). Estudio del proceso cinético del secado de cefalotórax de camarón. Universidad

- Federal de Río Grande del Norte. *Información tecnológica*, 16 (4) 3-10. http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071807642005000400002&script=sci_arttext.
- Lem, A. (2014). (Octubre de 2014). La producción de langostino puede llegar a duplicarse en quince años. En A. Amoedo (Presidencia), *Congreso internacional del langostino*. <http://www.farodevigo.es/mar/2014/10/07/fao-estima-producción-langostino-llegar/1107541.html>.
- Loayza, F. (2012). *Diseño e implementación de un seguidor solar para el control electrónico de un reflector Scheffer*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Madhlopa, A., & Ngwalo, G. (2007). Solar dryer with thermal storage and biomass backup heater. University of Strathclyde, Glasgow, United Kingdom. Malawi Polytechnic. *Solar Energy*, 81(4), 449-462. https://www.researchgate.net/publication/222297200_Solar_dryer_with.
- Mendes, T. (2009). Aproveitamento dos subprodutos da industria de beneficiamento do camarão na produção de farinha. Brasil: Universidad Federal de Paraíba. <http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/4024/1/arquivototal.pdf>.
- Montero, I. (2005). *Modelado y construcción de un secadero solar híbrido para residuos biomásicos*. (Tesis doctoral). Universidad de Extremadura. Badajoz, España. <http://biblioteca.unex.es/tesis/8477237115.pdf>
- Moreno, G. (2008). Manual de construcción y operación de un secador solar. Seminario de Proyectos-II. Universidad Autónoma de México. http://cbi.izt.uam.mx/iph/archivos_profesores/50/archivos/4f197.pdf.
- Mumba, J. (1995). Development of a photovoltaic powered forced circulation grain dryer for use in the tropics. *Renewable Energy*, 6(7), 855-862.
- Marina de guerra del Perú. 2013. Manual de procedimientos para la medición y procesamiento del viento en superficie. Normas técnicas hidrográficas N° 42. Primera edición.

- Organización Meteorológica Mundial. (2012). Glossary Hidrológy International. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, Suiza. http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/publications/international_glossary/385_IGH_2012.pdf.
- Oti-Boateng, P., & Axtell, B. (1998). *Técnicas de Secado*. Libro de Consulta Sobre Tecnologías Aplicadas al Ciclo Alimentario. Intermediate Technology Development Group. United Nations Development Fund for Women. Perú.
- Panamá, A. (2007). Transferencia de calor. (Trabajo de investigación) Universidad Nacional del Callao. Perú. https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Setiembre
- Roa, G., & Ortega, D. (2011). *Diseño y Construcción de un Secador Solar por Convección de Aire Caliente Automatizado de Pequeña Escala, para el Secado de café para la Universidad Nacional de Loja*. (Tesis de pregrado) Universidad de Loja. Ecuador.
- Romero, S., Romero, O., & Wood, D. (2010). Energías renovables: Impulso político y tecnológico para un México sustentable.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2003). Atlas de energía solar del Perú. Dirección general de investigación y asuntos ambientales. http://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas%20de_radiacion_solar.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2015). *Parámetros climáticos promedio de Tumbes. Estación Puerto Pizarro*. Tipo convencional Meteorológica. http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000132.
- Tobajas, M. (2012). *Energía solar térmica para instaladores*. Cuarta Edición. Barcelona, España. Editorial S.L. EDICIONES CEYSA, CANOPINA.
- Ubillus, E. (2013). *Uso de la energía solar y bioenergía para el secado de excedentes agroforestales en la Región Tumbes*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Tumbes. Perú.
- Wickins, J., & Lee, D. (2002). *Crustacean Farming. Ranching and culture*, Second. Edition. London, 9 -28.

World Energy Council. (2013). World Energy Resources. World Energy Council.<https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/04/Traducion-studio-Recursos-Energeticos1.pdf>

Zavala, O. 2013. *Secado con bomba de calor para la deshidratación de frutas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo.

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS.

ANEXO 1



Figura 32. Vista frontal del deshidratador solar mixto cerrado.



Figura 33. Vista frontal del diseño del deshidratador solar mixto expuesto al sol.



Figura 34. Vista lateral del deshidratador solar mixto expuesto al sol.

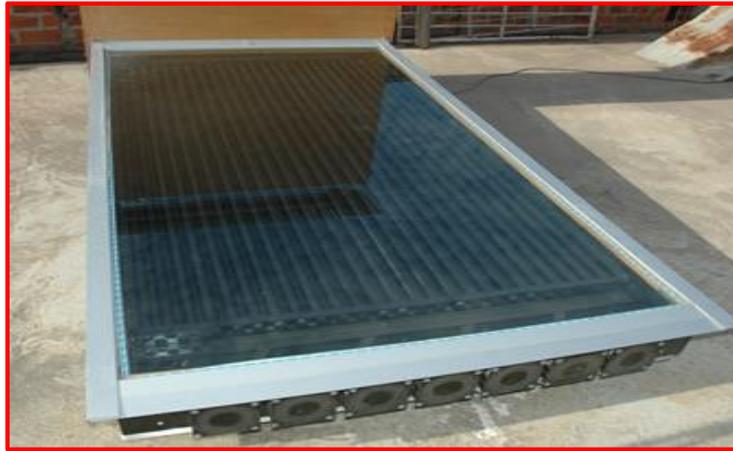


Figura 35. Vista del panel solar utilizado en el secador solar mixto



Figura 36. Vista del sistema de recirculación para sobrecalentado de aire



Figura 37. Vista de la parte baja de la cámara de deshidratado.



Figura 38. Vista de interior de cámara de deshidratado



Figura 39. Compensador de calor de la parte superior de la cámara de deshidratado



Figura 40. Extractores de aire y humedad en la chimenea

ANEXO 2



Figura 41. Termómetro de varilla



Figura 42. Monitor de lectura de humedad



Figura 43. Termoanemómetro



Figura 44. Balanza gramera



Figura 45. Ventilador/extractor de aire



Figura 46. Higrómetro ambiental

ANEXO 3

Cuadro 3: Determinación de la humedad en los diferentes niveles del deshidratador solar mixto de cabeza de *Litopenaeus vannamei* en la primera etapa año 2017.

Nivel de bandeja	Pruebas de la humedad (%) de la primera etapa año 2017				
	1	2	3	4	5
1	62,19	55,62	50,32	*	*
2	*	*	*	48,20	*
3	*	*	*	*	49,52
5	52,94	51,81	28,66	*	13,67
6	*	*	*	40,65	*
7	*	*	*	*	41,34
10	20,23	13,13	3,28	17,74	*

Cuadro 4: Determinación de la humedad en los diferentes niveles del deshidratador solar mixto de cabeza de *Litopenaeus vannamei* en la segunda etapa año 2018.

Nivel de bandeja	Pruebas de la humedad (%) de la segunda etapa año 2018				
	1	2	3	4	5
3	24,63	*	*	*	10,16
4	*	13,19	*	8,81	7,70
5	15,56	7,20	10,49	7,07	5,56
6	*	5,10	6,89	4,90	*
7	7,65	*	3,61	*	*

Cuadro 5: Registro de la temperatura del medio ambiente al momento del deshidratado de la cabeza de *Litopenaeus vannamei*.

Etapas	Temperatura ambiente				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa-2017	32,23	31,50	31,80	31,71	34,96
2-Etapa-2018	34,56	35,20	32,78	30,21	30,80

Cuadro 6: Registro de la humedad relativa del medio ambiente al momento del deshidratado de la cabeza de *Litopenaeus vannamei*.

Etapas	Humedad relativa del medio ambiente				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa-2017	42,03	54,82	47,73	51,06	40,20
2-Etapa-2018	46,17	37,54	46,03	59,17	56,30

Cuadro 7: Registro de la temperatura de la parte baja de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de *Litopenaeus vannamei*.

Etapas	Temperatura de la parte baja de la cámara				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa-2017	42,25	46,62	51,22	48,00	49,00
2-Etapa-2018	51,88	57,77	61,37	59,88	54,60

Cuadro 8: Registro de la humedad de la parte baja de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de *Litopenaeus vannamei*.

Etapas	Humedad de la parte baja de la cámara				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa-2017	42,25	55,04	49,35	53,46	40,26
2-Etapa-2018	45,93	38,83	45,17	59,81	58,8

Cuadro 9. Registro de la temperatura de la parte media de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de *Litopenaeus vannamei*.

Etapas	Temperatura de la parte media de la cámara				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa-2017	46,63	52,36	58,77	54,11	53,66
2-Etapa-2018	56,88	65,11	64,62	64,55	65,80

Cuadro 10: Registro de la humedad de la parte media de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de *Litopenaeus vannamei*.

Etapas	Humedad de la parte media de la cámara				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa-2017	42,63	55,04	49,88	52,97	39,16
2-Etapa-2018	44,83	38,58	45,83	59,26	58,70

Cuadro 11: Registro de la temperatura de la parte superior de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de *Litopenaeus vannamei*.

Etapas	Temperatura de la parte superior de la cámara				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa-2017	58,84	60,22	68,00	60,66	62,44
2-Etapa-2018	62,66	73,00	75,25	73,00	65,40

Cuadro 12. Registro de la humedad de la parte superior de la cámara del deshidratador mixto de cabeza de *Litopenaeus vannamei*.

Etapas	Humedad de la parte superior de la cámara				
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
1-Etapa-2017	42,10	56,65	49,85	53,21	39,83
2-Etapa-2018	44,83	37,77	45,98	59,11	57,50

Cuadro 13. Registro de la humedad en la cabeza de langostino *Litopenaeus vannamei* en la primera etapa año 2017.

N° Prueba	Fecha	Nivel	Humedad (%)
1 Humedad de la muestra	19/11/2017	1	62,19
		5	52,94
		10	20,23
2 Humedad de la muestra	7/12/2017	1	55,62
		5	51,81
		10	13,13
3 Humedad de la muestra	13/12/2017	1	50,32
		5	28,66
		10	3,28
4 Humedad de la muestra	20/12/2017	2	48,20
		6	40,65
		10	17,74
5 Humedad de la muestra	27/12/2017	3	49,52
		5	13,65
		7	41,34

Cuadro 14. Registro de la humedad en la cabeza de langostino *Litopenaeus vannamei* en la segunda etapa año 2018.

N° Prueba	Fecha	Nivel	Humedad (%)
1 Humedad de la muestra	4/01/2018	3	24,63
		5	15,56
		7	7,65
2 Humedad de la muestra	7/01/2018	4	13,19
		5	7,20
		6	5,10
3 Humedad de la muestra	17/01/2018	5	10,49
		6	6,89
		7	3,61
4 Humedad de la muestra	23/01/2018	4	8,81
		5	7,07
		6	4,90
5 Humedad de la muestra	31/01/2018	3	10,16
		4	7,70
		5	5,56

Cuadro 15. Escala internacional del viento Beaufort aplicada en la determinación del deshidratado de la cabeza de *L. vannamei*. Según: normas técnicas hidrográficas N° 42. 2013.

TÉRMINO DESCRIPTIVO	VELOCIDAD		
	Nudos	m/s	Km/h
Calma	< 1	0	< 2
Ventolina o brisa débil	1 a 3	0.5 - 1.5	2 - 6
Flojito o brisa suave	4 a 6	2,1 - 3,1	7 - 11
Flojo o viento débil	7 a 10	3,6 - 5,1	12 - 19
Bonacible o viento moderado	11 a 16	5,7 – 8,2	20 - 30
Fresquito o viento moderado a fuerte	17 - 21	8,7 – 10,8	31 - 39
Fresco o viento fuerte	22 - 27	11,3 – 13,9	40 - 50
Frescachón o viento muy fuerte	28 - 33	14,4 – 17,0	51 - 61
Temporal o viento duro	34 - 40	17,5 – 20,6	62 - 74
Temporal fuerte	41 - 47	21,1 – 24,2	75 - 87
Temporal duro	48 - 55	24,7 – 28,3	88 - 102
Temporal muy duro o borrasca	56 - 63	28,8 – 32,4	103 - 117
Temporal huracanado o huracán	64 - 71 >	32,9 – 36,5	118 - 132 >

Cuadro 16. Cálculo de la eficiencia del deshidratador solar mixto. Aplicada en la determinación del deshidratado de la cabeza de langostino *Litopenaeus vannamei*. Según: Método de Aguilar y Boyce.

Etapas	Cálculo de la eficiencia del deshidratador solar mixto				
	T° _{fincolector} (°C)	T° _{Chimene} (°C)	T° _{ambiente} (°C)	Eficiencia (%)	Humedad/nivel (%)/(N°)
1- Etapa-2017	42,25	37,24	32,23	50%	-
	46,62	39,06	31,50	50%	-
	51,22	41,51	31,80	50%	3,39(10)
	48,00	39,85	31,71	50%	-
	49,00	41,98	34,96	50%	-
2- Etapa-2018	51,88	43,22	34,56	50%	7,65(07)
	57,77	46,48	35,20	50%	7,20(5) 5,10(6)
	61,37	47,07	32,78	50%	10,49(5)6,89(6) 3,61(7)
	59,88	45,05	30,21	49%	8,81(4) 7,07(5) 4,90(6)
	54,60	42,70	30,80	50%	10,16(3);7,70(4);5,66(5)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
 ESCUELA DE POSGRADO
 MAESTRIA EN ACUICULTURA Y GESTION AMBIENTAL

Proyecto: Diseño de un deshidratador solar para secado de cabeza de langostino al 10% Maestrante: José Marín Maceda

Fecha:

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS													
Variable	Tiempo												
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Cond. clima													
Rad (W/m ²)													
Vviento(m/s)													
Dviento(NSEO)													
Tamb(°C)													
Hamb(%)													
V ₀ col(m/s)													
T ₀ col(°C)													
H ₀ col(%)													
V _f col(m/s)													
T _f col(°C)													
H _f col(%)													
V ₀ cam(m/s)													
T ₀ cam(°C)													
H ₀ cam(%)													
T _{medio} cam(°C)													
H _{medio} cam(%)													
V _f cam(m/s)													
T _f cam(°C)													
H _f cam(%)													
T _{chim} (°C)													
H _{chim} (%)													
Observaciones													
Responsable:													

Figura 47. Formato de registro de datos.

ANEXO 3: Informe de Originalidad.

Diseño de un deshidratador solar para secado de cabeza de Langostino al 10% de humedad

por José Napoleón Marín Maceda

Fecha de entrega: 13-jul-2020 08:51p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1357221888

Nombre del archivo: Mg._JOSE_NAPOLEON_MARIN_MACEDA.docx (7.99M)

Total de palabras: 16395

Total de caracteres: 85519

Diseño de un deshidratador solar para secado de cabeza de Langostino al 10% de humedad

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	13%	0%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	guzlop-editoras.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	www.leisa-al.org.pe Fuente de Internet	1%
7	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%



9	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
10	Submitted to Universidad del Valle Trabajo del estudiante	<1 %
11	www.wec-estonia.ee Fuente de Internet	<1 %
12	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
13	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
16	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
17	catarina.udlap.mx Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to John F Kennedy, The American School of Queretaro Trabajo del estudiante	<1 %
19	vanesa1028.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %

20	www.guiasdeapoyo.net Fuente de Internet	<1 %
21	library.fes.de Fuente de Internet	<1 %
22	repository.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
23	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	www.bun-ca.org Fuente de Internet	<1 %
25	tendencias21.net Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
27	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
29	cne.isciii.es Fuente de Internet	<1 %
30	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Universidad Católica de Santa	<1 %

María

Trabajo del estudiante

32	documentop.com Fuente de Internet	<1%
33	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1%
34	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1%
35	www.cajamarcaopina.com Fuente de Internet	<1%
36	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1%
37	monikao101.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
38	elartesanoaldia.org Fuente de Internet	<1%
39	mundoverdeunet.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
40	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo



Excluir coincidencias

< 15 words